

УДК 553.43'536 (571.1)

© А.Х.Турсебеков, Б.Б.Василевский, 2006

ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ РУД МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ АЛМАЛЫКСКОГО РУДНОГО РАЙОНА, УЗБЕКИСТАН

А.Х.Турсебеков (Институт геологии и геофизики АН Республики Узбекистан), Б.Б.Василевский (Институт минеральных ресурсов Госкомгеологии Республики Узбекистан)

Изучение рудных формаций, взаимоотношений их с магматическими образованиями, минералогических, геохимических особенностей и характера метасоматических изменений, проведенное под руководством Х.М.Абдуллаева, позволило установить многофазность рудного процесса в Чаткало-Кураминских горах [15]. Последующие петролого-металлогенетические исследования в Алмалыкском рудном районе, известном исключительной насыщенностью месторождениями и рудопроявлениями различного типа — золото-медно-молибденовыми, серебро-свинцово-цинковыми (скарновые и стратиформные), золото-теллуристыми, золото-серебряными и др., подтвердили выявленные закономерности [24].

По разведанным запасам и уровню добычи меди Республика Узбекистан занимает ведущее место не только в Центральной Азии, но и за ее пределами и считается крупной меднорудной провинцией мира [6, 10].

Флагман цветной металлургии республики — Алмалыкский горно-металлургический комбинат. Разведаны четыре крупных медно-порфировых (Кальмакыр, Дальнее, Сарычеку, Кызата) и два свинцово-цинковых (Кургашинкан, Учкулач) месторождения. Кальмакыр, Сарычеку, Учкулач отработываются, Дальнее и Кызата — резервные.

Вслед за Т.Ш.Шаякубовым, Е.Р.Бутьевой, которые в 1976–1988 гг. при разведке и подсчете запасов

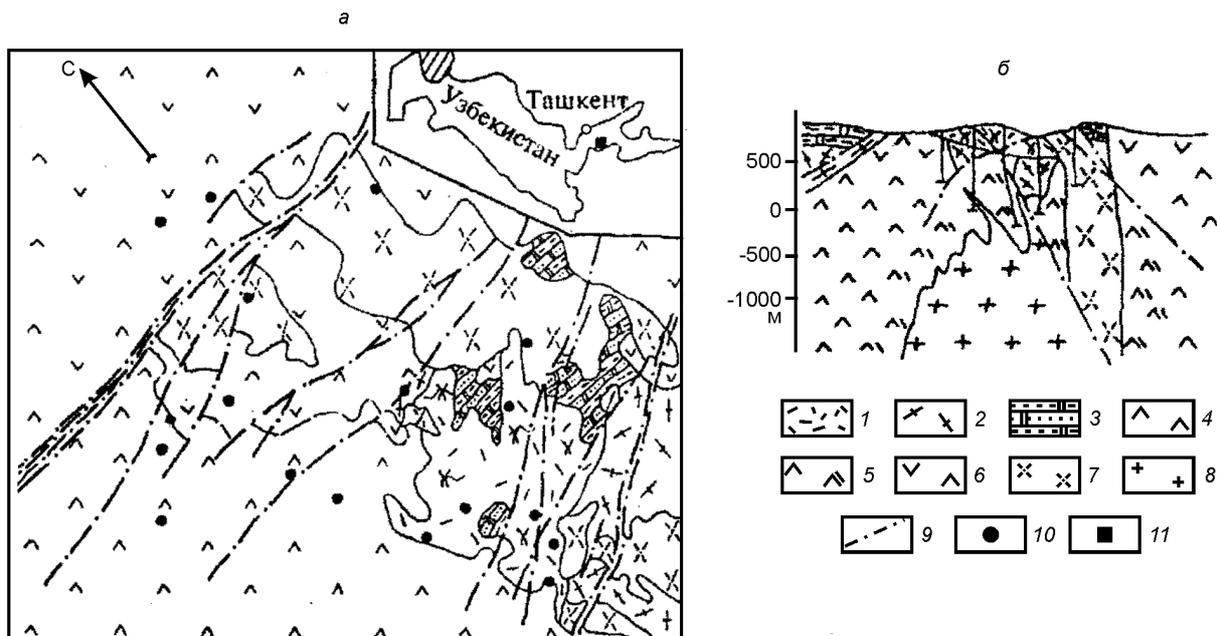


Рис. 1. Схематическая геологическая карта (а) и геологический разрез (б) медно-молибденового месторождения Большой Кальмакыр:

1 — андезитодациты, D_1 ; 2 — кварцевые порфиры, D_1 ; 3 — сульфатно-карбонатные породы, D_2-C_1 ; 4 — диориты, C_{1-2} ; 5 — сиенодиориты, C_{1-2} ; 6 — краевая фация сиенодиоритов; 7 — гранодиорит-порфиры, C_3-P_1 ; 8 — граниты, гранит-порфиры, P_1 ; 9 — разломы; 10 — скважины; 11 — местонахождение месторождения

1. Содержание благородных, редких и рассеянных элементов в рудных минералах месторождения Большой Кальмакыр, г/т

Элементы	Минералы (от ранних к поздним)		
	Пирит	Халькопирит	Молибденит
Au	3,5 (30)	22 (20)	2–28 (3)
Ag	36 (30)	65 (20)	15 (17)
Cd	15 (10)	25 (5)	-
Ga	50 (4)	10 (7)	-
In	0,5 (17)	11 (29)	-
Tl	2 (40)	7 (43)	-
Bi	50 (31)	70 (25)	20 (5)
Se	40 (77)	83 (34)	206 (17)
Te	16 (77)	10 (34)	10 (5)
Re	1,2 (8)	1,0 (20)	3016 (22)
Co	565 (150)	56 (50)	48 (10)
Ni	180 (150)	22,5 (40)	35 (10)
Sn	15 (20)	26 (25)	-
Pt	0,052 (29)	0,018 (22)	0,7 (2)
Pd	0,081 (40)	0,37 (20)	5 (1)
¹⁸⁷ Os	-	-	4,6 (2)

Примечание. В скобках — число образцов. Результаты анализов по данным С.Т.Бадалова, А.Х.Турсебекова, П.Л.Германа, Х.Азиной.

месторождений Кальмакыр, Дальнее, Карабулак, Северо-Западное Балыкты отнесли их к единому рудному узлу «Большой Алмалык», а также в связи с их общностью по геологическому строению, тектонике, магматизму, рудоносности, вещественному составу, генезису и близости нахождения, предлагаем рассматривать эти объекты как медно-порфировое месторождение Большой Кальмакыр. Оно расположено в 2 км к юго-востоку от г. Алмалык на площади более 7 км² (рис. 1). Основные рудовмещающие породы — сиенодиориты, диориты, кварцевые порфиры, прорванные штоками гранодиорит-порфиров. Первичные руды Большого Кальмакыра содержат, %: Cu 0,4, Mo 0,005, S >3, Au 0,59, Ag 2,6 г/т, а также редкие элементы (табл. 1). Доразведка флангов и глубоких горизонтов месторождения (1996 г.) позволила увеличить запасы меди на 15%, молибдена в 1,4, золота почти в 2, серебра в 2,4, рения в 5,7, селена в 3,9 раза [6, 10]. К настоящему времени около 50% выявленных запасов от общего количества балансовых эксплуатируются открытым способом (рис. 2). Кроме основных металлов, здесь сосредоточены также значительные запасы Au, Ag, S, Tl, Bi, Re, ¹⁸⁷Os, Se и др. стоимостью более 50% от стоимости производимой Алмалыкским горно-металлургическим комбинатом продукции. Запасы меди Большого Кальмакыра в мировых масштабах по-прежнему относятся к уникальным. Они обещают комбинат на длительную перспективу.

Согласно известной классификации [26, 28] гигантскими считаются месторождения с запасами

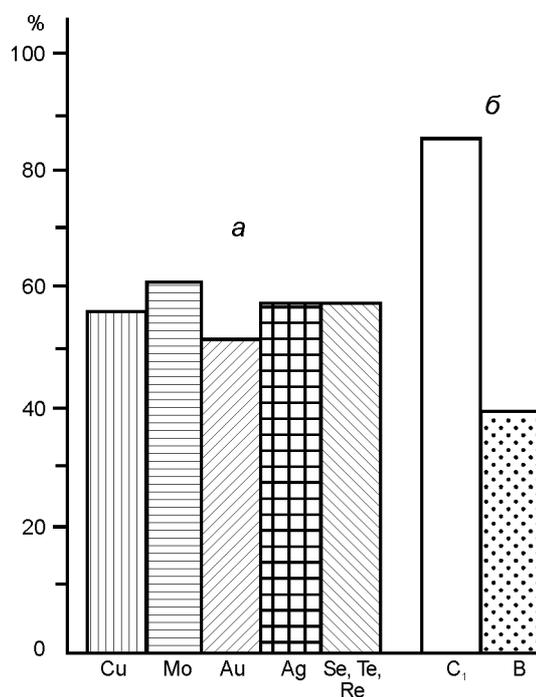


Рис. 2. Соотношение запасов руд основных, попутных полезных компонентов (а) и руд разных категорий (б) медно-порфирового месторождения Большой Кальмакыр

Cu 5,5 млн. т, Au 400 т, а супергигантскими — более 20 млн. т Cu и более 1000 т Au. Большой Кальмакыр по запасам меди, золота, рения, серебра и других металлов — супергигант. По особенностям

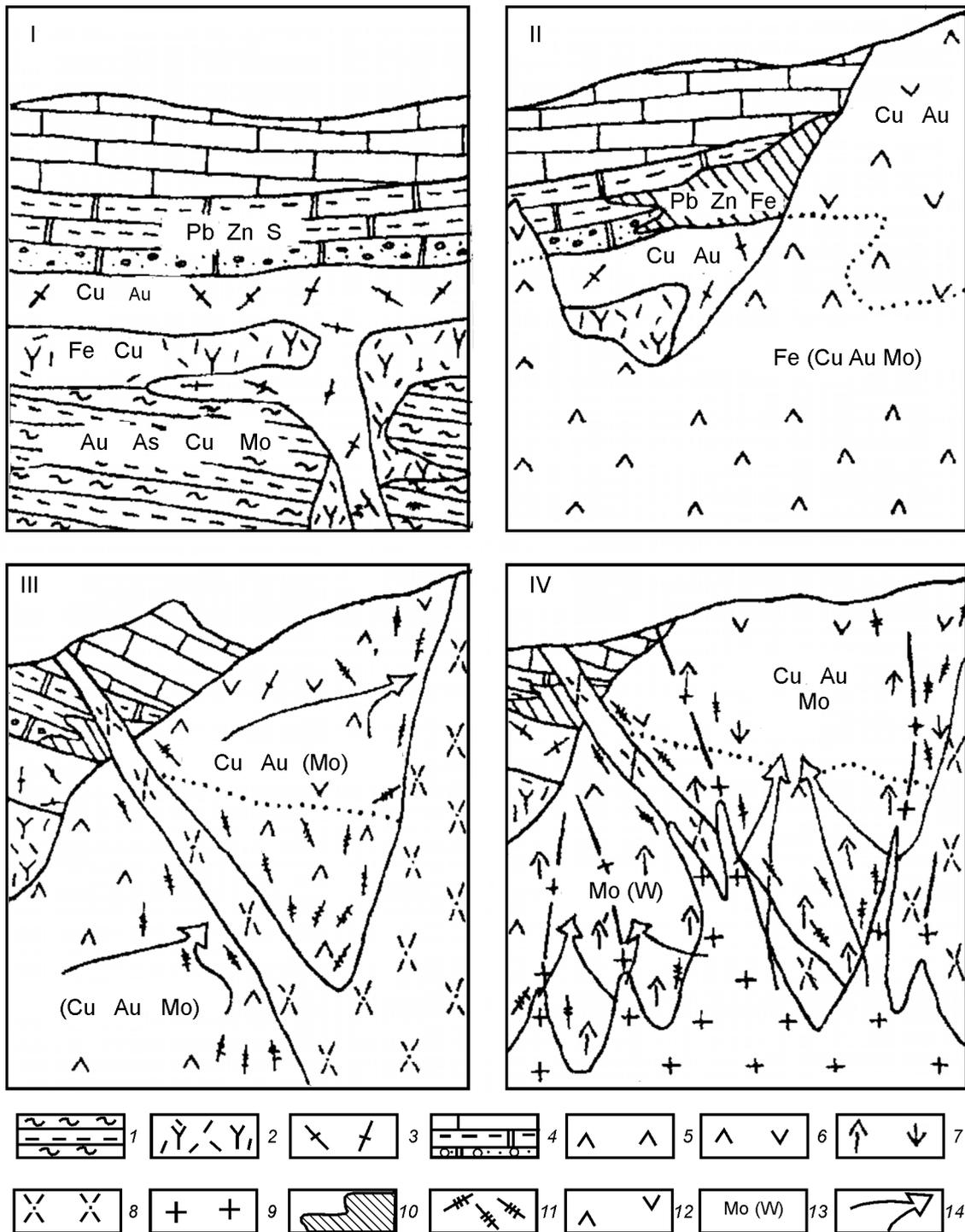


Рис. 3. Схема образования медно-порфирового месторождения Большой Кальмакыр, по А.Х.Турсебекову, Е.Н.Игнатикову:

типы оруденения: I — рассеянный, осадочный и вулканогенный, II — вкрапленный, III — прожилково-вкрапленный, IV — прожилковый; породы: 1 — терригенно-осадочные (сланцы, алевролиты, песчаники), O-S, 2 — андезитодациты, D₁, 3 — кварцевые порфиры, D₁, 4 — сульфатно-карбонатные (доломиты, мергели, ангидриты, известняки), 5 — диориты, C₁₋₂, 6 — краевая фация сиенодиоритов, 7 — слюдяные (биотитовые) диориты и сиенодиориты, 8 — гранодиорит-порфиры, C_{3-P}, 9 — граниты, гранит-порфиры, P₁, 10 — скарны с магнетитом и полиметаллическим оруденением; 11 — зоны трещиноватости; 12 — фациальная граница между диоритами и сиенодиоритами; 13 — ведущие и сопутствующие элементы; 14 — общее направление перемещения элементов

**2. Медно-молибденовый (медно-порфировый) рудно-формационный ряд месторождений
Алмалыкского рудного района**

Базовая медно-молибденовая (медно-порфировая)	Рудные формации (по геохимическому типу)		
	Сопутствующие		
	серебро-свинцово-цинковая скарновая	золото-теллуровая	золото-серебряная
	Главнейшие минеральные ассоциации		
Пирит-халькопирит-молибденитовая	Пирит-халькопиритовая		Пиритовая
Сфалерит-галенитовая	Сфалерит-галенитовая	Галенит-сфалеритовая	Халькопирит-сфалерит-галенитовая
Золото-сульфидно-теллуридная	Серебро-золото-сульфидно-сульфосольная	Золото-серебро-сульфидно-теллуридно-сульфосольная	Серебро-золото-сульфидно-сульфосольная

Примечание. Выделены важнейшие минеральные ассоциации.

состава и строения это месторождение можно отнести к категории гетерогенных, сформировавшихся в полихронной и полигенной осадочно-магматогенной рудной системе, которая рассматривается нами как многоуровневая геолого-генетическая (табл. 2–4, рис. 3, 4).

Основополагающими критериями формирования супергиганта Большой Кальмакыр являются длительность и многостадийность [14]. Новые представления привели к расширению иерархии возрастных подразделений образования месторождений. Помимо этапов и стадий минералообразования, многими исследователями выделяются рудоносные эпохи, соответствующие более длительным периодам предьстории, — собственно формирование, преобразование и сохранение месторождений [8, 17–20].

История геологического развития и рудогенеза Алмалыкского рудного района состоит из четырех эпох:

1. Раннекаледонская — терригенное осадконакопление (O–S) со значительной концентрацией меди, золота, молибдена, связанная с сингенетичной пиритизацией и углефикацией пород. Орогенез, магматизм, метаморфизм, развитие метасоматических процессов (окварцевание, серецитизация, карбонатизация, пиритизация) с образованием вкрапленных медноколчеданных концентраций (D₁), фрагменты которых установлены в Центральном блоке Алмалыкского и Алтын-Топканского рудных полей (повышенная золотоносность с пиритом, кварцем, карбонатами, халькопиритом, реже полиметаллами).

2. Позднепалеозойская — карбонатное осадконакопление (доломит-ангидритовые породы с пиритовой, полиметаллической и золотой минерализацией), гранитоидный магматизм, вулканизм, развитие малых интрузий и даек. Возраст гранитоидов, с которыми связано оруденение, 360±20 млн.

лет (изотопный анализ Re-Os, K-Ar, Pb-U методы). Формируются базовая золото-медно-молибденовая и другие, сопутствующие, рудные формации [23].

3. Мезозойская — образование кор выветривания и обеленных пород; локальные гипергенные скопления меди, золота и полиметаллов в зоне окисления и вторичного сульфидного обогащения.

4. Кайнозойская — размыв верхних частей рудных тел различных типов месторождений, образование элювиальных, делювиально-аллювиальных россыпей меди, золота и других элементов.

Медно-молибденовое месторождение Большой Кальмакыр (см. рис. 3) сформировалось в позднепалеозойскую эпоху в единой эволюционной рудно-магматической системе, образованию которой предшествовал вулканогенно-осадочный этап рудообразования первой эпохи [8, 19].

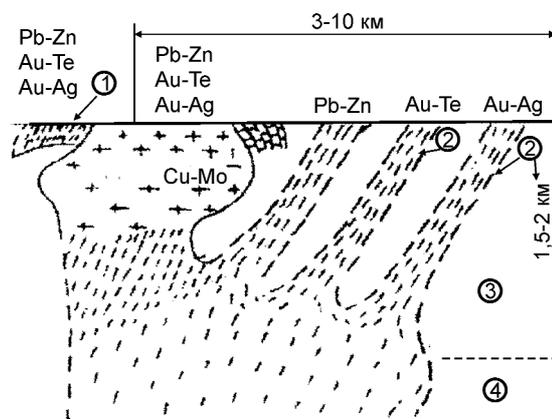


Рис. 4. Схема образования месторождения Большой Кальмакыр (идеализированный разрез):

1 — зоны порфировых руд; 2 — жильное и прожилково-метасоматическое оруденение; зоны: 3 — рудоносного дифференцированного и 4 — глубинного недифференцированного флюида

3. Обобщенные признаки базовой золото-медно-молибденовой (медно-порфировой) формации месторождения Большой Кальмакыр, составлена А.Х.Турсебековым с привлечением материалов [2-5, 7, 9, 12, 13, 21, 22, 25, 27]

Тип земной коры	Фемическо-сиалический (кураминский) умеренной мощности (38–40 км) с отношением мощности гранитного слоя к базальтовому 1
Общая геотектоническая позиция	Орогенная активизация в пределах складчатой области
Геологическая позиция	Участки горстовых поднятий и вулканотектонических депрессий, сохранившие блоки песчано-сланцевых (O–S), вулканогенных (D ₁), карбонатных с прослоями лагунного ангидрита (D ₂₋₃) отложений
Структурное положение	Тектонические клинья между Карабулакским, Кальмакырским, Бургундинским, Мисканским и Саргаламским разломами в зоне глубинного Алмалыкского разлома
Рудовмещающие породы	Сиенодиориты, димориты, менее гранодиорит-порфиры, кварцевые порфиры, андезидациты
Рудоносные интрузии	Диориты, сиенодиориты, гранодиорит-порфиры, гранит-порфиры
Развитие эксплозивных брекчий	Характерно
Роль летучих компонентов в породо- и рудообразовании	Значительная хлора и менее — фтора (хлорапатит, хлорсодержащие биотит, роговая обманка, амфиболы, айоваит и твердофазовые включения NaCl, KCl в газовой-жидких включениях в кварце, ангидрите, редкие фторапатит, флюорит)
Геохимическая специализация пород	Диориты, сиенодиориты, сульфатно-карбонатные (D ₂ -C ₁) и песчано-сланцевые породы (O–S) — Cu, Mo, Au, Pb, Zn
Гидротермально-метасоматические формации (от ранних к поздним)	Скарновая, амфибол-биотитовая, полевошпат-кварцевая, пропилитовая, тальк-хлорит-карбонатная, кварц-хлорит-серицитовая, березитовая, аргиллизитовая, грейзеновая
Зоны гидротермально-метасоматических изменений	Внешняя альбит-эпидотовая, тальк-хлорит-карбонатная; промежуточная кварц-биотит-хлорит-серицитовая, кварц-серицитовая; внутренняя кварц-ортоклазовая, монокварцевая, грейзеновая
Морфология рудных тел	Прожилково-вкрапленные, вкрапленные, жильные, штокверковые
Минеральный тип месторождения	Золото-молибденит-халькопиритовый
Геохимический тип месторождения	Золото-медно-молибденовый
Минеральные типы руд	Магнетит-пиритовый, пирит-халькопиритовый, молибденитовый, полисульфидный
Зональность рудообразующей системы	В верхних частях — Pb–Zn; на средних глубинах — Cu+Mo (основные промышленные рудные тела), в глубоких частях — Mo+W, в корневых — редкометалльно-редкоземельная акцессорная минерализация
Основные нерудные минералы	Кварц, ортоклаз, ангидрит, карбонат, хлорит, серицит, барит
Основные рудные минералы	Пирит, магнетит, халькопирит
Второстепенные рудные минералы	Гематит, молибденит, самородное золото, борнит, сфалерит, галенит, пирротин, блеклая руда, энаргит, теллуриды
Парагенетические ассоциации (от ранних к поздним)	Кварц-магнетитовая, кварц-пиритовая, кварц-молибденитовая, кварц-халькопирит-золото-молибденитовая, кварц-карбонат-халькопирит-сфалерит-галенит-блеклорудная с золотом. Многие ассоциации сопровождаются ангидритом
Минералогическая температурная зональность (°C)	Цеолиты, кальциты (250–90), барит (260–80), блеклые руды, энаргит, галенит (220–120), сфалерит (380–180), ангидрит (340–90), кварц (380–170), халькопирит (380–210), молибденит, пирротин (410–480), пирит (420–260), магнетит, вольфрамит (460–360)
Состав гидротермальных растворов	Щелочно-хлоридно-карбонатный с концентрацией растворенных солей до 40–50 экв. Содержание анионов хлора и углекислоты 5–10 моль/кг; H ₂ O соответственно; катионная часть представлена натрием. Давление в гидротермальных растворах на ранних этапах рудообразования — 9000–20 000 КПа с падением до литостатического
Абсолютный возраст оруденения, млн. лет	К-Аг метод: 294 по флогопиту; 301–303 по серициту, 273–276 по гидрослюде, 304 по кварц-слюдисто-сульфидной руде. Re-Os-метод: 200–300 по молибдениту. U-TR метод: 300–650 по галениту
Тип модели месторождения	Совмещенная «диоритовая», гранодиорит-порфировая, гранитная

4. Оценка масштабов медно-порфирового месторождения Большой Кальмакыр по набору гипогенных и гипергенных макро- и микроминералов

Характеристика	Минералы	Общее число
Основные промышленные	Меди (гипогенные)	Халькопирит , медь-, золото-, цинк-, серебросодержащие халькопириты, кубанит, моихукит, борнит , халькозин , фаматинит, теннантит, теннантит-тетраэдрит, тетраэдрит, анивит, люционит, эрангит, виттихенит, моусонит, муассанитоподобный минерал, валлериит, фрейбергит, зандбергирит, бетехтинит, аргентохалькопирит, медьсодержащие пирит и пир-ротин (25)
	Меди (гипергенные)	Халькозин, ковеллин, куприт, азурит, малахит, бирюза, аурихальцит, бромашантит, либетенит, псевдомалахит, самплеит, тенорит, халькантит, хризоколла, цианотрихит (16)
	Молибдена (гипогенные и гипергенные)	Молибденит , Re-молибденит, Pb-молибденит, молибдит, иордизит, ферримолибдит, вульфенит, повеллит, ReS ₂ , дисульфиды молибдена и свинца (10)
	Самородные элементы	Алюминий, серебро , золото , электрум , медь , графит, висмут, мышьяк (8)
Сопутствующие	Железа	Магнетит , титаномагнетит, гематит , мушкетовит, мартит, шпинель, пикотит (7)
	Титана	Ильменит, анатаз, рутил , титаномагнетит, W, Cr-рутил (4)
	Серы	Пирит , марказит, пирротин , мельниковит-пирит, Ni-маккинавит
	Мышьяка	As-пирит, арсенопирит, теннантит , теннантит-тетраэдрит , тетраэдрит , энаргит, люционит, моусонит, муассанитоподобный минерал, колусит, фаматенит (12)
	Цинка	Сфалерит, мартит, клейофан, цинкит, смитсонит (5)
	Свинца	Галенит , церуссит (2)
Редкие	Теллура	Гессит , петцит, калаверит, алтаит , монтбрайтит, тетрадимит, теллуровисмутит, креннерит, жозеит А и Б, сульфотеллуриды серебра, меди, свинца (12)
	Селена	Агвиларит, галеноклаусталит, клаусталит , платинит, вейбулит, кавицулит, науманнит, Se-галенит (8)
	Висмута	Сульфоселениды свинца, меди, висмута, серебра, матильдит, айкинит, беррит, галенобисмутит, виттихенит, висмутин (6)
	Кобальта и никеля	Миллерит, кобальтин , саффорит, кобальт и никельсодержащие пирит и пирротин, карролит и Ni-карролит (8)
	Олова	Моусонит, касситерит, станнин, колусит (4)
	Вольфрама	Шеелит, вольфрамит (2)
	Радиоактивные	Торнбернит, торит (2)
	Палладия	Меренскит (1)
Изоморфные ряды, политипные и полиморфные модификации	Крайние в изоморфных рядах разновидности	Дравит-шерл, клейофан-марматит, теннантит-тетраэдрит (3)
	Политипные и полиморфные модификации данного состава	Молибденит (гексагональный, ромбический), пирротин (гексагональный и моноклинный), анатаз-рутил, пирит-марказит, ортоклаз-микроклин, халькопирит (кубический и тетрагональный), аргентит (кубический), акантит (моноклинный), энаргит (ромбический) – люционит (моноклинный), креннерит (ромбический) – калаверит (моноклинный), халькозин (ромбический) – диагенит (кубический), серицит 2M ₁ , 1Mg, 2M; кристобалит – тридимит и др. (13)

Примечание. Выделены преобладающие минералы.

I этап — осадконакопление (O-S) и связанные с ним стратиформные рудные концентрации меди, золота, молибдена, свинца, цинка; внедрение интрузий и вулканогенных образований андезит-дацитового состава (D₁), формирование вкрапленных медноколчеданных концентраций.

II этап — внедрение основного расплава и контаминация его материалом песчано-сланцевых (O-S), вулканогенных андезит-риолитовых (D₁) и карбонатных (D₁-C₁) пород с сингенетическими концентрациями свинца, цинка; кристаллизация диоритового интрузива (C₁₋₂) с эндофацией сиенодио-

ритов и сиенитов на контактах с доломитами, формирование магматического и позднемагматического вкрапленного медного с золотом оруденения в интрузивных породах, магнетитового с медью и свинцово-цинкового — в скарнах [1, 14, 23].

III этап — внедрение штоков гранодиорит-порфиоров (C_3-P_1), комплекс послемагматических изменений, включая пропилитизацию и образование промышленных прожилково-вкрапленных, регенерированных медных с золотом и частично с молибденом руд [14].

IV этап — внедрение гранитов (P_1), биотитизация: преобразование пород интрузива в слюдяные диориты и сиенодиориты; грейзенизация, турмалинизация биотитизированных пород в над- и околоинтрузивном пространстве; образование богатого прожилкового молибденового с вольфрамом и другого оруденения с редкими и редкоземельными элементами [14]. Экструзивные аналоги гранитов (кварцевые порфиры) с молибденовой минерализацией вскрыты карьером на глубоких горизонтах.

Рассмотренные этапы формирования медно-молибденовой базовой формации подтверждают тезис об уникальности развития месторождения с многократным проявлением магматизма, мобилизацией, привнесом и переотложением рудных элементов, которые создают предпосылки для формирования суперкрупных объектов. В мировой практике поисков и разведки месторождений известны примеры неожиданных открытий в жильных рудных полях «слепых», скрытых на большой глубине, крупнообъемных штокверковых рудных залежей иного, чем разведываемые жилы, состава (США, Венгрия, Югославия и др.).

В результате минералогического картирования Большого Кальмакыра в контурах карьера и вне его, в зоне контакта карбонатных пород D_2-C_1 с сиенодиоритами, нами выявлены скарново-полиметаллические, а также полисульфидные штокверковые и жильные образования различной мощности (от 10 см до 2 м и более), которые приурочены к разрывным структурам с кварц-пирит-халькопиритовой, кварц-галенит-сфалерит-блеклорудной, кварц-кальцит-барит-сфалерит-галенит-блеклорудной минерализацией. Все жилы — золото-сереброносны, наложены на собственно медно-порфировые рудные тела [8], однако за их пределами подобные скарновые и жильные образования приобретают иную формационную принадлежность.

Рудно-формационный анализ Большого Кальмакыра позволил выделить определяющий минералого-геохимический единый рудно-формационный ряд — базовая медно-порфировая → стратиформная (полиметаллическая) → золото-теллуру-

вая → золото-серебряная (см. табл. 2), идеализированная схема образования которого с учетом данных [19] отражена на рис. 4.

Наличие базовой и сопутствующих рудных формаций является одним из критериев формирования крупных месторождений [19, 20]. Закономерная для месторождений этого класса вертикальная рудная зональность в Алмалыкском регионе представлена латеральной рудно-формационной зональностью. Она обусловлена единством источника рудного флюида для месторождений всего формационного ряда. По степени возрастания дифференциации рудообразующего флюида и уменьшения глубины рудоотложения после золото-медно-молибденовых (медно-порфировых) месторождений следуют серебро-свинцово-цинковые, золото-теллуруровые и золото-серебряные. Базовая золото-медно-молибденовая прожилково-вкрапленная рудная формация служит промежуточным источником рудного вещества при формировании всего рудно-формационного ряда. Минеральные ассоциации прожилково-вкрапленных руд базовой формации сходны с продуктивными ассоциациями ряда сопутствующих рудно-формационных типов (см. табл. 3). Таким образом, масштабность, комплексность и промышленное значение базовой формации зависят от присутствия (телескопирования) попутных месторождений рудно-формационного ряда. Обобщенная геолого-генетическая модель базовой золото-медно-молибденовой (медно-порфировой) формации Алмалыкского рудного района (см. табл. 3) позволяет с новых позиций подойти к интерпретации условий образования и размещения руд [1–5, 14, 16, 22, 23]. Месторождения приурочены к вулканоплутоническим образованиям, которые формировались на орогенном этапе развития складчатой области, в зонах горстовых поднятий и вулканотектонических депрессиях, сохранивших блоки песчано-сланцевых (O-S), вулканогенных (D_1), карбонатных с прослоями лагунного ангидрита (D_2-C_1) отложений [14].

Орогенный магматизм рудного района представлен многофазными порфировыми субвулканическими и гипабиссальными интрузиями, с которыми парагенетически ассоциирует золото-медно-молибденовое оруденение. Его масштабность и высокая комплексность объясняются двойной геохимической специализацией магматических и осадочных пород (O-S и D_2-C_1) на медь, молибден, золото, серебро, свинец, цинк, а карбонатно-сульфидных (D_2-C_1) — на серу [3, 4, 11, 22]. Структурные условия локализации оруденения — региональные, внутриблоковые разломы, участки их пересечения и сопряжения, зоны штокверкового

дробления в экзо- и эндоконтактовых интрузиях. Базовая рудная формация размещается в разнообразных породах, преимущественно магматических, в которых широко и интенсивно развиты процессы метасоматоза (калишпатизация, биотитизация, серицитизация, окварцевание). Основная масса оруденения связана с повсеместно проявленными кварц-серицит-хлоритовыми (кислотная стадия) и кварц-калишпат-хлоритовыми (щелочная) метасоматитами [12]. Рудные тела штокообразной формы занимают апикальную часть гранодиорит-порфиров и постепенно переходят в слабоминерализованные породы. Контакты рудных тел с промышленным содержанием (0,2% Cu) достигают значительных размеров. Глубина распространения оруденения более 1000 м. Главные рудные минералы — пирит, халькопирит, в меньшей степени, молибденит, гематит, борнит, галенит, сфалерит, самородное золото, блеклые руды, магнетит. Минералы, сопутствующие рудам, — кварц, калишпат, серицит, мусковит, карбонаты, ангидрит. Наиболее распространенные парагенетические ассоциации — кварц-магнетитовая, кварц-пиритовая, кварц-молибденитовая, кварц-золото-халькопиритовая — сопровождаются ангидритом. Преобладающая текстура руд вкрапленная, прожилково-вкрапленная и жильная. Основные полезные компоненты руд — медь и молибден (соотношения 80:1), пирит и халькопирит (4:1). Среди попутных элементов, определяющих высокую комплексность, наибольшее значение имеют золото, серебро, селен, платиноиды и, особенно, ^{187}Os (см. табл. 1). Следует подчеркнуть, что по содержанию рения молибдениты на месторождении Большой Кальмакыр являются одними из богатейших среди медно-молибденовых месторождений мира [2] (по данным микрозондирования до 4,1% Re). А.Х.Турсебековым и Е.Н.Игнатиковым установлено соединение рения ReS_2 .

Руды Большого Кальмакыра сформировались в широком температурном интервале 480–120°C на глубине более 1000 м из хлоридно-натриево-калиево-углекисло-водных растворов (по включениям в минералах). По экспериментальным данным, молибден переносился в виде молибдатов и оксимоллибдатов (гидрооксикомплексов) в присутствии серы, медь — в виде хлоридных и сульфидных комплексов [13].

Одним из факторов становления гигантов и супергигантов медно-порфировых месторождений является источник вещества, в том числе серы, крупные аномалии которой им присущи. На основе изучения изотопного состава серы сульфидов и сульфатов, углерода и кислорода газовой-жидких включений можно констатировать смешанный ис-

точник вещества (осадочный, коровый и подкоровый). В образовании медно-молибденовых руд важную роль играет сера, извлеченная из карбонатно-сульфатных пород (D_2-C_1), которая участвовала в формировании не только крупномасштабного медного оруденения, но и парагенного с халькопиритом пирита (содержание пирита в руде — сотни миллионов тонн) [3, 13, 22]. В образовании сульфидов немаловажное значение имели и метеорные воды. Данные изотопного анализа кислорода, углерода в газовой-жидких включениях минералов свидетельствуют об их участии в рудообразующем процессе верхних частей раскристаллизованной интрузии [11, 13, 21].

Критерием оценки [16] гигантского медно-молибденового месторождения Большой Кальмакыр являются не только длительность и интенсивность процесса рудообразования, но и высокая концентрация промышленных и сопутствующих металлов в рудах (Cu, Mo, Au, S, Ag, As, Se, Tl, Bi, Sn, Co, Ni, Zn, Pb, Cd, Re, Pd, Os и др.), которые в виде изоморфных форм создали многообразие гипо- и гипергенных минералов, представленных макро-, микро-, аморфными, коллоидными формами (установлено более 200 минералов и их разновидностей). Особенно следует отметить изобилие полиморфных (политипных) модификаций минералов, изоморфных рядов их разновидностей (см. табл. 4). По набору и количеству полиморфных модификаций промышленных минералов, их элементов-примесей можно оценить масштабность месторождения (чем больше число минералов и модификаций ценных металлов, тем крупнее месторождение (см. табл. 4). В частности, осмий в рудах Большого Кальмакыра является продуктом β -распада ^{187}Re . В земной коре он в основном связан с молибденитом крупных медно-порфировых месторождений. Высокие содержания ^{187}Os в молибденитах (с уникальным высоким содержанием рения) необходимо рассматривать как новый источник изотопного сырья (табл. 5).

Результаты определения абсолютного возраста золото-медно-молибденового оруденения рений-осмиевым методом с применением количественного спектрального анализа и ИСП масс-спектрометрии (Elan-600) подтверждают длительность его формирования, установленную по геологическим данным (см. табл. 5).

Итак, формирование рудных супергигантов связано с процессами проявления магматизма, мобилизацией, привносом и переотложением рудных элементов, а также, по мнению И.Х.Хамрабаева [27], наличием рудно-магматических концентров.

Для супергигантского медно-молибденового месторождения Большой Кальмакыр очевидна ре-

5. Типоморфные особенности молибденита месторождения Большой Кальмакыр

Минерал, концентрат	Содержание Re, %	Политипия	Содержание ¹⁸⁷ Os, г/т	Доля радиогенного ¹⁸⁷ Os	Среднее значение возраста, млн. лет
Молибденит I	0,0010–0,0290	2Н	2,5	99,93	294±31
Молибденит II	0,0340–4,10	3R+2Н	4,6		
Молибденитовый концентрат	0,0850	3R+2Н	2,90		

генерация вещества прожилково-вкрапленных руд базовой золото-медно-молибденовой формации в результате тектономагматической активизации рудоконтролирующих структур в более молодые жильные образования золото-теллуровой и золото-серебряной формаций.

Запасы, время образования, комплексность, уровень организации вещества (макро-, микроминералы, аморфные и коллоидные вещества, газожидкие микровключения и т.д.), создающие разнообразие гипо- и гипергенных минералов, их разновидностей, с учетом изоморфных рядов, полиморфных превращений, диффузионных процессов в минералах и др. позволяют отнести медно-молибденовое месторождение Большой Кальмакыр к супергигантам с сопутствующим рудно-формационным рядом месторождений — серебро-свинцово-цинковые (стратиформные), золото-теллуровые, золото-серебряные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ахунджанов Р., Туресебеков А.Х. Связь скарново-полиметаллических и медно-молибденовых месторождений Карамазара с интрузиями (Кураминские горы) // *Узбекский геологический журнал*. 1985. № 3. С. 5–9.
2. Бадалов С.Т. Минералогия и геохимия месторождений Алмалыкского рудного района. – Ташкент: Фан, 1965.
3. Бадалов С.Т., Голованов И.М., Дунин-Барковская Э.А. Геохимические особенности рудообразующих и редких элементов эндогенных месторождений Чаткало-Кураминских гор. – Ташкент: Фан, 1971.
4. Голованов И.М. Об источнике вещества медно-порфирировых месторождений (на примере Алмалыка, УзССР) // *Зап. Узб. ВМО*. 1977. Вып. 30. С. 145–149.
5. Голованов И.М. Медно-рудные формации Западного Тянь-Шаня. – Ташкент: Фан, 1978.
6. Голованов И.М., Каширский С.А. Минерально-сырьевая база меди Республики Узбекистан // *Geologiya va mineral resurslar*. 1999. № 2. С. 19–25.
7. Голованов И.М., Николаева Е.И., Кажихин М.А. Комплексная прогнозно-поисковая модель медно-порфирировой формации. – Ташкент: Фан, 1988.
8. Головин А.Ф., Туресебеков А.Х., Балакин В.В. Новый золото-серебряный полиметаллический жильный тип минерализации в медно-порфирировых месторождениях (УзССР) // *Зап. Узб. ВМО*. 1981. Вып. 34. С. 182–186.
9. Кантор М.З. К оценке масштаба молибден-медно-порфирировых месторождений по набору минералов и элементам-примесям в них // *ДАН СССР*. 1982. Т. 265. № 6. 1463–1466.
10. Каширский С.А., Туресебеков А.Х. Сырьевая база комбината // *Горный журнал*. 1999. № 1. С. 9–12.
11. Кривцов А.И., Макеев Н.Т. Источники рудного вещества эндогенных рудных месторождений // *Итоги науки и техники. Рудные месторождения*. М., 1981. Т. 2.
12. *Медно-порфирировые* месторождения Алмалыка / Под ред. Х.Т.Туляганова. – Ташкент: Фан, 1974.
13. *О генезисе молибденовой и медной минерализации медно-молибденовых месторождений* / В.И.Рехарский, Л.Н.Варьяш и др. // *Генетические модели эндогенных рудных формаций*. Новосибирск, 1983. С. 135–143.
14. *О полиформационности медно-молибденового месторождения Кальмакыр (Алмалыкский рудный район, Республика Узбекистан)* / А.Х.Туресебеков, Р.Ахунджанов, Е.Н.Игнастик и др. // *Узбекский геологический журнал*. 1993. № 6. С. 33–44.
15. *Основные черты магматизма и металлогении Чаткало-Кураминских гор* / Х.М.Абдуллаев, А.С.Аделунг, В.А.Воронич и др. – Ташкент: АН УзССР, 1958.
16. *Прогрессивные технологии оценки и разведки медно-молибденовых месторождений* / А.И.Кривцов, Ю.А.Сергейко, Л.У.Кадырбеков и др. – Алма-Ата, 1987.
17. Рундквист Д.В. Факт времени при формировании гидротермальных месторождений: периоды, этапы и стадии рудообразования // *Геология рудных месторождений*. 1997. Т. 39. № 1. С. 11–24.
18. Рундквист Д.В., Кравченко С.М. Промышленные суперконцентрации металлов в литосфере // *Геология рудных месторождений*. 1996. Т. 38. № 3. С. 298–303.
19. Сидоров А.А. Базовые формации массивных и вкрапленных руд и их взаимоотношения с сопутствующими формациями жильных месторождений // *Этапы образования рудных формаций*. М., 1989. С. 78–87.
20. Сидоров А.А., Томсон И.Н. Базовые рудные формации // *Тихоокеанская геология*. 1987. № 5. С. 102–108.
21. Сотников В.И., Калинин А.С., Берзина А.П. Генетическая модель медно-молибденовой формации // *Генетические модели эндогенных рудных формаций*. Новосибирск, 1983. С. 112–127.
22. Туресебеков А.Х. Минералого-геохимические особенности серы в связи с эндогенным оруденением Алмалыкского рудного района: Автореф. дис... канд. геол.-минер. наук. – Ташкент, 1973.
23. Туресебеков А.Х. Геолого-генетическая модель базовой медно-порфирировой формации и ее соотношение с другими рудными месторождениями Кураминской подзоны // *Мат-лы Междунар. Симпозиума*. Ташкент, 1998. С. 82–85.
24. Туресебеков А.Х. Геолого-геохимические промышленные типы золоторудных месторождений Алмалыкского рудного района // *Мат-лы респ. науч. конф., посвященной 40-летию открытия месторождения Мурнтау*. Ташкент, 1998. С. 102–103.
25. Туресебеков А.Х. Минералого-геохимическая оценка сырьевых ресурсов эндогенных и техногенных месторождений Алмалыкского рудного района в связи с их комплексным освоением // *Узбекский геологический журнал*. 1998. № 4. С. 91–102.

-
26. *Lasnicha P.* Design of an international data base of giant metal accumulations // *Global Tectonics and Metallogeny*. 1998. Vol. 6. № 34. P. 110–119.
27. *Most* parameters of genesis and distribution of large and superlarge ore deposits in Central Asia / I.Kh.Khamrabaev et al. // IASOD meeting. London, 1999.
28. *Singer D.A.* World class Base and Precious metal Deposits. A Quantitative analysis // *Econ. Geol.* 1995. Vol. 90. P. 88–104.