

Грамотное вычисление прогнозных ресурсов, необходимое для экономического обоснования дальнейших ГРР, является ключевым условием развития отрасли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев, Н.А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих верхнюю часть континентальной коры / Н.А. Григорьев // Геохимия. — 2003. — № 7. — С. 785–792.
2. Криночкин, Л.Н. Прогнозная оценка территории России по региональным аномальным геохимическим полям / Л.Н. Криночкин: Автореф. дисс. д-ра геол.-мин. наук. — М.: ИМГРЭ, 2011. — 46 с.
3. Матерон, Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Матерон. — М.: Мир, 1968. — 407 с.
4. Овчинников, Л.Н. Прогноз рудных месторождений / Л.Н. Овчинников. — М.: Недра, 1992. — 308 с.
5. Металлогенический кодекс России. — М.: Геокарт-ГЕОС, 2012. — 126 с.
6. Сафронов, Н.И. Основы геохимических поисков рудных месторождений / Н.И. Сафронов. — Л.: Недра, 1971. — 216 с.
7. Силин, И.И. Парадигма поисковой геохимии / И.И. Силин // Отечественная геология. — 2009. — № 1. — С. 87–97.
8. Силин, И.И. Количественная оценка ресурсов твердых полезных ископаемых по геохимическим данным / И.И. Силин. — М.: Нобель Пресс, 2014. — 170 с.
9. Силин, И.И. Теория и технология вычисления прогнозных ресурсов геохимических аномалий / И.И. Силин // Рациональное освоение недр. — М.: ЦКР-ТПИ Роснедр и др., 2015. — № 4. — С. 22–29.
10. Гусев, Г.С. Тектонический кодекс России / Г.С. Гусев, Н.В. Межеловский, А.В. Гушин и др. — М.: Геокарт-Геос, 2016. — 340 с.
11. Требования к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:200 000. — М.: ИМГРЭ, 2002. — 92 с.

© Коллектив авторов, 2019

Силин Игорь Иванович // igorivsil@yandex.ru
Килипко Виктор Алексеевич // kilipko@rambler.ru
Межеловский Николай Васильевич // centergeokart@mail.ru
Межеловский Илья Николаевич // minormin@mail.ru

УДК 662.346.3: (475.141)

Жураев М.Н., Якубов Ж.Я. (ТашГТУ), Хамдамов С.Р. (ГУП «Гиссаргеология»)

ОСНОВНЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АПОМЕТАТЕРРИГЕННОГО ВОЛЬФРАМОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ САРЫКУЛЬ В КАРАТЮБИНСКОМ РУДНОМ ПОЛЕ)

*В статье рассмотрены основные геохимические особенности апометатерригенного вольфрамового оруденения, приуроченного к фрагменту троговой структуры, выполненной породами олистостромового комплекса. Оруденение сформировано по породам грубого флиша, преобразованного в контактовой зоне гранитоидного интрузива, геохимически специализированного на вольфрам, в сланцевые породы, по которым образованы рудоносные метасоматиты. Рудный процесс имеет углекислую специфику и характеризуется существенным привнесом фосфора. Геохимическое поле сформировано элементами типоморфного комплекса (W — Bi — Cd — Te — Be — Au — Zn — Cu — Sn). **Ключевые слова:** Каратюбе, рудный район, рудное поле, апометатерриген, вольфрамовое оруденение, Сарыкуль, троговая структура, олистостромовый*

комплекс, рудоносные метасоматиты, типоморфный геохимический комплекс, шеелит, дисульфиды железа, скарноиды, гранитоиды, петрогенный.

Juraev M.N., Yakubov Zh.Ya. (TashSTU), Khamdamov S.R. (Gissargeologe)

MAIN GEOCHEMICAL FEATURES OF APOMETA-TERRIGENE TUNGSTEN MINERALIZATION (ON THE EXAMPLE OF THE SARYKUL DEPOSIT IN THE KARATYUBI ORE FIELD)

*The article discusses the main geochemical features of apometaterrigenous tungsten mineralization, timed to the fragment of the trog structure, made by rocks of the olistostromic complex. The mineralization is formed by rough flysch rocks, transformed in the contact zone of a granitoid intrusive geochemically specialized in tungsten, into shale rocks, from which ore-bearing metasomatites are formed. The ore process has carbon dioxide specificity and is characterized by a significant addition of phosphorus. The geochemical field is formed by elements of the typomorphic complex (W — Bi — Cd — Te — Be — Au — Zn — Cu — Sn). **Keywords:** Karatyube, ore region, ore fields, apometaterrigen, tungsten mineralization, Sarykul, trog structure, olistostrom complex, ore-bearing metasomatites, typomorphic geochemical complex, scheelite, iron disulfides, scarnoids, ganitoids, petrogenic.*

Каратюбинское рудное поле расположено в западной части Каратюбинских гор и приурочено к фрагменту Центральногиссарского трогообразного прогиба [10]. Рудное поле объединяет два объекта с различной рудно-формационной природой (месторождение Каратюбе — скарново-шеелитовой формации и месторождение Сарыкуль с новым для региона апометатерригенным вольфрамовым оруденением) (рис. 1).

Апометатерригенное вольфрамовое оруденение на месторождении Сарыкуль было выявлено в значительной степени случайно при проведении на площади поисковых работ на золото. Объектами поисков золота являлись зоны окварцевания в метатерригенных породах матрикса олистостромовой толщи, в последующем оказавшиеся вольфрамоносными [5, 9].

Апометатерригенное вольфрамовое оруденение развито на площади, которая своей южной частью охватывает эндоконтактовую зону Сарыкульского интрузива, который представляет собой тело овальной формы, вытянутой в широтном направлении. Площадь его составляет около 15 км². Плоскость северного контакта интрузива падает круто (65–80°) на юг, а южного — в том же направлении, но более полого — до 40°. Этот массив относится к гипабиссальным интрузивам. Интрузив формировался в сложных тектонических условиях, прорывая ядерную часть антиклинали, сложенную породами олистостромовой толщи.

Своеобразие геологического строения района заключается в приуроченности зон минерализации к фрагменту троговой структуры, выполненной породами олистостромового комплекса [1, 7].

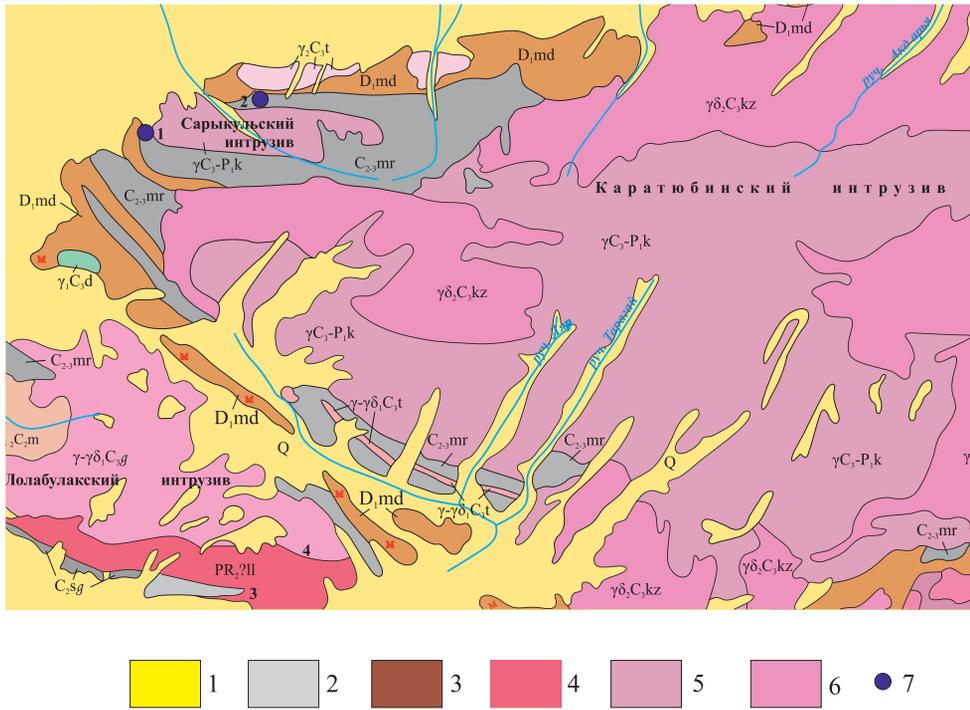


Рис. 1. Схема геологического строения Карат'юбинских гор (по материалам Б. Гаппарова): 1 — четвертичные отложения нерасчлененные Q; 2 — олистостромовый комплекс C_{2-3} : сланцы, роговики, песчаники, алевролиты, аргиллиты с олистолитами и олистоплаками разновозрастных карбонатных и кремнистых пород; 3 — известняки и доломиты D; 4 — кристаллические сланцы, гнейсы, мигматиты, амфиболиты PR₂; 5 — граниты мусковитовые и мусковит-биотитовые C_3-P_1 ; 6 — гранодиориты роговообманково-биотитовые, порфиоровидные C_3 ; 7 — месторождения вольфрама: 1 — Карат'юбе; 2 — Сарыкуль

Скарново-рудные тела на месторождении Карат'юбе прослеживаются изгибающейся полосой северо-западного направления в юго-западной экзоконтактовой зоне Сарыкульского интрузива, развиты по карбонатным олистолитам олистостромового комплекса и приурочены в основном к их межпластовым и межформационным отслоениям [3]. Морфология скарново-рудных тел разнообразная, но существенно преобладают межпластовые тела пластообразной и линзообразной форм [11]. По составу наиболее распространены гранатовые, гранат-везувиановые, везувиановые и гранат-пироксеновые ассоциации скарнов. Наиболее богаты вольфрамом везувиан-гранатовые скарны. Шеелит в скарново-рудных телах встречается в виде неравномерной вкрапленности размером от долей миллиметра до первых сантиметров.

Рудные тела месторождения Сарыкуль локализованы в северной экзоконтактовой зоне Сарыкульского интрузива (рис. 1), сложенного породами диоритовой, гранодиоритовой, гранитовой и аляскитовой формаций.

На генетическую связь месторождения Сарыкуль с биотитовыми и лейкократовыми гранитами указывает один и тот же состав элементов-примесей; высокие содержания вольфрама в биотитовых гранитах (до 100 г/т) и лейкократовых гранитах (до 250 г/т), а также присутствие акцессорного шеелита в продуктивных на вольфрам гранитоидах [8, 12].

Структурная позиция рудного поля характеризуется его приуроченностью к северному экзоконтакту Сары-

кульского интрузива биотитовых и лейкократовых гранитов (C_3-P_1) и вытянута вдоль него в виде полосы интенсивно метаморфизованных пород шириной до 500–800 м и протяженностью до 2,5 км.

В формировании структуры месторождения решающая роль принадлежит разрывной тектонике [13]. Главной рудоконтролирующей структурой является продольная тектонически ослабленная зона, представленная многочисленными линейно-вытянутыми слабоизвилистыми разрывами согласными с направлением основной складчатости и простираем пород площади [11]. Внутреннее строение структур этого плана характеризуется разной степенью дробления, иногда сопровождается кварцевым жильно-прожилковым выполнением, чаще фиксируется по субпараллельному

рассланцеванию вмещающих пород. Общее падение крутое на север-северо-запад ($65-85^\circ$), суммарная мощность достигает первых сотен метров. Мощность составляющих зону разрывов от первых метров до первых десятков метров.

Поперечные разрывные нарушения СВ и ВСВ направлений в значительной мере дополняют структурный план, формируя каркасно-блоковое строение месторождения Сарыкуль. Наиболее распространенными является группа нарушений ВСВ направления. Падение разломов в ССЗ направлении под углами $50-70^\circ$. Внутреннее строение зон характеризуется линейной трещиноватостью, реже ориентированным дроблением [1]. Данные нарушения являются наиболее поздними и по отношению к другим носят секущий характер (рис. 2).

Продольный разлом и его системы на месторождении Сарыкуль являются рудолокализирующими и вмещают практически все основные промышленные рудные тела (рис. 2). По времени формирования тектонические нарушения северо-восточного простираения отчетливо послеинтрузивные, о чем однозначно свидетельствует смещение по ним контактов Сарыкульского интрузива.

Сарыкульский интрузив сложен серыми и розовато-серыми средне- и крупнозернистыми слабопорфиоровидными двуслюдяными гранитами, относимыми к позднекаменноугольно-раннепермскому кетменчинскому субкомплексу (γC_3-P_1k) карат'юбе-зирабулак-

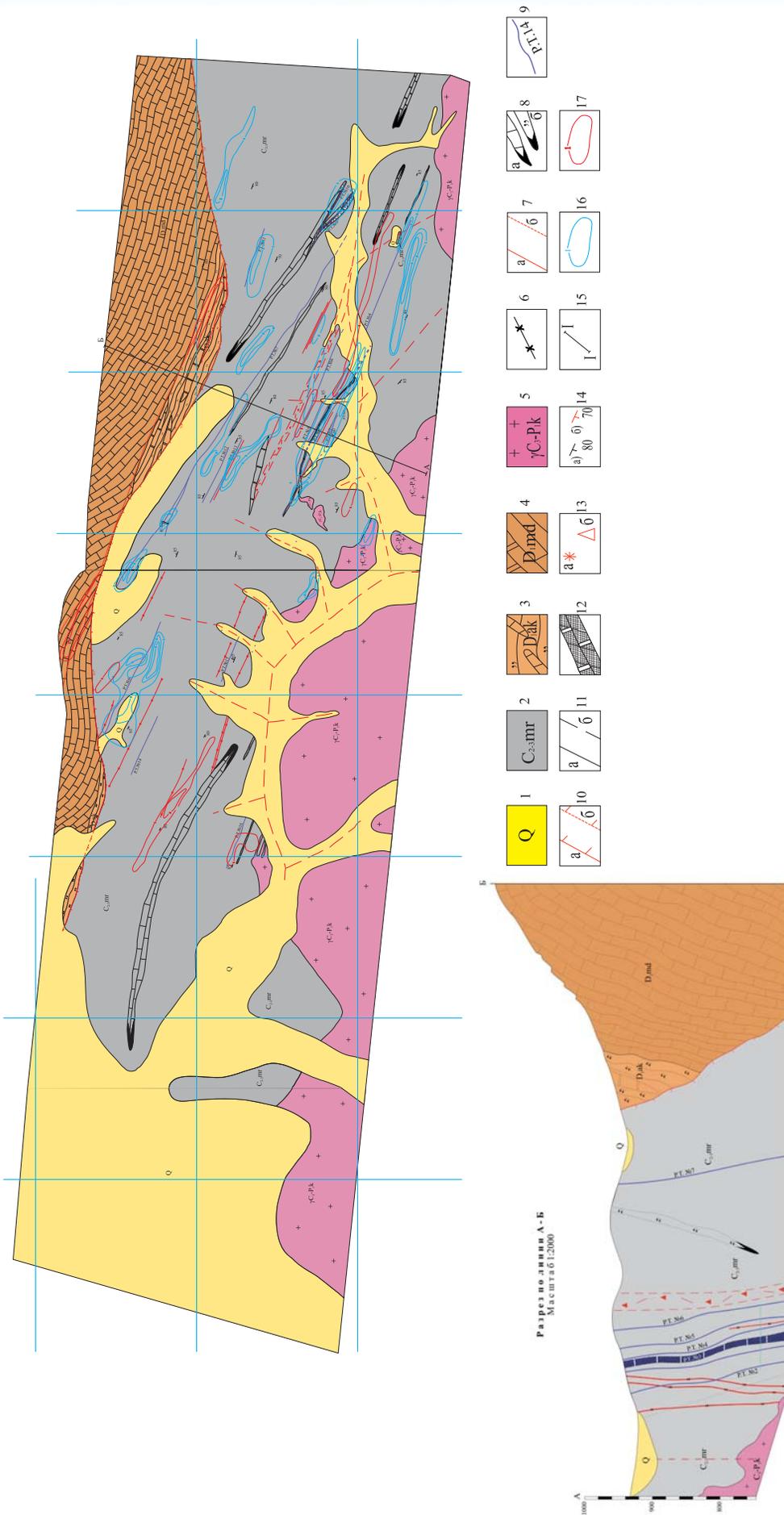


Рис. 2. Карта первичных ореолов вольфрама на участке Сарыкуль и геологический разрез по линии А-Б (по материалам Б. Гаппарова): 1 — четвертичная система нерасчлененная, супеси; 2 — каменноугольная система, средний-верхний отделы, маргусовская свита. Сланцы с олистолитами и олистолитами разновозрастных карбонатных и кремнистых пород; 3 — девонская система, акбайская свита, кремнистые аргиллиты с линзами известняков; 4 — девонская система, мадонская свита, мраморизованные известняки; 5 — кетменчинский субком-плекс, граниты мусковитовые и мусковит-биотитовые; 6 — гранит аллиты; 7 — разломы: а) прослеженные, б) предполагаемые; 8 — известняки, а) известняки, б) известняки; 9 — вольфрамовое рудное тело; 10 — надвиги: а) прослеженные, б) предполагаемые; 11 — геологические границы: а) достоверные, б) предполагаемые; 12 — зона сканирования по мраморизованным известнякам; 13 — зоны: а) ожелезнения, б) брекчирования; 14 — элементы залегания; 15 — линии разреза; 16 — зоны сканирования по мраморизованным известнякам; 17 — изолинии литохимических аномалий меди

ского адамеллит-гранитового комплекса. Каратюбе — зирабулакский (C₃kz) комплекс имеет следующее строение: 1) крупнозернистые порфиroidные биотитовые граниты-адамеллиты, в краевой части постепенно переходящие в биотитовые лейкократовые граниты; 2) средне- и крупнозернистые порфиroidные биотитовые адамеллиты и гранодиориты; жильные породы — мелкозернистые биотитовые и двуслюдяные граниты, аплиты, пегматиты (рис. 2). Химический состав гранитоидов Сарыкульского интрузива и петрохимические коэффициенты приведены в табл. 1.

Гранитоиды Сарыкульского интрузива относятся к умеренно щелочному ряду, калинатриевой серии, в основном высокоглиноземистые с очень низкой степенью фемичности, средней и высокой степенью железистости [4]. Для пород комплекса характерна очень низкая степень окисленности железа. Геохимический профиль: литий, цезий, олово, вольфрам, висмут, бериллий. Содержания рубидия — 248 г/т, стронция — 136 г/т. Тип акцессорной минерализации шеелит-апатит-сфеновый.

В составе акцессорных минералов, занимающих около 1 % породы, присутствуют сфен (0,1–0,5 %), апатит (0,1–0,3 %), ильменит (0,03–0,05 %), ортит и рутил (0,04–0,05 %), магнетит (0,05–0,1 %).

Особенностями исходных пород (дометаморфического субстрата) на месторождении Сарыкуль являются их характеристики, связанные с условиями формирования грубого флиша. Эта фация олистостромового комплекса формируется в обстановке интенсивно проявленных обвально-оползневых процессов в бассейне осадконакопления, приводящих к интенсивному перемешиванию нелитифицированного осадка и формированию пород с сочетанием пелитовых, алевролитовых и псаммитовых частей и неравномерным распределением карбонатного вещества [6].

Сформированные в условиях геодинамически напряженного состояния, они характеризуются высокой гранулометрической дисперсией, обеспечивающей значительную исходную пористость рудовмещающей среды [13].

Перекристаллизация первично-гетерогенной осадочной породы в условиях регионального, контактового и динамометаморфизма приводит к формированию сланцевых пород, основой которых являются кварц-полевые шпаты — слюды (биотит, мусковит, серицит, хлорит) и амфибол.

Распределение основных петрогенных элементов в породах условно фоновой выборки (метаморфические сланцы неизменные, среднее по 61 пробе, г/т): Na — 18379 (1,9); Mg — 21822 (1,45); Al — 64917 (0,75); P — 935,8 (1,34); K — 20281 (0,75); Ca — 21675 (1,08); Fe — 44822 (0,93). В скобках указаны кларки-концентрации петрогенных элементов.

Дорудный субстрат характеризуется повышенными содержаниями (по отношению к кларку) Na, Mg, P, Ca и пониженными значениями Al, K и Fe.

Распределение основных рудогенных элементов в породах условно фоновой выборки: W — 1,99; Au — 0,047; Pb — 20,56; Bi — 0,77; Mo — 8,74; Ag — 0,43; Sn — 12,44; Sb — 1,68; As — 19,6; Cu — 54,12; Zn — 122,4; Li — 109,6; Be — 5,05; Se — 5,63; Te — 0,15; Ba — 807; Zr — 94,3; Nb — 10,22; Cd — 0,33; V — 164,6; Cr — 75,58; Mn — 716; Co — 17,22; Ni — 47,78; U — 5,63; B — 36,7; Ti — 3854.

Таким образом, химические элементы в метаморфических сланцах за контуром рудных тел достаточно четко разбиваются на 3 группы: с субкларковыми значениями — W, Pb, Sb, Nb, Cd, Mn, Co, Ti; As, Ba, V, Zn, Cu; с нижекларковыми значениями — Zr, Cr, Ni, B и сверхкларковыми значениями (в скобках значения кларков — концентрации) — Te (150), Bi (77), Au (47), Se (11,3) — Ag (6,1), Mo (3,4) — Sn, Li, Be (2,1–1,7).

Поликомпонентный состав метаморфических пород, унаследованный от гетерогенного матрикса олистостромовой толщи и структуры, подчеркивающие ее неоднородность, являются условиями для формирования трещинно-пористых пород при приложении к ним стресс-деформаций, что в итоге определяет благоприятные возможности для протекания метасоматических процессов в рудоносной зоне месторождения Сарыкуль.

Постмагматические процессы гидротермального воздействия на сформированные метаморфические сланцы в тектонически ослабленной зоне северо-западного простираения приводят к перегруппировке минеральных компонентов и появлению новых минеральных ассоциаций, формирующих разнообразные породы ряда скарноиды — биотит-полевошпат-кварцевые метасоматиты — серицит-хлорит-кварц-полевошпатовые метасоматиты [4]. Указанные продукты метасоматоза вероятно образуют единый ряд с нечеткими границами между ними и большой группой

Таблица 1
Химический состав и петрохимические коэффициенты гранитоидов

Компонент	1	2	3	Ср.	Коэффициент (К)	Значение К
SiO ₂	71,50	71,86	71,54	71,63	al ¹	14,0
TiO ₂	0,30	0,08	0,15	0,18	f	1,32
Al ₂ O ₃	14,28	16,43	15,60	15,44	Кф	96,3
Fe ₂ O ₃	0,41	0,01	0,27	0,23	Na ₂ O + K ₂ O	8,62
FeO	2,15	1,39	0,43	1,32	Na ₂ O / K ₂ O	1,23
MnO	0,05	0,01	0,06	0,04	K ₂ O / TiO ₂	21,5
MgO	0,70	0,60	0,40	0,06	Ka	0,55
CaO	1,19	1,54	1,96	1,56	Fe ₂ O ₃ / FeO	0,17
Na ₂ O	3,70	4,71	5,83	4,75		
K ₂ O	4,52	4,08	3,02	3,87		

Петрохимические коэффициенты: — al¹ — глиноземистость — Al₂O₃ / (Fe₂O₃ + FeO + MgO); f — фемичность — Fe₂O₃ + FeO + MnO + MgO + TiO₂; Кф — железистость — (Fe₂O₃ + FeO) / (Fe₂O₃ + FeO + MgO) × 100; — Na₂O + K₂O — ряд щелочности; Na₂O / K₂O — тип щелочности, серия; Fe₂O₃ / FeO — степень окисленности железа; Ka — агаитность — Na₂O + K₂O / Al₂O₃

Таблица 2
Минеральный состав метасоматитов, скарноидов и жильных образований

Распространенность	Нерудные	Рудные	Гипергенные
Главные (распространенные)	Пироксен Гранат (гроссуляр) Амфиболы Са-плагноклаз Ортоклаз Карбонат (кальцит) Хлорит Серицит Биотит Кварц	Шеелит Пирит Марказит Мельниковит Пирротин Халькопирит Висмут Висмутин	Глинистые Ковеллин Халькозин Гётит Лимонит
Часто встречающиеся	Рутил Сфен Циркон	Касситерит Апатит Сфалерит Галенит Bi, Pb — сульфосоли с серебром	Гипс Лейкоксен
Редкие акцессорные	Монацит Барит	Блеклая руда (?) Арсенопирит Сульфотеллуриды Магнетит	Медь самородная

сквозных минералов (кварц — плагноклаз — серицит — кальцит и возможно амфибол). Появление различных образований в этом ряду возможно связано с соотношением карбонатной, пелитовой и псаммитовой компонент в дометаморфическом субстрате и унаследованности процесса от ранних метаморфических стадий до позднего метасоматоза.

Скарноиды со значительными вариациями минерального состава от разностей, где ведущей является минеральная ассоциация кварц-плагноклаз-серицит до породы полевошпат-карбонат-амфиболового состава. Повсеместно в различных количествах присутствует пироксен (геденбергит), который встречается в виде гнезд и агрегативных скоплений совместно с кварцем, хлоритом, амфиболом и пиритом.

Минеральный состав включает в себя приблизительно 40 минералов (табл. 2). Главные минералы вмещающих пород, метасоматиты жильных образований — кварц, полевые шпаты (преобладает плагноклаз-Na), серицит, биотит, карбонат (кальцит, Fe-карбонат), пироксен (Fe-Са ряда), амфибол (Са-Mg-Fe ряда).

Обобщенный минеральный состав скарноидов с существенной долей темноцветных минералов (%): пироксен + амфибол 25–28, кварц 22–24, плагноклаз 10–20, серицит 3–22, кальцит 1–5. Химический состав скарноидов также отражает их непостоянный минеральный состав (%): SiO₂–49–65, Al₂O₃–11–14, СаО — 3–10, MgO — 3–5,5.

Биотит-полевошпат-кварцевые метасоматиты имеют неяснопроявленную полосчатость, вдоль которой характерно выделение углистого вещества. Биотит

(главный минерал этой группы метасоматитов) образует крупнолистоватые скопления вдоль сланцеватости, ассоциируясь с плагноклазом, кварцем и углистым веществом. По биотиту часто развивается хлорит, сохраняющий в себе его реликты. Вышеуказанный тип метасоматитов характеризуется относительно устойчивым составом (%): биотит 18–44; кварц 13–40, плагноклаз 21–29 (в единичном случае 5,5), хлорит 3–7, глинистые минералы 6–10; незначительно развиты кальцит 0,5–3 и серицит 0–8. Химический состав указывает на относительную стабильность минерального состава (%): SiO₂–64–69, Al₂O₃–11–14; СаО — 2–3, MgO — 2,6–4.

Серицит-хлорит-кварц-полевошпатовые метасоматиты массивные, часто катаклазированные. Структура их разнородная — от мелко до среднезернистой, в основном лепидогранобластовая.

Минеральный состав существенно-переменный (%): хлорит 13–29, серицит 3–21, плагноклаз 8–20, кварц 4–20; кальцит 2,5–15, глинистые минералы 1,5–20.

Главный минерал выделенных метасоматитов — хлорит — ассоциирует с серицитом, кварцем, плагноклазом и замещает пироксен, гранат, амфибол и полевошпат. Химический состав относительно стабилен (%): SiO₂–30–42; Al₂O₃–12–14; СаО — 10–13; MgO — 2,2–5.

Особую группу вольфрамсодержащих пород на месторождении Сарыкуль образуют метасоматически измененные известняки, которые при относительно низкой степени мраморизации содержат рассеянное в массе породы углисто-графитистое вещество и алюмосиликатную примесь. Некарбонатная примесь известняков подвергается интенсивным метасоматическим изменениям (до образования альбит-кварцевых сегрегаций) и является в них основной средой для осаждения шеелита. При уменьшении альбитовой составляющей новообразованные участки в известняках имеют кварц-карбонатный состав, при различных соотношениях кварца и метасоматического кальцита (до образования практически мономинеральных гнезд). Интенсивность метасоматического преобразования известняков приводит к существенному понижению в их составе карбонатов (содержание СаО может снижаться до 15 %), появлению MgO в количестве до 1,2 % и увеличению в объеме породы кварца (до 12 %).

Распределение основных петрогенных элементов в алюмосиликатных метасоматитах (49 проб): Na — 13039 (0,7); Mg — 16559 (0,76); P — 3482 (3,7); Са — 74689 (3,4); Al — 58409 (0,9); K — 11393 (0,56); Fe — 54373 (1,2). В скобках указаны коэффициенты накопления. Рудный процесс имеет углекислую специфику (более чем трехкратный привнос кальция), сопровождается существенным накоплением фосфора и незначительным привносом железа [2]. На предрудной стадии формирования метасоматитов наблюдается вынос из околорудного пространства натрия, магния и алюминия.

Распределение основных рудогенных элементов в метасоматитах (49 проб): W — 3921,7; Au — 0,14;

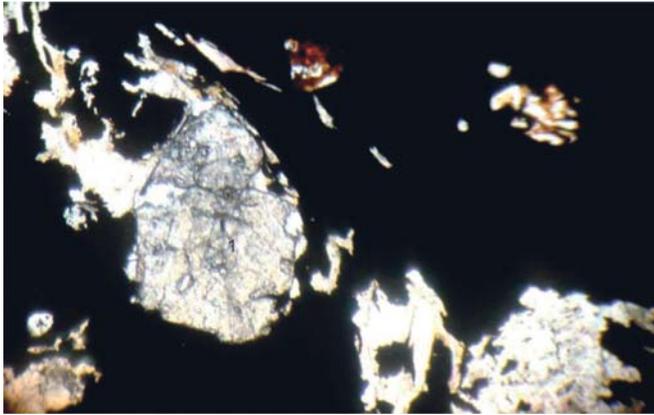


Рис. 3. Шеелит в дисульфидах железа: 1 — шеелит; черное — пирит в смеси с марказитом, мельниковитом

Pb — 12,4; Bi — 92,8; Mo — 9,0; Ag — 1,1; Sn — 57,1; Sb — 1,2; As — 18,6; Cu — 298,2; Zn — 761,6; Li — 65,6; Be — 54,1; Se — 5,9; Te — 1,85; Ba — 563,4; Zr — 55,9; Nb — 13,0; Cd — 12,5; V — 180,3; Cr — 56,9; Mn — 2145,4; Co — 12,3; Ni — 47,7; U — 6,0; B — 32,0; Ti — 2514,1.

Для метасоматитов характерно: существенный привнос в околорудное пространство (в скобках коэффициенты накопления) W (1970,7); Bi (120,5) и Cd (37,8); заметный привнос — Te (12,3); Be (10,7); Zn (6,2); Cu (5,5); Sn (4,6); умеренный привнос — Au (3,0); Mn (3,0); Ag (2,5); вынос из околорудного пространства — Pb, Li, Zr (0,6); Ti (0,65); Sb, Ba, Co (0,7); Cr (0,75) и нейтральное поведение Mo, As, Se, Nb, V, Ni, B.

Особенностью рудной минерализации месторождения Сарыкуль является обилие в минерализованных зонах сульфидов железа, которые в результате внутрирудных процессов формируют цепочку от исходного пирротина до конечного пирита с промежуточными продуктами в виде мельниковита и марказита.

Пирит является наиболее широко распространенным минералом минерализованных зон, образующим массивные скопления, прожилки, а в периферийных частях минерализованных зон рассеянную вкрапленность (в участках скопления колчеданной минерализации

содержание пирита составляет 10–15 %). По результатам химического анализа пиритового концентрата пирит обогащен W (8 %), Zn (0,5 %), Sn (0,1 %), Bi (500 г/т), Cu (300 г/т), Mo (100 г/т), Ag (5,1 г/т) и Au (1,4 г/т). Примеси рудных элементов объясняются наложением на пирит более поздних минеральных ассоциаций (магнетита, халькопирита, сфалерита, шеелита, касситерита). Метаморфогенная природа пирита подтверждается частыми содержаниями в нем реликтов пирротина, преобразованного в гипогенных условиях. Пирротин тесно ассоциирует с халькопиритом, сфалеритом, минералами Bi, обогащен вольфрамом (до 1,3 %).

Группа минералов, встречающихся в рудах в малых количествах: халькопирит (образует мелкие ксеноморфные скопления в нерудной массе, либо в сростках с пирротинном, сфалеритом, пиритом, шеелитом и висмутином), касситерит (ассоциирует с халькопиритом, сфалеритом, шеелитом, пиритом и кварцем), серебросодержащие сульфосоли Bi-Pb состава (содержат в качестве примеси Cu, Se, Te) [9].

Группа минералов, встречающихся в рудах в виде микровключений: сфалерит (встречается среди касситерита; отмечается также в сростании с висмутином, халькопиритом и пиритом), висмутин (встречается в

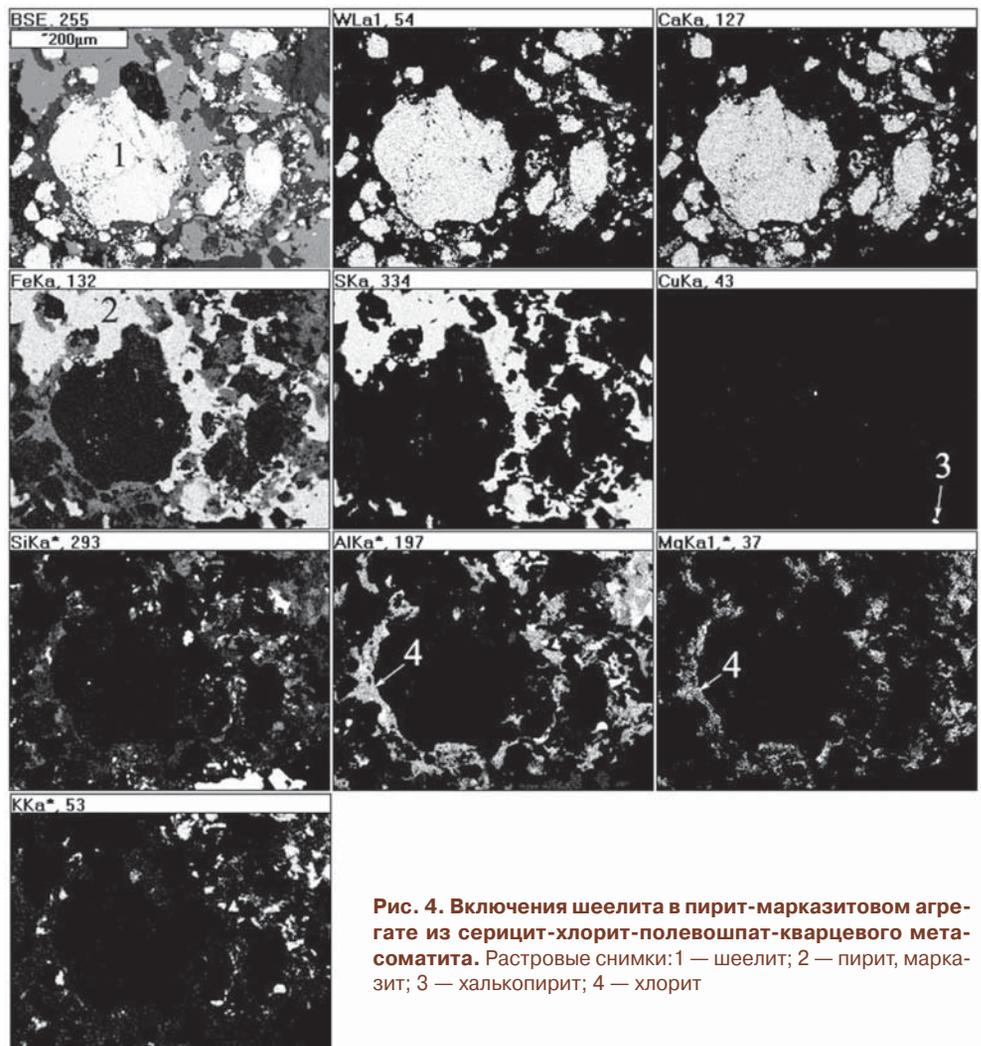


Рис. 4. Включения шеелита в пирит-марказитовом агрегате из серицит-хлорит-полевошпат-кварцевого метасоматита. Растровые снимки: 1 — шеелит; 2 — пирит, марказит; 3 — халькопирит; 4 — хлорит

виде ультратонкой вкрапленности в пирите, халькопирите, сфалерите, шеелите и гранате), висмут самородный (встречен среди шеелита и пирита), галенит.

Шеелит является главным и единственным вольфрамсодержащим минералом, определяющим практическую значимость руд. В виде неравномерной вкрапленности присутствует в I природном типе руд (рис. 3) — метасоматитах серицит-хлорит-полевошпат-кварц-карбонатного состава с дисульфидами железа. Размер зерен от $< 0,0$ н до 1–2 мм. Микроскопические исследования показали приуроченность шеелита к дисульфидам железа (рис. 3), полевошпат-серицит-хлоритовому агрегату (рис. 4.), к амфиболу, сульфидам. Часто шеелитовые зерна содержат включения полевого шпата, хлорита, гидроксидов железа. Люминесцентное свечение в голубых тонах (В.Д. Цой, 2016) (рис. 5).

Шеелит определяет весь объем вольфрамового рудобаланса месторождения Сарыкуль. Он встречается в прожилках и гнездах метасоматического кальцита; в кварц-карбонатных прожилках; в карбонат-пиритовых агрегатах; в пирит-марказитовых и пирит-мельниковитовых гнездах; в альбитовых и актинолитовых скоплениях; в ассоциации с серицитизированным и карбонатизированным плагиоклазом (рис. 2).

Шеелит образует единичные включения, неравномерную вкрапленность и мелкогнездовые агрегаты. Размер зерен от $< 0,01$ мм до 1–2 мм. Часто шеелитовые зерна содержат включения полевого шпата, хлорита, гидроксидов железа. По трещинам в шеелите, кроме вмещающих нерудных минералов, отмечаются халькопирит и включения висмутита. Шеелит обогащен Mo и Cu.

Вольфрам установлен в вышекларковых концентрациях во всех проанализированных типах пород, руд и жильных образований. Единственной минеральной формой его проявления является шеелит (рис. 2). Вольфрам характеризуется значительной дисперсией содержаний (от 0,001 до 17 %), с повышением концентраций от метапсаммитовых кварцитовидных разностей (0,001–0,01 %), кварц-полевошпатовых брекчий (0,005–0,2 %) и жильного кварца (0,005–0,2 %) до рудоносных метасоматитов (в метасоматически измененных известняках 0,02–0,85 %, в скарноидах 0,015–2,2 %, в биотит-полевошпат-кварцевых метасоматитах 0,001–2,5 %).

По результатам геохимических исследований для апометатерригенного вольфрамового оруденения месторождения Сарыкуль установлен обобщенный ряд относительной интенсивности, который имеет вид: W — Bi — Cd — Te — Be — Au — Zn — Cu — Sn — Ag — Mn — Mo — U — Se — V — Nb — Ni. Обращает на себя внимание высокое положение в ряду Cd и Te, а также низкое — Se и V.

Анализ корреляционных связей между элементами позволил выявить следующие закономерности:

— W образует значимые, но слабо выраженные корреляционные связи с Pb, Ag, Au, Be и Mn, что, вероятно, определяется автономностью формирования

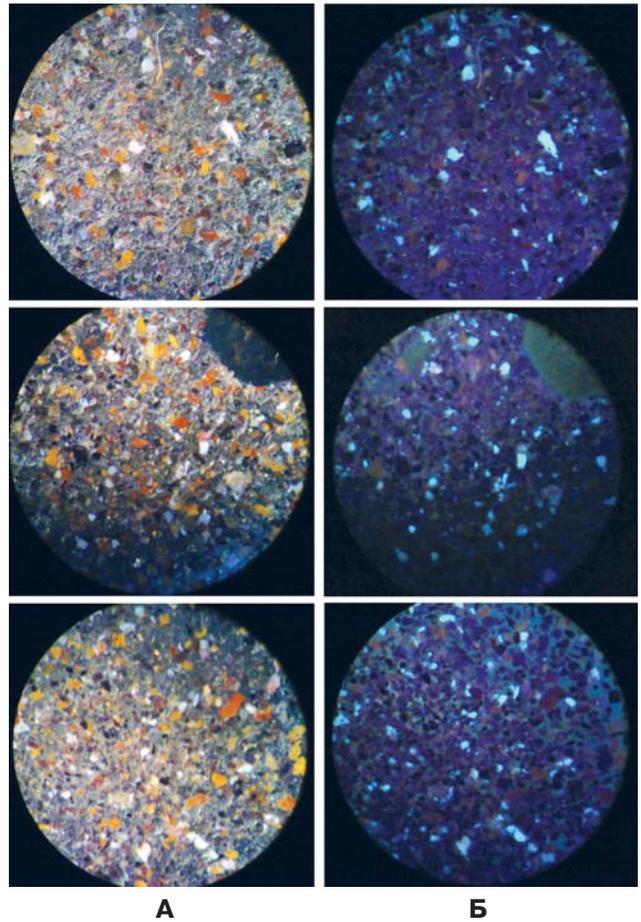


Рис. 5. Шеелит из концентрата: А — шеелит (белый) в концентрате; Б — шеелит под люминескопом

шеелитовой минерализации, с последующим совмещением в минерализованных зонах продуктов разных стадий;

— высокозначимая прямая корреляция Au с Bi и Te определяет классическую триаду для золота, сопровождающего вольфрамовое оруденение региона различных рудно-формационных типов;

— отсутствие четких связей As с типоморфными элементами апометатерригенного вольфрамового оруденения при его субкларковых содержаниях в рудоносных метасоматитах, указывает на безмышьяковую специфику рудоносных растворов;

— устойчивые связи Ag, Bi, Cu, Se и Te с одной стороны и Pb с Sb с другой, указывают на широкую вовлеченность в рудный процесс сульфосольной минерализации, ее разнообразие и обогащенность редкими элементами;

— устойчивая ассоциация Li — Cr — Ni — Co — Ti в настоящее время не имеет подтверждения на минеральном уровне и требует дополнительных исследований для ее расшифровки.

Выводы

Предварительно намеченный прогнозно-поисковый комплекс нового для региона апометатерригенного вольфрамового оруденения может включать следующие основные элементы:

— приуроченность минерализованных зон к ближней экзоконтактовой зоне геохимически специализированного на вольфрам гранитоидного интрузива;

— наличие мощной и протяженной продольной рудолокализирующей тектонически ослабленной зоны, осложняющей строение троговой структуры;

— широкое распространение на площади глубоко преобразованных метаморфическими процессами осадков матрикса песчано-аргиллитового комплекса олистостромовой толщи, характеризующихся высокой гранулометрической дисперсией, обеспечивающей значительную исходную пористость рудовмещающей среды и являющихся субстратом для формирования рудоносных метасоматитов;

— сложно построенное геохимическое поле, определенное типоморфным комплексом элементов (W — Bi — Cd — Te — Be — Au — Zn — Cu — Sn);

— особенности рудной минерализации, выраженные значительными объемами в минерализованных зонах сульфидов железа (пирротин, мельникит, марказит, пирит); широким распространением группы минералов, встречающихся в рудах в малых количествах (халькопирит, касситерит, сульфосоли) и минералов, образующих микровключения (сфалерит, висмутин, висмут самородный, галенит);

— исследования особых форм внутренних структур пространственно-корреляционных групповых матриц распределения элементов, а также пространственная разобщенность ореолов отдельных рудогенных элементов может свидетельствовать о двух группах геохимических ассоциаций (W-Cu-V—Mo и Mo-V—Cu-Cr-Ni), а наличие надежных корреляционных связей в парах W-Cu, Mo-Cu, W-Mo о возможности их телекопирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буртман, В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия: тектоника и геодинамика в палеозое / В.С. Буртман // М.: Геос., 2006. — 325 с.
2. Бородин, Л.С. Петрология и геохимия даек щелочно-ультраосновных пород и кимберлитов / Л.С. Бородин, А.В. Лашин, И.К. Пятенко // М.: Наука, 1976. — 256 с.
3. Даутов, А. Минералого-геохимические критерии условий формирования и потенциальной рудоносности Кошрабадского и Яхтонского интрузивов (Западный Узбекистан): Автореф. дисс. к.г.-м.н. / А. Даутов. — Ташкент: ИГГ АН РУз, 1974. — 46 с.
4. Диваев, Ф.К. Фациально-формационный анализ интрузивных (гранитоидных) образований Западного и Южного Узбекистана в свете их рудоносности за 1980–1984 гг. / Ф.К. Диваев, З.А. Юдалевич. — Фонды ГУП «Гиссаргеология», 1984. — 137 с.
5. Жураев, М.Н. Новые типы вольфрамового оруденения Каратюбе-Чакылкалянского рудного района / М.Н. Жураев, Т.Н. Тураев // Горный вестник Узбекистана. — Навои, 2017. — № 3. — С. 63–67.
6. Кухтиков, М.М. Олистостромы вулканогенно-осадочной формации Гиссаро-Алая и Дарваза / М.М. Кухтиков, И.Н. Черенков // Советская геология. — 1984. — № 3. — С. 24–31.
7. Леонов, М.Г. Олистостромы в структуре складчатых областей / М.Г. Леонов. — М.: Наука, 1984. — 234 с.
8. Отрощенко, В.Д. Геология скарново-шеелитовых формаций и перспективы Каратюбинского вольфрамоносного района / В.Д. Отрощенко, Л.М. Крикунова. — Отчет. Фонды ГУП «Гиссаргеология». — Ташкент, 1974. — 124 с.
9. Раскин, В.Е. Особенности локализации скарново-шеелитового оруденения Каратюбе-Чакылкаляньских гор // Актуальные проблемы геологии, геофизики и металлогении: Республиканская научно-практическая конференция / В.Е. Раскин, М.Н. Жураев. — Ташкент, 2017. — С. 273–276.

10. Рудные месторождения Узбекистана // Под ред. Н.А. Ахмедова. — Ташкент: ГИДРОИНГЕО, 2001. — 611 с.

11. Ушаков, В.Н. Металлогения вольфрама Западного Узбекистана / В.Н. Ушаков. — Ташкент: Фан, 1991. — 182 с.

12. Хамрабаев, И.Х. Важнейшие аспекты современных проблем петрогенезиса и рудогенезиса // Геология и минеральные ресурсы / И.Х. Хамрабаев. — Ташкент, 2000. — № 2. — С. 3–11.

13. Хамрабаев И.Х. и др. Факторы формирования и критерии прогноза вольфрамового оруденения Южного Тянь-Шаня / И.Х. Хамрабаев и др. — Ташкент: Фан, 1984. — 208 с.

© Жураев М.Н., Якубов Ж.Я., Хамдамов С.Р., 2019

Жураев Мехрож Нуриллаевич // j.mexroj@yandex.ru

Якубов Жонибек Яхшибоевич // Yak.jan@yandex.ru

Хамдамов Сухроб Рустамович // 1234.suh@mail.ru

УДК 553.824 (575.3)

Литвиненко А.К.¹, Одинаев Ш.А.¹, Малахов Ф.А.² (1 — МГРИ-РГГРУ, 2 — Геологоразведочная экспедиция по драгоценным и поделочным камням, Таджикистан)

ПЕРВАЯ НАХОДКА СОДАЛИТА И НЕФЕЛИНА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ЮВЕЛИРНОГО СКАПОЛИТА ЧЕРНОГОРСКОЕ (ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПАМИР)

*На месторождении ювелирного скаполита Черногорское установлены ранее неизвестные минералы — содалит и нефелин. Исследованы их минеральный состав, физические свойства и химический состав. Среди вмещающих скаполитовую минерализацию пород установлены новые для кукуртского комплекса — гарцбургиты. Представлена оригинальная версия геологического плана месторождения ювелирного скаполита. **Ключевые слова:** Центральный Памир, музкольская серия, сарыджилгинская свита, кукуртский комплекс, месторождение ювелирного скаполита Черногорское, содалит, нефелин, гарцбургиты.*

Litvinenko A.K.¹, Odinaev Sh.A.¹, Malakhov F.A.² (1 — MGRI-RGGRU, 2 — Geological survey expedition on precious and ornamental stones)

THE FIRST FIND OF SODALITE AND NEFELIN AT THE DEPOSIT OF JEWELRY SCAPOLITE MONTENEGRIN (CENTRAL PAMIR)

*A previously unknown minerals sodalite and nepheline have been found on the deposit of the jewel scapolite Montenegrin. Their mineral composition and physical properties are investigated. The chemical composition is given. Among the rocks that contain the scapolite mineralization, new harzburgite have been established for the Kukurt complex. An original version of the geological plan of the jewel scapolite deposit is presented. **Keywords:** Central Pamir, muzkol series, sarydzhilginskaya suite, kukurt complex, scapolite jewelry deposit Montenegrin, sodalite, nepheline, harzburgite.*

Введение

Месторождение Черногорское является редким по генезису камнесамоцветным, промышленным объектом. Его недра специализированы на цветной ювелир-