



НОВАЯ РУДНО-МАГМАТИЧЕСКАЯ КОЛЬЦЕВАЯ СТРУКТУРА В МУЗКОЛ-РАНГУЛЬСКОМ АНТИКЛИНОРИИ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР

А.К. ЛИТВИНЕНКО^{1,*}, Ш.А. ОДИНАЕВ^{2,3}

¹ ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

² Институт геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана
267, ул. Айни, г. Душанбе 734063, Таджикистан

³ Института геохимии Гуанчжоу Китайской академии наук
511, ул. Кехуа, г. Гуанчжоу 510640, Китай

АННОТАЦИЯ

Введение. Минерагенической специализацией Музкол-Рангульского антиклинория являются промышленные камнесамоцветные месторождения рубина, кордиерита, альмандина, аквамарина, топаза, турмалина, скаполита и др. Крупные рудные объекты на данной территории неизвестны. Район имел отрицательную оценку на редкие, редкоземельные и благородные металлы. **Целью** является обосновать выделение неизвестной ранее магматической кольцевой структуры и изучить связанные с ней рудные геохимические аномалии.

Материалы и методы. В работе исследовались образцы горных пород и минералов, отобранных на месторождении Черногорское в 2016 и 2018 годах. Минеральный состав определялся на петрографическом микроскопе «Полам-Р211» и заверялся рентгенофазовым анализом на приборе «ДРОН-ЗМ», аналитик А.В. Федоров, МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе. Химический состав минералов исследовался методом микрорентгеноспектрального анализа на приборе Cameca SX 100, аналитик Н.Н. Кононкова, ГЕОХИ РАН. Определение химических составов горных пород проводилось рентгеноспектральным флуоресцентным спектрометром AXIOS Advanced, аналитик Т.Г. Кузьмина, ГЕОХИ РАН.

Результаты. В Музкол-Рангульском антиклинории на площади Черногорского месторождения ювелирного скаполита нами выявлена кольцевая интрузия, сложенная роговообманковыми перидотитами, горнблендитами и габброидами. Последние контактируют по кольцевому разлому с метаморфитами сарыджилгинской свиты. В контуре кольцевой структуры и по периферии выявлены геохимические аномалии Co, Ni, W, Nb, Ti и REE.

Заключение. Одним из источников геохимических аномалий послужила выявленная авторами кольцевая интрузия.

Ключевые слова: Центральный Памир, Музкол-Рангульский антиклинорий, музкольская метаморфическая серия, сарыджилгинская свита, роговообманковые перидотиты, горблендиты, габброиды, Кукурт-Зорбурулюкский интрузивный массив, кольцевая рудно-магматическая структура, геохимическая аномалия, Co, Ni, W, Nb, REE

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Литвиненко А.К., Одинаев Ш.А. Новая рудно-магматическая кольцевая структура в Музкол-Рангульском антиклинории, Центральный Памир. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2022;64(6):48—58.
<https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-6-48-58>

Статья поступила в редакцию 12.12.2022

Принята к публикации 12.01.2023

Опубликована 31.01.2023

* Автор, ответственный за переписку

NEW ORE-MAGMATIC RING-TYPE STRUCTURE IN THE MUZKOL-RANGKUL ANTICLINORIUM, CENTRAL PAMIR

ANDREY K. LITVINENKO^{1,*}, SHARIFJON A. ODINAEV^{2,3}

¹ Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

² Institute of Geology, Earthquake Engineering and Seismology, National Academy of Sciences of Tajikistan
267, Ayni str., Dushanbe 734063, Tajikistan

³ Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences,
511, Kehua str., Guangzhou 510640, China

ABSTRACT

Background. The minerogenic specialization of the Muzkol-Rangkul anticlinorium consists in industrial gemstone deposits of ruby, cordierite, almandine, aquamarine, topaz, tourmaline, scapolite, etc. Large ore objects in this area are unknown. Until recently, the area has had a negative assessment in terms of rare, rare earth, and noble metals.

Aim. To justify the identification of a previously unknown magnetic ring-type structure and to study the associated ore geochemical anomalies.

Materials and methods. Rock and mineral samples collected at the Chernogorskoye deposit in 2016 and 2018 were examined. The mineral composition was determined using a Polam-R211 petrographic microscope and confirmed by XRD analysis using a DRON-3M diffractometer (analyst A.V. Fedorov, Sergo Russian State University for Geological Prospecting). The chemical composition of mineral samples was studied by X-ray microanalysis using a Cameca SX 100 instrument (analyst N.N. Kononkova, Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry). The chemical compositions of rock samples was determined using an X-ray fluorescence spectrometer AXIOS Advanced (analyst T.G. Kuzmina, Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry).

Results. A ring-type intrusion composed of hornblende peridotites, hornblendites, and gabbroids was identified in the Muzkol-Rangkul anticlinorium, in the area of the Chernogorskoye gem scapolite deposit. The gabbroids here contact the metamorphic rocks of the Sarydzhilga formation along the ring fault. The geochemical anomalies of Co, Ni, W, Nb, Ti, and REE were revealed in the contour of the ring structure and along its periphery.

Conclusion. The ring-type intrusion identified by the authors is a source of geochemical anomalies.

Keywords: Central Pamir, Muzkol-Rangkul anticlinorium, Muzkol metamorphic series, Sarydzhilga formation, hornblende peridotites, gabbroids, Kukurt-Zorburuluk intrusive massif, ore-magmatic ring-type structure, geochemical anomaly, Co, Ni, W, Nb, REE

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Litvinenko A.K., Odinaev Sh.A. New ore-magmatic ring-type structure in the Muzkol-Rangkul anticlinorium, Central Pamir. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2022;64(6):48—58. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2022-64-6-48-58>

Manuscript received 12 December 2022

Accepted 12 January 2023

Published 31 January 2023

* Corresponding author

Региональное положение Музкол-Рангульского антиклинория

Антиклинорий занимает восточную часть киммерийской зоны Центрального Памира (рис. 1), который имеет дугообразную форму субширотного направления. Его длина в пределах территории Республики Таджикистан составляет более 400 км при ширине 30—70 км. Юго-западный фланг прослеживается на территорию Афганистана, а восточный — в Китай. На севере Центральный Памир по Ванч-Акбайтальскому глубинному разло-

му граничит с герцинской зоной Северного Памира, на юге по Рушанско-Пшартскому — с Юго-Восточным и Юго-Западным Памиром. Центральный Памир вместе со структурно-формационными зонами Юго-Восточного и Юго-Западного Памира составляют Южнопамирскую киммерийскую складчатую область в составе Альпийско-Гималайского горно-складчатого пояса [8].

Похожей на Музкол-Рангульский антиклинорий структурой является Ванч-Язгулемский, занимающий западную часть Центрального

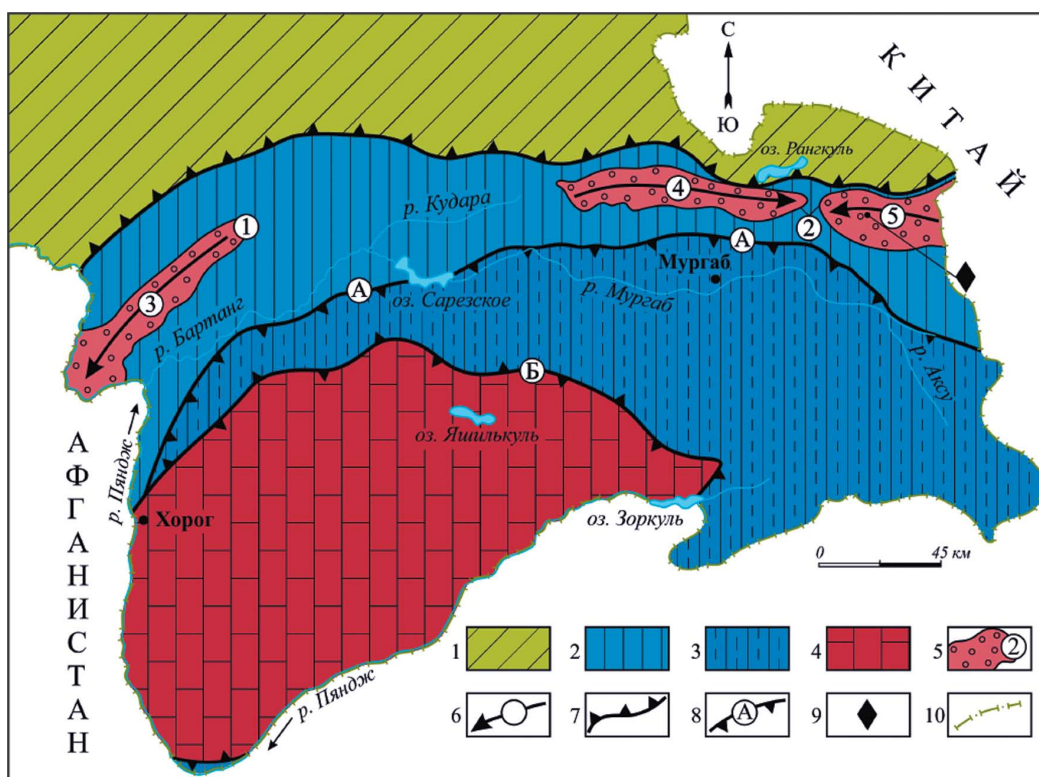


Рис. 1. Положение Кукурт-Зорбурулюкского массива в Музкол-Рангульском антиклинории на фоне тектонических зон Памира. Тектоническая карта по [1] с небольшими изменениями и дополнениями авторов.

1 — герцинская Северопамирская складчатая система. 2—4 — тектонические зоны в киммерийской складчатой системе Южного Памира: 2 — Центральный Памир, 3 — Юго-Восточный Памир, 4 — Юго-Западный Памир. 5 — фундамент Центрального Памира, цифры в кругах (1—2) метаморфические серии: 1 — шипадская, 2 — музкольская. 6 — антиклинории, стрелка указывает направление погружения шарнира: 3 — Ванч-Язгулемский, 4—5 — Музкол-Рангульский: 4 — Сарымулинская, 5 — Шатпутская антиклинали. 7 — Ванч-Акбайтальский разлом. 8 — разломы: А — Рушанско-Пшартский, Б — Гунт-Аличурский. 9 — Кукурт-Зорбурулюкский интрузивный массив. 10 — государственная граница Республики Таджикистан на юге и западе проходит по реке Пяндж — верхнему течению р. Аму-Дарья

Fig. 1. The position of the Kukurt-Zorburuluk massif in the Muzkol-Rangkul anticlinorium against the background of the tectonic zones of the Pamirs. Tectonic map according to [1] with minor changes and additions by the authors. 1 — Hercynian North Pamir fold system. 2—4 — tectonic zones in the cimmerician fold system of the Southern Pamirs: 2 — Central Pamir, 3 — South-Eastern Pamir, 4 — South-Western Pamir. 5 — basement of the Central Pamir, numbers in circles (1—2) metamorphic series: 1 — Shipadskaya, 2 — Muzkolzskaya. 6 — anticlinoria, the arrow indicates the direction of immersion of the hinge: 3 — Vanch-Yazgulemsky, 4—5 — Muzkol-Rangkulsky: 4 — Sarymulinsky, 5 — Shatputsky anticline. 7 — Vanch-Akbaital fault. 8 — faults: A — Rushansko-Pshartsky, B — Gunt-Alichursky. 9 — Kukurt-Zorburuluk intrusive mass. 10 — the state border of the Republic of Tajikistan in the south and west runs along the Pyanj River — the upper reaches of the river. Amu Darya

Памира. Он сложен шипадской метаморфической серией, PR_1 .

Музкол-Рангульский антиклинорий осложнен двумя антиклиналями: Сарымулинской (на западе) и Шатпутской (на востоке), разъединенных перемычкой палеозой-мезозойских пород (рис. 1). Антиклинорий сложен музкольской метаморфической серией (PR_1), расчлененной на четыре свиты [14, 15]. Мощность музкольской серии достигает 6000 метров. Низы серии не вскрыты эрозией. С перекрывающимися породами палеозоя и мезозоя ее контакты тектонические. Серия претерпела полициклический метаморфизм от высокотемпературной амфиболитовой до зеленосланцевой фаций [2]. Ее положение в структуре Центрального Памира ранее было показано [4, 5, 8]. Площадь музкольской серии составляет $150 \times (14—23)$ км.

Рассматриваемая магматическая структура локализована в составе сарыджилгинской свиты мощностью 900—1300 м. Свита отличается обилием мраморов, составляющих до 50% ее объема, и сложена переслаивающимися пачками мраморов мощностью 50—200 м и кристаллических сланцев. Мраморы кальцитового и доломитового состава. Сланцы темно-серые и черные: слюдино-гранат-графитовые, кордиерит-графитовые, амфибол-гранат-кордиеритовые, гранат-дистеновые, скаполит-биотитовые, кварц-актинолитовые и кварц-хлоритовые. Они содержат прослои серых кварцитовидных метапесчаников мощностью до 20—30 м и пластообразные залежи 30—50 м амфиболитов, метадиабазов, кварцевых метакерамофиров и метафельзитов [2].

Музкольская серия прорывается тремя магматическими комплексами: двумя докембрийскими и одним кайнозойским. В докембрии сформировались ультрабазит-базитовый кукуртский (главный объект изучения данной работы) и гнейсо-гранитный зорбурулюкский комплексы, а в кайнозое — гранитоидный шатпутский [3, 7].

Нашими исследованиями вблизи периклинального замыкания Шатпутской антиклинали выявлен новый крупный массив ультраосновных-основных магматических пород (рис. 1). Массив расположен в средней части водораздельного хребта, занимая оба склона, разделяющего долины рек Кукурт — Зорбурулюк. Его площадь составляет более 8 км². В его границах локализованы, помимо геохимических аномалий Co, Ni, W, Nb, REE, также промышленное месторождение ювелирного скаполита Черногорское и линзы гранитных пегматитов с самоцветами: Амазонитовая и Топазовое (рис. 2).

Мы предлагаем назвать массив Кукурт-Зорбурулюкским.

Геология Кукурт-Зорбурулюкского массива

В центральной части массива на водоразделе хребта расположено тело роговообманковых перидотитов площадью $0,9 \times 0,3$ км (рис. 2). Оно имеет согласные контакты с вмещающими породами. Породы черного цвета и разбиты параллельными трещинами кливажа с расстоянием между ними 5—7 см. Породы очень крепкие, тяжелые, плотностью $3,29$ г/см³, среднезернистые, с сильным стеклянным блеском. К их ровным поверхностям примагничиваются тонкие пластинки магнита, что свидетельствует о значительном содержании в их составе магнетита.

В шлифах наблюдается порфировидная структура, сформированная оливином до 5 мм в поперечнике. Он состоит из 78% минерала форстерита и 22% фаялита. В центре оливина часто наблюдается рудная «пыль» (рис. 3а). Количество оливина в породе составляет более 50%. В парагенезисе с оливином наблюдается энстатит. Между зернами оливина распределены агрегаты серпентина, который замещает пироксен и роговую обманку. Оливин при этом остался не затронутым серпентинизацией. В агрегате серпентина наблюдаются мелкие реликтовые призмы ромбического пироксена с железистостью около 20% и роговой обманки с повышенным содержанием Na_2O до 4,74% [17]. Там же встречаются мелкие чешуйки флогопита с железистостью 13% и обильная рудная «пыль» (рис. 3б). Второстепенные минералы представлены алюмо-хромистым магнетитом, герцинитом, пирротинном, железосодержащим (до 9,1 мас.%) магнезитом, ильменитом, ильменуритом, фторапатитом (до 5,8% F), пентландитом с 1,4% CoO. Их размеры составляют 2—4 мм. Среди аксессуарных были установлены циркон, монацит и ксенотим.

На основе минерального и химического состава (табл. 1) породы центральной части массива мы определяем как роговообманковые перидотиты. Высокое содержание в породе CaO, до 4,58%, обязано роговой обманке, другие Ca-содержащие минералы не установлены. Высокое содержание щелочей, 1,7—2,5 мас.%, послужило основанием для отнесения этой породы к щелочным роговообманковым перидотитам (табл. 1).

В центральной части роговообманковые перидотиты секутся жилой шатпутских гранитов с крупными ксенолитами первых размером до 5×3 м в поперечнике.

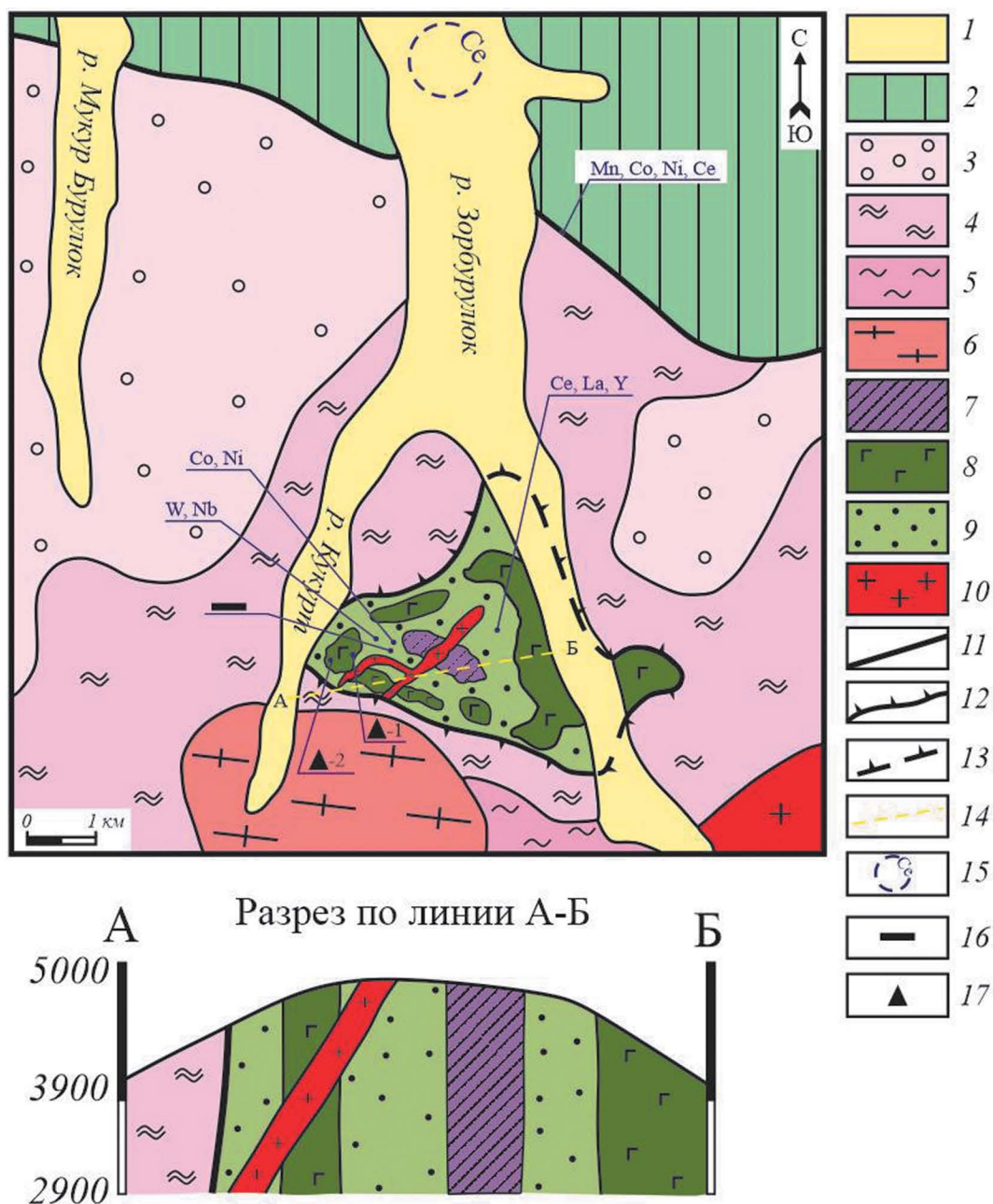


Рис. 2. Геологическая карта и разрез Кукурт-Зорбурулюкского массива.

1, 2 — породы: 1 — современные рыхлые, 2 — палеозойские осадочно-вулканогенные; 3—5 — свиты музкольской серии: 3 — бурулюкская, 4 — сарыджилгинская, 5 — сассыкская; 6 — гранитогнейсы зорбурулюкского комплекса (PR₃); 7 — роговообманковые перидотиты; 8 — габброиды; 9 — горнblendиты; 10 — граниты шатпутского комплекса (KZ); 11 — Ванч-Акбайтальский разлом; 12 — Кукурт-Зорбурулюкский разлом; 13 — линия предполагаемого разлома; 14 — линия разреза; 15 — контур цериевой аномалии (моназита); 16 — месторождение Черногорское; 17 — месторождения драгоценных камней в гранитных пегматитах: 1 — Топазовое, 2 — Амазонитовое

Fig. 2. Geological map and section of the Kukurt-Zorburuluk massif.

1, 2 — rocks: 1 — modern loose, 2 — Paleozoic sedimentary-volcanogenic; 3, 4, 5 — formations of the Muzkol series: 3 — Buruluk, 4 — Sarydzhilga, 5 — Sassyk; 6 — granite gneisses of the Zorburulyu complex (PR₃); 7 — hornblende peridotites; 8 — gabbroids; 9 — hornblendites; 10 — granites of the Shatput complex (KZ); 11 — Vanch-Akbaital fault; 12 — Kukurt-Zorburuluk fault; 13 — the line of the alleged fault; 14 — cut line; 15 — outline of the cerium anomaly (monazite); 16 — Chernogorskoye deposit; 17 — deposits of precious stones in granite pegmatites: 1 — Topaz, 2 — Amazonite

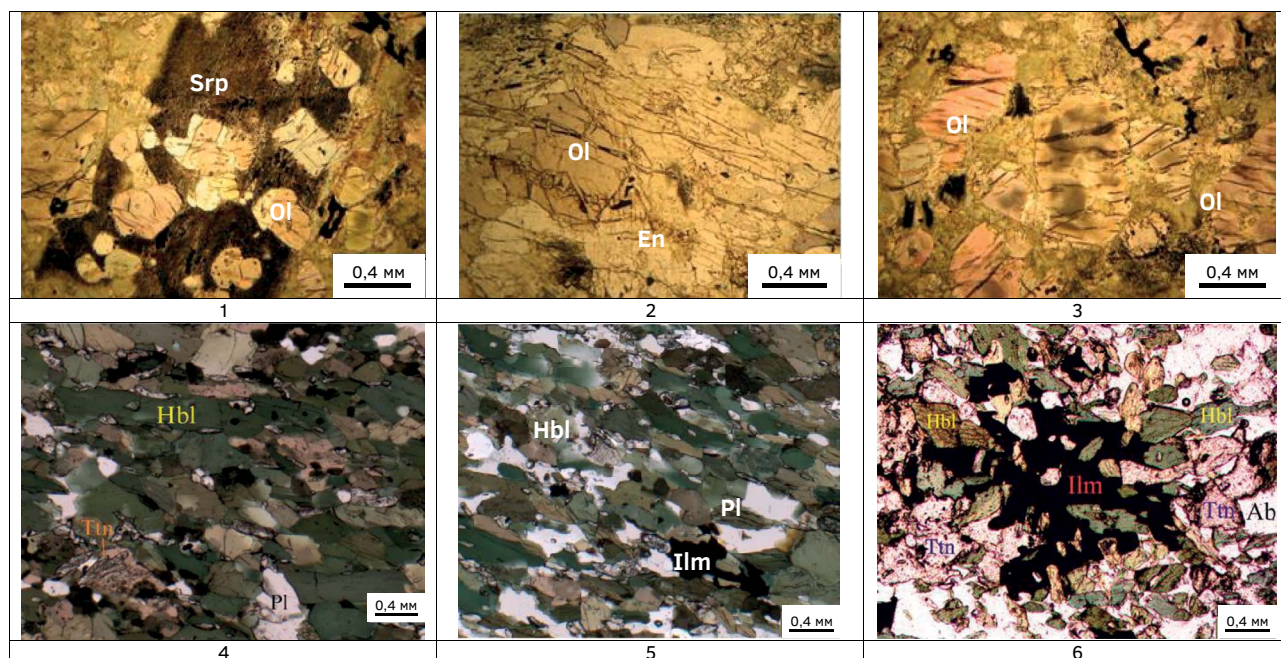


Рис. 3. Фото шлифов из пород Кукурт-Зорбурулюкского массива: 1, 2 — роговообманковые перидотиты; 3, 4 — горнблендиты; 5, 6 — габброиды

Сокращения: Ol — оливин, Srp — серпентин, Hc — герцинит, Hbl — роговая обманка, Bt — биотит, Pl — плагиоклаз, Ilm — ильменит, Ttn — титанит, Pn — пентландит.

Fig. 3. Photo of thin sections from the rocks of the Kukurt-Zorburuluk massif: 1, 2 — hornblende peridotites; 3, 4 — hornblendites; 5, 6 — gabbroids

Abbreviations: Ol — olivine, Srp — serpentine, Hc — hercynite, Hbl — hornblende, Bt — biotite, Pl — plagioclase, Ilm — Ilmenite, Ttn — titanite, Pn — pentlandite.

Тело роговообманковых перидотитов вмещают горнблендиты. Они также черного цвета, от крупно- до гигантокристаллической структуры, массивной, с фрагментами полосчатой и сланцеватой текстуры, с варьирующей плотностью 3,13—3,20 г/см³. Содержание в них роговой обманки составляет от 60 до 95%. Роговая обманка образует длиннопризматические кристаллы длиной от 2 до 8 мм и более. Под микроскопом она темно-зеленого цвета, плеохромируя от изумрудно-зеленого до желтого оттенков, угол $2V = -60^\circ$ (рис. 3в). В ней наблюдаются включения плагиоклаза, кальцита и рудных минералов: ильменита, титанита, рутила (рис. 3г). Установленный химический состав позволяет отнести ее к гастингситу [17].

Вторыми по значению следуют слюды: флогопит и биотит, образующие чешуи до 5 мм и более. Их количество может составлять до 20% объема породы. Они отличаются только по химическому составу.

Третьим следует плагиоклаз, занимающий две позиции: первая — в интерстициях, а вторая — внутри роговой обманки. Во включениях

наблюдаются одиночные мелкие зерна, доли мм, а в интерстициях — мономинеральные скопления — агрегаты до 0,5 см с резкими ограничениями. Плагиоклаз содержит 11—20% минерала анортита.

В обособлениях плагиоклаза встречаются варьирующие количества скаполита (мариалита), нефелина, содалита и калишпата с 2,4 мас.% Na₂O [9]. Содалит и нефелин были обнаружены в горнблендитах, расположенных западнее роговообманковых перидотитов. Второстепенные минералы составляют апатит, титанит, рутил и ильменит. В горнблендитах они встречаются относительно часто.

Одной из минералогических особенностей горнблендитов являются участки развития крупных кристаллов титанита до 10, рутила и ильменита до 4 см в поперечнике.

По химическому составу горнблендиты можно разделить на три группы: ультраосновные щелочные, ультраосновные и основные щелочные (табл. 1). В первой группе пород сумма щелочей составляет 7,2, во второй — чуть больше 3, а в третьей — выше 8,6 мас.%. В ультраосновных горнблендитах

отмечаются повышенные содержания титана, до 6,4% (табл. 1).

В горнблендитах наблюдаются многочисленные тела альбититов, которые являются метасоматическими производными нефелиновых сиенитов [17]. В них сформировались пустоты с ювелирным скаполитом, большая часть которых находится в контуре месторождения Черногорское. К горнблендитам, расположенным на склоне долины р. Кукурт, приурочены скопления альбититов с пустотами. Они составляют Черногорское месторождение ювелирного скаполита [10].

На рассматриваемой площади были выявлены метасоматические карбонатиты [13], которые

являются самыми поздними эндогенными образованиями. Они замещают в разном объеме (от 3 до 90%) все минеральные ассоциации рассматриваемой территории.

По периферии горнблендитов локализованы тела габброидов (рис. 3д, е). Они состоят [6] из моноклинного пироксена, плагиоклаза, роговой обманки, биотита и скаполита. Редко наблюдается ромбический пироксен до 10%. Среди них выделяются щелочные габброиды, содержащие до 7.1 мас.% $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ (табл. 1). Второстепенные минералы представлены титанитом, рутилом, ильменитом и апатитом. Габброиды образуют группу сближенных штокообразных тел

Таблица 1. Химические составы горных пород Кукурт-Зорбурулюкского массива, в мас.%
Table 1. Chemical compositions of rocks of the Kukurt-Zorburuluk massif, in wt.%

№	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Cr_2O_3	П.п.п.	Сумма
Роговообманковые перидотиты щелочные													
1.	40,55	0,73	6,66	19,02	0,16	26,15	4,17	1,42	0,27	0,21	0,11	-	99,43
2.	38,63	0,98	6,76	19,89	0,19	25,87	4,58	1,94	0,54	0,31	0,07	0,03	99,76
Горнблендиты ультраосновные, щелочные													
3.	41,54	3,98	19,02	8,26	0,21	2,37	10,73	4,86	2,45	0,52	-	4,01	97,95
4.	46,79	1,36	13,08	11,14	0,04	6,30	11,31	7,18	0,17	0,41	1,26	-	99,04
Горнблендиты ультраосновные													
5.	35,70	5,56	9,65	21,28	0,33	7,92	14,22	1,65	0,20	1,79	н.о.	1,08	99,99
6.	38,41	3,48	9,84	20,82	0,16	8,91	11,36	2,20	1,54	0,65	1,64	-	99,01
7.	38,57	5,16	12,75	17,46	0,20	6,39	12,98	2,53	0,69	0,86	-	2,04	99,63
8.	39,40	3,77	14,94	14,87	0,19	7,44	14,85	2,75	0,37	0,74	-	-	99,32
9.	40,04	5,06	11,35	18,23	0,23	7,21	12,44	2,60	0,81	0,68	-	1,13	99,78
10.	40,22	6,36	12,49	19,79	0,23	6,56	9,56	2,96	0,74	0,70	0,01	0,19	99,81
11.	40,51	5,19	12,59	15,32	0,19	6,95	13,89	2,22	0,68	0,64	0,01	1,12	99,31
12.	44,00	4,59	14,52	14,65	0,47	7,62	9,53	2,92	0,34	0,60	0,23	-	99,47
Горнблендиты основные, щелочные													
13.	50,33	1,76	15,32	10,41	0,05	7,73	7,09	5,55	1,01	0,13	н.о.	0,58	99,96
14.	50,92	1,64	14,74	9,49	0,07	6,34	9,86	5,36	0,68	0,18	н.о.	0,48	99,76
15.	51,23	1,28	15,22	3,43	0,08	5,56	11,91	8,44	0,18	0,32	н.о.	2,26	99,99
16.	52,05	2,40	13,73	6,14	0,07	5,43	8,51	6,41	0,37	0,22	н.о.	4,64	99,97
Щелочные габброиды													
17.	42,51	1,25	18,60	7,35	0,08	2,60	13,30	5,40	1,70	0,59	-	4,96	98,34
Габброиды													
18.	47,66	2,32	11,30	10,57	0,12	11,31	10,11	2,61	1,13	0,34	н.о.	1,48	98,95

Примечание. Дополнительно в породах установлен ванадий от 0,02 до 0,57, стронций от 0,01 до 0,53, ниобий до 0,01, цирконий от 0,01 до 0,04, медь от 0,01 до 0,05, кобальт и никель до 0,01, иттрий от 0,001 до 0,007 мас.%; в пробе № 5 определено SO_3 0,61%. н.о. — не определялось. Составы № 17—18 заимствованы: 17 — у [16], 18 — у [7].

Note. Additionally, vanadium from 0.02 to 0.57, strontium from 0.01 to 0.53, niobium up to 0.01, zirconium from 0.01 to 0.04, copper from 0.01 to 0.05, cobalt and nickel up to 0.01, yttrium from 0.001 to 0.007 wt.% were found in the rocks; SO_3 0.61% was determined in sample No. 5. no. it was determined. Compositions No. 17—18 are borrowed: 17 — у [16], 18 — у [7].

(общим количеством 12) длиной до 1 и шириной до 0,3 км. Общая протяженность габбрового обрамления горнблендитов составляет около 10 км. Их совокупность представляет форму разорванного кольца.

Данный массив горнблендитов и габброидов контактирует по разлому с апоосадочными метаморфическими породами сарыджилгинской свиты. Разлом не прямолинейный, продолжая его под четвертичной, реконструируется кольцевой разлом, который, вероятно, определил образование

и структуру рассматриваемого Кукурт-Зорбурулюкского массива (рис. 2).

Рудоносность Кукурт-Зорбурулюкского массива и его обрамления

В породах массива установлены ванадий от 0,02 до 0,57, стронций от 0,01 до 0,53, ниобий до 0,01, цирконий от 0,01 до 0,04, медь от 0,01 до 0,05, кобальт и никель до 0,01, иттрий от 0,001 до 0,007 мас.% (табл. 1).

Западнее выхода роговообманковых перидотитов на участке площадью более 55 000 м² выявлена геохимическая аномалия кобальта и никеля. Эти металлы изоморфно входят в состав всех породообразующих и второстепенных минералов массива. Содержания Co в них более чем в 20 раз выше кларка, а Ni в 10 (табл. 2, 3). При средней плотности 3,16 т/м³ объем горной массы составит 17 064 тыс. т. Среднее рассчитанное содержание металлов: Co — 0,06, а Ni — 0,09%. Возможный геохимический потенциал кобальта составляет 102 384 и никеля — 153 576 т. Кобальт- и никеленосные породы месторождения прослежены от водораздела рр. Кукурт — Зорбурулюк на запад на 0,2 км и на восток — на 1 км, что позволяет потенциал этих металлов увеличить в четыре раза, и он составит: Co — 409, Ni — 614 тыс. т. По приблизительным оценкам ресурсы кобальта могут достигать 5% мировых запасов [10].

Кроме этих металлов в горнблендитах юго-западнее роговообманковых перидотитов (рис. 2) в двух штуфных пробах были получены содержания Ce, соответственно, 0,04 и 0,03%. В этих же породах на площади месторождения Черногорское были установлены Nb до 0,02, W до 0,07 и Ba до 1 мас.%.

Таблица 2. Co, Ni и P в нерудных минералах Кукурт-Зорбурулюкского массива, в мас.%

Table 2. Co, Ni and P in the non-metallic minerals of the Kukurt-Zorburuluk massif, in wt.%

Минерал	Co	Ni	P
Оливин	0,04	0,23	0,21
Энстатит	0,05	0,06	0,20
Р. обманка	0,06	0,1	0,24
Флогопит	0,07	0,13	0,24
Биотит	0,04	0,09	0,14
Калишпат	0,03	0,02	0,17
Плаггиоклаз	0,04	0,03	0,02
Скаполит	0,03	0,03	0,24
Содалит	0,04	0,06	0,25
Апатит	0,04	0,05	18,00
Кальцит	0,03	0,04	0,68
Циркон	0,04	0,05	0,13

Примечание. В апатите и кальците установлен F, соответственно, 5,8 и 0,35; в кальците Y до 0,02; в скаполите W до 0,2 мас.%.
Note. In apatite and calcite, F is set, respectively, 5.8 and 0.35; in calcite, Y is up to 0.02 wt.%; in scapolite, W is up to 0.2.

Таблица 3. Co, Ni и другие элементы в рудных минералах Кукурт-Зорбурулюкского массива, в мас.%

Table 3. Co, Ni and other elements in the ore minerals of the Kukurt-Zorburuluk massif, in wt.%

Минерал	Co	Ni	Nb	Y	Ce	La
Гематит	0,09	0,07	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Магнетит	0,11	0,46	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Титанит	0,06	0,07	0,2	0,2	0,2	0,2
Ильменит	0,07	0,08	0,2	0,2	-	-
Рутил	-	-	0,3	0,01	0,01	-
Ильменорутил	0,07	0,04	-	2,48	3,87	3,49
Пирит	0,10	0,12	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Пирротин	0,69	0,41	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.
Пентландит	1,80	44,1	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.

Примечание. В титаните W до 0,07, Th до 0,04, Nd 0,1; в ильменорутиле Yb 0,4; в пирите Ag 0,11 мас.%.
Note. In titanite W to 0.07, Th to 0.04, Nd 0.1; in ilmenorutile Yb 0.4; in pyrite Ag 0.11 wt.%.
Известия высших учебных заведений
Геология и разведка
2022;64(6):48—58

В нескольких десятках метров западнее Черногорского месторождения установлен участок около 30 м в поперечнике с аномалией W — сотые-десятые доли %, что в 500 раз выше кларка, и Nb — тысячные-сотые доли %, что в 10 раз выше кларка [10].

В восточной части рассматриваемого массива в щелочных горнблендитах по левому борту р. Зорбурулюк геологами Памирской ГРЭ в 1968 г. на площади 7,5×1 км были установлены участки альбитизации и карбонатизации с титанитом, ортитом, монацитом и торитом размером от 0,5—2 до 8 м². В них выявлены редкие земли от 0,2 до 1,8%, а в единичных пробах до 2,5—3,5%, торий 0,1—0,4%. Кроме того, определены Nb до 0,05, Zr до 0,3 и Sr до 0,3%.

На правом борту р. Зорбурулюк в 3 км восточнее габбрового штока за контуром рассматриваемого массива среди метаморфических пород сарыджилгинской свиты в пироксеновых скарнах площадью 85,×1,5 м ими же установлены Th 0,4, La 0,8 и Ce 1%.

В одном из слабоизмененных штоков габброидов были выявлены [16] La и Ce по 0,01% каждого, а также Sr 0,3 и Zr 0,02%.

Вне рассматриваемого массива в верховьях р. Кукурт в гнейсо-гранитовом массиве зорбурулюкского комплекса во время геологосъемочных работ 1992 г., в которых участвовал один из авторов, в двух точках установлены La 0,02—0,04, Ce 0,015—0,02, Y 0,01—0,02%.

В тектоническом контакте музкольской серии (PR₁) с вулканогено-карбонатно-терригенной толщей (PZ₃), которым является глубинный Ванч-Акбайтальский разлом, была выявлена минерализованная зона шириной 4,5—80 и длиной 1000 метров с содержаниями, в мас. %: Mn до 1, Co 0,02—0,2, Ni 0,02—0,12, Ce 0,001—0,07 (рис. 2). По этой зоне Рангульской геолого-съемочной партией в 1992 г. по церию был произведен подсчет прогнозных ресурсов категории P₂ в количестве 1063 тонны.

В нижнем течении р. Зорбурулюк в современных рыхлых отложениях была установлена в 1992 г. россыпь монацита на площади 220×95 м (рис. 2). Содержание минерала в обломочных породах позднего квартала составляет от 300 до 600 г/м³ с запасами монацита 16,2 т.

В минералах горнблендитов месторождения Черногорское были установлены разнообразные изоморфные включения рудных элементов: в титаните — Y до 0,2, Zr 0,4, Nb 0,1, W 0,04, Th 0,04, Nd 0,2, Sm 0,06, Ce 0,1, Gd 0,04, Sn 0,01; в рутиле — Y до 0,01, Zr до 0,04, Nb до 0,2, а в кальците из метасоматических карбонатитов — Y до 0,02;

в скаполите — W 0,2; в биотите — Nb 0,01; в пирите Ag — до 0,1 мас. % (табл. 2, 3).

Собственные минералы Co, Ni и REE встречаются относительно редко. Они представлены пентландитом, ортитом, торитом, монацитом.

Условия формирования Кукурт-Зорбурулюкского массива

По мнению Э.А. Дмитриева [6, 7], выделившего кукуртский магматический комплекс, к которому мы относим Кукурт-Зорбурулюкский массив, его образование происходило в несколько фаз: первыми внедрились ультрабазиты, затем габброиды и их щелочные разности. Природа докембрийских щелочных габбро однозначно не решена: имеются как магматические, так и метасоматические признаки их происхождения.

Сравнивая выделенный нами массив с ультрамафит-габбровыми комплексами Среднего и Северного Урала [11], нужно отметить отсутствие точных его аналогов. Неполные аналоги известны на юго-востоке Аляски, где описаны ультрабазиты в центре массива, которые сменяются клинопироксенитами и горнблендитами, а затем габбро. Более всего Кукурт-Зорбурулюкский массив похож на ультрамафиты острова Сан-Паулу в экваториальной Атлантике. Эти породы сложены перидотитами со шлирами горнблендитов [11]. В последних наблюдаются апатит, скаполит, содалит, также характерные для рассматриваемого массива. Горнблендиты с этого острова по химическому составу похожи на памирские, отличаясь более низкими содержаниями железа.

По химическому составу роговообманковые перидотиты рассматриваемого массива имеют сходство с дайкообразными телами среди гнейсовых толщ докембрия Балтийского щита [11].

Магматическая природа обрамляющих роговообманковые перидотиты горнблендитов с их щелочными разностями может реконструироваться по высоким содержаниям ниобия в титаните и рутиле [15]. Высокое содержание в рассматриваемых горнблендитах титана, до 6,4 мас. % (табл. 1), позволяет по этому признаку коррелировать их с высокотитанистыми щелочно-ультраосновными породами Карелии, Приморья, Южной Норвегии, Швеции и Финляндии [12]. Горнблендиты обрамляются разрозненными телами габброидов.

Описываемый массив парагенетически связан с кольцевым разломом внутри сарыджилгинской свиты, который контролирует размещение и форму Кукурт-Зорбурулюкского массива. Возраст этого разлома синхронизируется с докембрийским

возрастом кукуртского ультрабазит-базитового комплекса, к которому мы относим породы рассматриваемого массива.

Выводы

1) В Музкол-Рангульском антиклинории выделен новый, самый крупный щелочной ультрабазит-базитовый массив в составе кукуртского комплекса, названный нами Кукурт-Зорбурулюкский. Ранее эта площадь картографировалась как сарыджилгинская свита.

2) Выделенный массив имеет зональное, кольцевое строение: в центре находятся роговообман-

ковые перидотиты, обрамленные горнблендитами, а по периферии — габброиды. Массив контролируется кольцевым разломом.

3) Породы массива являются наиболее вероятным источником россыпного проявления монацита Зорбурулюк-1 и содержат перспективную минерализацию редких и редкоземельных элементов, а также Co, Ni и W.

4) Полученные материалы могут изменить сложившееся представление о только нерудной (камнесамоцветной) минерализации антиклинория и послужить толчком к постановке поисково-оценочных работ на Co, Ni, W, Nb, REE и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бархатов Б.П. Тектоника Памира. Л.: ЛГУ, 1963. 241 с.
2. Буданова К.Т. Метаморфические формации Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1991. 336 с.
3. Буданов В.И. Эндогенные формации Памира. Душанбе: Дониш, 1993. 299 с.
4. Геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Под ред. Г.Г. Мельника. Сер. Памирская. J-43-XV. 1964.
5. Геологическая карта Таджикской ССР и прилегающих территорий. Масштаб 1:500 000. Под ред. Н.Г. Власова. ВСЕГЕИ. 1989.
6. Дмитриев Э.А. Кукуртский комплекс // Петрология и геохимия магматических формаций Памира и Гиссаро-Алая. Душанбе: Дониш, 1978. С. 84—87.
7. Дмитриев Э.А. Кукуртский пироксенит-габбровый комплекс // Петрография Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1988. Т. 2. С. 138—140.
8. Литвиненко А.К. Нуристан-Южнопамирская провинция докембрийских самоцветов // Геология рудных месторождений. 2004. Т. 46. № 4. С. 305—312.
9. Литвиненко А.К., Одинаев Ш.А., Малахов Ф.А. Первая находка содалита и нефелина на месторождении ювелирного скаполита (Центральный Памир) // Разведка и охрана недр. 2019. № 7. С. 17—22.
10. Литвиненко А.К., Одинаев Ш.А., Верчеба А.А. Кобальт и никель в нерудных минералах месторождения ювелирного скаполита Черногорское, Центральный Памир // Горный журнал. 2019. № 11. С. 50—53.
11. Магматические горные породы. М.: Наука, 1988. Т. 5. 507 с.
12. Минералы. М.: Наука. 1972. Т. III. Вып. 2. 882 с.
13. Одинаев Ш.А., Литвиненко А.К., Фёдоров А.В., Авезов М.Н. Метасоматические карбонаты на месторождении ювелирного скаполита Черногорское, Центральный Памир // Разведка и охрана недр. 2020. № 4. С. 37—42.
14. Расчленение стратифицированных и интрузивных образований Таджикистана. Душанбе: Дониш, 1976. 207 с.
15. Солодов Н.А., Семёнов Е.И., Бурков В.В. Геологический справочник по тяжелым литофильным редким металлам. М.: Недра, 1987. 438 с.
16. Терехов Е.Н., Круглов В.А., Левицкий В.И. Редкоземельные элементы в корундсодержащих метасоматитах и связанных с ними породах Восточного Памира // Геохимия. 1999. № 3. С. 238—250.
17. Litvinenko A.K., Moiseeva S.B., Odinaev Sh.A., Utenkov V.A. Geology of the Gem-Quality Scapolite Deposit (Central Pamirs, Tajikistan) // Geology of Ore Deposits. 2019, Vol. 61. № 5. P. 481—493. DOI: 10.1134/S1075701519050040

REFERENCES

1. Barkhatov B.P. Tektonika Pamira (Tectonics of the Pamirs). Leningrad: LGU, 1963. 241 p. (In Russian).
2. Budanova K.T. Metamorphic Formations of Tadjikistan. Dushanbe: Donish, 1991. 336 p. (In Russian).
3. Budanov V.I., Endogenous Formations of Pamirs. Dushanbe: Donish, 1993. 299 p. (In Russian).
4. Geological map of the USSR. Scale 1:200 000. Ed. by G.G. Melnik. Ser. Pamir. J-43-XV. 1964 (In Russian).
5. Geological map of the Tajik SSR and adjacent territories. Scale 1:500 000. Ed. by N.G. Vlasov. VSEGEI. 1989 (In Russian).
6. Dmitriev E.A., Kukurtskii complex // Petrology and Geochemistry of Magmatic Formations. Dushanbe: Donish, 1978. P. 84—87 (In Russian).
7. Dmitriev E.A. Kukurt pyroxenite-gabbro complex // Petrography of Tajikistan. Dushanbe: Donish, 1988. V. 2. P. 138—140 (In Russian).
8. Litvinenko A.K. Nuristan-South Pamir province of Precambrian gems // Geology of ore deposits. 2004. T. 46. No. 4. P. 305—312 (In Russian).
9. Litvinenko A.K., Odinaev Sh.A., Malakhov F.A. The first find of sodalite and nefelin at the deposit of jewelry scapolite Montenegrin (Central Pamir) // Prospect and protection of mineral resources. 2019. No. 7. P. 17—22 (In Russian).
10. Litvinenko A.K., Odinaev Sh.A., Vercheba A.A.

- Cobalt and nickel in non-metal minerals in the gem-quality scapolite field Chernogorskoe, Central Pamir // Mountain Journal. 2019. No. 11. P. 50—53 (In Russian).
11. Igneous rocks. Moscow: Science, 1988. V. 5. 507 p. (In Russian).
 12. Minerals. Moscow: Science, 1972. Vol. III. Release. 2. 882 p. (In Russian).
 13. Odinaev Sh.A., Litvinenko A.K., Fedorov A.V., Ave-zov M.N., Yatimov U.A. Metasomatic carbonatites at the Chernogorskoe jewelry scapolite deposit, Central Pamir // Prospect and protection of mineral resources. 2020. No. 4, P. 37—42 (In Russian).
 14. Dismemberment of stratified and intrusive formations in Tajikistan. Dushanbe: Donish, 1976. 207 p. (In Russian).
 15. Solodov N.A., Semyonov E.I., Burkov V.V. Geological reference book on heavy lithophilic rare metals. Moscow: Nedra, 1987. 438 p. (In Russian).
 16. Terekhov E.N., Kruglov V.A., Levitsky V.I. Rare earth elements in corundum-bearing metasomatites and related rocks of the Eastern Pamir // Geochemistry. 1999. No. 3. P. 238—250 (In Russian).
 17. Litvinenko A.K., Moiseeva S.B., Odinaev Sh.A., Utenkov V.A. Geology of the Gem-Quality Scapolite Deposit (Central Pamirs, Tajikistan) // Geology of Ore Deposits. 2019. Vol. 61. No. 5. P. 481—493. DOI: 10.1134/S1075701519050040

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Литвиненко А.К. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Одинаев Ш.А. — внес вклад в обработку и анализ геолого-петрохимических данных и в создании графической информации, утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Andrey K. Litvinenko — developed the concept and prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Sharifjon A. Odinaev — contributed to the processing and analysis of geological and petrochemical data and to the creation of graphical information, approved the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Литвиненко Андрей Кимович* — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии и геммологии ФГБОУ ВО «Российский государственный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия
e-mail: akl1954@yandex.ru
тел.: +7 (916) 655-08-08
SPIN-код: 6127-2320
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1779-5391>

Andrey K. Litvinenko* — Dr. of Sci. (Geol.-Min.), Professor of the Department of Mineralogy and Gemmology Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia
e-mail: akl1954@yandex.ru
tel.: +7 (916) 655-08-08
SPIN-code: 6127-2320
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1779-5391>

Одинаев Шарифджон Ахтамжонович — кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геодинамики фанерозоя и петрогенезиса Института геологии, сейсмостойкого строительства и сейсмологии Национальной академии наук Таджикистана; докторант (PhD) Института геохимии Гуанчжоу Китайской академии наук.

267, ул. Айна, г. Душанбе 734063, Таджикистан.
511, ул. Кехуа, г. Гуанчжоу 510640, Китай
e-mail: Sharif.Geolog@mail.ru
тел.: +992 985-38-33-36
SPIN-код: 1174-3786
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8849-206X>

Sharifjon A. Odinaev — Cand. of Sci. (Geol.-Min.), Head of the Laboratory of geodynamics phanerozoic and petrogenesis of the Institute of geology, earthquake engineering and seismology, National Academy of Sciences of Tajikistan; PhD-student of Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences.

267, Ayni str., Dushanbe 734063, Tajikistan.
511, Kehua Str., Guangzhou 510640, China
e-mail: Sharif.Geolog@mail.ru
tel.: +992 985-38-33-36
SPIN-code: 1174-3786
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8849-206X>

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author