

узла расположено Соборное рудопроявление золота предположительно вулканогенной золотосеребряной формации. Рудопроявление слабо изучено и требует постановки поисково-оценочных работ.

Промышленные россыпи расположены в южной части узла, где развиты докембрийские кристаллосланцы и гнейсы, прорванные интрузиями палеозойского возраста. На месте отработки россыпей остались отвалы, представляющие интерес как техногенные россыпи. В северной части узла вряд ли можно ожидать открытие промышленных россыпей золота ввиду наличия в этой части узла оруденения нероссыпеобразующей золотосеребряной формации.

#### **Заключение**

Проведенное исследование показало, что в слабо изученной Туранской металлогенической зоне находятся четыре золотосеребряных рудно-россыпных узла (Исинский, Алеунский, Симичинский и Архаринский). Перспективы их на рудное и россыпное золото не одинаковы. На выявление промышленного оруденения золотосеребряной формации наиболее перспективны Симичинский и Архаринский РРУ, а золотосульфидно-кварцевой — Алеунский. Отвалы отработки россыпей в Архаринском узле представляют интерес как техногенные россыпи.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Мельников, А.В. Рудно-россыпные узлы южной части Приамурской золотосеребряной провинции / А.В. Мельников, В.А. Степанов. — Благовещенск: АмГУ, 2013. — 222 с.
2. Пересторонин, А.Е. Золотосеребряные месторождения Приамурья / А.Е. Пересторонин, В.А. Степанов // Региональная геология и металлогения. — 2016. — № 66. — С. 113–125.
3. Степанов, В.А. Этапы формирования и возраст золоторудных месторождений Приамурья / В.А. Степанов // ДАН. — 2005. — Т. 403. — № 1. — С. 83–87.
4. Степанов, В.А. Кубакинское золотосеребряное месторождение / В.А. Степанов, Л.Н. Шишакова. — Владивосток: Дальнаука, 1994. — 198 с.

© Степанов В.А., Мельников А.В., 2020

Степанов Виталий Алексеевич // vitstepanov@yandex.ru  
Мельников Антон Владимирович // anton\_melnikov@mail.ru

УДК 553.824(575.3)

**Одинаев Ш.А.<sup>1</sup>, Литвиненко А.К.<sup>1</sup>, Фёдоров А.В.<sup>1</sup>, Аvezov М.Н.<sup>2</sup>, Ятимов У.А.<sup>3</sup>. (1 — ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе» (МГРИ), 2 — Таджикский национальный университет, 3 — Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН)**

### **МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ КАРБОНАТИТЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА ЧЕРНОГОРСКОЕ, ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР**

*На месторождении ювелирного скаполита Черногорское установлены карбонатные породы, похожие как на мраморы, так и на карбонатиты. Их вмещают габброиды,*

*крупнокристаллические амфиболиты (альбит-флогопит-роговообманкового состава) и альбититы. В метасоматических карбонатитах доминируют кальцит (70 %) и доломит (15 %). Второстепенные минералы (15 %) представлены флогопитом, роговой обманкой, альбитом, скаполитом, апатитом, титанитом, рутилом и др. В них установлены повышенные содержания Nb, Zr, W, REE. Форма тел — линзовидная, мощность от 0,2 до 5 м, протяженность до 15, редко до 80 м. Они возникли в результате замещения карбонатными минералами силикатов и других минералов. Этот процесс происходил на самой поздней стадии эндогенной активности. Определение их метасоматического генезиса позволит избежать ошибок при крупномасштабном картировании, при котором апоизвестняковые и аподоломитовые мрамора используются в качестве маркирующих горизонтов. Повышенные содержания в составе минералов редких и редкоземельных элементов позволяют рассматривать их в качестве поискового признака рудной минерализации. **Ключевые слова:** Центральный Памир, Музкол-Рангульский антиклинорий, музкольская серия, сарыджилгинская свита, кукуртский комплекс, месторождение ювелирного скаполита Черногорское, карбонатные линзы, метасоматические карбонатиты.*

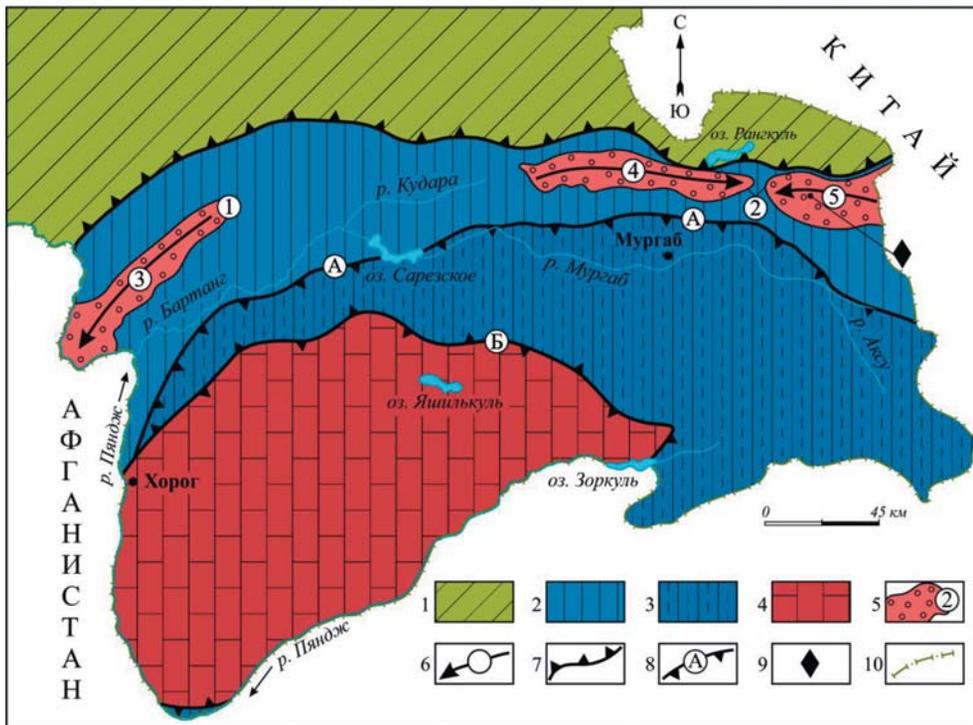
Oдинаev Sh.A.<sup>1</sup>, Litvinenko A.K.<sup>1</sup>, Fedorov A.V.<sup>1</sup>, Avezov M.N.<sup>2</sup>, Yatimov U.A.<sup>3</sup>, (1 — FGBOU VO «Russian State Geological Prospecting University named after Sergo Ordzhonikidze» (MGRI), 2 — Tajik National University, 3 — Institute of Mineralogy SU FRC MG UB RAS)

### **METASOMATOMIC CARBONATITES FROM THE DEPOSIT OF JEWELRY SCAPOLITE MONTENEGRIN, CENTRAL PAMIR**

*Carbonate rocks similar to marbles and carbonatites have been established in the deposits of the jewelry scapolite Montenegrin. They contain gabbroids, large-crystalline amphibolites (albite-phlogopite-hornblende composition) and albitites. Metasomatic carbonatites are dominated by calcite (70 %) and dolomite (15 %). Minor minerals (15 %) are represented by phlogopite, hornblende, albite, scapolite, apatite, titanite, rutile, etc. They contain elevated levels of Nb, Zr, W, REE. The shape of the bodies is lenticular, thickness from 0.2 to 5 m, length up to 15, rarely up to 80 m. They arose as a result of the replacement of silicates and other minerals with carbonate minerals. This process occurred at the latest stage of endogenous activity. Determining their metasomatic genesis will help to avoid errors in large-scale mapping, in which apo limestone and apodolomite marbles are used as marking horizons. The increased content of rare and rare-earth elements in the minerals allows us to consider them as a search feature of ore mineralization. **Keywords:** Central Pamir, Muskol-Rangkulsyky anticlinorium, Muzkola series, sarydzhilginskaya series, kukart complex, deposits of jewelry scapolite Montenegrin, carbonate lenses, metasomatic carbonatites.*

#### **Постановка задачи**

Черногорское месторождение является крупным промышленным объектом ювелирного скаполита сиреневого и желтого цвета [4]. Оно было разведано в конце 1980-х годов, опытно промышленная разработка



**Рис. 1. Положение объекта исследования и месторождения скаполита Черногорское в тектонической структуре Памира.** Тектоническая схема по [1] с 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 кружках (1–2) метаморфические серии: 1 — шипадская, 2 — музкольская; 6 — антиклинории, стрелка указывает направление погружения шарнира: 3 — Ванч-Язгулемский, 4–5 — Музкол-Рангульский: 4 — Сарымулинская и 5 — Шатпутская антиклинали; 7 — разлом между складчатыми системами — Ванч-Акбайтальский; 8 — разломы между тектоническими зонами (А, Б): А — Рушанско-Пшартский, Б — Гунт-Аличурский; 9 — месторождение Черногорское; 10 — государственная граница Республики Таджикистан (на юге и западе проходит по реке Пяндж — верхнему течению р. Аму-Дарья)

проводилась в 1993 г. Месторождение расположено в восточной части тектонической зоны Центрального Памира, в Музкол-Рангульском антиклинории, который на западе трассируется аналогичной структурой — Ванч-Язгулемским антиклинорием (рис. 1). Вмещают месторождение докембрийские метаморфические породы, полициклически метаморфизованные в Р-Т условиях от высокотемпературной амфиболитовой до зеленосланцевой фаций.

На месторождении доминируют амфиболиты (альбит-флогопит-роговообманкового состава), подчиненное место занимают альбититы. Важное значение в его строении играют магматические породы двух интрузивных комплексов: кукуртского (гарцбургиты, габброиды, нефелиновые сиениты) — докембрийский и шатпутского (граниты и пегматиты) — мел-палеогеновый.

Наряду с альбититами [5] на месторождении и его флангах наблюдаются многочисленные секущие и согласные карбонатные тела, имеющие линзовидную форму (рис. 2). Они похожи на крупнозернистые мраморы. При геологических съемках крупного масштаба эти породы ошибочно картировались мелкими телами мраморов. В габброидах также встречаются аналогич-

ные образования, рассматриваемые геологами-поисковиками (неопубликованные материалы) и как ксенолиты мраморов, и как карбонатиты. Как первые, так и вторые представления о природе данных пород являются ошибочными.

Целью представленного исследования является следующее: а) определить генезис карбонатных тел на месторождении и его флангах; б) обосновать выделение новой для региона группы горных пород; в) выявить их рудный потенциал.

### Геологическое строение месторождения

Район месторождения сложен породами сарыджилгинской свиты, входящей в состав музкольской серии (PR<sub>1</sub>). Породы месторождения Черногорское, как и вся серия, претерпели в своем развитии два тектоно-метаморфических цикла [1]. Первый цикл (абсолютный возраст 1,9–1,6 млрд лет, PR<sub>1</sub>) проявился в условиях высокотемпературной амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций вы-

соких давлений. В палеогене метаморфизм проявился зонально, затронув как докембрийские метаморфические, так и обрамляющие их фанерозойские неметаморфизованные породы. Это определило образование зон амфиболитовой, эпидот-амфиболитовой и зеленосланцевой фаций [2].

Площадь месторождения, в которой локализируются линзы с ювелирным скаполитом, составляет 360×110–180 м [7]. Вмещающие породы представлены двумя типами.

*В первом типе* определены две генетические группы: магматическая и метасоматическая, которые имеют между собой согласные контакты, имеющие субширотное простирание с падением на север под углами 60–75°.

*Первая группа пород* выявлена нами в северо-восточной части месторождения [5]. Они имеют черный цвет. В шлифах наблюдается порфиroidная структура. Порфиroidные кристаллы представлены хорошо сформированными индивидами неизмененного оливина размером от 0,1 до 5 мм в поперечнике. Он состоит из 78 % форстерита и 22 % фаялита. По периферии зерен оливина наблюдаются призмочки ромбического пироксена с железистостью около 20 %, кото-

рый состоит на 80 % из энстатита и 20 % ферросилита. Высокое содержание оливина в описываемой породе (более 50 %) и его магнезиальный состав позволили нам отнести ее к гарцбургитам, которые не были ранее известны в музкольской серии. Прослеженные размеры этого тела составляют 300×10 м, форма — «сигар-образная» (рис. 2).

**Вторая группа** пород представлена амфиболитами [5]. Роговая обманка является главным минералом. Оптические свойства и химический состав позволяют отнести ее к гастингситу. Вторым по значению является флогопит до 5 мм в поперечнике. Третьим следует плагиоклаз, содержащий от 11 до 20 % анортита, что соответствует олигоклазу. Количественный состав минералов сильно варьирует, в результате чего порода меняет цвет от черного до темно-серого. По

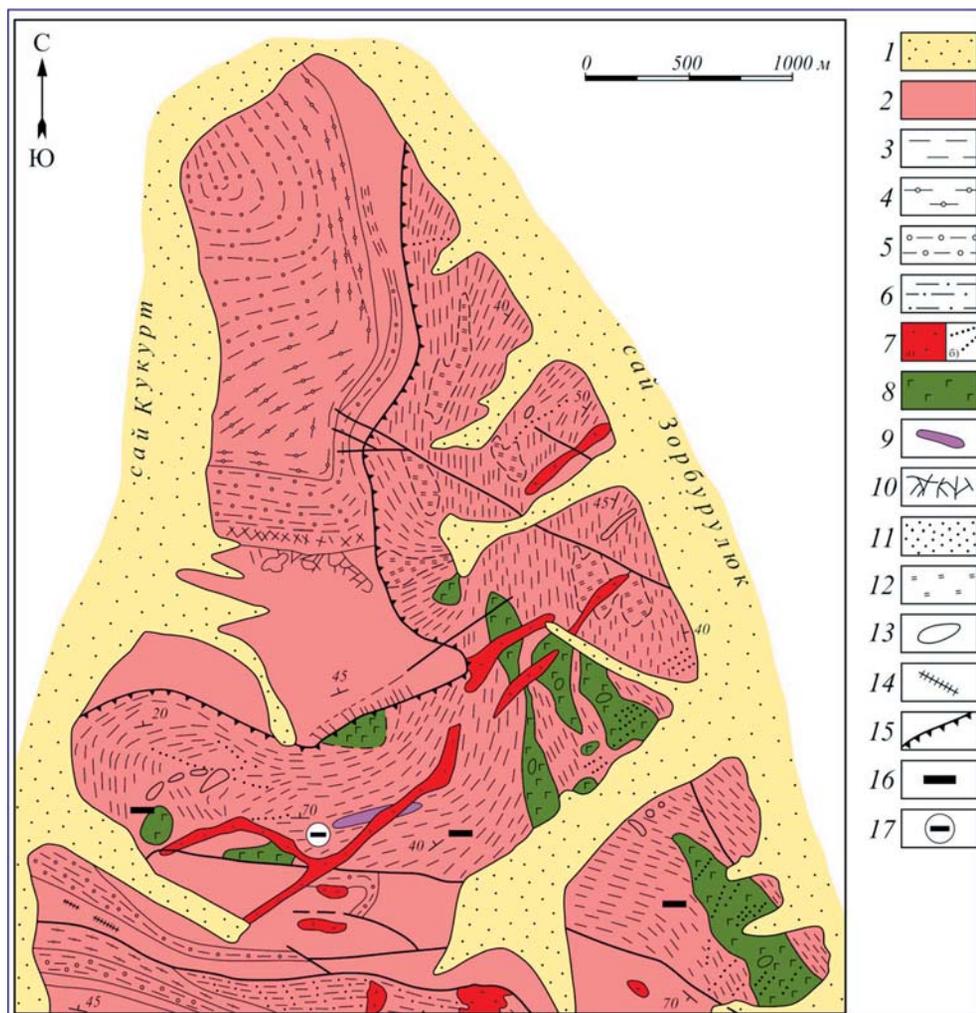
химическому составу эта группа соответствует ультраосновным магматическим породам, являясь метасоматическими измененными габброидами и определена как ортоамфиболиты [5].

**Второй тип** пород представлен светлыми разновидностями, занимающими как секущее, так и согласное положение к амфиболитам. Главным минералом является кислый плагиоклаз (0–5 % анортита). В его интерстициях отмечаются небольшие скопления скаполита. Мы определили эту породу альбититами. В альбититах наблюдаются включения рутила, титанита, флогопита, роговой обманки, кальцита и доломита, достигающие 3 см в поперечнике [6]. Количество карбонатных минералов варьирует от 1 до 90 %. Тогда, собственно, и формируются карбонатиты. В светлых породах авторами установлены реликты нефелина и содалита [7].

### Особенности залегания метасоматических карбонатитов

Метасоматические карбонатиты распространены по всей площади и далеко за контуром месторождения Черногорское. Рассматриваемые горные породы локализованы в полосе от западного фланга месторождения (правый борт р. Кукурт) через водораздел рек Кукурт–Зорбурулюк, занимая часть левого склона долины р. Зорбурулюк. Карбонатиты приурочены к массивам габброидов, которые образуют вокруг Черногорского месторождения полудугу. Они также широко развиты в амфиболитах, вмещающих габброиды (рис. 2). Количество габброидных тел больше 10. Данный участок является самым крупным обнажением габброидов в Шатпутской антиклинали. Образование магматических пород, вероятно, контролируется крупным разломом — надвигом. Габброиды имеют линзовидную, вытянутую форму длиной до 1 и шириной до 0,3 км (рис. 3).

Карбонатитовые линзы имеют относительно небольшие размеры: мощность 0,2–1, иногда до 5 м и протяженность 0,5–15 редко до 250 м. Линзы имеют



**Рис. 2. Карта размещения метасоматических карбонатитов в междуречье Кукурт–Зорбурулюк.** Составлена на основе геологической карты Кукуртского камнесамоцветного узла, масштаб 1:25 000 (Круглов и др., 2003): 1 — рыхлые четвертичные; 2–6 — метаморфические породы сарыджилгинской свиты (PR<sub>1</sub>sr); 2 — мраморы, 3 — биотит-амфиболитовые сланцы, 4 — гранат-кианит-биотитовые, гранат-силлиманит-кианитовые, гранат-ставролит-кианитовые сланцы, 5 — гранат-биотитовые, гранат двуслюдяные сланцы, 6 — кварциты со слюдами; 7 — гранитоиды (K<sub>2</sub>–P<sub>1</sub>) шатпутского комплекса; 8–9 — кукуртский комплекс (PR<sub>2</sub>): 8 — габброиды, 9 — гарцбургиты; 10 — зоны дробления; 11 — окварцевание; 12 — метасоматиты диопсид-амфибол-полевошпатового состава с титанитом; 13 — метасоматические карбонатиты; 14 — пегматиты вне масштаба; 15 — надвиг; 16 — точка минерализации скаполита; 17 — месторождение скаполита Черногорское

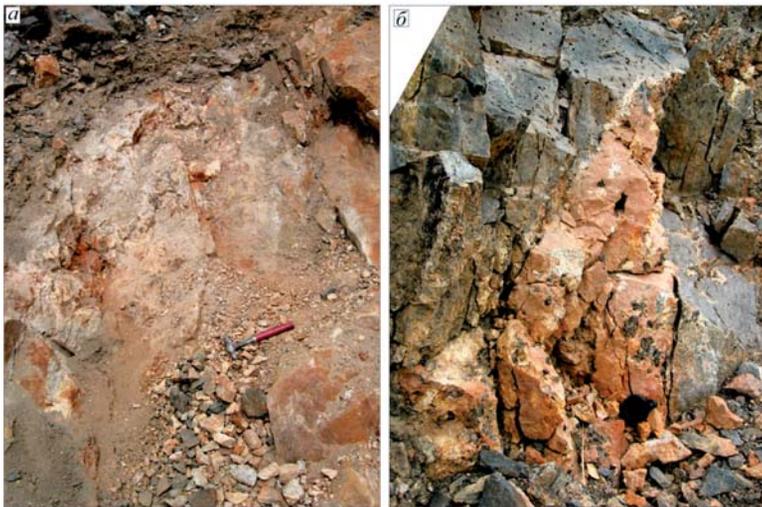


Рис. 3. Фрагменты карбонатных жил (а) с титанитом, (б) с роговой обманкой

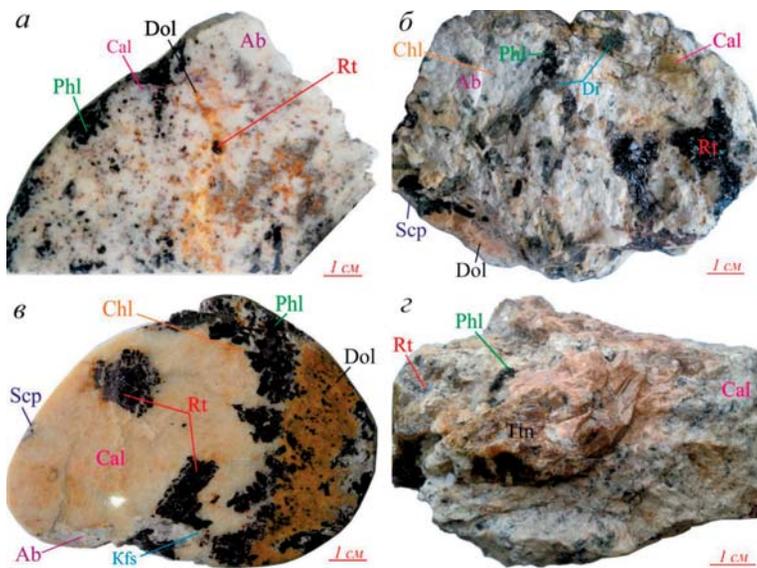


Рис. 4. Штуфы различных стадий образования карбонатов: а — начало замещения альбитита (редкие карбонаты); б — сильно измененный альбитит с обилием карбонатов; в — карбонатная порода с редкими реликтами силикатов, с рутилом без титанита; г — карбонатная порода с еще более редкими реликтами силикатов, с титанитом и редким рутилом. Сокращения минералов: Ab — альбит, Cal — кальцит, Chl — хлорит, Dol — доломит, Di — диопсид, Kfs — калиевый полевоый шпат, Phl — флогопит, Rt — рутил, Scp — скаполит, Ttn — титанит

относительно высокую плотность размещения, формируя ореолы вокруг габброидов (рис. 2). Они занимают субсогласное или секущее положение к вмещающим породам с нечеткими, слабо волнистыми контактами. Их вмещают габброиды, крупнокристаллические амфиболиты (альбит-флогопит-роговообманкового состава) и альбититы (рис. 3).

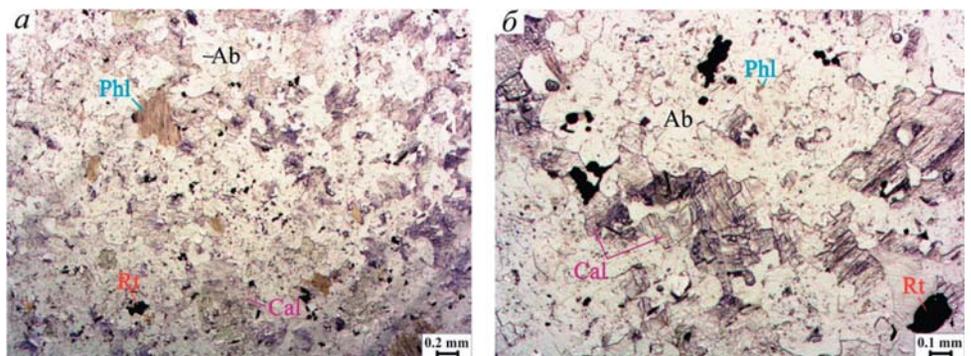


Рис. 5. Замещение альбититов карбонатами. Шлифы: а — слабое замещение, б — более интенсивное. Сокращения минералов: Ab — альбит, Cal — кальцит, Rt — рутил, Phl — флогопит

### Минеральный состав метасоматических карбонатов

В составе карбонатных линз доминирует белый кальцит. В нем неравномерно размещен доломит желтого цвета, обусловленный примесью железа. Его индивиды достигают 2 см в поперечнике, а агрегаты до 10×5 см (рис. 4). Среди карбонатов располагаются крупные порфиробласты рутила, ильменорутила, ильменита, титанита, светло-сиреневого скаполита, альбита, флогопита и других минералов. Самыми крупными по размеру в составе линз являются флогопит (до 20 см по спайности и до 5 см в поперечнике) и минералы титана. На восточном фланге месторождения [5] в их составе доминирует рутил, а на западном — титанит. Их размеры могут достигать 8 см в поперечнике (рис. 4). Содержание карбонатов в линзах варьирует от 70 до 98 %.

В кальците установлены невысокие содержания MgO до 2,1; FeO до 1,4; SrO до 0,2 и BaO до 0,3 и Y — 0,02 масс. %. Доломит содержит повышенные количества FeO до 3,9 (это является причиной его темно-желтого цвета), SrO и BaO соответственно до 0,2 масс. % (табл. 1). Оба карбоната содержат повышенные количества марганца до 0,4 масс. % MnO (табл. 1).

В составе карбонатов особое внимание заслуживает ильменорутил, отобранный из образца на рис. 4в. В нем содержится более 11 масс. % суммы редких земель и 1,75 масс. % V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (табл. 2). Рентгенофлуоресцентным методом в титаните установлена группа изоморфных элементов: Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,18, ZrO<sub>2</sub> — 0,16, ThO<sub>2</sub> — 0,05, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,21, CeO<sub>2</sub> — 0,17, Gd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,05, Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,19, Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0,07, SnO<sub>2</sub> — 0,17, WO<sub>3</sub> — 0,017 масс. %. Рутил содержит меньшее количество изоморфных элементов: Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0,29, ZrO<sub>2</sub> — 0,06 масс. %.

Методом ICP-MS установлены в титаните: Zn — 328, Sc — 5.91, V — 649, Cr — 138,

**Таблица 1**  
**Химический состав кальцита и доломита из карбонатных линз**

№ п.п.	MgO	CaO	MnO	FeO	SrO	BaO	Сумма
Кальцит							
1	0,45	52,72	0,15	0,6	—	—	53,93
2	0,44	50,67	0,42	0,49	—	—	52,02
3	0,42	51,75	0,32	0,52	0,23	0,32	53,57
4	2,11	48,33	0,23	1,36	—	—	
Доломит							
5	17,55	28,74	0,27	2,83	—	—	49,39
6	17,35	28,7	0,38	3,85	0,09	—	50,36
7	17,81	29,06	0,37	3,88	0,13	0,2	51,45
8	18,21	28,72	0,21	3,16	0,24	—	50,54
9	17,6	29,49	0,35	3,72	—	—	51,16

Примечание: анализы проводились на электронно-зондовом микроанализаторе JEOL JСХА-733 с использованием энергодисперсионного спектрометра и системы анализа INCA при ускоряющем напряжении 20 kV и токе зонда 1 нА, аналитиком Л.А. Паутовым. Минералогический музей РАН им. А.Е. Ферсмана. Методом ICP-MS в кальците дополнительно определены, в мг/кг: Fe — 12650, Zn — 4, Ti — 773, V — 2.35, Cr — 65.8, Mn — 64.7, Co — 1.06, Ni — 9.84, Cu — 13.2, Zr — 8.04, Ba — 20.3, La — 1.95, Ce — 4.64, Nd — 2.1, Pb — 1.69, U — 1.4

Mn — 200, Co — 1.38, Ni — 1.89, Cu — 31.9, Ga — 11.5, As — 7.48, Se — 9.03, Sr — 59.3, Ba — 354, La — 237, Pr — 239, Eu — 88.9, Tb — 61.4, Dy — 398, Ho — 62.8, Er — 183, Tm — 21, Yb — 130, Lu — 9.62, Hf — 10.9, Ta — 63.8, Pb — 5.42, U — 97.2; в рутиле: Fe — 11810, Zn — 24, Sc — 5.76, Ti — 1137, V — 2.07, Cr — 57.8, Mn — 1176, Co — 1.63, Ni — 6.27, Cu — 6.35, Se — <2.40, Sr — 556, Y — 128, Ba — 29.6, La — 51.2, Ce — 121, Pr — 12.9, Nd — 58, Sm — 13.1, Eu — 2.9, Gd — 16.1, Tb — 2.40, Dy — 17.1, Ho — 3.63, Er — 13.4, Tm — 1.94, Yb — 15.2, Lu — 2.21, Pb — 4.99. Анализы выполнены в лаборатории Института минералогии УрО РАН, Миасс, Челябинск, аналитик К.А. Филиппова.

#### Генезис карбонатитов

Карбонатные линзы похожи на мраморы (рис. 5), возникшие по известнякам. Авторы неоднократно их так ошибочно и диагностировали. Кроме того, представленные породы в связи с пространственной близостью к ультрабазитам

и габброидами очень напоминают магматические карбонатиты.

Секущее положение карбонатитов по отношению ко всем породам месторождения свидетельствует об их самом молодом возрасте. Зерна карбонатов наблюдаются как в виде отдельных индивидов среди всех породных комплексов — зарождение (рис. 4а), так и в виде агрегатов, образование которых обусловлено интеграцией многочисленных кристаллов (рис. 4б–г). Это количественное различие может быть определено как стадийность в их образовании. Оно проявляется в смене минеральных ассоциаций (рис. 4а–г). В шлифах и штуфах наблюдается замещение кальцитом и доломитом силикатных минералов, среди которых содержатся значительные количества титанита, рутила и др. При этом замещенные минералы претерпевают перекристаллизацию с образованием крупных порфиробластов размером до 10 см в поперечнике (рис. 4 б–г).

Последовательность образования карбонатитов и силикатных пород месторождения может быть представлена следующей схемой.

**1-й этап** метаморфизма (докембрий) — формирование протопород: гарцбургитов, габброидов и нефелиновых сиенитов кукуртского комплекса (PR<sub>3</sub>). При их гидратации образуются амфиболиты (средний плагиоклаз, флогопит, роговая обманка) и альбититы.

**2-й этап** метаморфизма (альпийский): первая стадия минералообразования протекала с повышением температуры и привносом натрия. Породы превратились в альбитсодержащий амфиболит. Во вторую стадию при гидратации и привносе хлора в альбититах образовались скаполитовые зоны с

**Таблица 2**  
**Химический состав ильменорутила, ильменита и рутила, отобранных из образца карбонатита на рис. 4в и титанита из амфиболитов**

Окс. №п.п.	TiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	CaO	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Yb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Σ
1	54,46	25,97	—	0,36	4,54	4,08	3,15	1,71	0,6	—	94,87
2	54,45	26	—	0,28	3,09	3,95	3,75	1,44	—	—	92,96
3	55,06	25,58	—	0,4	3,64	4,32	2,05	1,75	0,41	—	93,21
4	50,17	45,24	0,81	0,25	—	—	—	—	—	0,19	96,66
5	98,23	0,81	—	—	—	—	—	—	—	0,2	99,24
6	37,85	0,36	0,04	28,67	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	99,15

Примечание: в титаните установлены: SiO<sub>2</sub> — 30.04, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 1.52, MgO — 0.01, Na<sub>2</sub>O — 0.03, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> — 0.08, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 0.18, F — 0.31, CoO — 0.02, NiO — 0.05 масс. %. н.о. — не определялось. Анализы проводились на электронно-зондовом микроанализаторе JEOL JСХА-733 с использованием энергодисперсионного спектрометра и системы анализа INCA при ускоряющем напряжении 20 kV и токе зонда 1 нА, аналитиком Л.А. Паутовым. Минералогический музей РАН им. А.Е. Ферсмана. Методом ICP-MS установлены в титаните: Zn — 328, Sc — 5.91, V — 649, Cr — 138, Mn — 200, Co — 1.38, Ni — 1.89, Cu — 31.9, Ga — 11.5, As — 7.48, Se — 9.03, Sr — 59.3, Ba — 354, La — 237, Pr — 239, Eu — 88.9, Tb — 61.4, Dy — 398, Ho — 62.8, Er — 183, Tm — 21, Yb — 130, Lu — 9.62, Hf — 10.9, Ta — 63.8, Pb — 5.42, U — 97.2; в рутиле: Fe — 11810, Zn — 24, Sc — 5.76, Ti — 1137, V — 2.07, Cr — 57.8, Mn — 1176, Co — 1.63, Ni — 6.27, Cu — 6.35, Se — <2.40, Sr — 556, Y — 128, Ba — 29.6, La — 51.2, Ce — 121, Pr — 12.9, Nd — 58, Sm — 13.1, Eu — 2.9, Gd — 16.1, Tb — 2.40, Dy — 17.1, Ho — 3.63, Er — 13.4, Tm — 1.94, Yb — 15.2, Lu — 2.21, Pb — 4.99. Анализы выполнены в лаборатории Института минералогии УрО РАН, Миасс, Челябинск, аналитик К.А. Филиппова.

полостями. Третья стадия связана с интенсивным привнесом CO<sub>2</sub>, благодаря которой возникают индивиды карбонатов, и в конце образуются карбонатитовые линзы кальцит-доломитового состава с перекристаллизованными кристаллами рутила, титанита, флогопита, скаполита и альбита. Этой стадией завершились процессы эндогенного минералообразования.

Рассматриваемые силикатно-карбонатные породы близки гидротермальным карбонатитам. По геологическому положению, минеральному и химическому составу их можно отнести к кальцит-доломитовой стадии карбонатитов плутонического типа, выделяемых в работе [8].

#### Выводы

Метасоматические карбонатиты месторождения Черногорское имеют пространственную и, вероятно, генетическую связь с гарцбургитами, габброидами и нефелиновыми сиенитами. Они образуются путем замещения силикатных и других минералов карбонатами. Несмотря на замещение, в карбонатитах создавалась благоприятная среда для роста минералов крупного размера: скаполита, роговой обманки, титанита и рутила.

Образование карбонатитов является конечной стадией эндогенного процесса, проявленного в виде карбонатизации, которая интенсивно проявилась на площади месторождения. Минералы карбонатитов содержат повышенные и высокие количества редких и редкоземельных элементов. Это позволяет рассма-

тривать их как поисковый признак возможной рудной минерализации.

*Авторы выражают благодарность Л.А. Паутову за консультации и помощь в аналитических работах.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бархатов, Б.П. Тектоника Памира / Б.П. Бархатов. — Л.: ЛГУ, 1963. — 241 с.
2. Буданова, К.Т. Метаморфические формации Таджикистана / К.Т. Буданова. — Душанбе: Дониш, 1991. — 336 с.
3. Дюфур, М.С. Альпийский метаморфический комплекс восточной части Центрального Памира / М.С. Дюфур, В.А. Попова, Т.Н. Кривец. — Л.: ЛГУ, 1970. — 126 с.
4. Курилин, Е.Н. Скаполит месторождения Кукурт / Е.Н. Курилин // Геология, поиски и разведка месторождений цветных камней Таджикистана. — Душанбе, 1987. — С. 32–34.
5. Литвиненко, А.К. Со-Ni оруденение на месторождении ювелирного скаполита Черногорское, Центральный Памир / А.К. Литвиненко, Ш.А. Одинаев // Новые идеи в науках о Земле: XIV Международная науч.-прак. конф. — М., 2019. — Т. II. — С. 114–117.
6. Литвиненко, А.К. Минералы титана на месторождении ювелирного скаполита Черногорское, Центральный Памир / А.К. Литвиненко, Ш.А. Одинаев // Новые идеи в науках о Земле: XIV Международная науч.-прак. конф. — М., 2019. — Т. II. — С. 305–306.
7. Литвиненко, А.К. Первая находка содалита и нефелина на месторождении ювелирного скаполита Черногорское (Центральный Памир) / А.К. Литвиненко, Ш.А. Одинаев, Ф.А. Малахов // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 7. — С. 17–22.
8. Фролов, А.А. Карбонатитовые месторождения России / А.А. Фролов, А.В. Толстов, С.В. Белов. — М.: НИА-Природа, 2003. — 493 с.

© Коллектив авторов, 2020

Одинаев Шарифджон Ахтамжонович // sharif.geolog@mail.ru  
Литвиненко Андрей Кимович // ak11954@yandex.ru  
Федоров Андрей Валериевич // valerich63@mail.ru  
Авезов Мирали Нуралиевич // mirak@mail.ru  
Ятимов Умед Абдурозикович // umed1990@list.ru

## ГЕОФИЗИКА

УДК 550.837

Давыдов В.А., Байдиков С.В., Горшков В.Ю. (Институт геофизики УрО РАН им. Ю.П. Булашевича, г. Екатеринбург)

### ДИСТАНЦИОННЫЕ ИНДУКЦИОННЫЕ ЗОНДИРОВАНИЯ С ИЗУЧЕНИЕМ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ЧАСТОТНОГО ЭФФЕКТА НА РУДНЫХ ОБЪЕКТАХ

Рассматриваются результаты научно-исследовательских работ по изучению частотной дисперсии электрического сопротивления в рудных районах Среднего Урала при проведении индукционных зондирований. Приведено описание методики полевых наблюдений и основных принципов обработки данных. Дается общее представление о геологической обстановке на участках работ и краткая характеристика обследуемых рудных месторождений. **Ключевые слова:** вызванная поляризация, частотная дисперсия сопротивления, индукция, рудные месторождения.

Davydov V.A., Baydikov S.V., Gorshkov V.Yu. (Institute of Geophysics of Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg)

### REMOTE INDUCTION SOUNDINGS WITH THE STUDY OF THE POLARIZATION-FREQUENCY EFFECT ON ORE OBJECTS

*The results of researches of frequency dispersion of electrical resistivity during induction soundings in ore districts of the Middle Urals are considered. The methodology of field observations and the basic principles of data processing are described. General idea of the geological situation at the work sites and a brief description of investigated ore deposits are given. **Keywords:** Induced polarization, frequency dispersion of resistivity, induction, ore deposits.*

#### Введение

Электрические свойства горных пород на переменном токе могут изменяться в зависимости от частоты. Этот эффект, названный частотной дисперсией (ЧД), возникает вследствие поляризуемости среды, и является эквивалентом процесса вызванной