

Малкинский гранит-лейкогранитовый плутонический комплекс (Северный Кавказ)

Гранитоиды малкинского комплекса обнажаются в пределах Карачаево-Черкесского горст-антиклинория складчатого сооружения Большого Кавказа и вскрыты скважинами на территории Центрального Предкавказья. Охарактеризованы гранитоиды отдельных массивов, их взаимоотношения с вмещающими породами, приведены петрографические и петрохимические признаки. На основании результатов исследований сделан вывод о том, что породы комплекса занимают промежуточное положение между I- и S-типами гранитов. Абсолютный возраст пород, определенный по цирконам, составляет 300–325 млн лет, и с учетом геологических данных гранитоиды комплекса отнесены к среднему карбону.

Ключевые слова: Северный Кавказ, Предкавказье, гранитоиды, комплекс, интрузив, петрографические, петрохимические характеристики, циркон, абсолютный возраст, средний карбон.

V. A. SNEZHKO, V. V. SNEZHKO, L. N. SHARPENOK (VSEGEI)

Malkinsky granite-leukogranite plutonic complex (North Caucasus)

Granitoids of the Malkinsky complex are exposed in the Karachay-Cherkessian horst-anticlinorium fold structure of the Greater Caucasus and penetrated by wells in the Central Ciscaucasia. Separate arrays and their relationships with host rocks are described, their petrographic and petrochemical compositions are given. Based on the results of the studies carried out, it was concluded that the rocks of the complex occupy an intermediate position between the I- and S-types of granites. The absolute age of the rocks of the complex, determined from zircons, ranges from 300 to 325 Ma, and taking into account geological data, the granitoids of the complex are assigned to the Middle Carboniferous.

Keywords: North Caucasus, Ciscaucasia, granitoids, complex, intrusion, petrography, petrochemistry, zircon, absolute age, Middle Carboniferous.

Для цитирования: Снежко В. А., Снежко В. В., Шарпёнок Л. Н. Малкинский гранит-лейкогранитовый плутонический комплекс (Северный Кавказ) // Региональная геология и металлогения. — 2021. — № 85. — С. 5–20.

Гранитоиды палеозойского возраста широко развиты во всех структурно-тектонических зонах Северного Кавказа. В пределах самой северной из них, в Карачаево-Черкесском горст-антиклинории, выделяется малкинский комплекс, гранитоиды которого ранее описывались как «северные», или «красные», граниты. Несмотря на довольно длительное изучение этих гранитоидов и многочисленные публикации, петротип комплекса до сих пор не описан. С целью изменения этой ситуации в статье приводится расширенная геологическая и вещественная характеристики плутонических образований с принятием в качестве типового объекта предложенный М. Х. Срабоняном в 2002 г. Малкинский массив.

В пределах Карачаево-Черкесского горст-антиклинория (рис. 1, II на врезке) гранитоиды, объединенные в малкинский комплекс, трансгрессивно перекрыты триасовыми и юрскими отложениями в бассейнах рек Малка и Кубань. Его существование в качестве комплекса никем из исследователей не оспаривается, поскольку

хорошо обнаженный достаточно крупный массив гранитоидов в долине р. Малка доступен и визуально отличается от других близких по составу пород Северного Кавказа почти повсеместно проявленной красноватой окраской. С породами Малкинского массива, ранее входившими в состав, как уже отмечалось, «северных», или «красных», гранитов, объединялись также гранитоиды ряда других тел, которые в настоящее время на основании полученных результатов исследований и особенностей их состава выделены в качестве даховского гранитового [28], невинномысского гранит-гранодиоритового [25] и ятыргвартинского гранитового [29] плутонических комплексов.

Гранитоиды малкинского комплекса формируют крупные тела с отчетливо выраженными контактовыми ореолами и серией посткинematических даек гранит-порфиров. История исследований пород комплекса охватывает длительный период, начинающийся с дореволюционных времен и продолжающийся до конца 1991 г., когда

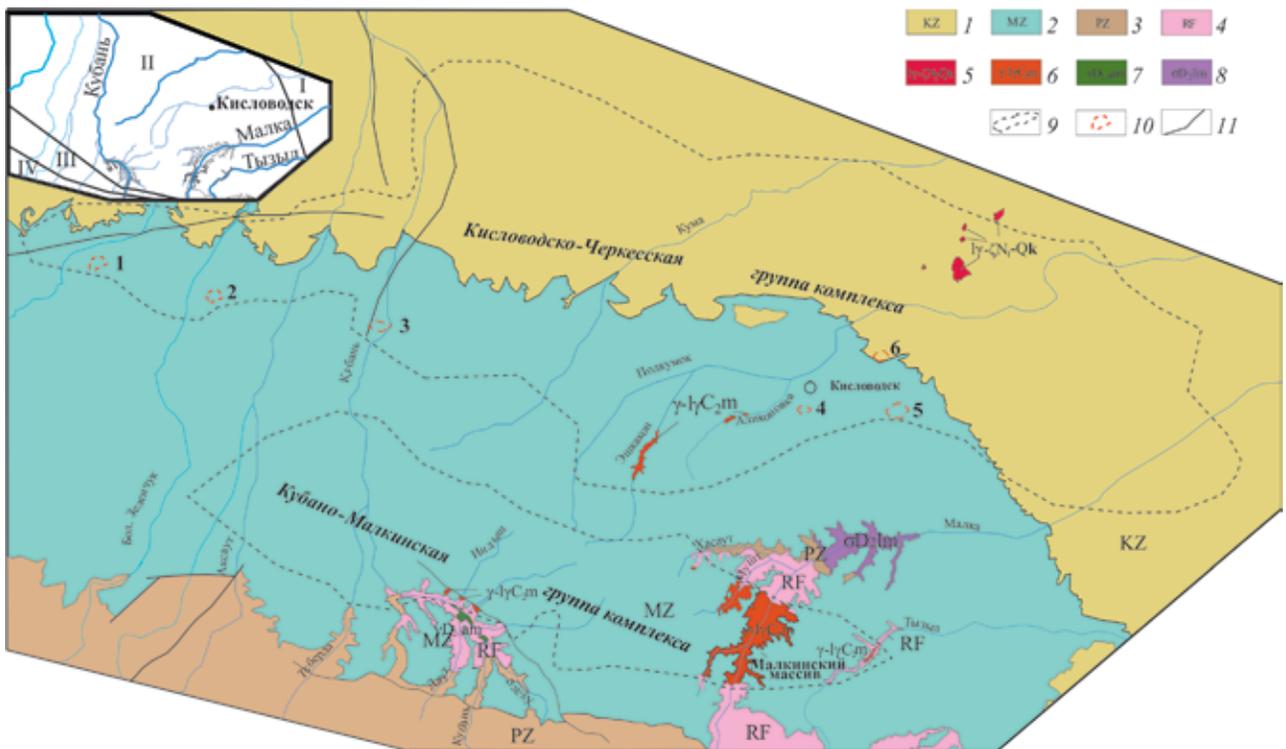


Рис. 1. Схематическая геологическая карта масштаба 1 : 1 000 000 междуречья Уруп – Малка (район распространения малкинского комплекса)

1 – кайнозойские (палеоген-неогеновые) отложения; 2 – мезозойские (юрские и меловые) отложения; 3 – палеозойские осадочно-вулканогенные образования; 4 – рифейские метаморфические осадочно-вулканогенные образования; 5–8 – plutonic complexes (5 – кавминводский лейкогранитовый – сиенитовый, 6 – малкинский гранит-лейкогранитовый, 7 – аманкольский габбро-диоритовый, 8 – лахран-малкинский лерцолит-гарбурбургитовый); 9 – контуры распространения гранитоидов малкинского комплекса (по А. Я. Дубинскому с дополнениями); 10 – массивы гранитоидов комплекса, вскрытые скважинами на разведочных площадях (1 – Урупский, 2 – Фроловский, 3 – Черкесский, 4 – Кисловодский, 5 – Ессентуковский, 6 – Нагутский); 11 – основные тектонические нарушения. На врезке: схема тектонического строения домезозойских образований: I – Терско-Каспийский прогиб, II – Карачаево-Черкесский горст-антиклинорий, III – грабен-синклинорий Передового хребта, IV – горст-антиклинорий Главного хребта

В. М. Газеевым с сотрудниками в районе было проведено специализированное петролого-геохимическое изучение палеозойских гранитоидов. В более позднее время в небольшом объеме проведены тематические работы [9; 26].

Достаточно полное и подробное описание малкинских гранитоидов впервые привел в 1921 г. К. Н. Паффенгольц [20], тогда как основы современных представлений об их геологии заложены в 1940 г. А. П. Герасимовым [7]. Отдельные существенные черты строения массива, его пространственного положения и взаимоотношений гранитоидов с вмещающими породами рассмотрены в отчетах и публикациях Е. А. Снежко [28], С. М. Седенко, Г. А. Михеева, Р. А. Родченкова, М. Х. Срабоняна [29], И. П. Гамкрелидзе и Д. М. Шенгелия [6] и некоторых других исследователей. При этом характеристики и представления разных специалистов не только подтверждали или дополняли предшествующие, но нередко вступали с ними в противоречие.

Судя по геологической карте, составленной в 1976 г. А. Я. Дубинским, выходы малкинских гранитоидов образуют два крупных ареала общекавказского простираения (рис. 1). Выходы этих

пород по рекам Тызыл, Малка, Мушт и Кубань являются, скорее всего, фрагментами южного интрузива или ряда тел субширотного направления, иногда выделяемого в качестве Кубано-Малкинского массива [32]. Севернее установлена еще цепочка крупных интрузивов (Урупский, Фроловский, Черкесский, Отрадненский, Кисловодский и др.), вскрытых скважинами под юрскими отложениями в пределах одноименных разведочных площадей, а также обнажающихся по рекам Эшкакон и Аlikоновка (рис. 1). По-видимому, они – фрагменты другого крупного интрузива, выделяемого отдельными авторами (Г. П. Корневым и др.) как Кисловодско-Черкесский массив. Вмещающими для малкинских гранитоидов являются метаморфические образования рифея [23], перекрытые трансгрессивно нижнетриасовой молассой или ниже-среднеюрскими отложениями.

Кубано-Малкинская группа интрузивов. Наиболее крупные выходы гранитоидов малкинского комплекса находятся в среднем течении р. Малка (рис. 1), скальные выходы их установлены также по ее притокам (Хабаз, Тогайкол, Горалыкол,

Су-Улуко и др.). Западнее, по р. Мушт (левому притоку р. Малка) и ее притокам (Бирюлькол, Чегукол, Бойталкол и др.), обнажается другой крупный выход этих же гранитов, являющийся продолжением малкинского массива, иногда выделяемого в качестве Мушт-Малкинского интрузива. В этом районе гранитоидный интрузив расположен на юго-западном крыле крупной Мушта-Малкинский антиклинальной складки северо-западного простирания, образованной рифейскими метаморфическими сланцами (бечасынский комплекс). С вмещающими сланцами, которые подстилаются магнитными (по данным магнитометрии) породами — ультрабазитами или базитами, плутонические породы имеют активные интрузивные контакты. Породы бечасынского комплекса под влиянием гранитоидов интенсивно преобразованы: вблизи контакта выделена зона пород биотит-хлорит-андалузит-мусковитовой фации, а далее следуют породы, регионально метаморфизованные в условиях биотитовой субфации. Перекрывающие гранитоиды песчаники и глинистые сланцы нижней юры залегают трансгрессивно на метаморфических породах и гранитоидах.

Гранитоиды образуют тело пластообразной формы [19] с южным падением под углами в 30° – 50° (с кровлей положе подошвы) и мощностью около 600–800 м (южнее р. Харбаз, данные Р. А. Родченкова), срезающее южное крыло антиклинали. Магматические породы массива в нижней своей части насыщены (до 30 % объема) ксенолитами вмещающих кристаллических сланцев, круто падающих на северо-восток. По-видимому, ксенолиты — это фрагменты пород антиклинальной флексурной складки, к которой приурочено также расщепление верхов массива на две апофизы. Однако, по мнению Е. А. Снежко [28], Малкинский массив состоит из двух пластовых тел, соединенных перемычкой. Севернее пластовых тел установлены дайкообразные и изометричные (10–15 м в поперечнике) выходы таких же гранитоидов, а удаленные от тел на 0,3–0,5 км скважины вошли в граниты на глубинах 319 и 388 м. Вполне возможно, что это апофизы, на глубине соединяющиеся в единый Малкинский интрузив. Контакты гранитов с вмещающими породами, как уже отмечалось, отчетливо интрузивные, иногда с появлением в породах эндо- и экзоконтактных зон катаклических структур.

Малкинский массив образован главным образом биотитовыми гранитами — массивными, равномерно среднезернистыми, без порфириовидных выделений, розовыми, красными, иногда серыми. В центральной части массива нередко шпировидные обособления гранодиоритового состава с пониженным (до 7 %) содержанием микроклина. По текстурно-структурным характеристикам гранитоиды комплекса достаточно однообразны — с гранитовой или гипидиоморфнозернистой структурами; в аплитах — с панидиоморфнозернистой. Состав (%): микроклин — 25–45,

кварц — 25–30, плагиоклаз — 20–25, биотит — до 5, циркон, апатит.

В биотитовых гранитах плагиоклаз (25–40 %) встречается в виде призматических зерен размером 0,5–1,5 мм, обладающих заметным идиоморфизмом по отношению к кварцу и микроклину. Минерал всегда заметно замещен мелкочешуйчатым серицитом, реже сосюритом, и имеет слабовыраженную зональность: в центральных частях зерен олигоклаз — андезин (23–37% An), в краевых — альбит-олигоклаз (5–22 % An).

Калиевый полевой шпат биотитовых гранитов (25–40 %) образует ксеноморфные и почти всегда относительно более крупные зерна с хорошо выраженной, как правило, микроклиновой решеткой; реже встречаются зерна, не имеющие двойникования, однако тоже являющиеся микроклином [15]. По данным Л. А. Варданянца [5], одна часть Малкинского массива сложена типичными микроклиновыми гранитами, другая — гранитами, содержащими наряду с микроклиновым калиевый полевой шпат, переходный к анортотклазу. При этом Л. А. Варданянц предполагает, что около главного магмоподводящего канала (левобережье р. Малка) распространены микроклиновые разновидности гранита, а в периферических частях (бассейн р. Мушта) вместе с микроклиновыми отмечаются анортотклазовые. Рентгеновские и оптические исследования калиевых полевых шпатов гранитов Малкинского массива дали значения триклинной упорядоченности от 0,78 до 1,0; состав калишпатовой фазы — $Or_{92}Ab_8$ [33]. Характерно образование мирмекитов кварца в плагиоклазе на контактах с зернами микроклина.

Кварц (25–30 %) образует крупные ксеноморфные зерна с волнистым погасанием. Биотит (5–8 %) — крупные свежие чешуйки бурого, реже зеленовато-бурого цветов. Почти всегда в нем встречаются мелкие включения зерен циркона и апатита.

Мусковит не характерен для этой разновидности гранитов, однако появление его чешуек (2–6 %) приурочено к границам зерен плагиоклаза. Двуслюдяные и мусковитовые граниты отличаются лишь соотношением содержаний биотита и мусковита.

Лейкократовые граниты, как и другие разновидности гранитов малкинского комплекса, обычно имеют розовую или красную окраски. Характерной их чертой является то, что они практически лишены темноцветных минералов и включают повышенные содержания калиевого полевого шпата (до 40 %). В их мелкозернистых жильных разновидностях часто отмечается мусковит и калиевый полевой шпат преобладает над плагиоклазом [28].

Биотитовые гранодиориты в Малкинском массиве представлены мелко- и среднезернистыми породами, встречающимися в виде мелких шпировидных обособлений среди среднезернистых красных гранитов. Основные породообразующие минералы — плагиоклаз (30–40 %) и биотит

(до 25–30 %); в подчиненном количестве присутствуют микроклин (до 10 %), кварц (10–12 %), магнетит, апатит и циркон. Плагноклаз (альбит-олигоклаз) образует близкие к призматическим зерна со слабопроявленным полисинтетическим двойникованием, обычно слабосерицитизированные. Биотит как правило относительно равномерно рассеян в породе, образует идиоморфные чешуйки с резким плеохроизмом от темно-бурого с зеленоватым оттенком до светло-желтого, содержит точечные включения циркона и короткостолбчатые зерна апатита.

В бассейне р. Кубань гранодиориты имеют несколько иные составы плагноклаза (55–65 %), кварца (15–17 %), амфибола (0–10 %) и микроклина (4–5 %); в незначительном количестве встречается мусковит. Интенсивно серицитизированный плагноклаз представлен идиоморфными зернами размером в 2–3 мм, по составу отвечающими олигоклазу (12–25 % An); кварц – ксеноморфный с волнистым угасанием; редко встречающийся микроклин образует мелкие зерна с веретенообразной двойниковой решеткой; амфибол – удлиненные таблитчатые зерна зеленого цвета, в значительной степени замещенные агрегатом хлорита, карбоната и рудного минерала.

Аплиты жильных и дайкообразных тел характеризуются равномерным мелкозернистым сложением и изометричными формами зерен породобразующих минералов; в небольшом количестве в них присутствуют мелкие зерна розового граната. Редко в пределах гранитоидов, а также в жилах совместно с аплитами встречаются *пегматиты*. Они представляют собой грубозернистую породу, состоящую из кварца, микроклина и альбита, в ряде случаев образующих гранофировые сростания.

Кроме охарактеризованных выше гранитоидов И. П. Гамкрелидзе и Д. М. Шенгелия [6] диагностируют также в составе комплекса обособления плагногранитов и аляскитов, связанные между собой и прочими гранитоидами постепенными переходами и не образующие крупных тел. Отмечается, что в долине р. Мушт широко распространены мусковитовые и аляскитовые разновидности, а в долине р. Малка преобладают биотитовые и двуслюдяные.

Плагнограниты сложены кварцем, плагноклазом (олигоклаз № 20), интенсивно серицитизированным, зональным (зональность нормальная, разница между зонами составляет 2–3 % аортитовой молекулы), биотитом, мусковитом, хлоритом, калиевым полевым шпатом (встречается спорадически), апатитом, цирконом и рудным минералом. *Аляскиты*, как и плагнограниты, быстро фациально сменяются другими разновидностями гранитоидов. В жилах лейкократовые аплит-аляскиты и аляскит-пегматоиды связаны между собой постепенными переходами.

К верхнему эндоконтакту массива и прилегающей части кровли помимо жильных (мощностью до 10 м) лейкогранитов, идентичных по составу таковым массива, приурочены относительно

немногочисленные дайки аплитов, а также аплитовые инъекции во вмещающие породы и редко встречающиеся пегматиты – неправильные, иногда линзовидные выделения в биотитовых и жильных гранитах.

В подстилающих и прорванных гранитоидами протерозойских метаморфических сланцах также присутствуют многочисленные апофизы гранитов, мощностью от нескольких миллиметров до нескольких метров. В большинстве случаев они образуют тела, залегающие согласно с метаморфическими сланцами. По данным Р. А. Родченкова, в сланцах подошвы массива отмечены также согласно залегающие дайки гранит-порфиров с порфиоровыми выделениями полевого шпата, биотита, редко кварца. Вполне возможно, что эти дайки гранит-порфиров приурочены к кровле расположенного севернее слабоэродированного крупного Кисловодского интрузива (рис. 1, массив 4).

Тызыльский массив. К востоку от Малкинско-го массива р. Тызыл вскрывает одноименный массив гранитоидов (рис. 1), интродуцирующих протерозойские метаморфиты и перекрытых песчано-сланцевыми отложениями юры. В строении массива преобладают мусковитовые разновидности гранитов, часто содержащие в эндоконтактной зоне ксенолиты вмещающих пород, обычно сохраняющих изначальную ориентировку и пронизанных согласными и секущими прожилками гранит-аплита. Среди гранитов эндоконтакта и пород ближнего экзоконтакта также присутствуют согласные и секущие прожилки, линзовидные обособления и пластовые жилы (до 10 м мощности и до 400 м протяженности) гранит-аплитов и аплитов.

Минеральный состав лейкогранитов Тызыльского массива (%): микроклин – 35–40 (иногда ортоклаз – до 30), альбит-олигоклаз – 10–30, кварц – 20–45, мусковит – 5–10 и отдельные чешуйки биотита. В редких случаях в породах плагноклаз преобладает над калиевым полевым шпатом, и они по составу приближаются к гранодиоритам. Жильные гранит-аплиты, аплиты, гранит-аляскиты и гранит-пегматиты (собственно пегматиты отсутствуют) по составу близки к материнским гранитам. Юго-западнее массива в тектонически опущенном блоке пород кровли отмечаются дайки гранит-порфиров, в том числе альбитизированных. Гранит-порфиры состоят из кварца (30–40 %), полевых шпатов (20–40 %), серицита (2–10 %) и порфиоровых выделений (до 6 %) микроклина, олигоклаза или кварца. В альбитизированных разностях пород вкрапленники (до 8 %) представлены альбитом, а основная масса – альбит-олигоклазом и серицитом, редко хлоритом.

Северо-западнее Мушта-Малкинско-го массива реками Хасаут, Эшкакон и Аликоновка (рис. 1) вскрыты небольшие по размерам выходы гранитов, весьма неоднородных по своему составу и текстурно-структурному облику. Это мелко-

средне- или крупнозернистые мусковитовые, двуслюдяные, чаще биотитовые граниты с постепенными переходами между ними. В мусковитовых лейкогранитах микроклин заметно преобладает над плагиоклазом и кварцем и, обладая относительно крупными зернами, формирует порфиroidные разновидности. По р. Эшкакон Е. П. Мельниковой описаны дайки аплита (мощностью до 5 см), обособления крупнозернистого микроклин-плагиоклаз-кварцевого пегматита (до 30 см) и кварцевые прожилки. Тонкие жилки биотитовых гранитов отмечаются также в присутствующих в гранитах ксенолитах вмещающих амфиболовых и кварцевых сланцев.

Западнее Мушта-Малкинского массива породы комплекса развиты в долине р. Кубань (рис. 1), где они образуют серию мелких интрузивов вдоль Прикубанского, скорее всего, протерозойского разлома [19]. В опущенном северо-восточном от разлома блоке древние рифейские образования трансгрессивно перекрыты юрскими отложениями. В юго-западном блоке вмещающими для гранитов являются амфиболиты, амфиболовые сланцы и другие образования рифейского возраста [23]. Скважины по течению р. Индыш повсеместно вскрыли на глубине граниты, составляющие, по-видимому, основное тело интрузива, а его апофизы — выходящие на дневную поверхность мелкие тела.

Массивы р. Кубань сложены красными, розовыми и серыми гранитами и лейкогранитами, аляскитовыми, в том числе порфиroidными (массивными или гнейсовидными) и гранит-порфиroidными разновидностями, и пегматоидными обособлениями. Преобладающие среди них среднезернистые биотит-мусковитовые граниты по составу в целом близки таковым Малкинского массива, однако иногда содержат амфибол (до 5 %). В эндоконтакте нередко встречаются ксенолиты вмещающих пород, а в экзоконтакте — дайки лейкогранитов, гранит-пегматитов, аляскитовых гранитов и гранит-порфиroidов.

Кисловодско-Черкесская группа интрузивов. Как уже отмечалось, к северу от Кубано-Малкинской группы интрузивов (рис. 1) и почти параллельно ей расположены тела, сформированные также гранитоидами малкинского комплекса и объединенные в Кисловодско-Черкесскую группу интрузивов. По данным бурения, в южной части этой территории (район Кавказские Минеральные Воды) установлены Кисловодский, Эссентукский, Нагутский (рис. 1), а также не отмеченные на схеме Знаменский, Александровский и Ольгинский массивы [14].

Кисловодский и Знаменский массивы сформированы гранитами, вскрытыми скважинами в районе Кавказские Минеральные Воды. Граниты светло-розовые, красноватые и розовато-серые средне- и крупнозернистые, состоят из кварца — 30 %, пелитизированного ортоклаза или микроклина — 25 %, серицитизированного плагиоклаза (альбит-олигоклаза) — 25 %

и слюды — 3–10 %. При этом граниты Знаменского массива преимущественно мусковитовые, а Кисловодского — биотитовые. На отдельных участках отмечены скопления роговой обманки. В Эссентукском массиве установлены главным образом кварцевые диориты, в Нагутском и отдельных телах в пределах Кисловодского массива — гранодиориты. По геофизическим данным, породы Ольгинского массива и ряда более мелких тел диагностируются как гранодиориты. Минеральный состав гранодиоритов (%): кварц — 20–25, плагиоклаз — 55–60, биотит — 10–15, калиевый полевой шпат — 3–5, роговая обманка — 0–5, редко встречается пироксен. Плагиоклаз сосюритизирован и серицитизирован, калиевый полевой шпат — пелитизирован.

В западной части Кисловодско-Черкесского ареала скважинами также вскрыты слабоизученные мелкие тела гранодиоритов, плагиогранитов, гранитов и лейкогранитов. Наиболее крупным из них является Черкесской массив (рис. 1, массив 3), имеющий слабо вытянутую в субширотном направлении форму и сложный в основном плагиогранитами, а в центральной части — гранитами и лейкогранитами. В плагиогранитах породообразующие минералы представлены (%) кварцем — 30, плагиоклазом — 50–55, калиевым полевым шпатом — 5, биотитом — 10–15, в гранитах — кварцем — 25–40, плагиоклазом — 25–30, микроклином — 25 и мусковитом — 10; лейкограниты сложены кварцем — 20–30, плагиоклазом (альбит-олигоклазом) — 20–35, калиевым полевым шпатом (чаще ортоклазом) — 40–55 и слюдами — до 10. Отнесение вскрытых скважинами пород к малкинскому комплексу основано на сходстве как их облика, так и петрографических признаков пород.

В целом во всех случаях гранитоиды малкинского комплекса (биотитовые граниты, лейкограниты, реже гранодиориты, плагиограниты, аляскиты, очень редко кварцевые диориты) образуют преимущественно согласные, изредка дискордантные тела. Контакты с вмещающими породами четкие, резкие, ориентировка ксенолитов в магматитах не согласуется со сланцеватостью вмещающих пород, что указывает на явную интрузивную, аллохтонную их природу. В экзоконтакте зафиксировано присутствие поздней и постмагматических минералов — микроклина, мусковита, а также лейкократовых и пегматоидных обособлений. Полнокристаллические породы комплекса сопровождаются проявлениями аплитов и гранит-порфиroidов.

По химическому составу среди гранитоидов малкинского комплекса (табл. 1) преобладают граниты нормальной щелочности, реже умереннощелочные и лейкограниты; в связи с этим комплекс следует называть гранит-лейкогранитовым. Содержание SiO_2 в гранитах колеблется от 69,0 до 72,6 %, а щелочей — от 7,32 до 8,12 % при 3,58–4,70 % K_2O ; в лейкогранитах соответствующие содержания составляют 73,60–76,80, 6,45–7,49, 3,0–5,00 %.

Химический состав гранитоидов

Номер анализа	Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	3020	76,90	0,07	12,75	0,16	0,35	0,01	0,15	0,15	3,60	5,09	0,02
2	11/18	76,80	0,19	13,20	0,60	0,63	0,04	0,15	0,50	2,90	3,60	0,05
3	462	76,80	0,00	12,71	1,44	0,00	0,03	0,61	0,48	3,25	3,20	0,07
4	618-8	76,60	0,14	12,70	1,02	0,29	0,03	0,13	0,50	6,48	0,81	0,02
5	19	76,52	0,07	13,72	0,50	0,00	0,03	0,34	0,38	3,01	5,38	0,03
6	354	76,40	0,23	12,45	1,15	0,90	0,014	0,23	0,75	3,70	4,20	0,00
7	459	76,20	0,07	13,27	0,19	0,54	0,24	0,41	0,52	2,70	5,30	0,05
8	1	75,78	0,11	12,83	1,27	0,28	0,02	0,20	0,52	4,98	2,99	0,00
9	618	75,40	0,30	12,70	1,06	0,49	0,02	0,02	0,33	5,29	3,09	0,50
10	104/4	75,00	0,05	13,10	0,29	0,69	0,24	0,15	0,45	3,00	6,70	0,04
11	1	74,44	0,17	14,42	0,22	0,79	0,03	0,39	0,98	2,60	5,54	0,03
12	7236	74,40	0,00	13,46	0,00	2,07	0,24	0,00	0,66	4,40	5,60	0,00
13	25	74,16	0,10	13,77	0,92	0,00	0,00	0,38	0,77	3,40	4,60	0,10
14	24	73,95	0,00	14,49	0,58	0,36	0,04	0,29	0,91	4,10	3,80	0,10
15	35-М	73,93	0,27	12,88	1,20	1,44	0,04	0,51	1,24	2,75	4,45	0,00
16	38	73,82	0,26	14,83	0,85	0,72	0,05	0,34	0,98	3,20	4,49	0,06
17	604/26	73,80	0,16	14,20	1,00	0,69	0,08	0,30	0,56	2,40	5,00	0,10
18	47-Х	73,60	0,42	14,32	0,12	1,89	0,00	0,49	1,57	3,40	3,60	0,00
19	9446	73,24	0,28	12,91	0,63	1,68	0,52	0,29	0,90	4,87	3,76	0,16
20	73/6	72,60	0,08	14,60	0,26	0,40	0,01	0,15	0,63	3,70	6,90	0,02
21	466	72,20	0,27	13,77	2,52	0,07	0,00	0,57	0,34	2,20	5,40	6,00
22	467	72,00	0,00	14,62	1,92	0,36	0,00	0,63	0,70	3,20	4,20	0,09
23	3/15	71,80	0,26	14,00	0,43	1,78	0,04	0,71	1,34	3,42	4,70	0,07
24	629/33	71,30	0,22	15,00	0,26	0,80	0,02	0,02	1,07	4,34	5,53	0,12
25	1419	70,26	0,34	16,34	0,49	1,58	0,08	0,73	1,19	3,80	4,36	0,05
26	102/15	70,20	0,38	15,10	0,91	1,83	0,06	0,88	2,00	4,05	3,58	0,14
27	465-5	70,08	0,3	15,03	1,03	2,52	0,07	0,62	1,27	3,80	4,00	0,07
28	16/20	70,00	0,33	15,20	0,65	1,83	0,06	0,90	1,85	4,00	3,77	0,12
29	455	69,85	0,28	15,70	1,44	1,35	0,11	0,63	1,15	3,72	3,60	0,07
30	21	69,30	0,23	15,43	0,91	1,98	0,07	0,84	2,37	3,40	3,60	0,11
31	1038	68,86	0,12	15,93	0,93	2,66	0,16	0,95	2,26	4,15	2,99	0,18
32	446	68,40	0,32	16,26	1,47	1,44	0,12	0,72	1,55	4,00	4,00	0,10
33	680	68,10	0,51	15,87	0,50	2,66	0,59	0,83	2,60	5,48	2,88	0,19
34	114/10	67,90	0,44	14,70	1,24	2,09	0,07	1,67	2,62	3,24	4,25	0,10
35	530в	63,40	0,84	15,69	3,15	3,81	0,12	2,30	2,93	3,59	1,94	0,27

1 – умереннощелочной лейкогранит, р. Мушт; 2 – лейкогранит, р. Мушт; 3 – лейкогранит (гранодиорит), бассейн р. Малка; 4 – 7 – лейкогранит (гранатовый аляскит), бассейн р. Малка; 8 – умереннощелочной лейкогранит-порфир, р. Индыш; 9 – умеренно-щелочной лейкогранит, р. Малка; 10 – лейкогранит (мусковитовый гранит), р. Тызыл; 11 – лейкогранит (мусковитовый гранит), когранит, р. Хурзук (верховья р. Мушт); 12 – умереннощелочной лейкогранит, р. Малка; 13 – гранит (мусковитовый гранит), р. Мушт; 14 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 15 – умереннощелочной гранит, р. Тызыл; 16 – гранит (двуслюдяной гранит), бассейн р. Малка; 17 – гранит (двуслюдяной гранит), бассейн р. Малка; 18 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 19 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 20 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 21 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 22 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 23 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 24 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 25, 26 – гранит, р. Малка; 27 – гранит (двуслюдяной гранит), бассейн р. Малка; 28 – гранит, р. Малка; 29 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 30 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 31 – гранит (мусковитовый гранит), р. Малка; 32 – гранодиорит (биотитовый плаггиогранит), бассейн р. Малка; 33 – гранодиорит (гранит), р. Мушт; 34 – гранодиорит, работы [1]; 12, 19, 31, 33 – из работы [17]; 15, 18 – данные Г. И. Баранова; 1, 2, 10, 17, 20, 23, 26, 34 – данные В. М. Газеева; 5, 11, 16,

На диаграмме «сумма щелочей – кремнезем» (рис. 2) точки составов пород образуют облако, расположенное в основном в полях нормальнощелочных гранитов, нормальнощелочных и умереннощелочных лейкогранитов; единичные точки – в поле нормальнощелочных гранодиоритов, а также щелочных лейкогранитов, что может быть обусловлено наложенными процессами. По типу щелочности породы комплекса подразделяются на две группы: калиево-натриевые, в которых Na₂O/K₂O колеблется от 0,45 до 0,78, и натриевые с отношениями от 1,06 до 1,90. В то же время в умереннощелочных

гранитах и лейкогранитах калий преобладает над натрием.

В целом гранитоиды комплекса относятся к ряду пересыщенных алюминием пород, то есть с преобладанием среди них весьма высокоглиноземистых (al' 2,5–6,0) с отклонениями как к низкоглиноземистым (al' 1,7–1,9), так и крайне высокоглиноземистым (al' 10,1–13,0); и к относительно низкотитанистым – с коэффициентом титанистости (по И. И. Абрамовичу) от 10,04 до 20,40, иногда 8,0–9,0.

На большинстве дискриминационных диаграмм фигуративные точки составов гранитоидов

МАЛКИНСКОГО КОМПЛЕКСА

	H ₂ O ⁺	SrO	Li ₂ O	Rb ₂ O	SO ₃	F	CO ₂	H ₂ O	п.п.п.	Сумма	Na ₂ O+K ₂ O	Na ₂ O/K ₂ O
		0,010	0,0005	0,018	0,05	0,005	0,25	0,25	0,50	99,46	8,69	0,71
	0,78	0,020	0,002	0,009	0,05	0,01	0,25		0,99	99,63	6,50	0,81
	1,12							0,22		99,93	6,45	1,02
	0,74		0,850	99,72					0,80	99,72	7,29	8,00
					0,05				0,40	100,43	8,39	0,56
	0,22									100,33	7,90	0,88
	0,41							0,13		100,06	8,00	0,51
				99,84						00,84	7,97	1,67
			0,780	99,63					0,80	99,63	8,38	1,71
		0,015	0,0005	0,017	0,05	0,005	0,25	0,25	0,72	100,30	9,70	0,45
					0,31				0,85	100,77	8,14	0,47
	0,00					0,03				100,86	10,00	0,79
	1,21									100,24	8,00	0,74
	1,04									99,82	7,90	1,08
									0,98	99,69	7,20	0,62
									0,90	100,50	7,69	0,71
		0,010	0,003	0,015	0,30	0,03			1,62	99,89	7,40	0,48
									1,60	100,42	7,00	0,94
	0,99					0,20				100,33	8,63	1,30
		0,010	0,001	0,028		0,005	0,25	0,50	0,80	99,98	10,60	0,54
	1,48							0,64		100,17	7,60	0,41
	1,66							0,60		100,01	7,40	0,76
		0,020	0,003	0,024	0,10	0,02			1,04	99,65	8,12	0,73
		0,040	0,001	0,027	0,10		0,53		0,90	99,75	9,87	0,78
									0,93	100,15	8,16	0,87
		0,050	0,003	0,007	0,05	0,03	0,25	0,50	0,92	100,13	7,63	1,13
	0,71							0,37		99,87	7,80	0,95
		0,040	0,006	0,008	0,05	0,02	0,25	0,87	1,32	100,09	7,77	1,06
	1,69							0,10		99,85	7,32	1,03
	1,04									99,74	7,00	0,94
	0,64					0,40				99,20	7,14	1,39
	0,90							0,28		99,56	8,00	1,00
	0,38					0,19				100,78	8,36	1,90
		0,040	0,005	0,020	0,10	0,05			1,40	99,84	7,49	0,76
					0,05				1,84	99,95	5,53	1,85

лейкогранит, р. Индыш; **5** – умереннощелочной гранит, р. Малка; **6** – лейкогранит (биотит-хлоритовый гранит), бассейн р. Малка; щелочной лейкогранит-порфир, р. Индыш; **10** – щелочной лейкогранит, р. Малка; **11** – умереннощелочной лейкогранит, р. Мушт; р. Тызыл; **15** – лейкогранит, р. Мушт; **16** – лейкогранит, р. Харбаз (верховья р. Малка); **17** – лейкогранит, бассейн р. Малка; **18** – лей-вит-хлоритовый гранит, бассейн р. Малка; **22** – гранит (мусковитовый плагиогранит), бассейн р. Малка; **23** – гранит, р. Малка; **24** – р. Малка; **29** – гранит (биотитовый гранит), бассейн р. Малка; **30** – биотитовый гранодиорит, р. Эшкакон; **31** – гранодиорит (гранит), бассейн р. Малка; **35** – гранодиорит, р. Малка. Анализы **4, 9, 24** – авторские; **3, 6, 7, 13, 14, 21, 22, 29, 30, 32** – из работы [5]; **8** – из **25, 35** – данные Е. А. Снежко. В скобках – авторское определение породы в первоисточниках.

комплекса образуют достаточно четко обособленные поля. Например, на петрогенетической диаграмме, предложенной Р. А. Батчелором и П. Боуденом [34] и использующей большинство петрогенных окислов ($4Si - 11(Na + K) + 2(Fe + Ti) - 6Ca + 2Mg + Al$), фигуративные точки составов гранитоидов Малкинского массива (рис. 3) группируются преимущественно в пределах полей синколлизонных и посторогенных магматитов и в промежутке между этими полями. Отдельные точки составов гранитоидов этого массива расположены вдоль линии раздела позднеорогенных и анорогенных магматитов,

однако вблизи поля синорогенных пород. При этом граниты исследуемого комплекса тяготеют к полю синколлизонных гранитов, а лейкограниты – посторогенных. В то же время лейкограниты Индышского массива комплекса расположены в поле синколлизонных гранитов.

Вопрос о принадлежности пород малкинского комплекса к определенному типу гранитоидов с помощью диаграмм, предложенных Б. Р. Фростом с соавторами [35], также решается неоднозначно. На диаграмме $FeO/(FeO + MgO) - SiO_2$ (рис. 4, А), как и на диаграмме $(Na_2O + K_2O - CaO) - SiO_2$ (рис. 4, Б), большинство

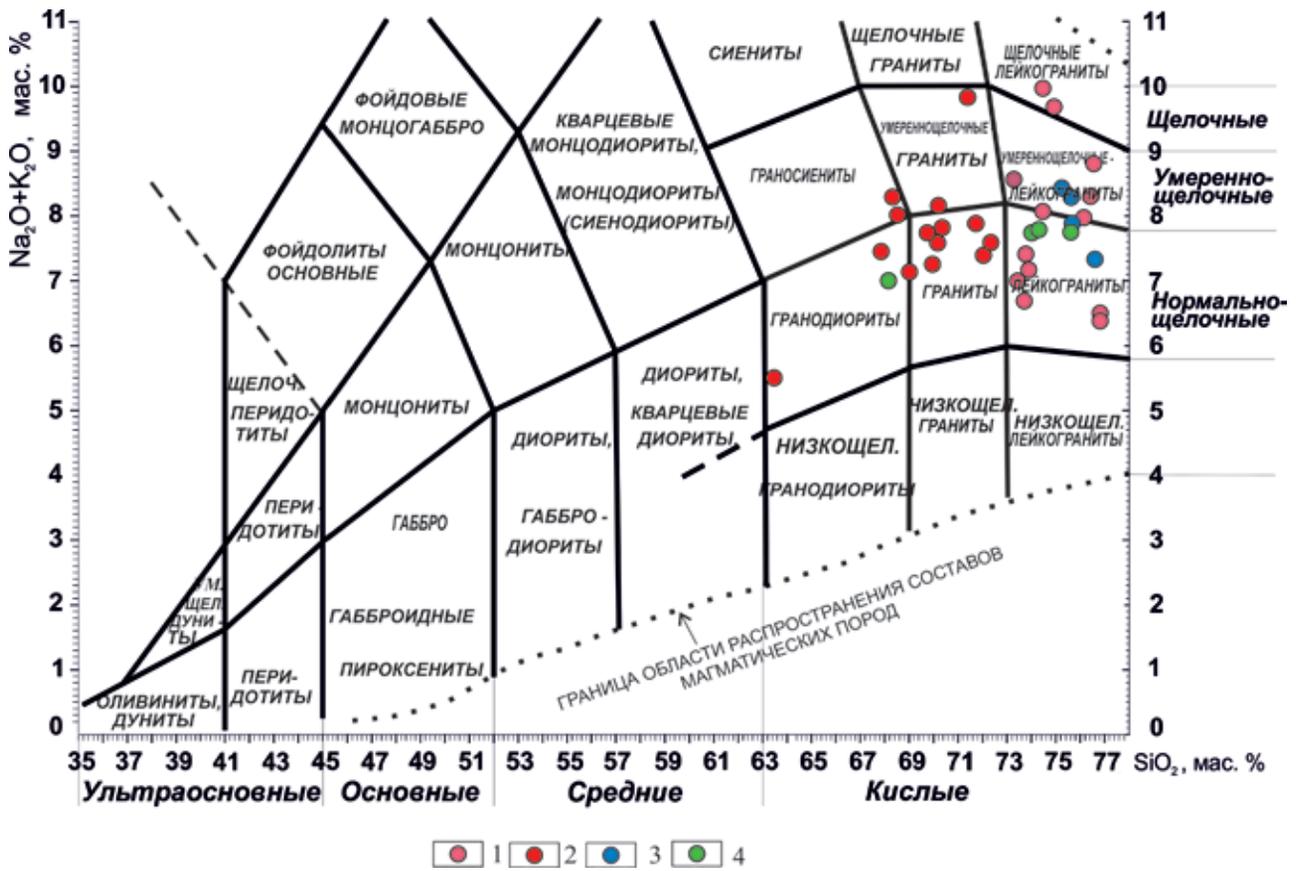


Рис. 2. Диаграмма «сумма щелочей – кремнезем» (TAS), малкинский комплекс

1, 2 – Малкинский массив: 1 – лейкограниты, 2 – граниты; 3, 4 – гранитоиды: 3 – р. Индыш, 4 – рек Тызыл и Аликоновка

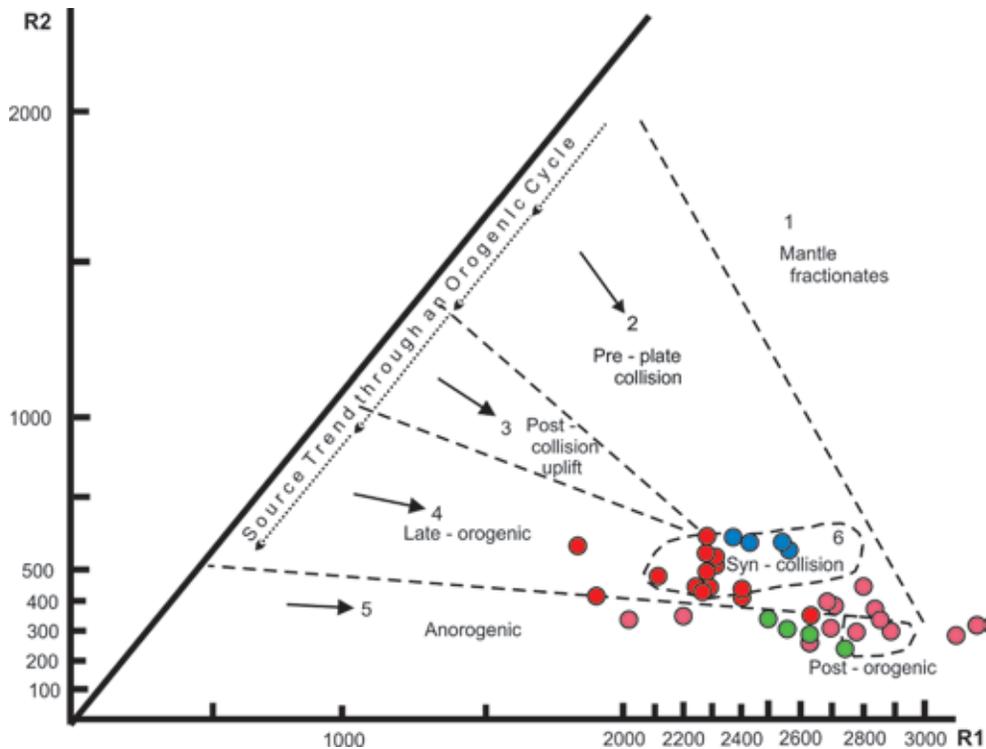


Рис. 3. Диаграмма главных гранитоидных ассоциаций [34]

Усл. обозн. см. рис 2

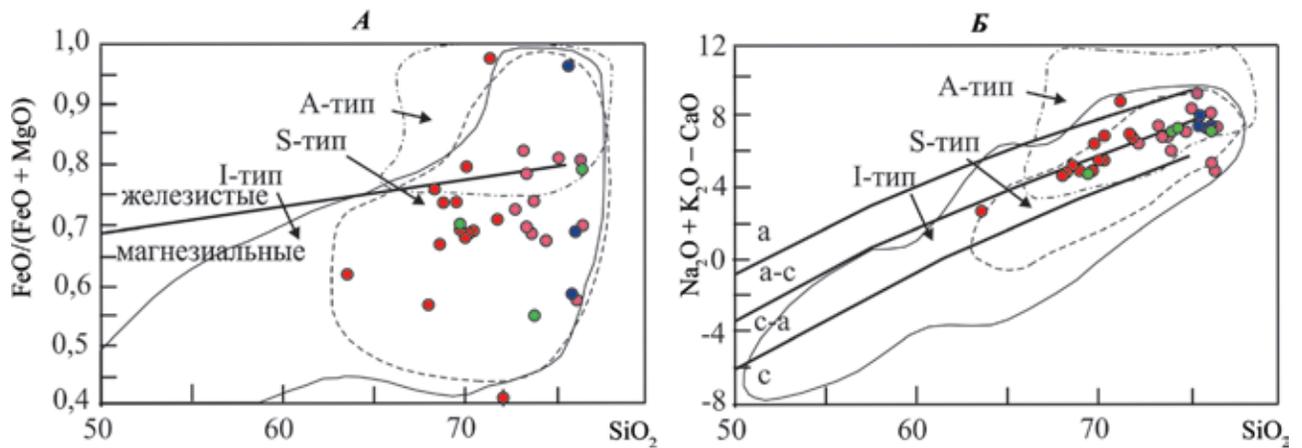


Рис. 4. Диаграммы $[\text{FeO}/(\text{FeO} + \text{MgO})] - \text{SiO}_2$ (А) и $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}) - \text{SiO}_2$ (Б) [35]

Усл. обозн. см. рис. 2

Таблица 2

Содержание редкоземельных элементов в гранитах малкинского комплекса (ppm)

Номер пробы	Y	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
503a	15,1	36,0	67,2	7,02	23,0	3,9	1,05	3,59	0,48	2,62	0,46	1,39	0,23	1,36	0,24
503б	13,6	29,3	54,6	5,76	19,5	3,32	0,96	3,15	0,41	2,32	0,44	1,31	0,16	1,31	0,22

фигуративных точек составов малкинских гранитоидов расположены в области перекрытия I- и S-типов гранитоидов. В соответствии с этим и судя по тому факту, что эти точки практически не выходят за пределы поля гранитоидов S-типа, малкинские гранитоиды можно считать переходными между I- и S-типами. Это положение подтверждается значениями коэффициентов их калиевости (0,41–0,42) и железистости (0,52–0,56) [27]. Следует отметить также, что инициальное отношение изотопов стронция $0,7059 + 0,0003$ в гранитоидах малкинского комплекса характеризует I-тип [11; 36].

Исходя из диаграмм, предложенных Б. Р. Фростом с соавторами, малкинские гранитоиды принадлежат в основном к магнезиальной фации (рис. 4, А) и преимущественно к известково-щелочной серии (рис. 4, Б, поле c-a). Это подтверждает существующие представления предыдущих исследователей, в частности Ю. Я. Потапенко с соавторами [20], В. А. Снежко с соавторами [27].

При интерпретации особенностей петрохимического состава малкинских гранитоидов В. А. Снежко с соавторами был использован аналитический метод [27], разработанный Л. С. Бородиным [3]. Этот метод особенно эффективен при разграничении типовых магматических серий, возникших в условиях сложных геотектонических обстановок, когда в одних и тех же структурах совмещены породы, являющиеся дифференциатами как мантийных, так и коровых магм. В результате этого анализа на диаграмме в координатах $(\text{Na} - \text{K})/\text{Ca} - \text{As}$

установлено, что тренд малкинских гранитоидов близок к тренду верхисетского комплекса Урала, который Л. С. Бородин [4] предлагает считать эталонным представителем орогенной тоналит-гранитовой формации, переходной от тоналит-гранодиоритовых активных палеоокраин к собственно гранитовым, позднеорогенным или коллизионным.

Важнейшими характеристиками гранитоидов комплекса являются содержание и характер распределения в них редкоземельных элементов (РЗЭ), которые установлены (табл. 2) для гранитов Малкинского массива (анализы выполнены в центральной лаборатории (ЦЛ) ВСЕГЕИ).

Суммарное содержание РЗЭ в исследованных образцах колеблется от 129,76 до 148,54 г/т, составляя в среднем 139,15 г/т, то есть ниже, чем среднее содержание РЗЭ в гранитах [2]. Наблюдается явное преобладание элементов цериевой группы – 87–96 % от общей суммы, что, по-видимому, является следствием относительно высокой щелочности минералообразующих растворов. Отношение La_n/Yb_n в гранитах Малкинского массива – 16,0–19,0 при среднем значении 17,5; внутри цериевой группы отмечается преобладание лантана; отношение La_n/Sm_n колеблется от 5,7 до 5,9, а отношение Ce_n/Sm_n – 4,1–4,3, что близко к таковому в гранитоидах плутонической ассоциации (около 4, согласно А. Ю. Белякову).

График распределения лантаноидов (рис. 5, а) в гранитах Малкинского массива, нормализованных по хондриту [37], характеризуется плавной наклонной линией, отмечающей уменьшение

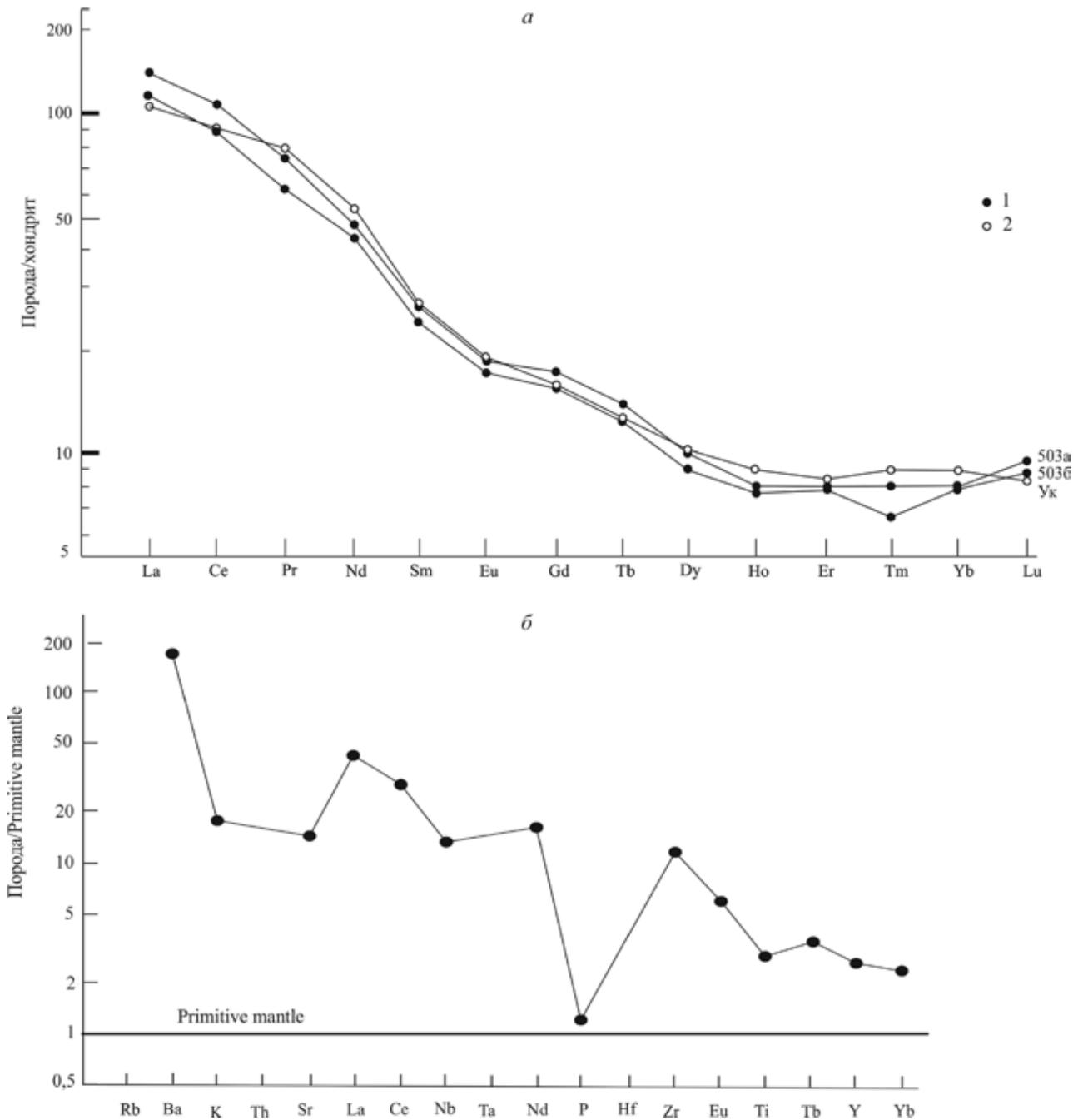


Рис. 5. Распределение РЗЭ в гранитах малкинского комплекса и гранитах I-типа удинского комплекса [31] (а) и мультиэлементный спектр гранитов малкинского комплекса, нормированный по примитивной мантии [37] (б)
 1 – граниты малкинского комплекса, нормирование по хондриту [37], 2 – граниты удинского комплекса

содержаний от лантана до гольмия, а далее почти горизонтальной с незначительным увеличением содержания лютеция (до 9,5 по сравнению с 8,0 для гольмия). Следует отметить слабовыраженную отрицательную европиевую аномалию, что характерно и для гранитов Главного хребта Большого Кавказа [24]. В целом тренд распределения РЗЭ в гранитах малкинского комплекса близок к таковому для гранитов I-типа удинского комплекса юго-западной окраины Сибирского кратона [31]. Определенное сходство с гранитами этого типа подтверждается также и относительно

повышенным отношением лантана к иттербию (как уже отмечалось, в среднем 17,5) и слабо-выраженной отрицательной европиевой аномалией – $Eu/Eu^* = 0,94$ в гранитах малкинского комплекса. В ЦЛ ВСЕГЕИ были также определены содержания Ba и Sr (химическим способом) и ряда других элементов (спектральным способом). Количество бария – 0,12 %, стронция – 0,03 %, остальных элементов (среднее из шести анализов, г/т): V – 25, Cr – 82, Co – 4, Ni – 18, Zr – 104, Nb – 11, Sc – 6, Be – 2, Li – 15, Mo – 1,5, Sn – 5,5, Cu – 22, Pb – 30, Zn – 30.

На мультиэлементной диаграмме для гранитов комплекса (рис. 5, б) на спектре распределения элементов по отношению к примитивной мантии резко проявлен минимум по Р и слабее выражены минимумы по Sr, Nb и Ti. По этим показателям они отличаются от мультиэлементного графика для гранитов I-типа и в то же время сближаются с аналогичным графиком для гранитов S-типа [31], хотя у последних минимумы по этим элементам гораздо более четкие. Следует отметить, что концентрации на диаграмме всех элементов (кроме фосфора) выше их концентраций в примитивной мантии; содержание же фосфора приближается к его количеству в мантии. В породах Малкинского массива определялось также содержание радия [33], наиболее высокие концентрации которого (более $2 \cdot 10^{-10}$ г) были установлены вблизи кровли массива. Геохимические особенности кварцев [12; 18] в гранитоидах комплекса также свидетельствуют об их промежуточном положении между I- и S-типами, тогда как по содержанию большинства определенных в них элементов (Rb, Nb, Ni и Cu) [9] они могут быть отнесены к коровым. В то же время низкие концентрации Ta и Cs в кварцах более характерны для мантийных пород.

Химический состав породообразующих минералов гранитоидов комплекса (табл. 3) также характеризует условия их образования.

Биотиты из гранитоидов Малканского интрузива – низкоглиноземистые (отношение $Al/(Mg + Fe) = 31-41$), на основании чего И. П. Гамкрелидзе и Д. М. Шенгелиа [6] предположили, что становление содержащих их пород протекало в условиях умереннощелочной среды. По содержанию титана (TiO_2 от 1,42 до 3,55 %) биотиты относительно высокотитанистые, а их железистость колеблется от 52 до 75. Содержания Rb (0,0366–0,0533) и Li (0,0130–0,0253) довольно постоянны, как и отношение K/Rb (от 145 до 212); отношение Mg/Li колеблется в широком интервале (91–300). В то же время биотит из гранодиорита р. Эшкакон отличается от прочих и характеризуется содержаниями рубидия и лития, соответственно равными 0,0883 и 0,0020, что резко меняет отношения K/Rb (72) и Mg/Li (3037). По В. В. Закруткину и Е. А. Кулишу [16], фигуративные точки анализов биотитов малкинского комплекса на диаграмме У. Дира с соавторами попадают в поле слюд, обогащенных сидерофиллитовым компонентом. Для отдельных массивов гранитоидов малкинского комплекса по химическому составу биотитов А. И. Гусевым [13] рассчитана довольно постоянная и относительно высокая температура их кристаллизации (805–810 °С). Кроме того, в той же работе приведена оценка некоторых параметров флюидного режима гранитоидов Большого Кавказа. Для гранитов малкинского комплекса установлено парциальное давление воды – 320–410, а также углекислоты – 90–230, которые близки данным, полученным для палеозойских гранитов других комплексов Главного хребта.

Мусковиты рассматриваемых гранитоидов (табл. 3) характеризуются высоким содержанием фенгитовой молекулы ($FeO_{общ}$ от 3 до 5,3 %, MgO от 0,88 до 2,14%), что, скорее всего, указывает на низкую температуру и повышенное давление при постмагматической переработке пород.

С гранитоидами малкинского комплекса известны проявления вольфрама, молибдена, полиметаллов и минерализация золота.

Шеелитовые проявления в долинах рек Мушт и Малка (Каргашеликол, Юбилейное, Водопадное и др.) и по р. Кубань (Аминкол, Индыш) генетически связаны с малкинским гранитоидным комплексом (см. рис. 1).

В бассейне р. Малка шеелитовые проявления (обнаружены сотрудниками Комплексной экспедиции Северо-Кавказского геологического управления) тяготеют к рифейским метаморфическим породам и приурочены к скарнированным амфиболитам, амфиболовым сланцам и известнякам, расположенным к северу от массива гранитов. Предполагается, что описываемые шеелитовые проявления размещены в кровле не вскрытой части Малкинского массива. В бассейнах рек Мушт, Малка и Тызыл известны также площадные аномалии молибдена и вольфрама. Эти аномалии нередко имеют комплексный характер, поскольку наряду с молибденом и вольфрамом в них установлены повышенные концентрации цинка, в меньшей мере свинца и меди.

Шеелитовые проявления (спорадическая, весьма неравномерная вкрапленность) известны также в амфиболитах, амфиболовых сланцах и известняках протерозойского метаморфического комплекса в экзоконтакте слабоэродированных тел малкинских гранитоидов, имеющих с вмещающими породами пологие субсогласные контакты. Кроме шеелита в составе вкрапленности часто присутствуют молибдошеелит, молибденит и сульфиды полиметаллов. Шеелит и вмещающие его роговики и скарны отчетливо тяготеют к кровле гранитовых тел. В случае тектонических осложнений появляются кварцевые прожилки с достаточно высокой концентрацией вольфрама.

С Малкинским гранитоидным массивом (см. рис. 1) генетически связана также золоторудная минерализация [23], приуроченная к кварцевым жилам во вмещающих породах (протерозойский метаморфический комплекс), иногда с промышленным содержанием золота. Одно из проявлений этой минерализации известно также в бассейне р. Хасаут [23]. Золоторудные образования приурочены здесь к отдельным кварцевым жилам (около 200 жил), жильно-прожилковым зонам и штокверкам с сульфидной минерализацией (в основном пирита). Золото в жилах свободное, высокопробное, присутствующее преимущественно в кварце, иногда в виде субмикроскопических выделений в сульфидах. Содержание золота в кварцевых жилах очень неравномерное и колеблется от «следов» до 201,7 г/т, среднее содержание по наиболее изученной жиле 1,00–3,17 г/т. Кроме того, с проявлениями

Химический состав минералов (биотитов, мусковитов, кали-натрового полевого шпата и граната)

Номер образца	Номер пробы	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺
1		38,10	2,30	16,80	5,80	12,10	0,40	10,15	1,10	0,40	8,85	0,15	2,70
2		38,13	2,31	16,75	5,76	12,11	0,38	10,11	0,95	0,52	8,90	0,19	2,71
3		37,80	2,55	16,95	6,01	11,95	0,10	10,20	0,60	0,35	8,90	0,20	2,60
4	472-5	35,55	0,84	18,27	4,40	17,52	0,32	9,00	1,00	0,30	8,80		3,25
5	446-5	37,36	3,07	16,48	2,85	17,88	0,42	5,85	0,88	0,63	8,10		2,30
6	449-5	35,02	3,55	20,40	2,84	19,53	0,38	4,10	0,62	0,40	9,30		2,42
7	455-5	34,98	1,94	17,98	4,16	15,18	0,63	7,61	0,53	0,20	9,00		4,04
8	465-5-1	35,72	2,00	17,34	3,30	18,28	0,64	6,35	0,59	0,20	9,00		4,88
9	21-8	35,62	1,46	16,87	3,75	16,40	0,84	0,13	1,05	0,30	7,60		3,59
10	467-5	47,22	0,50	28,96	2,98	0,72	0,10	2,14	0,68	0,98	9,08		4,24
11	466-5	47,98	0,42	29,43	3,56	0,54	0,10	1,78	0,00	0,33	9,00		3,94
12	462-5	44,70	0,74	27,90	4,75	0,54	0,10	1,82	0,46	0,90	10,20		4,86
13	24-8	45,12	0,41	32,01	3,43	0,52	0,03	0,88	0,82	0,56	8,70		4,85
14	25-8	45,18	0,06	32,49	2,65	0,07	0,07	0,97	0,56	0,60	9,80		4,80
15	465-5	65,60	сл.	18,02	0,23	0,08	0,00	0,11	0,56	2,57	11,83		0,51
16	459-5	38,55	0,25	19,23	0,95	22,18	16,54	16,54	0,20	н/опр.	н/опр.		н/опр.

1 – биотит из гранодиоритов (среднее, $n = 3$), р. Индыш; 2 – биотит из гранодиоритов, (среднее, $n = 2$), р. Мушт; 3 – биотит из гранитоидов; 4 – биотит, плагиогранит, басс. р. Малка; 5 – биотит, биотитовый плагиогранит, басс. р. Малка; 6 – биотит, биотитовый гранит, басс. р. Малка; 7 – биотит, биотитовый гранит, басс. р. Малка; 8 – биотит, биотитовый гранодиорит, р. Эшкакон; 9 – мусковит, мусковитовый гранит, басс. р. Малка; 10 – мусковит, мусковитовый гранит, р. Тызыл; 11 – мусковит, мусковитовый гранит, басс. р. Малка; 12 – мусковит, мусковитовый гранит, р. Тызыл; 13 – мусковит, мусковитовый гранит, р. Тызыл; 14 – мусковит, мусковитовый гранит, р. Тызыл; 15 – калий-натровый полевой шпат, басс. р. Малка; 16 – гранат, гранатовый аляскит, басс. р. Малка. Анализы 1–3 – из работы [8], 4–16 – из работы [5].

золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцевой формаций связаны промышленные россыпи золота по долинам рек Малка, Хасаут, Мушт.

Возраст гранитоидов малкинского комплекса многие годы оценивался неоднозначно. А. П. Герасимов [7] считал их каледонскими, Е. А. Снежко – среднекаменноугольными, а Г. А. Михеев с соавторами [19] – раннекаменноугольными. Однако все эти исследователи, ссылаясь на Г. Д. Афанасьева [1], указали цифру возраста пород, равную 260–290 млн лет (К-Аг метод), что отвечает верхнему палеозою. Ю. Я. Потапенко с соавторами [21] относил эти гранитоиды к среднему палеозою, а К. Н. Паффенгольц [20] – к нижнему. Г. И. Лебедько и В. И. Усик [17], обобщив имеющиеся многочисленные определения возраста малкинских гранитоидов К-Аг методом, приняли для них позднепалеозойский возраст. Эти исследователи считали, что максимально надежные значения К-Аг возраста малкинских гранитов находятся на уровне 290–300 млн лет, что соответствует их формированию в палеозое. Между тем имеются и иные цифры калий-аргонового возраста этих гранитоидов [32]: фракция биотита из биотитового гранодиорита р. Эшкакон – 363 ± 17 млн лет, мусковита из мусковитового гранита р. Тызыл – 321 ± 9 млн лет. Такого же мнения придерживаются В. Ф. Печенюк с соавторами относительно возраста гранитоидов Кисловодского и близлежащих массивов [10], хотя имеющиеся К-Аг датировки этих гранитов показывают значительный разброс значений – 325–275 млн

лет [19]. Определения возраста биотитового гранита р. Малка разными методами, проведенные А. И. Тугариновым с соавторами [30], также показали широкий разброс значений от 500 млн лет (Pb-Pb метод) до 180 млн лет (U-Pb метод).

Неоднозначность представлений о возрасте гранитоидов комплекса в значительной мере объясняется тем, что породы долгое время не были изучены современными геохронологическими методами, в частности цирконометрией. Только в 2013 г. В. А. Снежко и Е. В. Толмачёвой [26] было проведено определение возраста цирконов (U-Pb метод) малкинских гранитов с одновременным изучением включений в этих цирконах.

Цирконы в изученных пробах в основном длиннопризматические, бесцветные – Zr2. Кроме того, установлены также единичные зерна желтоватого короткопризматического корродированного циркона, присутствующего как в виде ядер в длиннопризматическом бесцветном, так и самостоятельных зерен (Zr1). Как Zr1, так и Zr2 содержат однотипные полностью раскристаллизованные расплавные включения, свидетельствующие об их магматическом генезисе. Изучение этих расплавных включений в Zr1 и Zr2 в центре изотопных исследований (ЦИИ) ВСЕГЕИ на растровом электронном микроскопе CamScan MV 2300 показало их соответствие таковым в двуполевошпатовых гранитах, обогащенных стронцием (в ортоклазе до 1,6% Sr).

U-Pb методом (SHRIMP II, ЦИИ ВСЕГЕИ) получен конкордантный возраст Zr2 – $300 \pm 3,4$ млн лет – возраст кристаллизации гранита.

Таблица 3
гранитоидов малкинского комплекса

	H ₂ O ⁻	Li ₂ O	Rb ₂ O	F	Cl	Сумма
		0,02	0,03	0,50	0,60	100,00
		0,02	0,03	0,48	0,55	99,90
		0,07	0,06	0,70	0,30	99,84
				0,11		100,07
		0,0130	0,0466	0,24		100,31
		0,0253	0,0366	0,19		100,05
		0,0153	0,0533	0,18		100,15
		0,0253	0,0466	0,45		100,25
1,91	0,020	0,0883		0,21		99,73
				0,19		99,64
				0,34		99,86
				0,23		99,00
				0,27		100,05
2,45				0,10		99,78
1,86				н/опр.		99,89
				н/опр.		99,89

тов (среднее, $n = 2$), р. Тызыл; 4 – биотит, гранит, басс. р. Малка; сейн р. Малка; 8 – биотит, двуслюдяной гранит, басс. р. Малка; товый гранит, басс. р. Малка; 12 – мусковит, мусковитовый ли-натровый полевой шпат, двуслюдяной гранит, басс. р. Малка;

Возраст Zr1 (ядер в Zr2) колеблется в интервале $(323,2 \pm 4,9) - (327,7 \pm 5,2)$ млн лет. Вероятно, это возраст цирконов, формировавшихся в очаге генерации магмы. Кроме того, на зернах Zr1 и Zr2 иногда наблюдаются тонкие прерывистые оболочки и наросты идиоморфного бесцветного циркона – Zr3 с возрастом $283,6 \pm 4,4$ млн лет. В Zr3 содержатся исключительно флюидные первичные включения, что свидетельствует, по-видимому, об их автотетасоматическом генезисе, так как граница между Zr2 и Zr3 не имеет следов коррозии.

Анализ цирконов из гранитов малкинского комплекса U-Pb методом показал их средне-позднекаменноугольный возраст. Кристаллизация цирконов началась в очаге генерации магмы и завершилась в $300 \pm 3,4$ млн лет, причем автотетасоматические преобразования гранитов продолжались вплоть до $283,6 \pm 4,4$ млн лет. В то же время возраст малкинских гранитов, по данным В. А. Лаврищева и др. [9], равен $316 \pm 3,5$ млн лет (определения U-Pb методом на SHRIMP II, ЦИИ ВСЕГЕИ), что соответствует началу башкирского века.

Имеющиеся геологические данные также свидетельствуют о более вероятном среднекаменноугольном возрасте, поскольку гранитоиды прорывают протерозойские метаморфические образования и несогласно перекрыты нижнетриасовой молассой и сланцами нижней юры. Галька микроклиновых гранитов, аналогичных малкинским, установлена в верхнекаменноугольных конгломератах [17; 22], на основании чего предлагается считать возраст малкинских

гранитов и всего комплекса гранитоидов в целом среднекаменноугольным.

Таким образом, в малкинский комплекс Карацаево-Черкесского горст-антиклинория Северного Кавказа объединены гранитоиды (биотитовые граниты, лейкограниты, реже гранодиориты, плагиограниты, аляскиты, очень редко кварцевые диориты) со свойственными им постепенными фаціальными переходами между породами как по вещественному составу, так и структурно-текстурным признакам. Гранитоиды образуют преимущественно согласные, изредка дискордантные тела аллохтонной природы, приуроченные к домезозойскому фундаменту и проявленные в условиях активной окраины островодужного типа. В ряду магматических комплексов малкинские гранитоиды следуют за ордовикосилурийскими аманкольскими диоритами и сменяются позднекаменноугольными гранит-порфирами гипабиссального кубанского комплекса.

В составе малкинского комплекса преобладают породы нормальной щелочности, реже умереннощелочные при калиево-натриевом, иногда натриевом типе щелочности, занимающие переходное положение между I- и S-типами. Приведены петро-геохимические характеристики пород, получены результаты определения их возраста.

Материалы, использованные в статье, дают основание рассматривать малкинский массив гранитоидов как петротип малкинских гранит-лейкогранитового плутонического комплекса среднекаменноугольного возраста.

1. Афанасьев Г. Д. Гранитоиды древних интрузивных комплексов Северо-Западного Кавказа. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 135 с. – (Тр. ИГН АН СССР; вып. 69).

2. Балашов Ю. А. Геохимия редкоземельных элементов. – М.: Наука, 1976. – 267 с.

3. Бородин Л. С. Петрохимия магматических серий. – М.: Наука, 1987. – 261 с.

4. Бородин Л. С. Петрология тоналит-гранитной серии Верхисетского массива, Средний Урал // Петрология. – 1994. – Т. 2, № 6. – С. 609–622.

5. Варданянц Л. А. Новые данные по геологии бассейна рек Малки, Хасаута и Мушта // Известия АН АрмССР. – 1960. – Т. XIII, № 6. – С. 13–19.

6. Гамкрелидзе И. П., Шенгелиа Д. М. Докембрийско-палеозойский региональный метаморфизм, гранитоидный магматизм и геодинамика Кавказа. – М.: Научный мир, 2005. – 458 с.

7. Герасимов А. П. Обзор геологического строения северного склона Главного Кавказского хребта в бассейнах рек Малки и Кумы. – М.; Л.: Госгеолитиздат, 1940. – 84 с. – (Тр. ЦНИГРИ; вып. 123).

8. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. второе. Серия Кавказская. Листы К-38-I, VII (Кисловодск). Объяснительная записка / А. Н. Письменный [и др.]. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2015. – 364 с. – URL: http://geo.mfvsegei.ru/200k/Zap/Zap_K-38-I,VII.pdf (дата обращения: 01.10.2020).

9. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Скифская. Лист К-37 (Сочи), К-38 (Махачкала),

К-39. Объяснительная записка / В. А. Лавришев [и др.]. — СПб.: Картофабрика ВСЕГЕИ, 2011. — 431 с.

10. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаба 1 : 200 000. Серия Скифская. Лист L-38-XXV (Шпаковское). Объяснительная записка / И. Ф. Рудянов [и др.]. — М., 1999. — 126 с.

11. Гурбанов А. Г., Арепц И. Критерии вольфрамоносности гранитов позднепалеозойской диорит-гранитной формации, Северный Кавказ // Петрология. — 1996. — Т. 4, № 4. — С. 386–406.

12. Гурбанов А. Г. Редкие и рудные элементы в кварце из пород разновозрастных магматических формаций и метаморфических образований Большого Кавказа — индикаторы их геохимической специализации / А. Г. Гурбанов, Т. Т. Ляхович, Л. В. Карташова, Е. А. Корина // Особенности породообразующих минералов магматических пород. — М.: Наука, 1986. — С. 84–100.

13. Гусев А. И., Кузубов П. П. Петрогенетические типы и флюидальный режим палеозойских гранитоидов Большого Кавказа // Отечественная геология. — 2001. — № 2. — С. 42–48.

14. Дубинский А. Я., Михеев Г. А., Маценко Н. А. Гранитоиды герцинского фундамента Предкавказья и их сопоставление с гранитоидами Северного Кавказа // Советская геология. — 1969. — № 7. — С. 97–105.

15. Ефремов Г. М. О природе кали-натрового полевого шпата в палеозойских интрузиях Северного Кавказа // Известия АН СССР. Сер. геол. — 1939. — № 3. — С. 15–22.

16. Закруткин В. В., Кулиш Е. А. Породообразующие минералы древних метаморфических комплексов Кавказа. Биотиты. — Киев, 1997. — 114 с.

17. Лебедько Г. И., Усик В. И. Геохронология Северного Кавказа. — Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1985. — 148 с.

18. Ляхович Т. Т. Геохимические особенности кварцев гранитоидов корового и мантийного происхождения // Геохимия. — 1991. — № 2. — С. 288–291.

19. Михеев Г. А., Потапенко Ю. Я., Снежко В. А. О возрасте гранитоидов уллукамского и малкинского интрузивных комплексов Северного Кавказа // Известия вузов. Геология и разведка. — 1975. — № 2. — С. 40–43.

20. Паффенгольц К. Н. Граниты Малки и Мушта // Известия Геологического комитета. — 1924. — Т. 43, № 10. — С. 1371–1415.

21. Потапенко Ю. Я. Герцинские гранитоиды в структуре и эволюции Большого Кавказа / Ю. Я. Потапенко, В. А. Снежко, М. Л. Сомин, В. И. Усик // Проблемы геологии и петрологии. — Тбилиси, 1999. — С. 148–167. — (Тр. ГИН АН Грузии, нов. сер.; вып. 114).

22. Снежко В. А. О гальке кристаллических пород из верхнекаменноугольных конгломератов р. Закан (Северный Кавказ) // Исследования по минералогии и петрографии на территории Северного Кавказа и Донбасса. — Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета. — 1971. — С. 164–166.

23. Снежко В. А. Рифейские стратифицированные образования Карачаево-Черкесской зоны Центрального Кавказа // Региональная геология и металлогения. — 2005. — № 25. — С. 87–94.

24. Снежко В. А., Гурбанов А. Г. Характер распределения редкоземельных элементов в гранитоидах Дарьяльского массива // Геология и минерально-сырьевая база Северного Кавказа: Материалы IX Междунар. науч.-практич. геологич. конф. — Ессентуки, 2000. — С. 405–407.

25. Снежко В. А., Снежко В. В. Возраст цирконов из гранодиоритов Соколовского массива (Западное Предкавказье) по данным U-Pb (SHRIMP II) датирования // Региональная геология и металлогения. — 2017. — № 70. — С. 41–47.

26. Снежко В. А., Толмачёва Е. В. Новые данные о возрасте гранитов малкинского комплекса (Северный Кавказ) // Гидрогеология и некоторые прикладные аспекты геологии Восточного Кавказа. — Махачкала, 2013. — С. 129–131. — (Тр. Института геологии Дагестанского научного центра РАН; вып. 62).

27. Снежко В. А., Усик В. И., Потапенко Ю. Я. Геодинамическая модель формирования герцинских гранитоидов Большого Кавказа // Геология и минерально-сырьевая база Северного Кавказа: Материалы IX Междунар. науч.-практич. геологич. конф. — Ессентуки, 2000. — С. 155–175.

28. Снежко Е. А. Некоторые петрохимические особенности северных гранитов Кавказа // Проблемы геологии Земли и космоса в творчестве П. Н. Чирвинского. — Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета. — 1985. — С. 79–84.

29. Срабонян М. Х. Магматические комплексы Северного Кавказа и проблемы их систематики / М. Х. Срабонян, В. А. Снежко, А. Н. Доля, Ю. Я. Потапенко // Основные проблемы геологического изучения и использования недр Северного Кавказа: Материалы VIII Юбилейной конференции по геологии и полезным ископаемым. — Ессентуки, 1995. — С. 43–63.

30. Тугаринов А. И. Геохронологическое расчленение магматических комплексов Северного Кавказа и связь с ними полиметаллического оруденения / А. И. Тугаринов, Е. В. Бибилова, Т. В. Грачёва, В. А. Макаров // Геохронология Восточно-Европейской платформы и сочленения Кавказско-Карпатской системы. XIX сессия. — М.: 1975. — С. 12–20.

31. Туркина О. М., Ножкин А. Д., Баянова Т. Б. Источники и условия образования раннепротерозойских гранитоидов юго-западной окраины Сибирского кратона // Петрология. — 2006. — Т. 14, № 3. — С. 282–303.

32. Чацкий В. П. Верхнепалеозойские гранитоиды юго-восточной части Западного Предкавказья // Известия АН СССР. Сер. геол. — 1972. — № 11. — С. 51–60.

33. Шенгелиа Д. М. Петрология палеозойских гранитоидов Северного Кавказа. — Тбилиси: Мецниереба, 1972. — 247 с. — (Труды, новая серия / АН ГССР. Геол. ин-т; вып. 34).

34. Batchelor R. A., Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters // Chemical Geology. — 1985. — Vol. 48. — Pp. 43–55.

35. Frost B. R. A geochemical classification for granitic rocks / B. R. Frost, C. G. Barnes, W. J. Collins, R. J. Arculus, D. J. Ellis, C. D. Frost // Journal of Petrology. — 2001. — Vol. 42, no. 11. — Pp. 2033–2048. — DOI: 10.1093/petrology/42.11.2033

36. Hanel M., Gurbanov A. G., Lippolt H. J. Age and genesis of granitoids from the Main Ridge and Bechasin Zones of the western Great Caucasus // Neues Jahrbuch für Mineralogie. — 1992. — H. 12. — Pp. 529–544.

37. Sun S. S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in the oceanic basins / ed. by A. D. Saunders, M. J. Norry. — London: Geological Society Special Publication, 1989. no. 42. — Pp. 313–345. DOI: 10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19

1. Afanas'ev G. D. Granitoidy drevnykh intruzivnykh kompleksov Severo-Zapadnogo Kavkaza [Granitoids of ancient intrusive complexes of the North-West Caucasus]. Moscow, Publishing house of the Academy of Sciences of the USSR, 1950, iss. 69, 135 p.

2. Balashov Yu. A. Geochimiya redkozemel'nykh elementov [Geochemistry of rare earth elements]. Moscow, Nauka, 1976, 261 p.
3. Borodin L. S. Petrokhimiya magmatischeskikh seriy [Petrochemistry of magmatic series]. Moscow, Nauka, 1987, 261 p.
4. Borodin S. L. Petrologiya tonalit-granitnoy serii Verkhisetskogo massiva, Sredniy Ural [Petrology of the tonalite-granite series of the Verkhisetsky massif, the Middle Urals]. *Petrology*, 1994, Vol. 2, no. 6, pp. 609–622. (In Russian).
5. Vardanyants L. A. Novye dannye po geologii basseyna rek Malki, Khasauta i Mushta [New data on the geology of the basin of the Malka, Khasauta and Mushta rivers]. *Izvestiya AN Armyanskoj SSR*, 1960, vol. XIII, no. 6, pp. 13–19. (In Russian).
6. Gamkrelidze L. P., Shengelia D. M. Dokembrijsko-paleozojskiy regional'nyy metamorfizm, granitoidnyy magmatizm i geodinamika Kavkaza [Precambrian-Paleozoic regional metamorphism, granitoid magmatism and geodynamics of the Caucasus]. Moscow, Scientific world, 2005, 458 p.
7. Gerasimov A. P. Obzor geologicheskogo stroeniya severnogo sklona Glavnogo Kavkazskogo khrebtva v basseynakh rek Malki i Kумы [Review of the geological structure of the northern slope of the Main Caucasian ridge in the basins of the Malka and Kuma rivers]. Moscow; Leningrad, 1940, iss. 123, 84 p.
8. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Izd. vtoroe. Seriya Kavkazskaya. Listy K-38-I, VII (Kislovodsk). Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation on a scale of 1:200,000. 2 edition. Caucasian series. Sheets K-38-I, VII (Kislovodsk). Explanatory note]. Eds.: A. N. Pis'mennyy et al. St. Petersburg, VSEGEI, 2015, 364 p., available at: http://geo.mfvsegei.ru/200k/Zap/Zap_K-38-I,VII.pdf (accessed 1 October 2020).
9. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federatsii masshtaba 1 : 1 000 000. Tret'e pokolenie. Seriya Skifskaya. List K-37 (Sochi), K-38 (Makhachkala), K-39. Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation scale 1:1,000,000 (third generation). Seriya Skifskaya. Sheet K-37 (Sochi), K-38 (Makhachkala), K-39. Explanatory note]. Eds.: V. A. Lavrishev, A. A. Sheykov, V. M. Andreev et al. St. Petersburg: Izdatel'stvo kartfabriki VSEGEI, 2011, 431 p.
10. Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossijskoj Federatsii masshtaba 1 : 200 000. Vtoroe pokolenie. Seriya Skifskaya. List L-38-XXV (Shpakovskoe) Ob'yasnitel'naya zapiska [State geological map of the Russian Federation. Scale 1:200,000. Seriya Skifskaya. Sheet L-38-XXV (Shpakovskoe). Explanatory note]. Eds.: I. F. Rudyanov, V. F. Pechenyuk, M. Kh. Srabonyan et al. Moscow, 1999, 126 p.
11. Gurbanov A. G., Aretts I. Kriterii vol'vramanosnosti granitov pozdnepaleozojskoj diorit-granitnoy formatcii, Severnyy Kavkaz [Criteria for tungsten content of granites of the Late Paleozoic diorite-granite formation, North Caucasus]. *Petrology*, 1996, vol. 4, no. 4, pp. 386–406. (In Russian).
12. Gurbanov A. G., Lyakhovich T. T., Kartashova L. V., Korina E. A. Redkie i rudnie elementy v kvartce iz porod rasnovozrastnykh magmatischeskikh formatcii i metamorficheskikh obrazovaniy Bol'shogo Kavkaza – indikatoriy ikh geokhimicheskoy spetsializatsii [Rare and ore elements in quartz from rocks of different-aged igneous formations and metamorphic formations of the Greater Caucasus – indicators of their geochemical specialization]. *Osobennosti porodoobrazuyutshikh mineralov magmatischeskikh porod*. Moskva, Nauka, 1986, pp. 84–100. (In Russian).
13. Gusev A. I., Kuzubov P. P. Petrogeneticheskie tipy i flyuidal'nyy rezhim paleozojskikh granitoidov Bol'shogo Kavkaza [Petrogenetic types and fluid regime of Paleozoic granitoids of the Greater Caucasus]. *National Geology*, 2001, no. 2, pp. 42–48. (In Russian).
14. Dubinskiy A. Ya., Mikheev G. A., Matsenko N. A. Granitoidy gertsinskogo fundamenta Predkavkaz'ya i ikh sopostavlenie s granitoidami Severnogo Kavkaza [Granitoids of the Hercynian basement of the Ciscaucasia and their comparison with granitoids of the North Caucasus]. *Sovetskaya geologiya*, 1969, no. 7, pp. 97–105. (In Russian).
15. Efremov G. M. O prirode kali-natrovogo polevogo shpata v paleozojskikh intruziyakh Severnogo Kavkaza [On the nature of potassium-sodium feldspar in the Paleozoic intrusions of the North Caucasus]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1939, no. 3, pp. 15–22. (In Russian).
16. Zakrutkin V. V., Kulish E. A. Porodoobrazuyuschie mineraly drevnikh metamorficheskikh kompleksov Kavkaza. Biotity [Rock-forming minerals of ancient metamorphic complexes of the Caucasus. Biotites]. Kiev, 1997, 114 p. (In Russian).
17. Lebed'ko G. I., Usik V. I. Geokhronologiya Severnogo Kavkaza [Geochronology of the North Caucasus]. Rostov-na-Donu, Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1985, 147 p.
18. Lyakhovich T. T. Geokhimicheskie osobennosti kvartcev granitoidov korovogo i mantiynogo proiskhozhdeniya [Geochemical features of crustal and mantle origin granitoids quartz]. *Geokhimiya*, 1991, no. 2, pp. 288–291. (In Russian).
19. Mikheev G. A., Potapenko Yu. Ya., Snezhko V. A. O vozraste granitoidov ullukamskogo i malkinskogo intruzivnykh kompleksov Severnogo Kavkaza [About the age of granitoids of the Ullukam and Malka intrusive complexes of the North Caucasus]. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*, 1975, no 2, pp. 40–43. (In Russian).
20. Paffengol'ts K. N. Granity Malki i Mushta [Granites of Malki and Mushta]. *Izvestiya Geologicheskogo komiteta*, 1924, vol. 43, no. 10, pp. 1371–1415. (In Russian).
21. Potapenko Yu. Ya., Snezhko V. A., Somin M. L., Usik V. I. Gertsinskiy granitoidy v strukture i evolyutsii Bol'shogo Kavkaza [Hercynian granitoids in the structure and evolution of the Greater Caucasus]. *Problemy geologii i petrologii*. Tbilisi, 1999, 148–167 pp. (In Russian).
22. Snezhko V. A. O gal'ke kristallicheskikh porod iz verkhnekamennougol'nykh konglomeratov r. Zakan (Severnyy Kavkaz) [About the pebbles of crystalline rocks from the Upper Carboniferous conglomerates of the r. Zakan (North Caucasus)]. *Issledovaniya po mineralogii i petrografii na territorii Severnogo Kavkaza i Donbassa*. Rostov-na-Donu, Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1971, pp. 164–166. (In Russian).
23. Snezhko V. A. Rifeyskie stratifitsirovannye obrazovaniya Karachaevo-Cherkesskoj zony Central'nogo Kavkaza [Riphean stratified formations of the Karachay-Cherkess zone of the Central Caucasus]. *Regional Geology and Metallogeny*, 2005, no. 5, pp. 87–94. (In Russian).
24. Snezhko V. A., Gurbanov A. G. Kharakter raspredeleniya redkozemel'nykh elementov v granitoidakh Dar'yal'skogo massiva. *Geologiya i mineral'no-syr'evaya baza Severnogo Kavkaza: Materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy geologicheskoy konfereentsii*. Essentuki, 2000, pp. 405–407. (In Russian).
25. Snezhko V. A., Snezhko V. V. Age of zircons from Sokolovskiy Massif (West Ciscaucasia) granodiorites according to U-Pb (SHRIMP II) dating. *Regional Geology and Metallogeny*. 2017, no. 74, pp. 87–94. (In Russian).
26. Snezhko V. A., Tolmacheva E. V. Novye dannye o vozraste granitov malkinskogo kompleksa (Severnyy Kavkaz) [New data on the age of granites of the Malka complex (North Caucasus)]. *Gidrogeologiya i nekotorye prikladnye aspekty geologii Vostochnogo Kavkaza*. Makhachkala, 2013, pp. 129–131. (In Russian).

27. Snezhko V. A., Usik V. I., Potapenko Yu. Ya. Geodinamicheskaya model' formirovaniya gertsinskikh granitoidov Bol'shogo Kavkaza [Geodynamic model of the formation of the Hercynian granitoids of the Greater Caucasus]. *Geologiya i mineral'no-syr'evaya baza Severnogo Kavkaza: Materialu X mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy geologicheskoy konferentsii*. Essentuki, 2000, pp. 155–175. (In Russian).
28. Snezhko E. A. Necotorye petrokhimicheskie osobennosti severnykh granitov Kavkaza [Some petrochemical features of the northern granites of the Caucasus]. *Problemy geologii Zemli i kosmosa v tvorchestve P. N. Chervinskogo*. Rostov-na-Donu, Izd-vo Rostovskogo universiteta, 1985, pp. 79–84. (In Russian).
29. Srabonyan M. Kh., Snezhko V. A., Dolya A. N., Potapenko Yu. Ya. Magmaticheskie komplekсы Severnogo Kavkaza i problemu ikh sistematiki [Magmatic complexes of the North Caucasus and problems of their systematics]. *Osnovnye problemy geologicheskogo izucheniya i ispol'zovaniya nedr Severnogo Kavkaza*. Essentuki, 1995, pp. 43–63. (In Russian).
30. Tugarinov A. I., Bibikova E. V., Gracheva T. V., Markarov V. A. Geokhronologicheskoe raschlenenie magmaticheskikh komplekсов Severnogo Kavkaza i svyaz' s nimi polimetallicheskogo orudeneniya [Geochronological subdivision of magmatic complexes of the North Caucasus and the connection with them of polymetallic mineralization]. *Geokhronologiya Vostochno-Evropeyskoy platformy i sochleneniya Kavkazsko-Karpat'skoy sistemu. XIX sessiya*. Moscow, 1975, pp. 12–20. (In Russian).
31. Turkina O. M., Nozhkin A. D., Bayanova T. B. Sources and formation conditions of Early Proterozoic granitoids from the southwestern margin of the Siberian craton. *Petrology*, 2006. Vol. 14, no. 3, pp. 262–283. (In Russian).
32. Chaitsky V. P. Verkhnepaleozoyskie granitoidy yugovostochnoy chasti Zapadnogo Predkavkaz'ya [Upper Paleozoic granitoids of the southeastern part of Western Ciscaucasia]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya geologicheskaya*, 1972, no. 11, pp. 51–60. (In Russian).
33. Shengelia D. M. Petrologiya paleozoyskikh granitoidov Severnogo Kavkaza [Petrology of Paleozoic granitoids of the North Caucasus]. Tbilisi, Metsniereba, 1972, no. 11, pp. 51–60.
34. Batchelor R. A., Bowden P. Petrogenetic interpretation of granitoid rock series using multicationic parameters. *Chemical Geology*, 1985, vol. 48, pp. 43–55.
35. Frost B. R., Barnes C. G., Collins W. J. et al. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology*, 2001, vol. 42, pp. 2033–2048.
36. Hanel M., Gurbanov A. G., Lippolt H. J. Age and genesis of granitoids from the Main Ridge and Bechasyn Zones of the western Great Caucasus. *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, 1992, h. 12, pp. 529–544.
37. Sun S. S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of ocean basalts: implications for mantle composition and processes. In A. D. Saunders, M. J. Norry (eds.): *Magmatism in the oceanic basins*. London, Geological Society Special Publication, 1989, no. 42, pp. 313–345. DOI: 10.1144/GSL.SP.1989.042.01.19

Снежко Виктор Александрович – вед. инженер, ВСЕГЕИ¹. <VSnezhko@vsegei.ru>

Снежко Виктор Викторович – канд. геол.-минерал. наук, директор, Центр информационных технологий по региональной геологии и металлогении ВСЕГЕИ¹. <Victor_Snezhko@vsegei.ru>

Шарпёнок Людмила Николаевна – доктор геол.-минерал. наук, гл. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ¹. <Lyudmila_Sharpenovok@vsegei.ru>

Snezhko Viktor Aleksandrovich – Leading Engineer, VSEGEI¹. <VSnezhko@vsegei.ru>

Snezhko Viktor Viktorovich – Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Centre of informational technologies on regional geology and metallogeny VSEGEI¹. <Victor_Snezhko@vsegei.ru>

Sharpenovok Lyudmila Nikolaevna – Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief Researcher, VSEGEI¹. <Lyudmila_Sharpenovok@vsegei.ru>

¹ Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского (ВСЕГЕИ). Средний пр., 74, Санкт-Петербург, Россия, 199106.

A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute (VSEGEI). 74 Sredny Prospect, St. Petersburg, Russia, 199106.