

Лампрофиры и оруденение Койташского рудного поля (Южный Тянь-Шань)

Х. Д. Ишбаев, А. Х. Шукуров, К. М. Косбергенов

Институт геологии и геофизики Госкомгеологии Республики Узбекистан, 100041, г. Ташкент,
ул. Олимлар, 49, e-mail: halbay@mail.ru

Поступила в редакцию 18.12.2018 г., принята к печати 29.04.2019 г.

Объект исследования. Койташское рудное поле расположено в потенциально продуктивной на Au, Ag, W, Mo, Ti, Fe, Cu, Pb, Zn и РЗЭ тип оруденения Северонуратинской зоне Южного Тянь-Шаня. Авторами было предпринято изучение состава даек, прорывающих рудоносные образования палеозойского возраста, их петро- и рудогенерирующей роли в формировании специализированной на сульфидно-редкометалльное (W, Mo, Fe) оруденение полосы Койташ-Угат. **Методы.** Исследование состава пород и минералов выполнено в Институте геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева. Определение содержаний петрогенных и редких элементов в породах и сульфидах проводили методами ICP MS на спектрометре ICPE-9000 в Центральной лаборатории Госкомгеологии Республики Узбекистан. Химический анализ минералов выполнен на электронном микроанализаторе Jeol-8800Rh (Япония) Института геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева. Микрофотографии прозрачных шлифов сделаны на микроскопах Nikon Optiphot 2 Pol и Полам Р-311. **Результаты и выводы.** В ходе исследования дайковых образований Койташского рудного поля было определено, что породы относятся по структуре преимущественно к лампрофитам, по химическому составу – к основным и средним породам субщелочного ряда. Установлено, что состав даек лампрофитов коррелирует с величиной эрозионного среза. Их меланократовые разности приурочены к южной части интрузива (абсолютные отметки 1000–1200 м), а лейкократовые – к северной (около 1900 м). Предполагается, что это результат кристаллизационной дифференциации единого исходного расплава. Дайки лампрофитов Койташского рудного поля прорывают не только сульфидно-редкометалльные тела полосы Койташ-Угат, но также скарны и карбонатные породы и, в свою очередь, прорваны кварц-полиметаллическими рудоносными жилами, что свидетельствует о их междурудном характере.

Ключевые слова: рудное поле, сульфидно-редкометалльное оруденение, скарновые руды, дайки, кристаллизационная дифференциация, магматическая камера, Койташ, Южный Тянь-Шань

Благодарность

Авторы искренне признательны А.М. Мусаеву и Р. Ахунджанову за консультации при подготовке данной статьи и Д.В. Мухамеджановой за выполнение точечных анализов на электронном микроанализаторе.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства инновационного развития Республики Узбекистан № ПЗ-20170920151.

Lamprophyres and mineralization of the Koytash ore field (Southern Tien Shan)

Khalbay D. Ishbaev, Anvar Kh. Shukurov, Kuatbay M. Kosbergenov

Kh.M. Abdullaev Institute of Geology and Geophysics of the State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan,
49 Olimlar st., Tashkent 100041, Republic of Uzbekistan, e-mail: halbay@mail.ru

Received 18.12.2018, accepted 29.04.2019

Research subject. The Koytash ore field is located in the potentially productive Au, Ag, W, Mo, Ti, Fe, Cu, Pb, Zn and REE North Nuratau mineralisation zone of Tien Shan. The authors undertook a study of the composition of dikes breaching through the Paleozoic ore-bearing formations, as well as their petro- and ore-generating role in the formation of the Koytash-Ugat sulphide-rare-metal (W, Mo, Fe) specialised mineralisation. **Materials and methods.** A study of rock and mineral composition was performed at the Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev. The content of petrogenic and rare elements in rocks and sulphides was determined by ICP-MS using an ICPE-9000 mass-spec-

Для цитирования: Ишбаев Х.Д., Шукуров А.Х., Косбергенов К.М. (2020) Лампрофиры и оруденение Койташского рудного поля (Южный Тянь-Шань). *Литосфера*, **20**(2), 231–253. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-2-231-253

For citation: Ishbaev Kh.D., Shukurov A.Kh., Kosbergenov K.M. (2020) Lamprophyres and mineralization of the Koytash ore field (Southern Tien Shan). *Litosfera*, **20**(2), 231–253. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-2-231-253

trometer in the Central Laboratory of the State Committee for Geology of the Republic of Uzbekistan. The chemical analysis of minerals was performed using a Jeol-8800Rh electronic microanalyser at the Institute of Geology and Geophysics named after Kh.M. Abdullaev. The micrographs of transparent sections were obtained using Nikon Optiphot 2 Pol and Polar R-311 microscopes. *Results and conclusions.* The conducted study showed that, in terms of their structure, the Koytash ore field dike formations can be regarded as lamprophyres. In terms of their chemical composition, these formations are mafic and intermediate rocks of the subalkaline series. It was found that the composition of lamprophyre dikes correlates with the size of the erosion section. Their melanocratic varieties are confined to the southern part of the intrusion (absolute elevations are 1000–1200 m), and leucocratic – to the northern (about 1900 m). This is assumed to be the result of crystallization differentiation of a single initial melt. The dikes of the Koytash ore field lamprophyres break through not only sulphide-rare-metal bodies of the Koytash-Ugat strip, but also skarn and carbonate rocks and, in turn, are broken through by quartz-polymetallic ore-bearing veins, which testifies to their inter-ore character.

Keywords: *ore field, sulfide-rare-metal mineralization, skarn ores, dikes, crystallization differentiation, magma chamber, Koytash, Southern Tien Shan*

Acknowledgments

The authors are sincerely grateful to A.M. Musaev and R. Akhundzhanov for consultations in the preparation of this article and to D.V. Mukhamedzhanova for performing spot analyzes on an electronic microanalyser.

The work was supported by the grant of the Ministry of innovative development of the Republic of Uzbekistan No. ПЗ-2017090920151.

ВВЕДЕНИЕ

Нуратинский регион Южного Тянь-Шаня, расположенный на стыке двух континентальных литосферных плит – Киргизско-Казахстанской и Алайской, характеризуется широким развитием магматических образований, сформировавшихся в различных геодинамических обстановках: рифтогенной, океанической, коллизионной и внутриплитной. Крупные коровые (постколлизийные) гранитоидные массивы начали формироваться в послераннекаменноугольное время, достигнув максимального распространения в C_3 – P_1 . В конце палеозоя и начале мезозоя здесь появились продукты рассеянного внутриплитного магматизма (малые интрузии, дайки, трубки взрыва щелочного и субщелочного составов), которые, возможно, контролировались относительно мелкими мантийными горячими точками (Далимов, Ганиев, 2010). Гранитоидные интрузии западной части Южного Тянь-Шаня позднекаменноугольно-раннепермского и/или раннепермского возраста не имеют вулканических аналогов. Таким образом, весь верхнепалеозойский гранитоидный магматизм следует считать постколлизийным (там же).

Одним из приоритетных направлений геологической петрологии региона является исследование магматических пород внутриплитного геодинамического этапа (дайки, дайковые пояса, рои, пучки и небольшие силлы лампроитоподобных пород, карбонатиты, трахидолериты, лампрофиты, полевошпатовые и фельдшпатоидные, диоритовые порфириды и диабазовые порфириды), которые играют большую роль при формировании золото-рудных, скарново-редкометаллических, сульфидно-редкометаллических, редкоземельных и других рудопроявлений (Мушкин, 1979; Мусаев, Хамрабаев, 1984; Мусаев, 1985; Головкин, Гадецкий, 1991;

Хамрабаев и др., 1993; Головкин и др., 1998; Диваев, 1996; Ахунджанов, 2013; Каримова, 2015; Далимов и др., 2016; Карабаев и др., 2016; Ишбаев и др., 2018; и др.). К числу таких образований относятся рои даек в пределах Койташского рудного поля, формирование которых трактуется по-разному: одни считают их генетически связанными с гранитоидным очагом Койташского интрузива (Хамрабаев и др., 1993), другие относят их к самостоятельному внутриплитному геодинамическому этапу магматизма (Мушкин, 1979; Геология и полезные ископаемые..., 1998; Ахунджанов и др., 2013; Мусаев и др., 2015; Ишбаев и др., 2018).

Авторами было предпринято изучение состава даек и их петро- и рудогенерирующей роли в формировании специализированной на сульфидно-редкометаллическое (W, Mo, Fe) оруденение полосы Койташ-Угат.

Вопрос о генезисе сульфидно-редкометаллического оруденения полосы Койташ-Угат (Северное Нуратау) до сих пор является дискуссионным. Одни исследователи считают, что оруденение образовалось за счет карбонатных пород при воздействии гранитоидов Койташского интрузива (Бабаджанов, Хамрабаев, 2005), другие – за счет роговиков (Хамрабаев, 1994). В южной, восточной и юго-западной контактовых зонах Койташского интрузива наблюдаются три типа оруденения – скарновое с вольфрам-молибденовой минерализацией, сульфидно-редкометаллическое (W, Mo, Au, Cu) и кварц-серебряно-полиметаллическое, которые сформировались в приведенной последовательности. О том, что серебро-полиметаллическое оруденение является завершающим процессом рудно-магматической системы описываемого района и наложено на скарны и сульфидно-редкометаллическое оруденение, развитое по скарнам, было отмечено ранее (Формационный анализ...1975; Хамрабаев и др., 1993).

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Исследование состава пород и минералов выполнено в Институте геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева. Определение содержаний петрогенных и редких элементов в породах и сульфидов проводили методами ICP MS на спектрометре ICPE-9000 в Центральной лаборатории Госкомгеологии Республики Узбекистан. Химический анализ минералов выполнен на электронном микроанализаторе Jeol-8800Rh (Япония) Института геологии и геофизики им. Х.М. Абдуллаева (аналитик Д.В. Мухамеджанова), микрофотографии прозрачных шлифов сделаны на микроскопах Nikon Optiphot 2 Pol и Полам Р-311, а полированных – на микроанализаторе Jeol-8800Rh. Часть анализов минералов нормирована к 100% из-за невозможности определения количества воды и летучих компонентов, при этом содержание железа приводится в суммарном виде.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОЙТАШСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Койташское рудное поле находится в юго-восточной части Северного Нуратау и локализовано в потенциально продуктивной на Au, W, Mo, Fe, Ti, Ag и РЗЭ тип оруденения Северонуратинской зоне Южного Тянь-Шаня. Оно является крупным скарново-шеелитовым объектом, где более полувека велась добыча шеелитового концентрата, а также месторождением с разведанными промышленными запасами волластонита (Бабаджанов, Хамрабаев, 2005).

Геология вмещающих пород

В геологическом строении Койташского рудного поля принимают участие метаморфизованные осадочные породы кембрия–ордовика и терригенно-карбонатные образования силура и карбона, которые прорваны гранитоидным штоком и разнообразными по составу дайками. По неопубликованным данным В.Г. Харина и др. (2019 г.), отложения кембрия–ордовика подразделяются на живачисайскую $\text{Є}_3\text{-O}_1\text{gv}$ и калтадаванскую O_2kld свиты (рис. 1), представленные алевро-глинистыми, кварцево-сланцевыми сланцами, песчаниками и кварц-серицит-хлоритовыми сланцами, слюдястыми, глинисто-алевролитовыми сланцами с прослоями глинистых известняков и известковых сланцев. Образования силурийской системы представлены алевролитами, песчаниками, реже гравелитами, кварцево-серицитовыми, глинисто-сланцевыми сланцами с прослоями известняков, иногда мергелистых.

Наибольший интерес представляют терригенно-карбонатные породы среднекаменноугольного возраста, так как к ним приурочена основная часть скарново-редкометалльных рудных тел месторождения

Койташ. Башкирский ярус представлен органическими известняками с прослоями песчаников и алевролитов, московский – органическими известняками с наличием фузулинид. Среди верхнекаменноугольных образований преобладают конгломераты с прослоями сланцев, песчаников, алевролитов, аргиллитов, гравелитов, залегающие на отложениях московского яруса с небольшим угловым несогласием. Общая мощность алюмосиликатных толщ составляет более 1700 м.

Магматические породы представлены гранитоидами Койташского интрузива и разнообразными дайковыми образованиями пермо-триасового возраста.

Геология Койташского гранитоидного массива

Массив расположен на юго-восточном склоне Северного Нуратау и относится к герцинским постколлизийным интрузиям. Он представляет собой шток площадью 47 км², имеющий на современном эрозионном срезе овальную в плане форму (10.5 × 6 км). Угол падения контакта под вмещающие породы в северной части массива – 70–80°, в южной – 20–40°. Преобладающая часть интрузива сложена роговообманково-биотитовыми гранодиоритами главной фазы внедрения (85%) и гранитами (10%). Жильная серия (5%) представлена гранит-порфирами, аляскитами, лейкократовыми гранитами, аплитами и пегматитами. Среди пород главной интрузивной фазы наблюдаются включения микрогаббро, габбро-диоритов, диоритов и кварцевых диоритов размером до 3 м в поперечнике, которые, возможно, являются продуктами кристаллизации расплавов ранних фаз внедрения. Выходы этих пород (включений) наблюдаются в юго-западной части Нуратинского хребта в составе Актауского, Заркайнарского и других интрузивных массивов. Геологический возраст гранитоидов определяется внедрением в фаунистически охарактеризованную толщу верхов среднего карбона. По данным Г.Д. Афанасьева с соавторами (1963) и И.Х. Хамрабаева с соавторами (1993), абсолютный возраст пород Койташского интрузива, полученный Rb-Sr методом, равен 264 ± 2 млн лет ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7055$), а K-Ar возраст – 267 ± 8 млн лет, что соответствует позднепермской эпохе. Вблизи контакта с мраморами породы массива в результате процессов гибридизма приобретают состав габбро и кварцевых диоритов, мощность таких зон достигает 40 м. В южной эндоконтактной зоне местами наблюдаются переходы гранитов в гранодиориты. В экзоконтактах широко развиты роговики с андалузитом, плагиоклазом, биотитом в ассоциации с кордиеритом, диопсидом, гроссуляром, волластонитом и др.

Интрузив сформирован в постколлизийный этап магматизма в условиях средних глубин (Далимов, Ганиев, 2010).

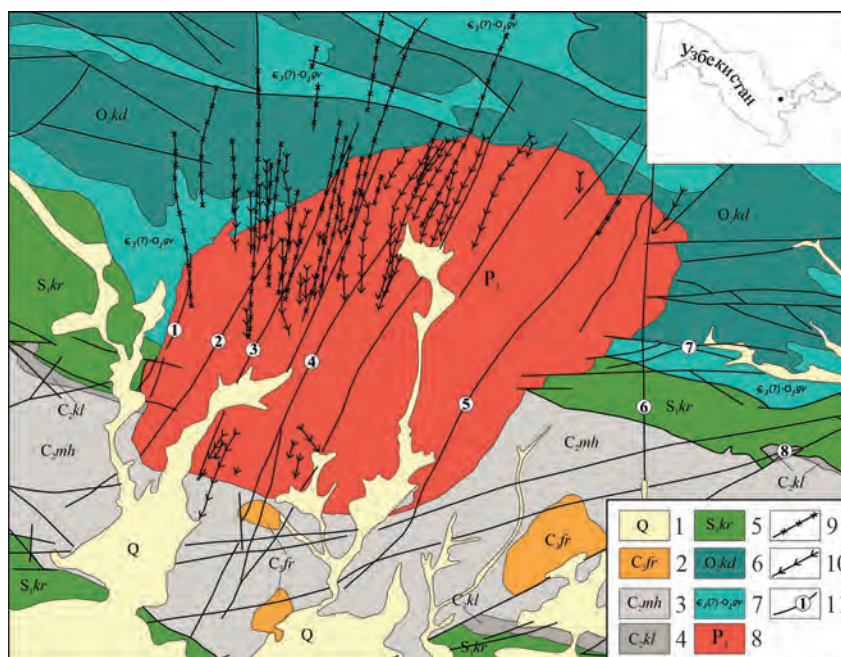


Рис. 1. Геологическая карта Койташского рудного поля, масштаб 1 : 50 000 ((Харин, 2019), с некоторыми изменениями авторов).

1 – четвертичные образования; 2 – гравелиты, конгломераты, песчаники и алевролиты фаришской свиты; 3 – известковые сланцы, алевролиты, печасники, конгломераты и прослои известняков михинской свиты; 4 – доломитизированные известняки, доломиты, известковые алевролиты и песчаники кельвасайской свиты; 5 – сланцы, алевролиты и песчаники караташской свиты; 6 – песчаники, алевролиты и сланцы с прослоями гравелитов калтадаванской свиты; 7 – чередования алевролитов, аргиллитов и известковых песчаников с прослоями известняков живачисайской свиты; 8 – гранодиориты и граниты Койташского интрузива; 9 – кислые дайки; 10 – основные и средние дайки, лампрофиты; 11 – разломы (цифры в кругах): 1 – угатский, 2 – дайковый, 3 – саганаксайский, 4 – ключевский, 5 – саврукский, 6 – меридиональный, 7 – северный широтный, 8 – хаузбулакский.

Fig. 1. Geological map of the Koytash ore field, scale 1 : 50 000 ((Kharin, 2019), with some changes to the authors).

1 – Quaternary formations; 2 – gravelites, conglomerates, sandstones and siltstones of the Farish Formation; 3 – calcareous schists, siltstones, calcareous, conglomerates and intercalations of limestones of the Mikhin Formation; 4 – dolomitized limestones, dolomites, calcareous siltstones and sandstone Kelvasay Formation; 5 – sandstone, siltstones and sandstones of the Karataash Formation; 6 – sandstones, siltstones and schists with interlayers of gravels of the Kaltadavan Formation; 7 – alternation of siltstones, mudstones and calcareous sandstones with intercalations of Zhivachi limestone suites; 8 – granodiorites and granites of the Koytash intrusion; 9 – acid dykes; 10 – main and middle dykes, lamprophyres; 11 – faults (numbers in circles): 1 – Ugat, 2 – dyke, 3 – Sagaknaksai, 4 – Klyuchevsk, 5 – Savruk, 6 – meridional, 7 – north latitudinal, 8 – Hauzbulak.

Геология даек

Койташский гранитоидный интрузив рассечен многочисленными дайками лампрофиров, диоритовых порфиров, диабазов, кварцевых монцитопорфиров, гранит- и гранодиорит-порфиров субмеридионального направления, количество которых более 30 (см. рис. 1). Их мощность колеблется от 0.5 до 20 м, протяженность – от нескольких сотен метров до 3–5.5 км. Дайки прорывают раннепермский Койташский гранитоидный интрузив и вмещающие его кембрий-ордовикские песчано-сланцевые отложения. По данным И.Х. Хамрабаева с соавторами (1993), абсолютный возраст даек диоритовых порфиров, полученный Rb-Sr методом, равен 247 ± 2 млн лет, что соответствует раннему триасу. Первичные отношения изотопов

стронция ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.7054$) указывают на возможный смешанный мантийно-коровый источник расплава даек.

Наиболее крупное скопление даек приурочено к верховьям Маклыбайсая, где они образуют рой, насчитывающий 26 разнообразных по составу даек (от лампрофиров до диоритовых порфиров, а также гранит- и гранодиорит-порфиры, аплиты и пегматиты). Мощность даек колеблется от 0.5 до 3 м, протяженность – до нескольких сотен метров и более, простирание субмеридиональное. Установлено, что состав даек лампрофиров коррелирует с величиной эрозионного среза. Их меланократовые разности приурочены к южной части интрузива (абсолютные отметки 1000–1200 м), а лейкократовые – к северной (около 1900 м) (Ишбаев и др., 2018). Аналогичная ситуация была отмечена в

секторе Гредос (Испания) (Scarrow et al., 2011), где бостонитовые дайки присутствуют на более высоких гипсометрических отметках (1400–1540 м), чем дайки камптонитов (800–1260 м). Дайки лампрофитов Койташского рудного поля прорывают не только сульфидно-редкометалльные тела полосы Койташ-Угат, но также скарны и карбонатные породы и, в свою очередь, прорваны кварц-полиметаллическими рудоносными жилами, что свидетельствует о междурудном характере даек.

Дайки заполняют четко выраженные параллельные трещины отдельности в гранитоидах. В юго-западной части интрузива они имеют меридиональное простирание, а в восточной – субмеридиональное, что предполагает происхождение даек из одной магматической камеры, находящейся в центральной части Саганакса. Это подтверждается наличием интенсивной магнитной аномалии в этой зоне, выявленной Нурагинской геофизической партией.

Дайки содержат большое количество ксенолитов магматических (керсутитовые габбро, рогово-обманковые пироксениты, горнблендиты, габбро-анортозиты и др.) и метаморфических (двупироксеновые и гранат-пироксеновые гнейсы, плагиогнейсы, гранулиты, чарнокиты) пород, которые были описаны ранее (Мусаев, Хамрабаев, 1984; Мусаев, 1985; Хамрабаев и др., 1990; Ишбаев и др., 2018). Неравномерность распространения ксенолитов еще требует своего объяснения, не исключено, что это связано с различиями в уровнях магмогенерации и в составе земной коры.

Геология рудных тел

Сульфидно-редкометалльные руды полосы Койташ-Угат в юго-западном и южном экзоконтактах гранитоидного интрузива образуют тела мощностью от 5 до 30 м, иногда до 90 м и протяженностью более 1.5 км. Они прослежены от шахт “Разведочная” и “Главная” на западе до высоты Шуркунды (Дунётепа) – на востоке. Общая протяженность полосы – 3700 м при ширине 900 м. Рудные тела формировались на контакте метаморфизованной среднекаменноугольной карбонатно-терригенной толщи с Койташским гранитоидным интрузивом. Они могут иметь линзо- и пластообразную, секущую, сложно-сетчатую и жильную форму (Хамрабаев, 1994).

Сульфидно-редкометалльные руды состоят из пирротина (54%), шеелита (0.70%), халькопирита (2.15%), молибденита (0.01%), пирита (0.1%), золота (0.97 г/т), серебра (13 г/т), меди (0.68%), висмута (0.02%), не встречающихся в серебро-полиметаллических рудах (Бабаджанов, Хамрабаев, 2005).

Серебро-полиметаллическое оруденение в пределах полосы Койташ-Угат накладывается на приконтактные сульфидно-редкометалльные руды, а также образует линейный жильный штокверк, бо-

лее густой в экзоконтактной ороговикованной терригенной толще и менее интенсивный в эндоконтактной зоне. Серебро-полиметаллическое с золотом оруденение на дневной поверхности представляет собой маломощные (от 0.2 до 1.5–3 м) протяженные (до 800 м) кварц-карбонатные жилы и прожилки с галенитом, сфалеритом, халькопиритом, арсенопиритом. В эндоконтактной части интрузива они представлены кварцевыми жилами (0.8–1.5 м) с халькопиритом, арсенопиритом, пиритом и меньшим количеством сфалерита и галенита. Наиболее часто эта минерализация встречается на площади к югу и юго-западу от контактовой зоны полосы Койташ-Угат (Бабаходжаев, Хамрабаев, 2005).

КОНТАКТОВЫЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ДАЕК С ВМЕЩАЮЩИМИ ПОРОДАМИ ПОЛОСЫ КОЙТАШ-УГАТ

Дайки лампрофитов прорывают не только сульфидно-редкометалльные тела полосы Койташ-Угат (рис. 2–5), но также скарны и карбонатные породы. В свою очередь, они сами пронизаны кварц-полиметаллическими рудоносными жилами с типоморфными элементами – свинцом, цинком, медью, железом, серой, а также элементами-спутниками – серебром, кадмием, висмутом и индием. Это свидетельствует о том, что дайки являются междурудными образованиями.

В шахте “Главная” установлено (Хамрабаев и др., 1993), что дайки диоритовых порфиров прорывают и содержат ксенолиты сульфидно-редкометалльной руды и скарновых образований (см. рис. 2, 4). Кроме того, дайки рвут терригенно-карбонатные породы (см. рис. 5). Исследованиями авторов выявлено, что контакт между породами даек лампрофитового состава и гранодиоритами четкий и спаянный (см. рис. 3а). На рис. 3б видна зона покраснения (каллишпатизации) мощностью до 1.5–2 см. Из контакта был изготовлен полированный шлиф (обр. УП-8), состав которого изучен на электронном микроскопическом анализаторе, результаты приведены в табл. 1 и 2.

Дайка, прорывающая гранодиориты, представляет собой черную и темно-серую породу с редкими крупными вкрапленниками удлиненно-пластинчатого плагиоклаза и удлиненного хлоритизированного биотита среди тонкозернистой основной массы, амфибол очень редок, по нему развиты хлориты и биотиты. Состав плагиоклаза очень изменчив, колеблется от андезина до битовнита. Амфибол из основной массы соответствует керсутиту (см. табл. 1). В основной массе встречаются мелкие микролиты плагиоклаза, биотита, роговой обманки, ортоклаза, рудные и акцессорные минералы с высокими содержаниями РЗЭ.

Сульфидные минералы образуют рассеянные кристаллы и тонкие прожилки на контакте дайки

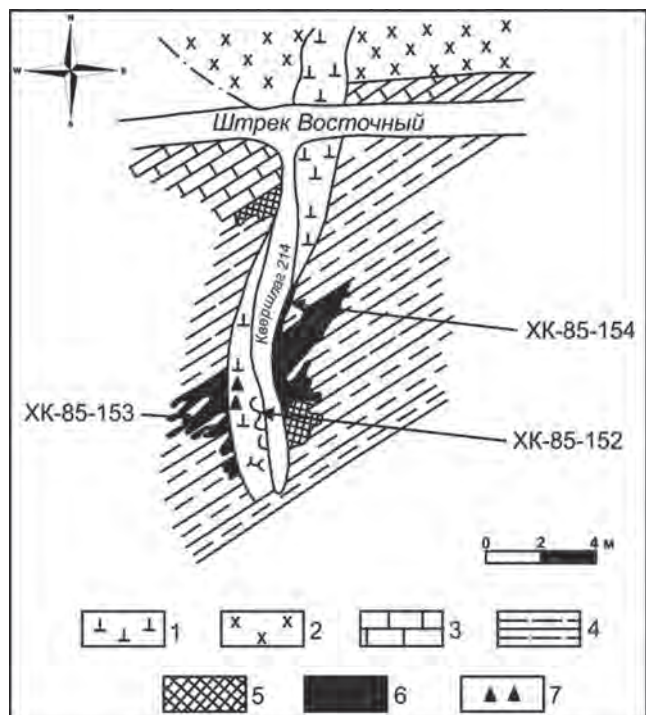


Рис. 2. Схема взаимоотношения гранодиоритов, основных даек и сульфидно-редкометалльных руд полосы Койташ-Угат, горизонт 700 м (Хамрабаев и др., 1993).

1 – диоритовый порфирит (T_1), 2 – гранодиорит (P_1), 3 – мраморизованный известняк (C_2), 4 – роговик (C_2), 5 – скарны и скарнированные породы убогосульфидные, 6 – скарново-сульфидные (пирротин-халькопирит-пирит) залежи, 7 – ксенолиты руд в диоритовом порфирите.

Fig. 2. Diagram of the relationship of granodiorites, basic dikes and sulphide-rare metal ores of the Koytash-Ugat line, horizon 700 m (Khamrabaev et al., 1993).

1 – diorite porphyrite (T_1), 2 – granodiorite (P_1), 3 – marbled limestone (C_2), 4 – hornfeld (C_2), 5 – poorly sulphidic skarns and skarnized rocks, 6 – skarn-sulfide (pyrrhotine-chalcopyrite-pyrite) deposits, 7 – xenoliths of ores in diorite porphyrite.

с гранодиоритом (см. рис. 3в). Они представлены преимущественно пиритом, халькопиритом и галенитом (см. табл. 2).

Состав пирита характеризуется присутствием примеси кобальта, цинка, сурьмы и золота, соотношение $S/Fe = 2$. Содержание меди в халькопиритах умеренное, галенит характеризуется высоким содержанием серебра.

Как мы видим, температурное влияние даек на гранодиориты выражено однозначно и проявляется в калишпатизации и образовании сульфидных минералов. Это происходило в условиях увеличения активности калия за счет кислотно-основного взаимодействия основной магмы даек с гранодиоритом.

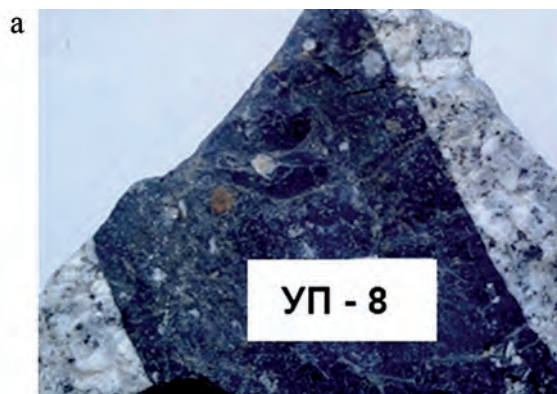


Рис. 3. Контакт гранодиорита Койташского интрузива с дайкой лампрофира (а), ясно выраженная зона калишпатизации (б) и формирование сульфидного прожилка (в).

Fig. 3. Contact of granodiorite of the Koytash intrusion with the lamprophyre dike (a), the zone of clearly expressed kalifeldsparization (б) and the formation of a sulphide is clearly visible (в).

При этом биотит и особенно преобладающая роговая обманка стали неустойчивыми и из них начало экстрагироваться железо. Выщелоченное (вынесенное) железо, соединяясь с серой, обычно имеющейся в избытке в основной магме, возможно, привело к формированию сульфидной минерализации незначительного масштаба.

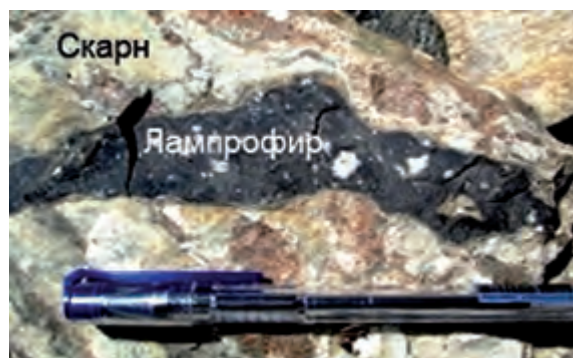


Рис. 4. Контакт лампрофировой дайки со скарнами (шахта “Главная”).

Fig. 4. Contact of skarn with the lamprophyre dike (mine “Glavnaya”).

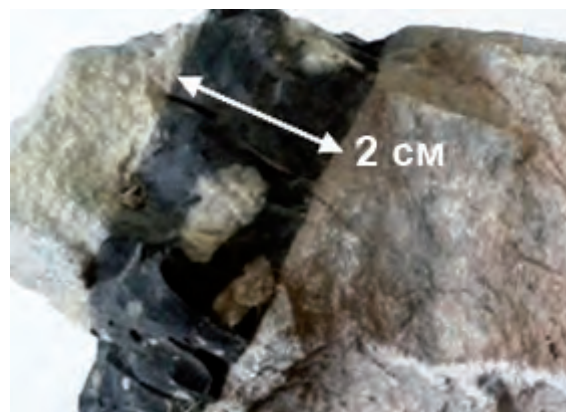


Рис. 5. Контакт лампрофировой дайки с терригенно-карбонатными породами (шахта “Главная”).

Fig. 5. Contact of lamprophyre dike with the terrigenous-carbonate rocks (mine “Glavnaya”).

Таблица 1. Химический состав минералов из дайки лампрофира (обр. УП-8, УП-5), мас. %

Table 1. The chemical composition of minerals from lamprophyre dike (sample УП-8, УП-5), wt %

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
1	43.38	—	25.27	4.54	—	20.41	2.22	—	95.81
2	51.25	—	26.47	0.42	—	11.67	3.99	0.98	94.77
3	54.95	—	24.60	0.58	—	7.07	4.94	3.86	96.01
4	52.11	—	28.01	—	—	12.39	4.21	—	96.73
5	37.82	3.63	14.09	18.67	8.91	11.16	—	1.12	95.40
6	38.39	4.73	12.48	13.03	11.55	12.50	—	1.10	93.78
7	37.81	3.52	14.16	18.78	8.92	10.99	—	1.18	95.35
8	38.15	3.67	14.42	19.86	8.48	11.18	—	1.17	96.93
9	40.81	4.11	12.94	13.25	11.15	12.89	—	0.99	96.13
10	32.89	47.73	0.55	4.35	—	14.48	—	—	100.0
11	19.64	13.50	14.15	32.53	9.96	—	—	—	90.51
12	66.42	1.00	17.71	3.35	—	2.29	6.12	3.11	100.0
13	63.94	—	17.24	—	—	—	—	18.82	100.0
14*	62.94	—	17.55	—	—	—	—	18.22	100.0
15*	62.93	—	17.64	—	—	—	—	17.76	99.51

Примечание. 1–9 – обр. УП-8 (1–4 – плагиоклаз: 1 – лабрадор-битовнит, 2 – лабрадор, 3 – андезин, 4 – лабрадор; 5–9 – керсутит); 10–15 – обр. УП-5 (10 – сфен, 11 – ортит (содержит 0.73% MnO), 12 – плагиоклаз, 13–15 – барийсодержащий ортоклаз (14* – барий, 1.19 мас. %; 15* – барий, 1.29 мас. %)). Здесь и в остальных таблицах прочерк означает “не обнаружено”.

Note. 1–9 – sample УП-8 (1–4 – plagioclase (1 – labrador-bitovnite, 2 – labrador, 3 – andesine, 4 – labrador; 5–9 – kersutite); 10–15 sample УП-5 (10 – sphene, 11 – orthite (contains 0.73% MnO), 12 – plagioclase, 13–15 – barium-containing orthoclase (14* – barium, 1.19 wt %, 15* – barium, 1.29 wt %)). Here and in other tables the dash mean “not detected”.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ОСНОВНЫХ ДАЕК ПОЛОСЫ КОЙТАШ-УГАТ

Малхиты встречаются в верховьях сав Саганак и Мыхлибай, где образуют дайки мощностью до 1.5 м (рис. 6). Это очень плотные меланократовые порфировые породы внешне черного до темно-зеленого цвета. Вкрапленники представлены андезин-лабрадором и керсутитом, редко встречаются включения кварца.

Структура порфировая, лампрофировая. Текстура массивная, иногда неоднородная. Плагио-

клаз представлен двумя генерациями, первый образует порфировые вкрапленники (An₆₆₋₇₀) размером от 2–3 мм до 3 см, которые замещаются сосюритом. Поздняя генерация представлена более кислой разностью и имеет зональное строение, краевая зона представлена An₃₈₋₄₂ (табл. 3).

Амфибол тоже имеет две генерации, первая представлена крупными вкрапленниками размером 5 см и более, вторая – каймами вкрапленников и микролитами в основной массе. По химическому составу обе генерации соответствуют керсутиту (табл. 4).

Таблица 2. Химический состав сульфидных минералов из контакта дайки с гранодиоритом (обр. УП-8), мас. %**Table 2.** The chemical composition of sulphidic minerals from the contact of dikes with granodiorite (sample УП-8), wt %

№ п.п.	Fe	S	Cu	Co	Ni	Zn	As	Ag	Au
1	32.25	66.23	0.83	0.45	0.15	0.21	0.06	—	—
2	32.56	66.86	—	0.16	0.10	0.21	—	—	0.08
3	32.60	66.59	—	0.27	—	0.27	0.15	—	—
4	32.63	66.61	—	0.29	—	0.27	—	—	0.09
5	32.88	66.64	—	0.23	—	0.25	—	—	—
6	32.93	66.44	—	0.30	—	0.17	—	—	0.08
7	32.93	66.49	—	0.13	—	0.30	0.10	—	—
8	33.10	66.17	0.18	0.22	—	0.29	—	—	—
9	33.12	66.07	—	0.13	0.35	0.31	—	—	—
10	33.23	66.44	—	—	—	—	—	—	0.06
11	33.25	66.21	—	0.17	—	0.13	0.11	0.10	0.03
12	33.36	66.34	0.08	0.09	—	0.11	—	—	0.02
13	33.49	66.00	—	—	—	0.28	0.10	0.02	0.03
14	33.42	65.75	—	0.21	—	0.27	0.22	—	0.08
15	30.58	61.93	7.50	—	—	—	—	—	—
16	27.05	47.54	25.42	—	—	—	—	—	—
17	27.50	55.61	16.89	—	—	—	—	—	—
18	8.88	55.44	—	—	—	—	—	1.43	—

Примечание. 1–14 – пирит, 15–17 – халькопирит, 18 – галенит (содержит 34.25% Pb).

Note. 1–14 – pyrite, 15–17 – chalcopyrite, 18 – galena (contains 34.25% Pb).

Под микроскопом амфибол зеленовато-бурый, с резким плеохроизмом от светлого зеленовато-бурого до густого зеленовато-бурого. Ранняя генерация имеет реакционную кайму. Очень специфичны порфиновые выделения бурой роговой обманки, в которых центральные части заполнены микрозернистым магнетитом, пронизанным микрозарождениями бурой же роговой обманки. Это хорошо иллюстрирует рис. 6, где такие явные фенокристы “магнитного железяка” обрастают каемками роговой обманки.

В основной массе встречаются плагиоклаз, роговая обманка, пироксен, биотит, анортоклаз, хлорит, кальцит, серицит, эпидот, апатит, ортит, циркон, сфен, рутил, сфалерит, пирит, галенит, магнетит, титаномагнетит, ильменит, пентландит и др.

Многочисленные мегакристаллы представлены гранатом, амфиболом, биотитом и плагиоклазом (рис. 7), а также включениями кварца. Гранат наблюдается в виде крупных округлых мегакристов до 2 см (см. рис. 7а). Некоторые резорбированы, по краям имеется реакционная кайма, которая представлена магнетитом и лучистой роговой обманкой. Включения в гранате выполнены моноклинным и ромбическим пироксеном, корундом, апатитом (Мусаев, Хамрабаев, 1984; Мусаев, 1985). Амфибол представлен крупными, до 12 см (см. рис. 7а, б), фенокристаллами, состав которых отвечает керситу. Они имеют реакционную кайму, средняя часть выполнена тонкозернистым агрегатом магнетита и роговой обманки (см. рис. 6б–г). Кристаллы биотита до 1.5 см в попе-

речнике обнаружены в одной дайке на пастбище Заркутан (см. рис. 7в). Порфиновые выделения кварца представлены резко изъеденными основной массой рогульчатыми зернами или оплавленными овальными зернами, почти всегда с хорошо проявленной микрозоной реакционного взаимодействия с основной массой. Размер их достигает 2 мм.

Наличие фенокристаллов с характерными реакционными каймами, возможно, указывает на глубинное происхождение даек лампрофиров, состав которых близок к щелочным полевошпатовым кампто-мончикитам южнотяньшанского комплекса (Мушкин, 1979).

Спессартиты (кампто-спессартиты?). Внешне это плотные порфиновые породы темно-серого цвета. Структура порфировая. Вкрапленники (от 10 до 15–20%) представлены плагиоклазом, бурой роговой обманкой, биотитом и включениями кварца, основная масса состоит из бурой роговой обманки, полевого шпата, биотита, магнетита, хлорита.

Плагиоклаз в основной массе образует таблитчато-призматические кристаллы. В некоторых из них проявлено полизональное строение, почти все они слабо катаклазированы. Порфиновые вкрапленники плагиоклаза, размером до 2 мм в поперечнике, часто выглядят оплавленными и окружены каемками закаленного расплава. Их внутренняя зона часто интенсивно соскритизирована. По химическому составу плагиоклаз отвечает андезину (см. табл. 3).

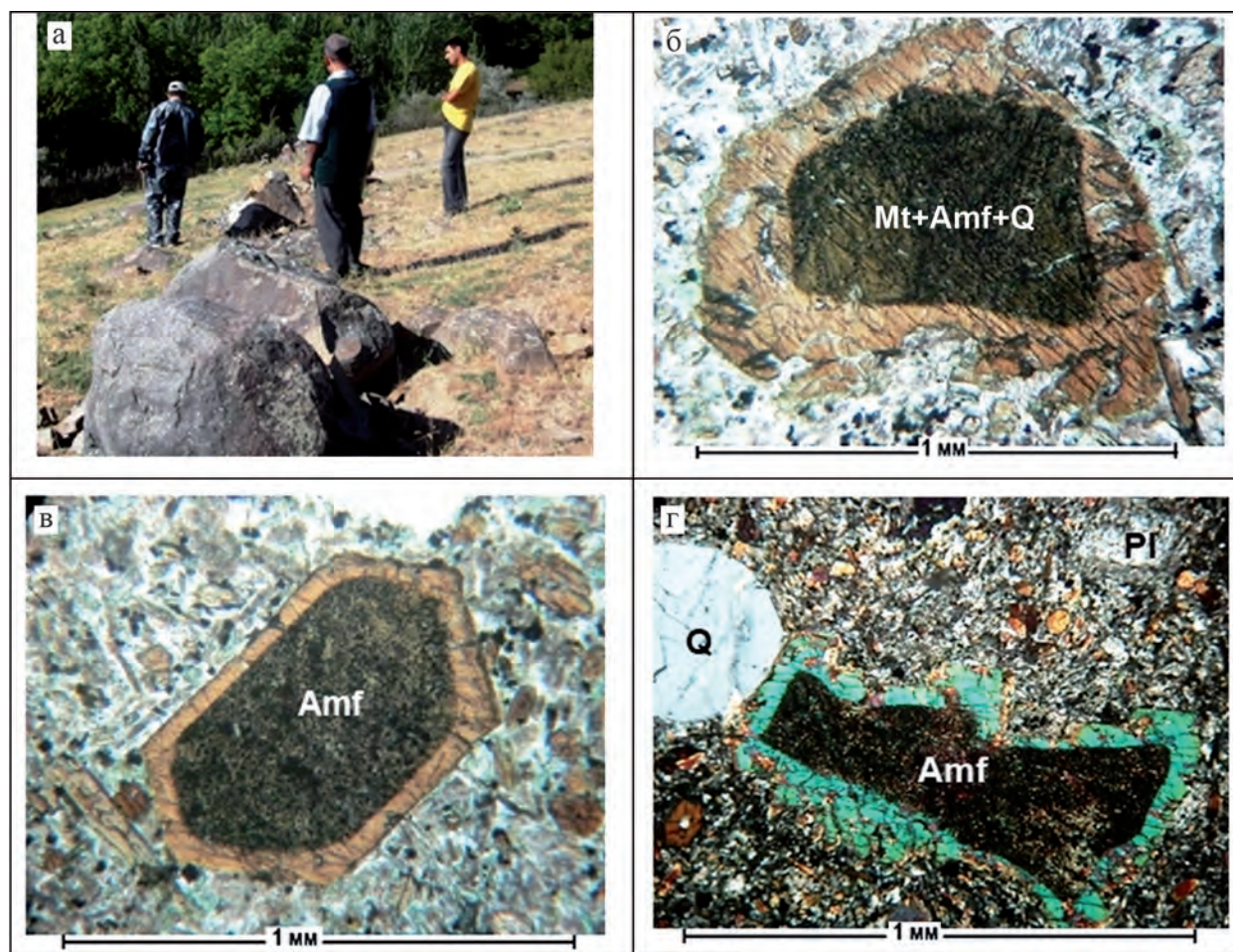


Рис. 6. Дайка малхита.

а – дайка мощностью 1.2 м в Саганаксае; б–г – порфировые выделения амфибола, плагиоклаза и кварца, основная масса мелко- и тонкозернистая с присутствием микролитов амфибола, плагиоклаза, биотита и калиевого полевого шпата.

Fig. 6. Malchite dike.

а – dike in Saganaksai with thickness 1.2 m; б–г – amphibole, plagioclase and quartz porphyry phenocrysts, the bulk is finely grained, with microlites of amphibole, plagioclase, biotite and potassium feldspar.

Таблица 3. Химический состав плагиоклазов из даек Койташского рудного поля, мас. %

Table 3. The chemical composition of plagioclase from dikes Koytash ore field, wt %

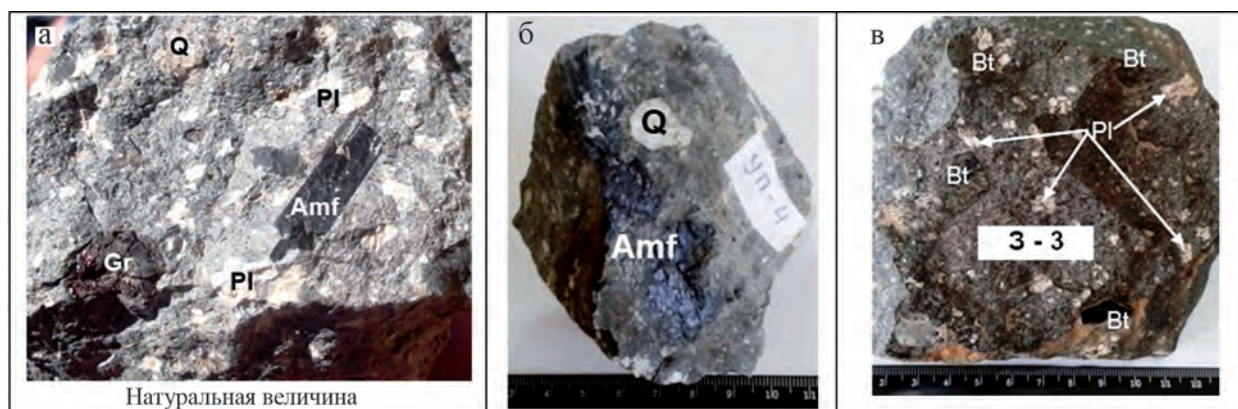
№ п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
1	56.83	27.42	0.29	8.10	6.92	0.44	100.00
2	57.55	26.78	0.42	7.46	7.55	0.39	100.13
3	57.69	27.20	–	6.97	7.64	0.51	100.00
4	60.83	26.46	0.53	2.44	7.27	2.48	100.00
5	62.05	25.07	0.68	1.48	7.10	3.62	100.00
6	62.17	23.29	0.56	5.49	7.87	–	99.39
7	66.10	20.69	0.62	3.81	8.22	0.56	100.00
8	66.92	20.90	–	1.50	11.21	0.19	100.71
9	68.13	19.61	–	2.96	8.20	1.10	100.00

Примечание. 1–3 – андезин-лабрадор из малхитов, 4–6 – андезин из спессартитов (зональный плагиоклаз), 7–9 – альбит-олигоклаз из диоритовых порфиров.

Note. 1–3 – andesine-labrador of the malchite, 4–6 – andesine (zonal plagioclase) of the spessartite, 7–9 – albite-oligoclase of the diorite porphyrite.

Таблица 4. Химический состав керсутита из даек Койташского рудного поля, мас. %**Table 4.** The chemical composition of kersutit from dikes of the Koytash ore field, wt %

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Сумма
1	40.14	4.57	12.72	15.45	12.17	11.40	2.47	1.09	100.22
2	40.35	5.17	12.92	14.54	12.52	11.63	2.10	1.11	100.58
3	40.33	3.86	15.30	12.19	13.79	11.14	2.22	0.84	100.00
4	40.84	4.31	14.26	9.96	15.12	11.73	2.45	1.18	99.86
5	41.23	4.19	12.51	15.98	11.57	10.84	1.64	1.15	99.20

**Рис. 7.** Мегакристаллы минералов в дайках.

а – гранат и керсутит, б – кварц и керсутит, в – биотит.

Fig. 7. Megacrystals of minerals in dikes.

а – garnet and kersutit, б – quartz and kersutit, в – biotite.

Порфиновые выделения бурой роговой обманки (керсутит, см. табл. 4) длиной до 1.5 мм имеют длиннопризматический габитус (рис. 8а, б). В основной массе зерна этого минерала имеют размер не более 0.15–0.2 мм по длинной оси. Суммарно роговая обманка составляет 25–30% от объема породы. Некоторые из ее наиболее крупных порфиновых выделений имеют зональное строение, а центральная зона их выполнена агрегатом магнетита, роговой обманки и кварца, кайма сложена бурой роговой обманкой (см. рис. 8 г).

Пироксен представлен идиморфными короткопризматическими зернами в основной массе. Биотит (не более 2–3% от объема породы) присутствует как в виде единичных редких неправильно-таблитчатых порфиновых выделений до 0.5 мм в поперечнике, так и в виде мелких чешуйчатых зерен длиной до 0.0–0.15 мм. Зерна биотита имеют бурую окраску и интенсивно плеохроируют. Его состав (мас. %): SiO₂ – 50.70, TiO₂ – 0.68, Al₂O₃ – 11.91, FeO* – 23.12, MgO – 6.30, CaO – 3.04, K₂O – 5.06, сумма – 100.81. В порфиновых выделениях биотит замещен хлоритом и микрозернистым эпидотом вдоль трещинок спайности.

Акцессорные минералы – сфен, ортит, циркон, эпидот, ильменит и гранат. Ортит характеризу-

ется высоким содержанием лантана, церия и неодаима, циркон – гафния и тория. Магнетит присутствует в основной массе в виде микрокомковатых зерен. Они резко сгущаются в роговообманково-магнетитовой массе “роговиковой рубашке” (см. рис. 8г), что характерно также для мегакристов амфиболов в малхитах.

Порода в целом слабо хлоритизирована и эпидотизирована. Количество хлорита не превышает 5–7%, а эпидота (по роговой обманке и биотиту) – 0.5–1%.

Диоритовые порфиры являются наиболее широко распространенными породами даек в описываемом районе. Они имеют серый (до темно-серого) цвет, порфировую структуру с микропризматически-зернистой основной массой (рис. 9). Вкрапленники представлены плагиоклазом, роговой обманкой, биотитом и включениями кварца.

Основная масса (до 45% общего объема) сложена мелкими и микроскопическими зернами плагиоклаза, бурой роговой обманкой, биотита и пластинками-чешуйками хлорита размером 0.1 мм и менее. На фоне этой массы рассеяны единичные зерна биотита длиной до 0.25–0.3 мм и кварца. Из акцессорных минералов присутствуют апатит, циркон, сфен и рудные минералы.

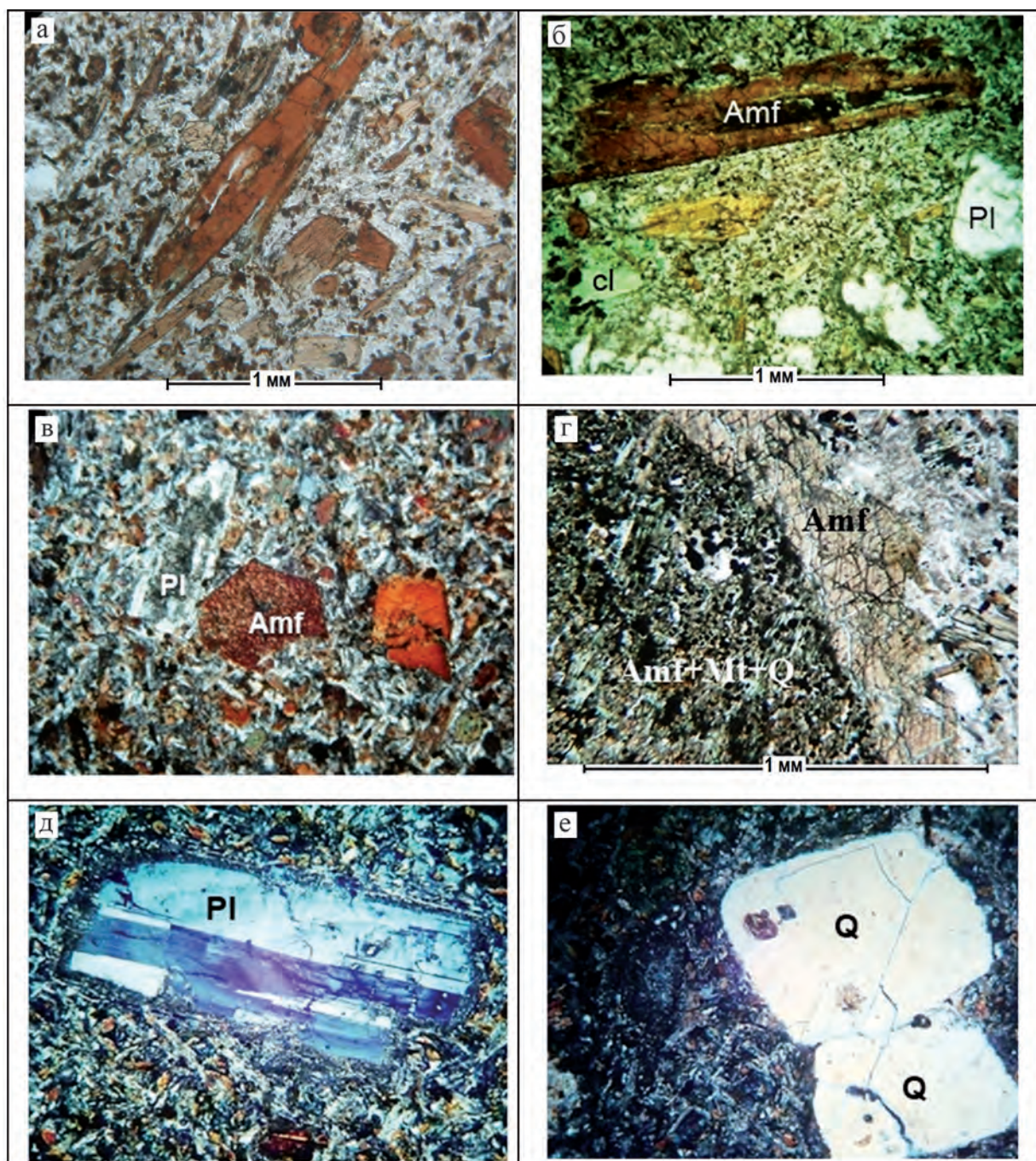


Рис. 8. Петрографические особенности пород даек спессартитов.

а, б – порфировые выделения роговой обманки и плагиоклаза, в некоторых полизональных кристаллах бурой роговой обманки присутствуют мелкие зерна магнетита; в – порфировые включения роговой обманки изредка выглядят обломанными или корродированными; г – фрагмент мегакристалла роговой обманки, центральная часть которого выполнена агрегатом магнетита, роговой обманки и кварца; д – включение полисинтетического плагиоклаза, выглядит оплавленным, окружен каемкой закала расплава; е – включение слабо оплавленного кварца с хорошо проявленной микрозоной реакционного взаимодействия с основной массой. Все изображения в скрещенных николях.

Fig. 8. Petrographic features of dike rocks spessartite.

а, б – porphyry hornblende and plagioclase, in some polyzonal crystals of brown hornblende there are fine grains of magnetite; в – the porphyry phenocrysts of hornblende rarely look broken off, corroded; г – a fragment of a megacrystal of hornblende, the central part of which is made by an aggregate of magnetite, hornblende and quartz; д – phenocrysts of polysynthetic plagioclase, looks melted and surrounded by edges of the melt hardened; е – phenocryst of weakly melted quartz with a well developed microzone of the reaction interaction with the main mass. All images are in cross nicols.

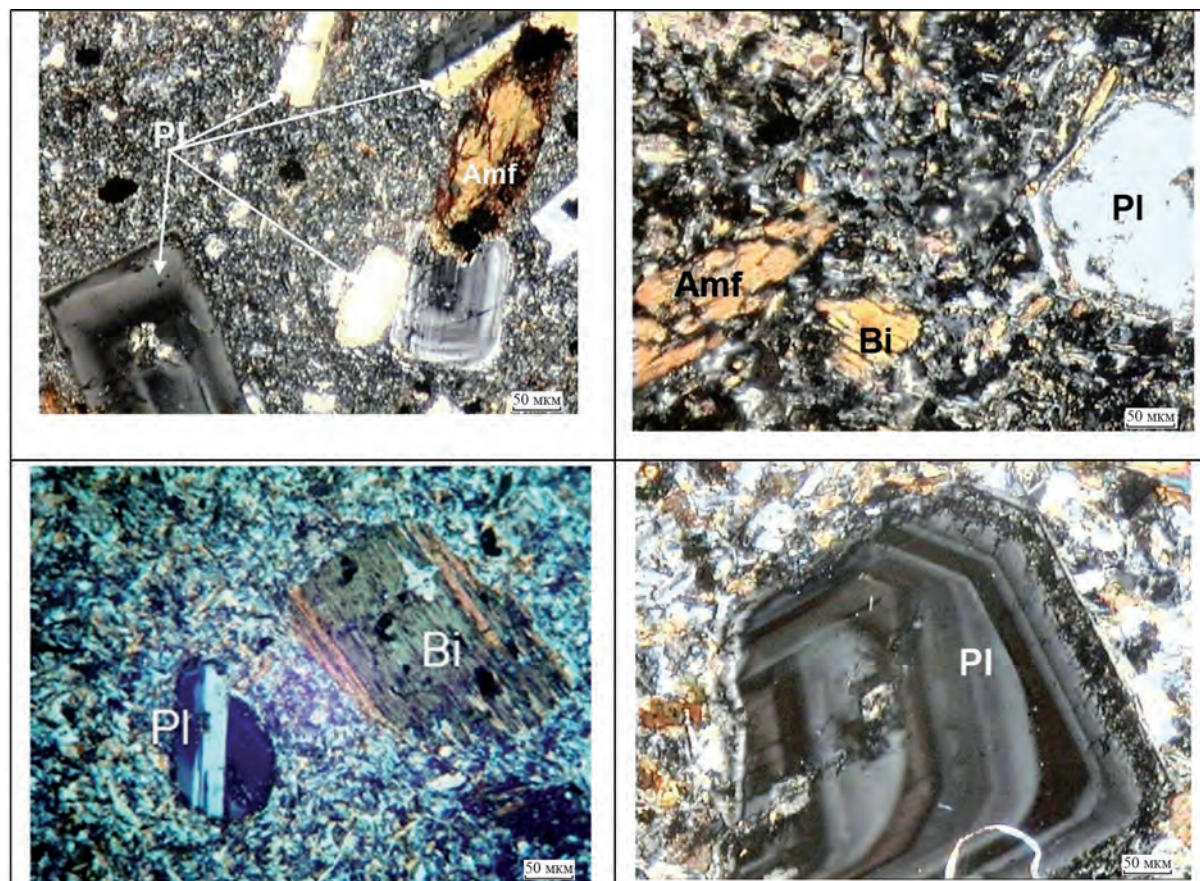


Рис. 9. Дайки диоритовых порфиров.

Зональные вкрапленники плагиоклаза (андезин-олигоклаз – ядро, альбит – край) с повсеместно присутствующей реакционной каймой. Все изображения в скрещенных николях.

Fig. 9. Dikes of diorite porphyrites.

Zonal phenocrysts of the plagioclase (andesine-oligoclase is in the core, albite – in the edge) with a reaction rim everywhere. All images are in cross nicols.

Порфировые выделения плагиоклаза представляют собой крупнопризматические, таблитчатые идиоморфные зерна с ясно выраженным зональным строением. Зональность прямая, краевая часть зерен представлена альбит-олигоклазом (см. табл. 3). Как правило, зерна плагиоклаза серицитизированы и альбитизированы (см. рис. 9). Размер зерен плагиоклаза во вкрапленниках колеблется от 0.1 до 1.5 см.

Роговая обманка в составе вкрапленников встречается реже и представлена короткопризматическими идиоморфными зернами с плеохроизмом в коричневых тонах. Вкрапленники биотита представляют собой мелкие чешуйки с резким плеохроизмом от темно-бурого до светло-желтого цвета. Часто они замещаются хлоритом.

Иногда встречаются диоритовые порфиры, в которых присутствуют порфировидные выделения кварца, представляющие собой оплавленные и кор-

родированные зерна округлой формы размером до 1 мм. Отмеченные особенности позволяют предполагать ксеногенный характер таких зерен.

МИНЕРАЛЫ-КОНЦЕНТРАТОРЫ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ

Рудные минералы в изученных дайках представлены ильменитом, пиритом, сфалеритом, пентландитом, магнетитом, титаномagnetитом и гематитом.

Ильменит встречается в основной массе даек в виде пластинок, табличек округлой формы (рис. 10а). Его состав непостоянен, содержание железа достигает 51%, а содержание марганца – 9%. Единичные анализы характеризуются значительным содержанием кремнезема, алюминия, магния, кальция и ванадия, что свидетельствует о наличии инородных микровключений (табл. 5, ан. 2, 7).

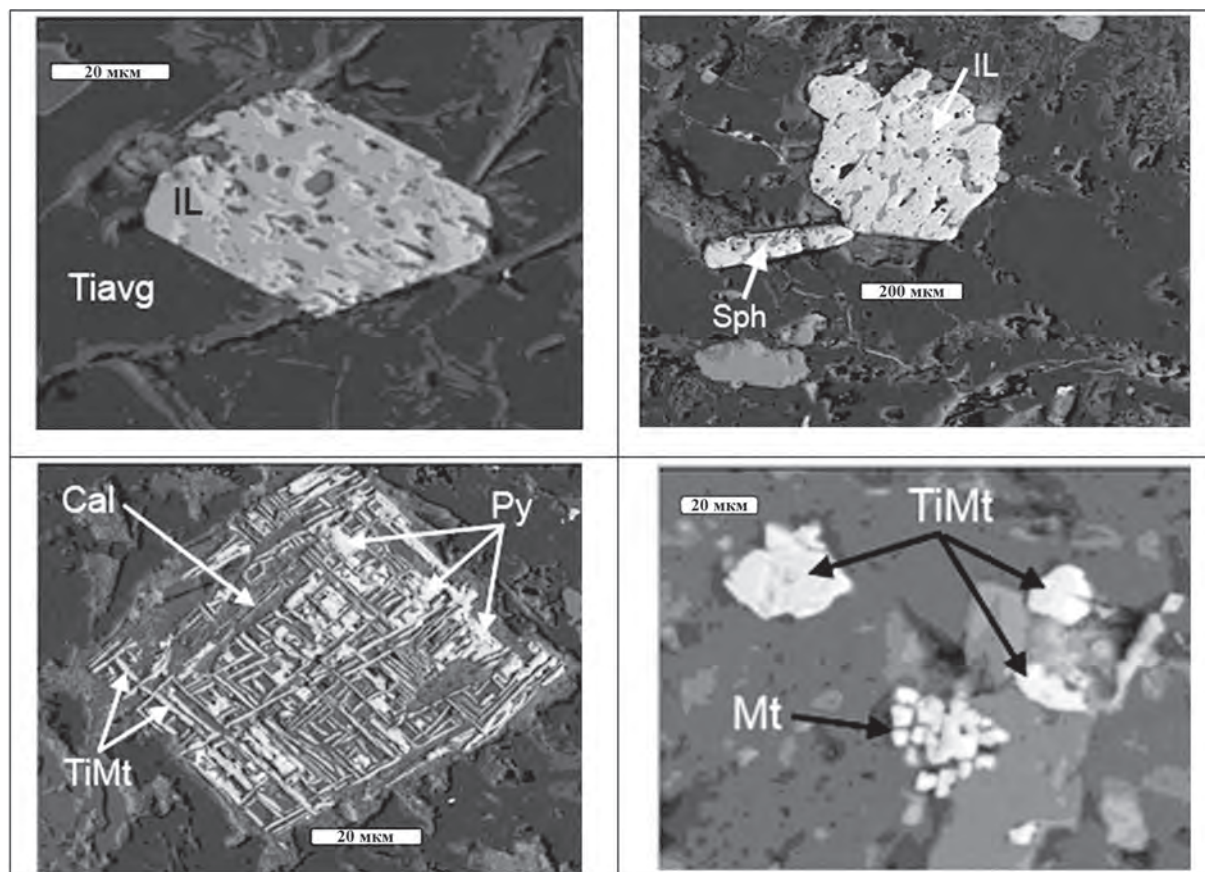


Рис. 10. Формы нахождения рудных минералов в основной массе даек полосы Койташ-Угат.
 Минералы: *IL* – ильменит, *Tiavg* – титан-авгит, *Mt* – магнетит, *TiMt* – титаномagnetит, *Py* – пирит, *Sph* – сфалерит.

Fig. 10. Occurrence forms of ore minrral in the bulk of dikes of the Koytash-Ugat line.
 Minerals: *IL* – ilmenit, *Tiavg* – titanaugite, *Mt* – magnetite, *TiMt* – titanomagnetite, *Py* – pyrite, *Sph* – sphalerite.

Таблица 5. Химический состав ильменитов в основной массе даек полосы Койташ-Угат, мас. %

Table 5. The chemical composition of ilmenite in the bulk of Koytash-Ugat dikes line, wt %

№ п.п.	Порода	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	V ₂ O ₅	Сумма
1	Малхит	1.08	48.14	—	44.86	3.86	—	0.61	0.83	99.38
2		10.39	36.39	4.63	34.97	2.97	1.87	4.71	0.48	96.42
3		—	50.16	—	46.20	2.99	—	—	0.66	100.01
4		—	49.07	—	43.62	5.12	—	2.19	—	100.00
5		0.76	49.46	—	42.90	5.66	—	0.56	0.66	100.00
6	Диоритовый порфирит	—	51.48	—	39.09	9.08	—	—	0.36	100.01
7		5.69	42.79	2.83	39.85	4.53	1.94	1.33	0.55	99.51
8		—	43.95	—	50.63	3.54	—	1.26	0.32	99.70
9		—	44.62	—	52.82	1.96	—	—	0.59	99.99

Примечание. 3, 8, 9 – железистые ильмениты, 4–6 – марганцевые ильмениты.

Note. 3, 8, 9 – ferrous ilmenites, 4–6 – manganese ilmenites.

Магнетит образует зерна октаэдрической формы (см. рис. 10г). В его составе имеется примесь кремния, алюминия и кальция, включений других минералов. Кроме того, в виде примесей присут-

ствуют кобальт, никель и медь. Количество титана в титаномagnetитах достигает 15% (табл. 6).

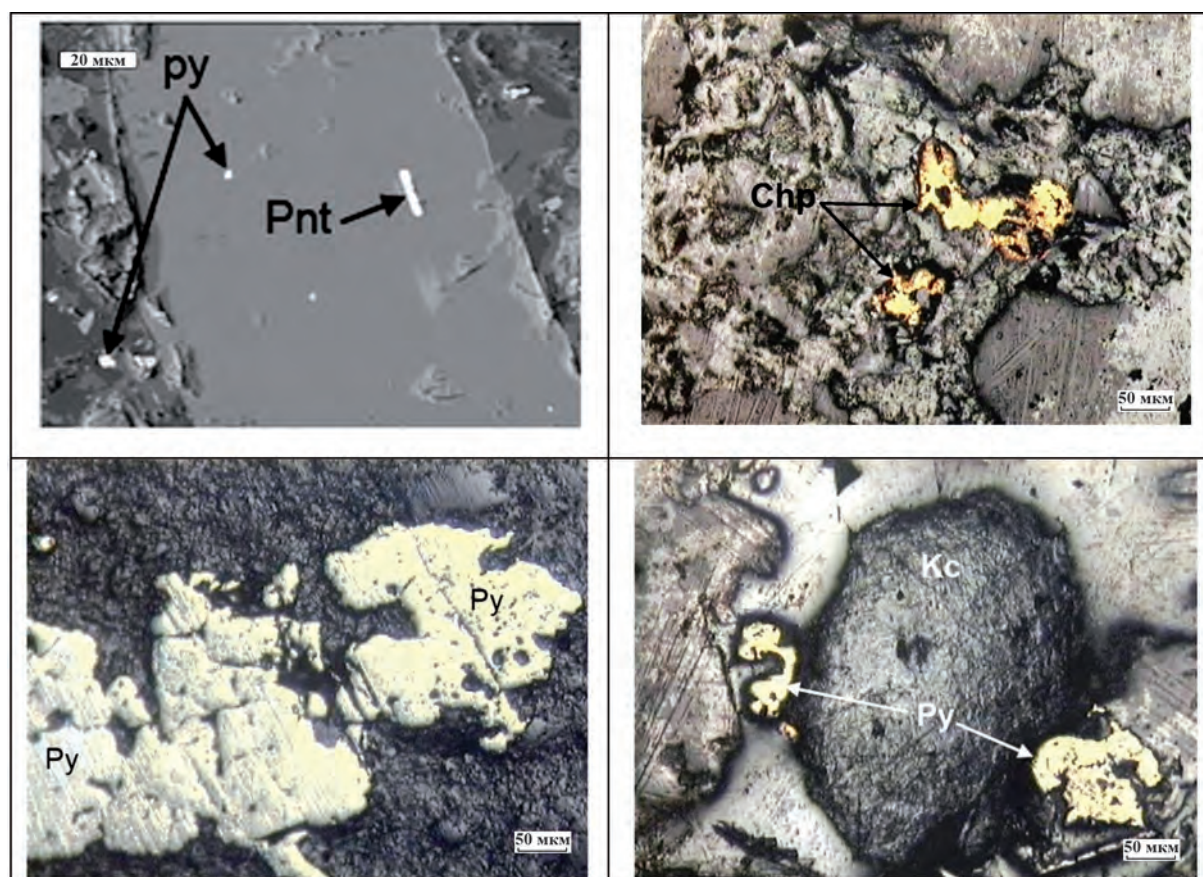
Пентландит образует удлиненно-игольчатые зерна в основной массе малхита (рис. 11а). В составе

Таблица 6. Химический состав магнетитов и титаномagnetитов основной массы даек полосы Койташ-Угат, мас. %**Table 6.** The chemical composition of magnetites and titanomagnetites of the main mass of dikes of the Koytash-Ugat line, wt %

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	V ₂ O ₅	As ₂ O ₅	CoO	NiO	SO ₃	Cr ₂ O ₃	CuO	Сумма
1	6.59	8.73	1.25	73.96	0.49	—	5.66	—	—	—	—	—	—	—	—	97.69
2	5.55	1.34	2.25	85.00	—	—	1.50	—	—	—	—	—	—	—	—	96.57
3	—	14.89	—	82.58	1.61	—	—	—	0.55	—	—	—	—	—	—	100.11
4	0.43	14.00	—	83.52	1.45	—	0.57	—	0.20	—	0.27	0.05	—	0.41	0.08	100.81
5	0.60	9.45	—	87.88	1.48	—	0.59	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00
6	6.62	—	3.02	89.20	—	—	0.34	0.82	—	—	—	—	—	—	—	100.00
7	4.27	—	—	82.67	—	0.67	0.42	—	—	—	0.17	0.29	—	—	—	89.00
8*	11.58	0.46	4.16	64.81	—	—	2.42	—	—	3.56	—	5.71	1.03	—	0.42	100.00
9	2.94	—	—	88.28	—	—	0.46	—	—	—	—	—	—	—	—	100.00
10*	0.64	—	—	95.01	—	—	—	—	—	—	0.15	0.12	—	—	—	96.22
11*	0.98	0.32	0.78	96.24	—	—	0.31	—	—	0.92	0.30	—	—	—	—	99.96
12	1.48	—	—	99.19	—	—	0.20	—	—	—	0.10	0.76	0.31	—	—	100.88

Примечание. 1–5 – титаномagnetиты, 6–12 – магнетиты (8* – содержание примеси CoO, ZnO, Ag₂O, Sb₂O₃ от 0.05 до 0.44 мас. %), 10* – примеси Ag₂O = 0.06, Sb₂O₃ = 0.08, TeO = 0.16 мас. %), 11* – содержание примеси Zn, Ag, Se, Zn от 0.01 до 0.25%).

Note. 1–5 – titanomagnetites, 6–12 – magnetites (8* – content of the impurity of CoO, ZnO, Ag₂O, Sb₂O₃ from 0.05 to 0.44 wt %), 10* – impurities of Ag₂O = 0.06, Sb₂O₃ = 0.08, TeO = 0.16 wt %), 11* – the content of impurities of Zn, Ag, Se, Zn from 0.01 to 0.25%).

**Рис. 11.** Формы нахождения пирита в основной массе даек полосы Койташ-Угат.

Минералы: *Pnt* – пентландит, *Chp* – халькопирит, *Kc* – керсутит.

Fig. 11. Occurrence forms of pyrite in the bulk of dikes of the Koytash-Ugat line.

Minerals: *Pnt* – pentlandite, *Chp* – chalcopyrite, *Kc* – kersutite.

примесей присутствуют церий и золото, соотношение Ni/Fe = 1.13.

Сфалерит образует удлиненно-игольчатые формы в ассоциации с другими сульфидными минералами. Содержание железа низкое, характерное для вюртцита (табл. 7).

Пирит – самый распространенный рудный минерал. Присутствует в виде корродированных зерен неправильной формы (см. рис. 11). Примеси никеля и кобальта в составе пирита достигают 9.97%, что свидетельствует о наличии в нем вростков пирротина. Кроме того, установлено наличие примеси РЗЭ, золота, серебра, цинка, теллура и сурьмы (см. табл. 7).

Халькопирит встречается редко, обнаружен на контакте гранодиорита с дайкой лампрофита, в составе пирит-халькопирит-галенитовых прожилков (см. рис. 11б). Химический состав халькопирита (мас. %): S – 47.54, Fe – 27.05, Cu – 25.42 (см. табл. 2).

Из приведенных данных видно, что пирит является концентратором Co, Ni, Cu, Zn, Sb, Te, Ag и Au, суммарное содержание которых может достигать 0.5%. Магнетит имеет примесь CoO, ZnO, Ag₂O, Sb₂O₃ (0.05–0.44%). Количество TiO₂ в титаномагнетитах достигает 15%. Ильмениты содержат до 9% MnO, а также значительное количество алюминия, кальция и ванадия. В пентландите установлено присутствие церия и золота, что характерно для основных и ультраосновных пород.

Акцессорные минералы широко распространены в изученных дайках и представлены апатитом, цирконом, сфеном, рутилом, ортитом, гранатом и др. (табл. 8, рис. 12).

Ортит встречается в дайках и гранодиоритах Койташского интрузива. В последних он обычно образует довольно крупные призматические кристаллы желтовато-коричневого цвета среди игольчатых зерен амфибола в трещинах, разделяющих

Таблица 7. Химический состав сульфидных минералов основной массы даек полосы Койташ-Угат, мас. %

Table 7. The chemical composition of sulphidic minerals of the main mass of the dikes of the Koytash-Ugat line, wt %

№ п.п.	Fe	Ti	Mg	Ca	Na	K	Zn	Hf	Zr	La	Ce	Au	Co	Ni	S	Сумма
1	24.12	0.24	–	–	–	–	–	–	–	–	0.19	0.21	1.84	25.84	47.57	100.01
2	5.49	–	–	–	–	–	41.81	–	–	–	–	–	–	–	52.60	99.90
3	43.48	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.12	0.30	55.99	100.00
4	44.10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.12	0.38	55.14	100.00
5	35.09	Примеси Co, Ni, Zn, Sb, Te, Au (от 0.03 до 0.14)							–	–	–	–	–	–	–	–
6	47.87	–	Примеси Zn, Ag, Te, Au (от 0.01 до 0.21)							0.17	–	–	–	–	51.36	–
7	46.88	–	–	–	Примеси Zn, Ag, Se, Au, Zn от 0.02 до 0.26%							–	0.12	0.10	52.39	99.86
8	37.23	–	–	–	–	–	–	–	0.13	–	–	–	0.87	9.97	51.25	99.45

Примечание. 1 – пентландит, 2 – сфалерит, 3–8 – пирит.

Note. 1 – pentlandite, 2 – sphalerite, 3–8 – pyrite.

Таблица 8. Химический состав широко распространенных акцессорных минералов даек полосы Койташ-Угат, мас. %

Table 8. The chemical composition of common accessory minerals of Koytash-Ugat dikes line, wt %

№ п.п.	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO*	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	V ₂ O ₅	HfO ₂	ZrO ₂	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃	ThO ₂	Сумма
1	35.01	–	21.24	11.47	–	–	14.50	–	–	–	–	4.87	11.01	1.90	–	100.00
2	30.00	–	15.07	13.11	–	–	11.29	–	–	–	–	6.73	10.65	0.99	–	88.23
3	20.09	58.51	–	2.06	–	–	18.16	–	1.19	–	–	–	–	–	–	100.00
4	38.68	25.03	9.95	2.44	–	–	21.02	2.89	–	–	–	–	–	–	–	100.00
5	25.93	46.91	–	1.75	–	–	24.13	–	1.08	–	–	–	–	–	–	99.80
6	30.60	39.60	–	–	–	–	29.80	–	–	–	–	–	–	–	–	100.00
7	30.17	38.40	1.22	0.67	–	–	28.98	–	0.57	–	–	–	–	–	–	100.00
8*	30.35	36.01	2.15	1.76	–	0.19	28.98	–	0.34	–	–	–	–	–	–	100.00
9	30.48	36.84	1.87	0.68	–	–	28.73	–	0.75	–	–	–	–	–	–	99.36
10	33.88	–	–	1.61	–	–	0.80	–	–	1.30	59.22	–	–	–	3.18	100.00
11	34.61	–	–	–	–	–	–	–	–	1.50	62.77	–	–	–	1.12	100.00
12	33.09	–	–	0.73	–	–	0.43	–	–	1.11	62.13	–	–	–	2.51	100.00
13*	2.15	93.02	–	1.15	–	–	2.11	–	1.29	–	–	–	–	–	–	100.12

Примечание. 1, 2 – цериевые ортиты, ΣTR = 18 и 19; 3–9 – сфен (*количество иттербия 0.22), 10–12 – циркон, 13 – рутил (*количество ниобия 0.40).

Note. 1, 2 – ceric orthites, ΣTR = 18 and 19; 3–9 – sphene (*the amount of ytterbium is 0.22), 10–12 – zircon, 13 – rutile (*the amount of niobium is 0.40).

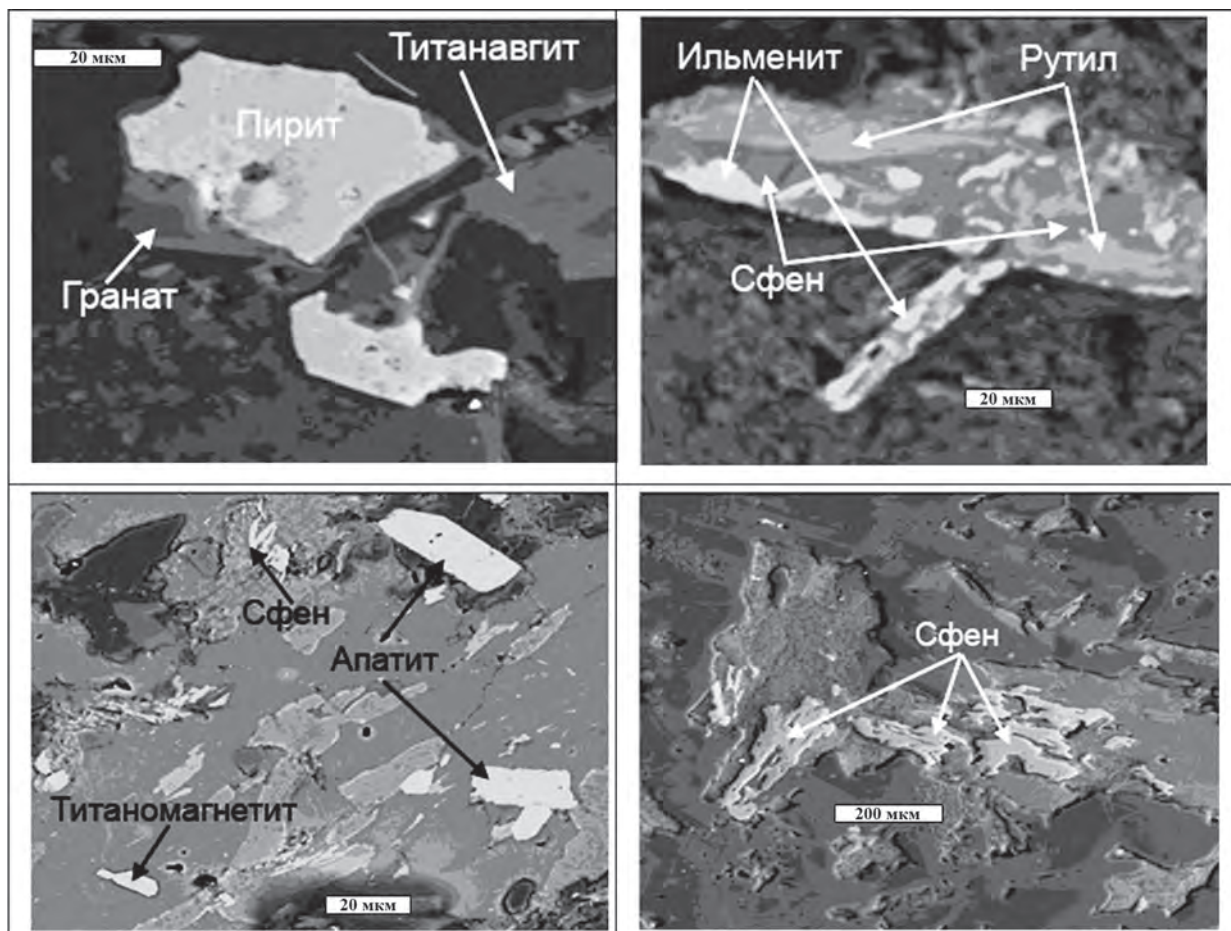


Рис. 12. Акцессорные минералы в основной массе даек полосы Койташ-Угат.

Fig. 12. Accessory minerals in the bulk of dikes of the Koytash-Ugat line.

крупные блоки гранодиоритов. Содержание La_2O_3 в ортитах даек достигает 6.73%, Ce_2O_3 – 11.01, Nd_2O_3 – 1.90, суммы РЗЭ – 19%.

Сфен является самым распространенным акцессорным минералом. Образует зерна клинообразной и неправильной формы (см. рис. 12).

Апатит встречается в более основных по составу дайках, где образует шестигранные призм, иголки и таблички (см. рис. 12). В ксенолите клинопироксенита наблюдалось ксеноморфное зерно апатита. Состав апатита из малхитов характеризуется наличием примесей иттербия и железа (мас. %): Fe_2O_3 – 0.68, CaO – 54.01, Yb_2O_3 – 0.77, P_2O_5 – 44.22, сумма – 99.54.

Циркон встречается в виде мелких зерен (см. рис. 12). Состав циркона характеризуется наличием примесей тория (до 3.18%) и гафния (до 1.50%) (см. табл. 8).

Рутил присутствует в основной массе пород в сростании со сфеном и ильменитом (см. рис. 12). В его составе отмечено заметное количество ниобия (см. табл. 8).

Практически все изученные акцессорные минералы имеют примесь редкоземельных элементов, наиболее высокое содержание их отмечено в ортите.

ПЕТРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОД

Химический состав даек полосы Койташ-Угат сопоставлен с составами даек из соседних регионов (табл. 9, рис. 13, 14). Рассматриваемые дайки относятся к группе основных пород, содержание SiO_2 в них колеблется от 46.55 до 64.99%. Более высокие содержания кремнезема в некоторых образцах лампрофиров объясняются наличием ксеногенного кварца в виде оплавленных вкрапленников. Среднее значение величины суммы щелочей ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) по 15 анализам составляет 5.92% при преобладании натрия над калием ($\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O} = 1.62$). На диаграмме SiO_2 –($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) (Классификация и номенклатура..., 1981; Ефремова, Стафеев, 1985) составы даек основного состава сопо-

Таблица 9. Химический состав даек Койташского рудного поля и прилегающих территорий (Формационный анализ..., 1975; Мусаев, Хамрабаев, 1984; Мусаев, 1985; Хамрабаев и др., 1990), мас. %

Table 9. The chemical composition of dikes of Koytash ore field and adjacent territories (Formationsnyy analiz..., 1975; Musaev, Khamrabaev, 1984; Musaev, 1985; Khamrabaev et al., 1990), wt %

Компонент	Койташский рой даек												Район Актауского интрузива					Маджерум-Сентябский дайковый пояс					Карагауский дайковый пояс		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	20	21	22
SiO ₂	49.24	53.68	62.64	46.55	51.60	52.99	64.99	56.72	64.99	66.55	67.35	49.77	59.09	69.00	58.57	53.88	53.72	61.57	54.60	73.28	55.9	69.00	73.28	55.9	69.00
TiO ₂	1.35	1.10	0.61	1.55	0.87	0.89	0.30	1.25	0.30	0.75	0.55	0.75	0.82	0.70	0.57	0.55	0.55	0.37	1.02	0.13	1.47	0.70	0.13	1.47	0.70
Al ₂ O ₃	15.82	14.14	15.33	16.04	11.34	16.23	16.67	18.22	16.67	15.64	15.12	14.22	15.97	14.67	15.11	14.00	13.69	15.75	15.22	13.16	15.3	14.67	13.16	15.3	14.67
Fe ₂ O ₃	2.50	3.39	1.95	4.10	1.05	1.14	2.07	1.15	2.07	1.10	1.02	2.17	1.07	—	0.39	2.66	1.38	1.02	3.78	0.37	2.06	—	0.37	2.06	—
FeO	6.70	6.19	3.33	5.32	6.62	5.83	2.10	4.43	2.10	2.62	2.41	5.28	4.89	2.16	5.47	4.90	5.29	2.66	3.66	2.02	5.18	2.16	2.02	5.18	2.16
MnO	0.20	0.20	0.05	0.13	0.06	0.09	—	0.08	—	0.07	0.06	0.15	0.1	0.03	0.11	0.15	0.18	0.08	0.12	0.04	0.14	0.03	0.04	0.14	0.03
MgO	4.70	1.60	1.80	5.50	10.50	5.60	1.87	2.60	1.87	1.81	1.80	7.54	3.25	3.00	5.80	6.20	7.50	2.02	6.60	0.88	3.19	3.00	0.88	3.19	3.00
CaO	8.45	8.12	5.46	8.82	12.05	6.60	4.90	5.90	4.90	3.69	2.80	5.36	4.62	1.87	5.60	7.42	6.86	3.74	5.46	0.91	4.14	1.87	0.91	4.14	1.87
Na ₂ O	3.35	4.42	3.89	3.47	2.21	3.47	3.89	6.50	3.89	3.95	3.40	3.99	3.63	3.40	3.18	3.50	2.45	3.14	2.85	3.28	4.15	3.40	3.28	4.15	3.40
K ₂ O	2.65	2.37	2.11	2.28	0.57	2.34	1.96	1.62	1.96	2.92	3.40	0.98	2.88	4.70	2.62	2.50	3.26	3.57	3.65	4.71	2.01	4.70	4.71	2.01	4.70
H ₂ O	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.45	0.31	—	0.10	—	—	—	—	0.06	0.15	—	0.06	0.15	—
П.л.п.	2.90	1.14	2.34	4.23	1.70	4.00	0.80	1.28	0.80	—	1.60	7.11	3.29	0.90	2.10	3.33	4.33	5.2	2.56	1.07	5.47	0.90	1.07	5.47	0.90
P ₂ O ₅	0.46	0.68	0.35	0.68	0.18	0.34	0.05	0.27	0.05	0.21	0.18	0.27	0.18	—	0.27	0.25	0.23	0.22	0.18	0.08	0.38	—	0.08	0.38	—
CO ₂	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	3.23	0.47	—	0.11	1.54	1.49	2.14	1.43	0.17	2.56	—	0.17	2.56	—
SO ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.23	0.21	—	0.10	—	—	—	—	0.1	0.10	—	0.1	0.10	—
Сумма	98.42	99.86	99.86	98.92	98.75	99.54	99.76	99.86	99.60	99.87	99.69	100.08	100.14	100.43	99.89	99.34	99.44	99.37	99.70	100.01	99.57	100.43	100.01	99.57	100.43

Примечание. Койташский рой даек (1–11): 1–3 – малхит; 4, 5 – спессартит; 6 – лампрофитовидный диоритовый порфирит; 7 – кварцевый диоритовый порфирит; 8 – спессартит; 9 – гранодиорит-порфир; 10 – кварцевый монзонит-порфир; 11 – гранодиорит-порфир; район Актауского интрузива (12–15): 12 – диабазовый порфирит (3), Актауский интрузив, пос. Каракутан; 13 – диоритовый порфирит (3), Актауский интрузив; 14 – гранит-порфир, Актауский интрузив; 15 – спессартит, Актауский интрузив; Маджерум-Сентябский дайковый пояс (16–19): 16 – спессартит, Андиген; 17 – кersantit, Маджерум, 18 – гранодиорит-порфир (2), Маджерум; 19 – диоритовый порфирит, Маджерум; Карагауский дайковый пояс (20–22): 20 – гранит-порфир, Сармичсай; 21 – измененный порфирит (3), Сармичсай; 22 – гранит-порфир, Карагауский интрузив. В скобках указано количество анализов.

Note. Koytash dike swarm (1–11): 1–3 – malchite; 4, 5 – spessartite; 6 – lamprophyritic-like diorite porphyry; 7 – quartz diorite porphyry; 8 – spessartite; 9 – granodiorite porphyry; 10 – quartz monzonite porphyry; 11 – granodiorite porphyry; Aktai intrusion area (12–15): 12 – diabase porphyrite (3) Aktai intrusion, Karakutan village; 13 – diorite porphyrites (3) Aktai intrusion; 14 – granite porphyry, Aktai intrusive; 15 – spessartite, Aktai intrusive; Madzherum-Sentyab dike belt (16–19): 16 – spessartite, Andigen; 17 – kersantite, Madzherum; 18 – granodiorite porphyry (2), Madzherum; 19 – diorite porphyrite, Madzherum; Karatau dike belt (20–22): 20 – granite porphyry, Sarmichsai; 21 – altered porphyrite (3), Sarmichsai; 22 – granite porphyry, Karatau intrusive. The number of analyzes is indicated in parentheses.

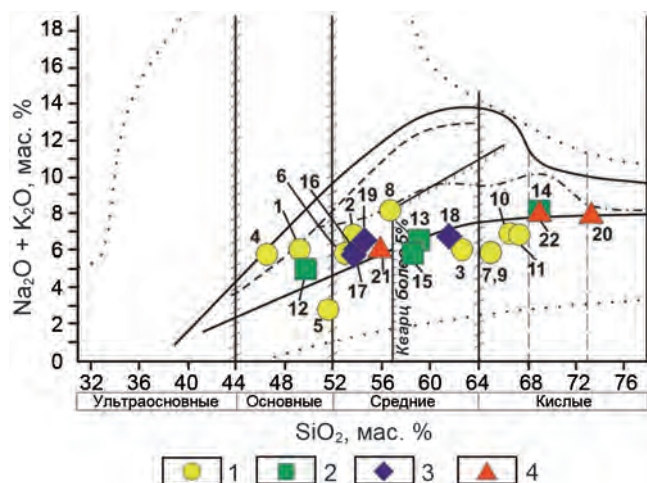


Рис. 13. Положение фигуративных точек пород даек полосы Койташ-Угат на диаграмме SiO_2 – $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$.

1 – Койташский рой даек, 2 – район Актауского интрузива, 3 – Маджерум-Сентябский дайковый пояс, 4 – Каратауский дайковый пояс (Формационный анализ..., 1975; Мусаев, Хамрабаев, 1984; Мусаев, 1985; Хамрабаев и др., 1990).

Fig. 13. The position of the imaging point of the rocks of the dikes of the Koytash-Ugat line on the SiO_2 – $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diagram.

1 – Koytash dike swarm, 2 – area of Aktau intrusion, 3 – Madzherum-Sentyab dike belt, 4 – Karatau dike belt (Formatsionnyi analiz..., 1975; Musaev, Khamrabaev, 1984; Musaev, 1985; Khamrabaev i dr., 1990).

ставляемых четырех регионов, за редким исключением, располагаются в поле субщелочных пород. Наличие анализов с пониженным содержанием щелочей объясняется результатом вторичных изменений (см. рис. 13). При этом кислые разновидности даек располагаются в поле пород нормальной щелочности вблизи его границы с полем пород субщелочного ряда.

Близость петрохимических особенностей даек сопоставляемых регионов подтверждается едиными трендами эволюции на диаграмме А–F–М и вариационных диаграммах Харкера (см. рис. 14). Положение фигуративных точек пород на диаграмме А–F–М свидетельствует об их принадлежности к известково-щелочной серии.

Изучение содержаний элементов-примесей в породах даек масс-спектрометрическим методом показало (табл. 10), что практически все элементы присутствуют в околосларковых количествах (Виноградов, 1962). Нормализованное по хондриту (Практическая петрология..., 2017) распределение редких элементов характеризуется обогащенностью бором, ниобием, молибденом, рением, гафнием, иттербием, серебром, селеном, мышьяком, висмутом и др. (рис. 15).

Диаграмма нормированного по хондриту (Практическая петрология..., 2017) распределения редкоземельных элементов показывает, что по содержанию РЗЭ петрографические разновидности пород из даек Койташского рудного поля очень близки, что свидетельствует об их генетической общности. Для всех изученных даек характерно преобладание в составе РЗЭ элементов легкой части спектра.

Суммарное содержание РЗЭ в гранодиоритах Койташского интрузива 109 г/т, в малхитах – 180, в диоритовых порфиритах – 135 и спессартитах – 136 г/т, при этом отношение La/Yb соответственно равно 21, 27, 30 и 40.

В целом распределения РЗЭ в дайках Койташского рудного поля контролируются как главными породообразующими, так и акцессорными минералами. Основными носителями лантаноидов в лампрофирах так же, как и в близких по парагенезису дайках диоритовых порфириров, являются породообразующие (роговая обманка и плагиоклаз) и акцессорные (ортит, монацит, циркон) минералы.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ

В результате исследования дайковых образований Койташского рудного поля установлено, что породы являются гипабиссальными и относятся по структуре к лампрофирам, по химическому составу – к основным и средним породам субщелочного ряда.

Для лампрофиров Койташского рудного поля характерны следующие показатели: отсутствие фельдшпатоидов, незначительное развитие пироксена, обилие амфибола (керсунита) и зонального плагиоклаза, низкая щелочность при натриевой специфике пород. Анализ содержаний элементов-примесей выявил обогащенность лампрофиров барием, фосфором, ниобием, молибденом, вольфрамом, рением, гафнием, иттербием, серебром, золотом, селеном, мышьяком, теллуром, висмутом. Характер распределения РЗЭ во всех дайках практически идентичен, что позволяет предполагать единство исходного источника магм для различных петрографических разновидностей, составляющих дайку изученного региона. Носителями лантаноидов в лампрофирах и близких по парагенезису дайках диоритовых порфириров являются как главные породообразующие (роговая обманка и плагиоклаз), так и акцессорные (ортит, монацит, циркон) минералы.

Дайки лампрофиров прорывают не только сульфидно-редкометалльные тела полосы Койташ-Угат, но также скарновые и карбонатные породы и, в свою очередь, прорваны кварц-полиметаллическими рудоносными жилами. Это свидетельствует о том, что дайки представляют собой междурудные образования и, возможно, генетически свя-

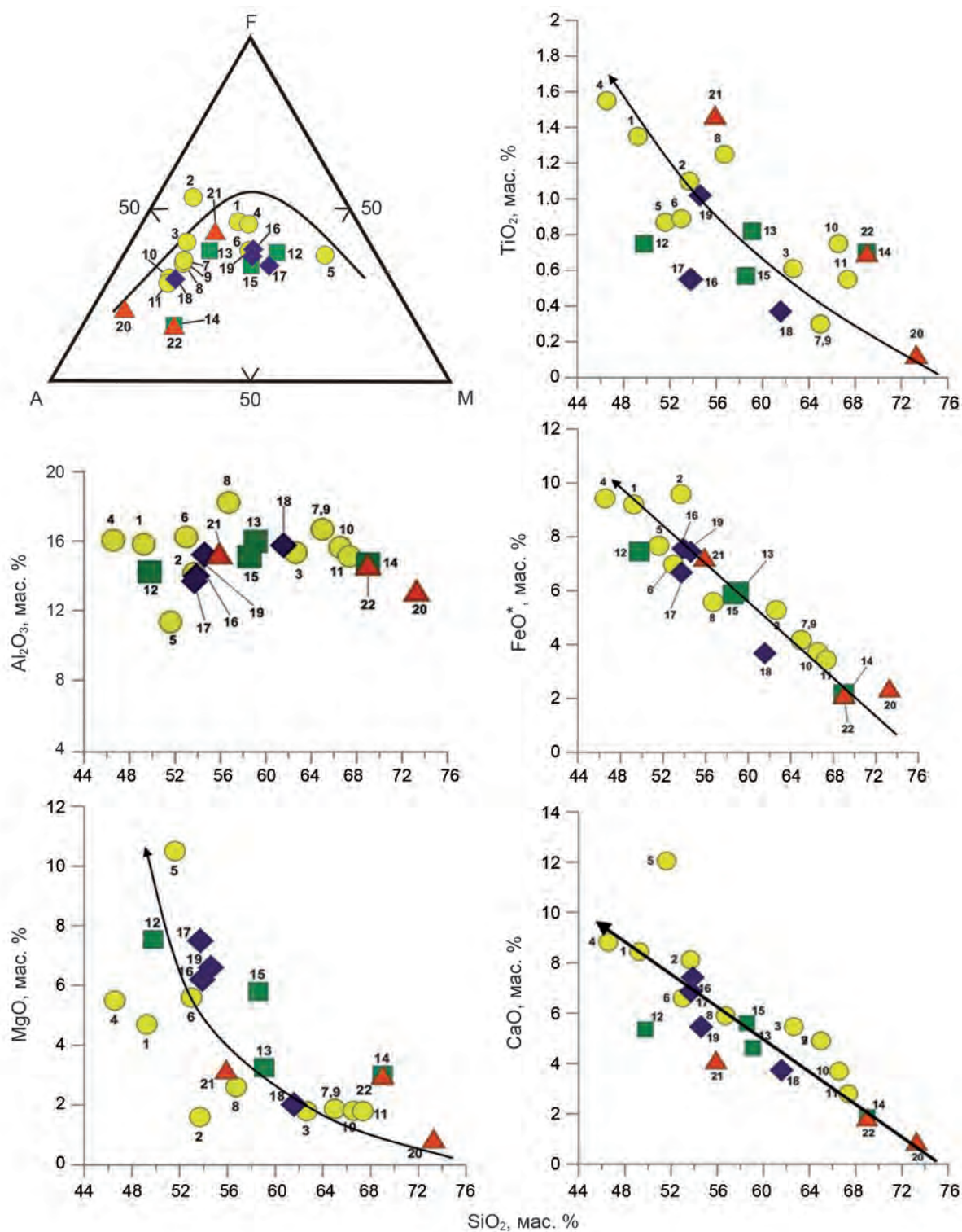


Рис. 14. Положение составов даек Койташского рудного поля на диаграммах А–F–М и $\text{SiO}_2\text{--TiO}_2$, $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2\text{--FeO}^*$, $\text{SiO}_2\text{--MgO}$, $\text{SiO}_2\text{--CaO}$.

Условные обозначения – см. рис. 13.

Fig. 14. Position of dikes compositions of the Koytash ore field in the A–F–M and $\text{SiO}_2\text{--TiO}_2$, $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$, $\text{SiO}_2\text{--FeO}^*$, $\text{SiO}_2\text{--MgO}$, $\text{SiO}_2\text{--CaO}$ diagrams.

For legend – see Fig. 13.

Таблица 10. Содержание химических элементов в дайковых породах Койташского рудного поля, г/т**Table 10.** The content of chemical elements in dike rocks of the Koytash ore field, ppm

Элемент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Li	0.78	0.63	1.09	1.25	1.00	0.94	0.91	1.31	1.47	0.86	0.84	0.53	0.67
Be	0.50	0.42	0.58	0.55	0.50	0.55	0.47	0.42	0.78	0.48	0.58	3.40	0.48
B	1.17	1.08	1.25	1.42	1.25	1.17	1.00	1.17	3.41	3.42	1.50	3.78	3.13
Sc	1.20	1.20	0.46	0.52	0.51	0.45	0.48	0.65	0.68	0.58	1.00	0.38	0.40
V	1.44	1.44	0.48	0.49	0.49	0.43	0.46	0.67	0.36	0.61	1.67	0.31	0.38
Cr	1.01	0.96	0.77	0.49	0.45	0.43	0.47	0.52	0.77	0.97	0.66	0.90	0.98
Co	1.39	1.50	0.53	0.56	0.52	0.47	0.49	0.67	0.54	0.59	1.28	0.30	0.36
Ni	1.26	1.45	1.07	0.78	0.69	0.62	0.86	1.10	0.30	0.77	1.07	0.46	0.79
Cu	0.57	0.47	0.36	0.20	0.16	0.14	0.17	0.12	0.44	0.39	0.45	0.26	0.39
Zn	1.17	1.11	0.75	0.69	0.67	0.48	0.61	0.53	0.84	0.62	2.41	0.59	0.51
Ga	1.05	0.95	0.95	0.95	0.84	0.89	0.84	0.89	1.06	0.86	3.26	0.86	0.76
As	7.06	5.88	4.59	3.94	4.24	4.47	4.53	5.12	18.19	28.59	5.82	2.93	7.69
Se	62.00	60.00	58.00	54.00	54.00	54.00	52.00	54.00	33.37	—	58.00	43.25	—
Rb	0.16	0.40	0.63	0.40	0.45	0.46	0.35	0.37	0.67	0.32	0.53	0.33	0.33
Y	0.65	0.85	0.55	0.55	0.60	0.50	0.50	0.55	15.74	28.05	0.60	18.94	16.23
Zr	0.76	0.76	0.59	0.76	0.65	0.59	0.59	0.94	0.61	0.62	0.94	0.57	0.40
Nb	2.70	3.30	1.45	1.35	1.25	1.30	1.20	1.15	2.89	1.57	3.90	1.13	1.21
Mo	5.18	3.73	3.73	3.00	1.55	5.73	2.27	2.27	4.34	2.14	3.27	3.61	2.09
Ag	5.14	4.00	3.14	3.43	3.00	3.57	3.14	4.14	4.19	2.95	4.71	3.86	2.05
Cd	1.23	0.74	0.53	0.48	0.60	0.51	0.61	0.60	0.69	—	0.75	0.62	0.46
In	0.22	0.30	0.12	0.11	0.14	0.09	0.12	0.12	0.20	0.06	0.26	—	0.06
Sn	0.68	0.76	1.08	0.68	1.00	0.76	0.92	0.64	3.35	0.54	0.64	0.47	0.50
Sb	1.30	1.38	0.94	1.76	1.32	0.86	1.10	1.14	1.04	0.96	2.60	0.95	1.00
Cs	0.32	1.89	2.51	1.51	2.00	1.92	1.78	2.70	1.34	0.57	1.54	1.01	0.57
Hf	3.50	3.70	2.70	3.30	3.00	2.80	2.90	3.90	2.95	2.72	3.80	2.75	1.91
Ta	0.92	1.16	0.84	0.76	0.72	0.84	0.72	0.60	3.82	0.94	1.12	0.75	0.91
W*	1.00	1.31	4.62	5.23	1.38	0.85	1.23	1.54	0.44	0.72	1.08	0.85	0.37
Re	1.43	2.86	24.29	0.97	2.14	1.40	1.57	1.86	31.43	34.29	3.86	17.14	—
Pt*	1.22	1.32	1.20	1.50	1.54	1.28	1.36	1.72	1.71	1.71	1.92	—	1.20
Pb	0.69	0.30	0.63	0.59	0.58	0.53	0.55	0.32	0.88	0.92	0.34	0.55	0.52
Bi	17.78	17.78	8.78	16.67	12.22	7.44	11.11	6.33	16.86	4.39	23.33	4.67	2.69
Th	0.28	0.33	0.92	0.54	0.55	0.77	0.52	0.40	1.17	0.75	0.33	0.65	0.66
U	0.92	1.08	1.48	1.48	1.48	1.40	1.36	0.68	0.71	1.10	0.96	0.42	0.48
La	119.4	125.8	119.4	129.0	116.1	109.7	96.8	116.1	129.6	112.8	167.7	102.1	75.0
Ce	86.6	95.3	61.9	68.1	60.6	56.9	52.0	60.6	84.2	73.5	99.0	61.7	42.2
Pr	79.51	81.97	54.92	59.02	54.10	50.82	47.54	57.38	66.52	57.14	90.16	49.20	39.09
Nd	60.00	63.33	36.67	40.00	36.67	35.00	31.67	40.00	56.23	38.09	66.67	32.74	26.46
Sm	31.28	33.85	18.97	19.49	18.97	17.44	16.92	21.03	38.26	17.91	32.31	15.87	10.89
Eu	25.85	27.21	14.97	16.33	14.97	13.61	13.47	17.69	12.39	16.93	28.57	11.72	11.01
Gd	18.92	21.62	12.36	12.74	12.36	11.58	11.20	13.90	27.94	13.33	19.69	10.48	9.82
Tb	12.87	15.40	8.65	9.07	8.65	8.44	8.44	9.92	22.26	8.68	12.24	6.45	5.56
Dy	9.94	12.42	7.14	7.45	7.45	6.83	7.14	8.07	23.05	7.03	8.70	5.64	5.40
Ho	7.80	10.03	5.85	5.85	6.13	5.57	5.71	6.41	17.22	5.96	6.41	4.00	4.33
Er	7.14	9.05	5.24	5.24	5.71	5.24	5.24	6.19	16.51	5.08	5.24	4.34	4.05
Tm	5.86	8.02	4.94	4.63	5.25	4.94	4.94	5.25	17.00	4.51	4.63	3.07	2.82
Yb	6.22	8.13	5.26	4.78	5.26	5.26	5.26	5.26	18.09	4.52	4.55	4.25	4.04
Lu	5.59	7.45	4.97	4.66	4.97	4.97	4.66	4.97	16.79	4.72	4.35	3.54	3.72

Примечание. 1, 2 – малхиты, 3–10 – диоритовые порфиристы, 11–13 – спессартиты. Содержание РЗЭ приведено в виде нормализованного по хондриту.

Note. 1, 2 – malchites; 3–10 – diorite porphyrites; 11–13 – spessartites. REE content is given as normalized by chondritis.

заны с серебро-полиметаллическими рудопроявлениями.

Температурное влияние даек на гранодиориты выражается в калишпатизации последних. Это про-

исходило в условиях увеличения активности калия за счет кислотно-основного взаимодействия основной магмы даек с гранодиоритом. При этом биотит и особенно преобладающая среди темноцветных

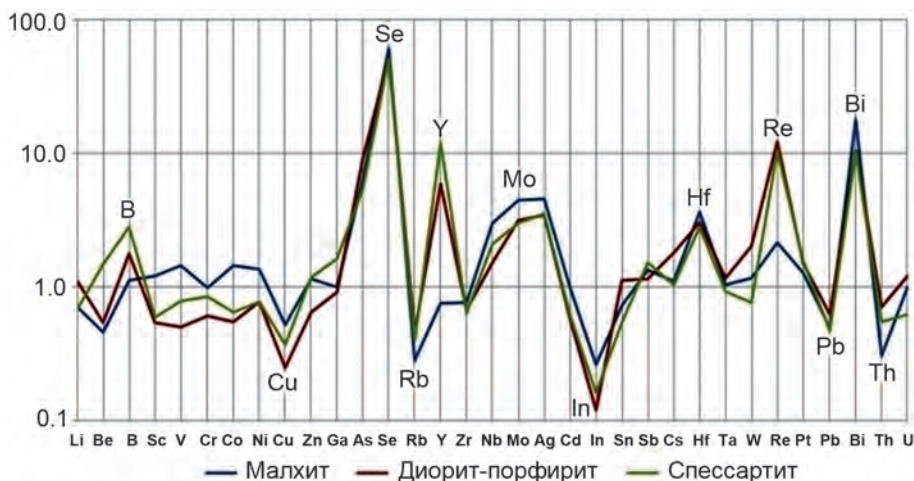


Рис. 15. Спайдер-диаграмма распределения химических элементов для пород даек Койташского рудного поля.

Fig. 15. Spider diagram of the distribution of chemical elements for dike rocks of the Koytash ore field.

минералов роговая обманка становятся неустойчивыми и из них начинает экстрагироваться железо. Выщелоченное (вынесенное) железо, соединяясь с серой, обычно имеющейся в избытке в основной магме, возможно, привело к формированию сульфидной минерализации незначительного масштаба. Тот факт, что серебро-полиметаллическое оруденение является завершающим процессом описываемого района и наложено на скарны и сульфидно-редкометалльное оруденение, было отмечено и ранее (Формационный анализ..., 1975; Хамрабаев и др., 1993).

Таким образом, можно полагать, что формирование сульфидно-редкометалльных залежей руд происходило многостадийно. В результате внедрения кислой магмы и ее последующей контаминации известняками в восточной и юго-западной частях Койташского интрузива произошло образование гранодиоритов. Известково-терригенные отложения среднего карбона под воздействием гранодиоритовой магмы внедрившегося интрузива подверглись контактово-метаморфическим процессам.

Это обусловило появление роговиков по терригенным отложениям и магнезиальных скарнов по доломитам. Позже, в начале высокотемпературного гидротермального этапа в полосе Койташ-Угат, возникли известковые скарны наряду с магнезиальными, развитыми по роговикам и апогранитам. Параллельно происходил кварц-полевошпатовый метасоматоз с альбитизацией и грейзенизацией апогранитов в апикальных частях интрузива. Там, где гранодиориты соприкасались с чистыми известняками, на восточном участке Койташского месторождения, образовались мощные зоны пироксеновых известковых скарнов и волластонитов. Внедрение в основание Койташской мульды интрузии основного состава явилось причиной образова-

ния сульфидно-редкометалльной залежи за счет известковых скарнов, что подтверждается геофизическими данными.

Специфический состав, наличие глубинных ксенолитов, присутствие неравновесных минеральных ассоциаций позволяют выделить изученные дайки в качестве самостоятельной группы магматических образований – лампрофитов триасового возраста. Источником исходных для них расплавов служили нижние слои литосферы – диоритовый подслон (?) (Хамрабаев и др., 1990).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афанасьев Г.Д., Багдасарян Г.П., Гаррис М.А., Хамрабаев И.Х. (1963) Материалы к обоснованию возраста рубежей между некоторыми геологическими системами и эпохами. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (1), 7-30.
- Ахунджанов Р. (2013) Генетические типы лампрофитов. *Геология и минер. ресурсы*, (5), 21-25.
- Ахунджанов Р., Каримова Ф.Б., Зенкова С.О., Сайди-ганиев С.С. (2013) О рудоносности лампрофитов Чаткало-Кураминского и Нуратинского регионов (Западный Тянь-Шань). *Геология и минер. ресурсы*, (6), 9-22.
- Бабаджанов А.А., Хамрабаев А.И. (2005) Постмагматические минеральные ассоциации скарново-редкометалльного месторождения Койташ и зональность их размещения. *Магматические, метасоматические формации и связанное с ними оруденение*. Ташкент: Фан, 35-39.
- Виноградов А.П. (1962) Средние содержания химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры. *Геохимия*, (7), 531-568.
- Геология и полезные ископаемые Республики Узбекистан. (1998) Ташкент: Университет, 723 с.
- Головкин А.В., Гадецкий А.Ю. (1991) К возрастному и формационному положению южнотяньшанского комплекса щелочных габброидов и базальтоидов. *Узбекский геол. журн.*, (2), 37-40.

- Головко А.В., Яковенко Н.Е., Ахмедов Н.А. (1998) Алмазоносные лампрофиры и шонкинит-порфиры юго-западного Узбекистана. *Проблемы генезиса магматических и метаморфических пород*. СПб.: ОИГГМ СО РАН, 80-81.
- Далимов Т.Н., Ганиев И.Н. (2010) Эволюция и типы магматизма Западного Тянь-Шаня. Ташкент: Университет, 227 с.
- Далимов Р.Т., Курбанов А.А., Далимов Н.Р., Есенбаев А.Г. (2016) Щелочно-ультраосновные дайки бассейна р. Шавазсай. *Геология и минеральные ресурсы*, (6), 17-21.
- Диваев Ф.К. (1996) Чагатайский комплекс карбонатов – новый тип магматических пород Узбекистана. *Узбекский геол. журн.*, (6) 32-41.
- Ефремова С.В., Стафеев К.Г. (1985) Петрохимические методы исследования горных пород. Справочное пособие. М.: Недра, 511 с.
- Ишбаев Х.Д., Карабаев М.С., Шукуров А.Х. (2018) О составе даек Койташского рудного поля (Северное Нуратау, Узбекистан). *Геология и минеральные ресурсы*, (5), 3-7.
- Карабаев М.С., Мирзаев А.У., Шукуров А.Х., Садиров Р.М. (2016) О взаимоотношении дайковых образований с оруденением (на примере золото-редкометалльных и золото-серебряных объектов Центральных Кызылкумов). *Основные проблемы магматической геологии Западного Тянь-Шаня*. Кн. 1. Ташкент: ГП НИИМР, 366 с.
- Каримова Ф.Б. (2015) Лампрофировые дайки Юго-Западных отрогов Чаткальского хребта. *Докл. АН РУз*, (4), 38-42.
- Классификация и номенклатура магматических горных пород: Справочное пособие. (1981) М.: Недра, 160 с.
- Мусаев А.М. (1985) Мегакристы гранатов в субщелочных андезито-базальтах Северного Нуратау – глубокие нодулы. *Узбекский геол. журн.*, (4), 6-10.
- Мусаев А.М., Ишбаев Х.Д., Шукуров А.Х. (2015) Петрогенезис даек субщелочных базальтоидов Койташского рудного поля. *Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении*. Ташкент: ИГиГ АН РУз, 212-215.
- Мусаев А.М., Хамрабаев И.Х. (1984) Петрохимические особенности субщелочных андезито-базальтов даек Северного Нуратау и их происхождение. *Узбекский геол. журн.*, (4), 5-11.
- Мушкин И.В. (1979) Петрология верхней мантии Южного Тянь-Шаня. Ташкент: Фан, 136 с.
- Практическая петрология: методические рекомендации по изучению магматических образований применительно к задачам госгеолкарт. (2017) Под ред. Л.Н. Шарпенюк. СПб.: ВСЕГЕИ, 168 с.
- Формационный анализ гранитоидов Западного Узбекистана. (Под ред. Э.П. Изюха). (1975) Новосибирск: Наука, 518 с.
- Хамрабаев А.И. (1994) Рудоносные метасоматиты полосы Койташ-Угат и физико-химические условия их образования. Автореф. дисс. ... канд. г.-м. наук. Ташкент: ИГиГ АН РУз, 15 с.
- Хамрабаев И.Х., Искандаров Э., Мусаев А.М., Насырова Г.И. (1990) Природа геофизических границ и слоев земной коры Средней Азии. Ст. 3. О природе нижней коры Нуратинских гор (Южный Тянь-Шань). *Узбекский геол. журн.*, (2), 26-43.
- Хамрабаев И.Х., Сайдыганиев С.С., Аскарров Ф.А., Азимов П.Т. (1993) Геохронология магматических и рудных образований в Койташском рудном поле (Северный Нуратау, Западный Узбекистан). *Узбекский геол. журн.*, (4), 13-18.
- Scarrow J.H., Molina J.F., Bea F., Montero P., Vaughan A.P.M. (2011) Lamprophyre dikes as tectonic markers of late orogenic transtension timing and kinematics: A case study from the Central Iberian Zone, *Tectonics*, **30**, TC4007, 1-22.

REFERENCES

- Afanas'ev G.D., Bagdasaryan G.P., Garriss M.A., Khamrabaev I.Kh. (1963) Materials to substantiate the age of boundaries between certain geological systems and epochs. *Izv. Akad. Nauk SSSR. Ser. geol.*, (1), 7-30. (In Russian)
- Akhundzhanov R. (2013) Genetic types of lamprophyres. *Geologiya i Mineral'nye Resursy*, (5), 21-25. (In Russian)
- Akhundzhanov R., Karimova F.B., Zenkova S.O., Saidiganiev S.S. (2013) On the ore-bearing lamprophyres of the Chatkal-Kuramin and Nurata regions (Western Tien Shan). *Geologiya i Mineral'nye Resursy*, (6), 9-22. (In Russian)
- Babadzhanov A.A., Khamrabaev A.I. (2005) Postmagmatic mineral associations of the Koitash skarn-rare metal deposit and the zonality of their location. *Magmaticheskije, metasomaticheskije formatsii i svyazannoe s nimi orudnenie* [Magmatic, metasomatic formations and associated mineralization]. Tashkent, Fan Publ., 35-39. (In Russian)
- Formatsionnyi analiz granitoidov Zapadnogo Uzbekistana. (Pod red. E.P. Izokha) [Formational analysis of granitoids in Western Uzbekistan. (Ed. E.P. Izokh)]. (1975) Novosibirsk, Nauka Publ., 518 p. (In Russian)
- Geologiya i poleznye iskopayemye Respubliki Uzbekistan [Geology and minerals of the Republic of Uzbekistan]. (1998) Tashkent, Universitet Publ., 723 p. (In Russian)
- Golovko A.V., Gadetskii A.Yu. (1991) To the age and formational position of the South Tien Shan complex of alkaline gabbroids and basaltoids. *Uzbekskii Geol. Zhurn.*, (2), 37-40. (In Russian)
- Golovko A.V., Yakovenko N.E., Akhmedov N.A. (1998) Diamondiferous lamprophyre and shonkinite porphyry of southwestern Uzbekistan. *Problemy genezisa magmaticheskikh i metamorficheskikh porod* [Problems of the genesis of igneous and metamorphic rocks]. St.Petersburg, OIGGM SB RAS, Publ., 80-81. (In Russian)
- Dalimov T.N., Ganiev I.N. (2010) *Evolutsiya i tipy magmatizma Zapadnogo Tyan'-Shanya* [Evolution and types of magmatism of the Western Tien Shan]. Tashkent, University Publ., 227 p. (In Russian)
- Dalimov R.T., Kurbanov A.A., Dalimov N.R., Esenbaev A.G. (2016) Alkaline ultrabasic dykes of the Shavazsai basin. *Geologiya i Mineral'nye Resursy*, (6), 17-21. (In Russian)
- Divaev F.K. (1996) Chagatai carbonatite complex – a new type of igneous rocks of Uzbekistan. *Uzbekskii Geol. Zhurn.*, (6) 32-41. (In Russian)
- Efremova S.V., Stafeyev K.G. (1985) *Petrokhimicheskie metody issledovaniya gornyx porod. Spravochnoe po-*

- sobie [Petrochemical methods for studying rocks. Reference manual]. Moscow, Nedra Publ., 511 p. (In Russian)
- Ishbaev Kh.D., Karabaev M.S., Shukurov A.Kh. (2018) On the composition of dikes of the Koytash ore field (Northern Nuratau, Uzbekistan). *Geologiya i Mineral'nye Resursy*, (5), 3-8. (In Russian)
- Karabaev M.S., Mirzaev A.U., Shukurov A.Kh., Sadirov R.M. (2016) On the relationship of dyke formations with mineralization (on the example of gold-rare metal and gold-silver objects of the Central Kyzyl Kum). *Osnovnye problemy magmaticheskoi geologii Zapadnogo Tyan'-Shanya*. Kn. 1 [The main problems of the magmatic geology of the Western Tien Shan. Book 1]. Tashkent, GP NIIMR Publ., 366 p. (In Russian)
- Karimova F.B. (2015) Lamprophyric dykes Southwestern spurs Chatkal ridge. *Dokl. Akad. Nauk RUz*, (4), 38-42. (In Russian)
- Klassifikatsiya i nomenklatura magmaticheskikh gornykh porod: Spravochnoe posobie* [Classification and nomenclature of igneous rocks: a reference guide]. (1981) Moscow, Nedra Publ., 160 p. (In Russian)
- Musaev A.M. (1985) Megacrysts of garnets in subalkalic andesite-basalts of the Northern Nuratau – deep nodules. *Uzbekskii Geol. Zhurn.*, (4), 6-10. (In Russian)
- Musaev A.M., Ishbaev Kh.D., Shukurov A.Kh. (2015) Petrogenesis of subalkalic basaltoids dikes of the Koytash ore field. *Aktual'nye problemy geologii, geofiziki i metallogenii* [Actual problems of geology, geophysics and metallogeny]. Tashkent, IGIG AN RUz, 212-215.
- Musaev A.M., Khamrabaev I.Kh. (1984) Petrochemical characteristics of subalkalic andesite-basalts of dikes of the Northern Nuratau and their origin. *Uzbekskii Geol. Zhurn.*, (4), 5-11. (In Russian)
- Mushkin I.V. (1979) *Petrologiya verkhnei mantii Yuzhno-go Tyan'-Shanya* [Petrology of the upper mantle of the Southern Tien Shan]. Tashkent, Fan Publ., 136 p. (In Russian)
- Prakticheskaya petrologiya: metodicheskie rekomendatsii po izucheniyu magmaticheskikh obrazovaniy primenitel'no k zadacham gosgeol'kart* [Practical petrology: guidelines for the study of magmatic formations as applied to the tasks of state geological maps]. (Ed. L.N. Sharpenok). St.Petersburg, VSEGEI Publ., 168 p. (In Russian)
- Khamrabaev A.I. (1994) *Rudonosnye metasomatity Polosy Koytash-Ugat i fiziko-khimicheskie usloviya ikh obrazovaniya*. Avtoref. diss. ... kand. geol.-min. nauk [Ore-bearing metasomatites of the Koytash-Ugat Band and physico-chemical conditions of its formation. Cand. geol. and min. sci. diss.]. Tashkent, IGIG AN RUz, 15 p. (In Russian)
- Khamrabaev I.Kh., Iskandarov E. (1990) The nature of geophysical boundaries and layers of the earth's crust in Central Asia. P. 3. On the nature of the lower crust of the Nurata mountains (Southern Tien Shan). *Uzbekskii Geol. Zhurn.*, (2), 26-43. (In Russian)
- Khamrabaev I.Kh., Saidyganiev S.S., Askarov F.A., Azimov P.T. (1993) Geochronology of magmatic and ore formations in the Koytash ore field (North Nuratau, Western Uzbekistan). *Uzbekskii Geol. Zhurn.*, (4), 13-18. (In Russian)
- Scarrow J.H., Molina J.F., Bea F., Montero P., Vaughan A.P.M. Lamprophyre dikes as tectonic markers of late orogenic transtension timing and kinematics: A case study from the Central Iberian Zone, *Tectonics*, 2011, **30**, TC4007, 1-22.
- Vinogradov A.P. (1962) The average content of chemical elements in the main types of igneous rock of the earth's crust. *Geokhimiya*, (7), 531-568. (In Russian)