

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КОМПЛЕКСНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(Забнии)

МИНЕРАЛОГО – ГЕОХИМИЧЕСКАЯ
МЕТОДИКА
ОПРЕДЕЛЕНИЯ РУДНОФОРМАЦИОННОЙ
ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И ОЦЕНКИ
ЭРОЗИОННОГО СРЕЗА СРЕДНЕГЛУБИННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

МОСКВА — 1991

Содержание
Литература
Содержание

Подписан
Бумага д
Тираж 6

Отдел оп
Чита, А

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КОМПЛЕКСНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ

Для служебного пользования
Инв. №

СОГЛАСОВАНО:

Главный геолог Отдела
рудных и нерудных ми-
неральных ресурсов
Мингео СССР



О.Х.Цопанов

МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ
РУДНО-ФОРМАЦИОННОЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ И ОЦЕНКИ
ЭРОЗИОННОГО СРЕЗА СРЕДНЕГЛУБИНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЗОЛОТА

Москва 1991 .

Методика разработана в ЗабНИИ с использованием заявки "Способ поисков и оценки месторождений золота" № 415.6506/25 (I55287) и "Способа поисков и разведки постмагматических близповерхностных кварц-золото-серебряных месторождений", защищенного а.с. СССР № 1189244 кл. G 01. 9/00. ДСП. Автор Г.А. Юргенсон.

УДК [549:548.31:550.84] 012:563.411

Предлагаемая методика разработана на основе использования результатов изучения типоморфизма продуктивных минеральных комплексов, жильного кварца и парагенных минералов золоторудных и связанных с ними переходных золотосодержащих месторождений. Она предназначена для определения рудноформационной принадлежности, фаций глубинности, минерального типа и оценки уровня эрозионного среза рудопроявлений и месторождений среднеглубинной и переходной к глубинной золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцево-сульфидной формаций. Преимущество ее заключается в том, что возможна оценка объектов, выходящих на дневную поверхность непромышленной своей частью или подсеченных скважинами и горными выработками в участках с непромышленными содержаниями золота. Методика применима на всех стадиях поисково-съемочных, оценочных и разведочных работ. Дает возможность оценивать масштабы оруденения на основе индекса близости к эталону. Авторы Г.А. Юргенсон. Т.Н. Юргенсон

Условные обозначения и сокращения

- ЕТЛ - естественная термолуминесценция
 ЛФ - легкая фракция
 МС - минералообразующая система
 МГИ - минералогенетическая информация
 МГР - минералогенетический резонанс
 МГС - минералогенетическая система
 ПМК - продуктивный минеральный комплекс
 РТХ - взаимосвязанные параметры: давление, температура, концентрация
 C_{H_2O}/C_{CO_2} - концентрации, соответственно, воды и углекислоты
 СКС - совершенство кристаллического строения
 ТЭДС - термоэлектродвижущая сила
 УОМВ - уровень организации минерального вещества
 ЭДЦ - электронно-дырочный центр
 ЭПР - электронный парамагнитный резонанс
 n - число проб
 $\bar{x}$ - среднее арифметическое значение
 σ - среднеквадратичное отклонение

ВВЕДЕНИЕ

Для решения задач, поставленных в "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986-1990 гг и на период до 2000 года" перед геологоразведочной отраслью, необходимо повышение "... уровня научного обоснования прогнозов и геолого-экономической оценки месторождений" (20, с. 3). Отсюда вытекает необходимость разработки и внедрения методик поисков и оценки рудных месторождений, которые бы базировались на существенных признаках, основанных на рудноформационном анализе (1-3, 5-9, 17-19, 21-23, 33-35, 37-38, 41, 42, 52).

На территории страны имеется громадное число неocenенных выходов на дневную поверхность и вскрытых горными выработками кварцевых, кварцево-сульфидных жил и минерализованных зон, оценка которых на золотое оруденение традиционными методами, использующими в качестве главного поискового и оценочного критерия промышленные содержания золота, затруднена или невозможна, вследствие чего пропускаются слабо вскрытые эрозией промышленные месторождения золота, либо предпочтение при планировании и организации геологоразведочных работ отдается участкам с повышенными содержаниями металла, но интенсивно эродированным. Имеющиеся на вооружении геологов-производственников чисто геохимические способы оценки рудноформационной принадлежности оцениваемого объекта мало уровня эрозийного среза также не всегда оказываются эффективными. Эффективное использование термоэлектрических свойств сульфидов возможно лишь при условии отсутствия существенного влияния на них процессов эпигенетических преобразований, в том числе и гипергенных, широко развитых в условиях дневной поверхности (21). Кроме того, однозначные выводы об уровне эрозийного среза могут быть получены при условии знания рудноформационной принадлежности оцениваемого объекта, так как зональность в изменении термоэлектрических свойств пирита и арсенопирита варьирует в рудных телах месторождений различных рудных формаций. Это же относится и к использованию данных кристалломорфологических исследований в комплексе с геохимическими данными (9, 14, 18, 24-25, 30, 51, 53).

С подобными трудностями сталкиваются также и геологоразведчики и рудничные геологи при подсечениях неизвестных жил и зон минерализации буровыми скважинами и подземными горными выработками в случаях отсутствия в этих подсечениях промышленных концентраций металла. Решение указанных задач, как показывает опыт минералого-геохимического изучения рудных тел, жил и зон минерализации, возможно при использовании учения о типоморфизме геологических тел на разных

уровнях их организации - от продуктивного минерального комплекса до минерального индивида (I-3, 8-9, I6, I8, 20, 2I, 24-25, 28, 30, 38-5I, 55-57).

Наиболее полную и объективную информацию об особенностях рудных и безрудных тел различных рудных формаций дают как данные об их валовом элементном составе, так и характере распределений отдельных химических элементов (матричных и примесных) в сопоставлении со свойствами минералов и их агрегатов, связанными со структурными примесями, а в парагенных минералах - и скоростями их кристаллизации, если все эти данные обработаны с использованием приемов типоморфического анализа (38, 4I). На фактическом материале различных рудных формаций (38, 4I, 50) показано, что весьма информативными относительно рудноформационной принадлежности и рудоносности кварцевых жил и зон окварцевания являются статистические параметры распределения лития, воды, уголекислоты, золота и серебра, висмута, теллура, мышьяка, молибдена, вольфрама, олова в жильном кварце и в продуктивных комплексах, а также золота, серебра, висмута, теллура, кобальта и некоторых других элементов в парагенных с кварцем пирите, пирротине, арсенопирите или продуктах их изменений.

К настоящему времени разработаны поисково-оценочные критерии для месторождений малоглубинной золото-серебряной формации, и на их основе составлены, апробированы в Мингео СССР, изданы и внедряются в отрасли и в системе МДМ СССР отраслевые "Методические рекомендации по изучению и использованию типоморфизма халцедоновидного жильного кварца при поисках и оценке месторождений малоглубинной золото-серебряной формации", основанные на а.с. СССР № II89244 кл. G 0I.9/00. Автор Г.А. Юргенсон (3, 4I).

Опыт показывает, что для коренных выходов и делювиально-элювиальных проявлений жил и жильных зон месторождений среднеглубинных золоторудных формаций важно иметь критерии отличия их от таковых месторождений олова, вольфрама, молибдена и, что самое главное, - от безрудных кварцевых жил. В практике геологоразведочных работ в связи с тем, что в условиях гипергенеза большинство сульфидов бывает выщелочено, что ведет к занижению концентрации рудных элементов в штучных и бороздковых пробах канав и обнажений, такие пробы отбраковываются как безрудные, а участки оцениваются как бесперспективные. Все это приводит к отрицательным оценкам потенциально рудоносных тел. Большое значение при оценке вероятной рудоносности этих объектов имеет учет неравномерности распределения рудных минералов в объеме минеральных тел, а также уровень эрозионного среза. Поэтому необходимы методические приемы и критерии, учитывающие и эти особенности.

Из вышесказанного вытекает актуальность разработки минералого-

геохимических методик поисков и оценки вероятной рудоносности минеральных тел (жил, жильных зон, зон минерализации) в тех случаях, когда на дневной поверхности или в отдельных подсециях в них не обнаруживаются промышленные содержания золота и когда по данным обычных геолого-структурных методов в комплексе с геохимическими и геофизическими невозможно достаточно объективно и однозначно сделать вывод о принадлежности того или иного объекта к золоторудному. С целью повышения надежности обоснования вероятной промышленной золотоносности кварцевых и сульфидно-кварцевых жил по их выходам на дневную поверхность, по целовиально-элювиальным обломкам, по подсециям буровыми скважинами или горными выработками Главным геологическим управлением на твердые полезные ископаемые Мингео СССР была поставлена задача "Разработать и внедрить отраслевые минералого-геохимические методики поисков и оценки золотого оруденения на основе типоморфизма продуктивных минеральных комплексов и парагенных минералов".

В результате разработана предлагаемая методика. Чтобы получить надежные типоморфные признаки для разработки минералого-геохимических поисково-оценочных критериев золотого оруденения, положенных в основу методики, был обработан сравнительный материал по пределам вариаций численных значений признаков продуктивных минеральных комплексов, жильного кварца и парагенных минералов месторождений, переходных от собственно золоторудных к золото-сурьмяным, золото-висмутовым, золото-вольфрамовым, золото-молибденовым, золото-полиметаллическим, золото-магнетитовым и другим. С учетом того, что кристаллическизернистый жильный кварц большинства месторождений золота и других металлов сопровождается тонкозернистым, часто скрытокристаллическим, халцедоновидным кварцем, типичным также и для флюоритовых и безрудных жил, потребовалось детальное изучение различных структурно-текстурных разновидностей жильного кварца. Перечень конкретных объектов и их рудноформационная классификация приведена в табл. I. В качестве эталонных для среднеглубинной малосульфидной золото-кварцевой формации месторождений приняты Нежданинское в Яно-Колымской зоне (5, 6, 8), Любавинско-Хавергинское в Забайкалье. Как переходный к мало-глубинным малосульфидным золото-серебряно-кварцевым объектам рассматривается Малеевский участок Итакинского рудного поля. Токурское месторождение привлечено в качестве эталона наименее глубинных из среднеглубинных малосульфидных золото-кварцевых месторождений (52). Среди месторождений малосульфидной золото-кварцевой формации по глубине образования (38, 45, 47, 48) выделяются Советское на Енисейском кряже, Иркиндинское в

Рудноформационная систематика изученных золоторудных и переходных к ним месторождений с учетом данных (5,7,17,18,19,23,33,35,37,38,41,48,52)

Рудная формация	Рудноформационные признаки и месторождения		
	Мера связи с магматизмом, морфологический тип	Минеральный тип	Месторождение
1	2	3	4
Малоглубинная: золото-серебряная	В связи с близповерхностной гидротермальной деятельностью Без четко выраженной связи С четко выраженной связью То же С четко выраженной связью и наложенным пострудным магматизмом То же С четко выраженной связью	Малосульфидный золото-серебряно-сульфосолюно-силикатно-кварцевый То же " Малосульфидный золото-аргентитово-сульфосолюно-адулярово-кварцевый Малосульфидно-золото-теллуридно-сульфосолюно-силикатно-кварцевый со скварцовым комплексом Серебряно-аргентитово-сульфосолюно-галенитово-сфалеритово-адулярово-кварцевый со скварцовым комплексом Малосульфидный золото-аргентитово-сульфосолюно-галенитово-пиритово-кварцевый	Балейско-Тасеевское Куниканское (непромышленное) Агинское Карамкенское Многовершинное, Хаканджинское Дукатское Малеевское
золото-сульфидно-кварцевая	С четко выраженной связью	Золото-сульфосолюно-антимонитово-арсениопиритово-кварцевый	Итакинское
Малоглубинная: золото-флюоритово-кварцевая	Без видимой связи, на контактах палеозойских гранитов и биотитовых гнейсов и сланцев	Золото-пелитово-сульфидно-адулярово-флюоритово-кварцевый	Верхне-Кручининское
кварцево-флюоритовая	Без четко выраженной связи	Кварцево-флюоритовый	Солонечное, Усуглинское, Березовское, Уртуйское
сульфидно-кварцево-флюоритовая	То же	Сульфидно-кварцево-флюоритовый	Верхний Бигар, Кальтуч и др.
Среднеглубинная: золото-кварцевая	Без четко выраженной связи в песчаниково-сланцевых толщах, жильный, сопровождаются дайками кислого состава То же То же	Малосульфидный золото-кварцевый То же	Токурское Неждановское, Воскресенское, Любавинское, Николаевское, Халергинское
золото-сульфидно-кварцевая	То же	Золото-кварцево-сульфидный	Сарылаксское
	В биотитовых сланцах, амфиболитах, мраморах, минерализованные жилы и зоны То же	Золото-швелитово-арсениопиритово-кварцевый Золото-сульфидно-кварцевый	Казаковское, Пешковское Кариинское рудное поле (Пильненское, Дмитриевское, Сульфидная)
	Жилы в диафторированных породах амфиболитовой фации С четко выраженной связью и локализацией в магматических породах или вулканогенно-осадочных толщах, на контактах диабазов и песчаниково-сланцевой толщ В гранодиоритах, щелочных гранитах	То же Малосульфидный золото-кварцевый То же	р." Столбовая, В.Бахтарнак, Лецовское, Каролонская зона Коммунарское, Саралинское, Караль-Беевское Батимовское
	Парагенетические и генетические с диорит-монцититами, диоритовыми порфиритами монцититового ряда, щелочными диоритами и габбро То же	Умеренносульфидный (5-10%) золото-сульфидно-кварцевый Золото-серебряный сульфидно-кварцевый	Средне-Годотайское, отдельные зоны Верхне-Амурского (Восточная, Западная), Сосновское, жила Агасеевская Теряпи

I	2	3	4
Среднеглубинная: золото-кварцево-сульфидная	С четко выраженной связью, жильный	Золото-сульфосоляно-кварцево-сульфидный (сульфидов до 50 и более %)	Дарасунское, Ключевское, Терезовское, Уконинское
золото-сульфидно-магнетитово-силикатная	В связи с граносиенитами и щелочными гранитами	Золото-кварцево-сульфидно-магнетитово-силикатный	Талатуйское, Новинка
Глубинная малосульфидная золото-кварцевая	В песчанико-сланцевых толщах биотитовой субфации зеленых сланцев, без четко выраженной связи с магнетизмом, кварцевые жилы, линзы, зоны штокерков	Малосульфидный золото-кварцевый	Советское, Мурунтау
	Без четко выраженной связи, но с парагенетической связью с граносиенитами, жильные зоны, штокерки	То же	Бесаянтау, Митенбай
	Жилы в диафорированных породах амфиболитовой фации	Малосульфидный золото-кварцевый	Ирокиндинское
Среднеглубинная: золото-молибденитово-кварцевая	С четко выраженной связью с гранитизмом магматизмом, в нормальных и субщелочных гранитах	Золото-сульфосоляно-молибденитово-кварцево-сульфидный	Давендинское, Шахтминское
молибденит-силикатная	То же	Золото-везулитово-молибденитово-халькопиритово-пиритово-пирротитово-кварцево-полевоспатовый	Бугдайское
	То же	Молибденитово-халькопиритово-пиритово-кварцево-полевоспатовый	Жирекенское
	То же в роговиках	Щеелитово-молибденитово-сульфидно-силикатный	Мало-Ойногорское
щеелитово-сульфидно-силикатная	С видимой связью, в биотитовых сланцах, гнейсах, амфиболитах	Щеелитово-арсенипиритово-силикатный	Кти-Табердинское
сульфидно-касситеритовая	С четко выраженной связью с гранитоидами	Сульфидно-касситеритово-кварцевый	Арсаньевское, Щерлово-горское
гнейсовая	То же	Вольфрамитово-кварцевый	Спокойнинское, Их-Хайранское, Нуртуйское, Букукинское, Редухинское, Душловское, Диндинский рудный узел
	То же	Вольфрамитово-касситеритово-кварцевый	Поларное, Забитое, Душловское
	"	Вольфрамитово-молибденитово-касситеритово-бериллово-топазово-кварцевый	Щерловая гора
	С четко выраженной связью с гранитоидами	Гельвинитово-вольфрамитово-молибденитово-щеелитово-бериллово-флюоритово-пиритово-кварцево-полевоспатовый	Будуктаевское
редкометаллических погматитов	То же	Микролитово-колумбитово-лепидолитово-топазовый	Орловское
	"	Микролитово-колумбитово-лепидолитово-турмалиново-сподуменитовый	Друмгал, Нилау, Кулам, Гурсалак
жильных и мелкозернистых редкометаллических погматитов с драгоценными камнями	Прямая связь с магматизмом, в гнейсах и амфиболитах	Пегматитовый микролитово-гальденитово-бериллово-лепидолитово-кварцево-альбитово-микроклиновитовый	Черновское
	В гранито-гнейсах, в кристаллических сланцах и гранитах	Лепидолитово-бериллово-турмалиново-альбитово-кварцево-микроклиновитовый	Борцовочный хребет, Малханский хребет
кажущихся кристалленосных погматитов с драгоценными камнями	В гранитах	Топазово-бериллово-полевоспатово-кварцевый	Волны
кристалленосных погматитов	То же	Апатитово-ортитово-эпидитово-альбитово-микроклиново-кварцевый	Ак-Джаулу
кажущихся кристалленосных силикатов	В кварцитах с толстыми алескитов	Гематитово-карбонатно-кварцевый	Наркатыно
Глубинная: мусковитовых погматитов	В кварц-кварц-мусковитовых гнейсах	Бериллово-кварцево-мусковитово-микроклиновитовый	Мамско-Туйский район, Каминское поле, Ялоновский хребет
гранулированного кварца	В сланцах и амфиболитах	Кварц	Амартитиды, Урал

Западном Забайкалье и месторождения Мурунтауского рудного узла (Мурунтау, Беспантау, Мютенбай). В соответствии с критериями фации глубинности (степень СКС и $\text{C}_{\text{H}_2\text{O}}/\text{C}_{\text{CO}_2}$), изложенными в (38, 45, 47, 48), они отнесены к переходным глубинным, сформированным в условиях глубин более 3 км. В настоящей работе в соответствии с (38, 45, 47, 48) принята следующая градация месторождений по глубинам образования: малоглубинные - 0,01-1,0; среднеглубинные - 0,5-3,0; переходные к глубинным и глубинные - более 3,0.

Как переходные по содержанию сульфидов от малосульфидных золото-кварцевых объектов использованы жила 52 Средне-Голготайского (Балейский рудный район) и жилы Горняцкая и Сажистая Теремкинского (Дарасунский рудный район) месторождений. Для более полной информации о признаках месторождений среднеглубинной малосульфидной золото-кварцевой фации изучены жила Каскадная Саралинского месторождения, жилы Январская, Масловская, Пятилетка, Юбилейная, II-е рудное тело Коммунарковского рудного поля (Кузнецкий Алатау), Перевальное, Верхний Бахтарнак, Каролонская зона (Северо-Западное Забайкалье), жильный кварц из плотиков россыпей бассейна р.М. Столбовая (Колыма), Караль-Веямское (Западная Чукотка), переходное к золото-шеелитовым Кти-Тебердинское и золото-шеелитовые Казаковское и Пешковское месторождения (прибортовые части Борщовочного хребта, соответственно, со стороны Ундино-Даинской и Шилинской депрессий).

Среди приведенных в табл. I месторождений в качестве эталонных для золото-сульфидно-кварцевой фации приняты Березовское (Урал), Верхне-Алиинское (зона Широкая, верхние части зоны Восточной); для золото-кварцево-сульфидной - Дарасунское, нижние части Верхне-Алиинского (Забайкалье), Сарылахское (бассейн Индигирки), Уконикское (Северо-Восточное Забайкалье). В качестве переходных и вспомогательных объектов использованы золото-молибденовые Давендинское и Шахтаминское месторождения.

С целью получить исчерпывающие данные по типоморфным признакам глубинности привлечен аналитический материал по близповерхностным (агат-халцедоновая, золото-серебряная, флюорит-кварцевая фации) и глубинным месторождениям (мусковитовые пегматиты, гранулированный кварц, литературные данные по золоторудному месторождению Колар, Индия) и др.

В сборе каменного материала, подготовке к исследованиям, выполнении ряда анализов в разное время принимали участие сотрудники лаборатории ЗабНИИ МГ СССР гг. В.Н.Аношкин, В.М.Барановская, Е.И.Гусельникова, Л.Г.Зарембо, А.А.Лисовская, А.А. Козаченко, О.А.Распопина, Н.Г.Смирнова, Т.Г.Таянко, Е.В. Фомина, А.А.

Черепанов, А.А. Чепуштанова, студенты Иркутского университета С.У. Зайцев и А.А. Куц.

В работе использованы результаты анализов и образцы, представленные сотрудниками ЗаБНИИ П.Н. Аносовым, В.Ф. Атрошкиным, В.П. Бородиным, Е.Т. Вороновым, В.Г. Дзассоховым, В.Г. Котельниковым, С.С. Максимовым, Е.А. Поздняком, А.М. Стреловым, В.И. Сизых, В.А. Суматохиным, О.П. Ткаченко, Б.М. Туниным, В.Е. Тупяковым, О.И. Широкиным, а также сотрудниками других организаций: Л.И. Вочек (Агинское, ЦНИГРИ), Л.П. Викуловой (Сухоложское, ВИМС), Е.И. Воробьевым (Сиб. ГЕХИ СО АН СССР), Н.А. Горячевым (Нежданинское, СВНИИ), И.А. Жуковой (ВИМС), П.А. Ивановым (Мурунтау, МГРИ), П.Г. Кругловым (Саралинское, ПГО Красноярскгеология), Г.М. Смоленцевым (Кти-Тебердинское, ПГО Севкавказгеология), Ю.Н. и Т.Л. Припутневыми (Токурское, Амурзолото), А.Р. Файзиевым (Тадж. университет), А.Ф. Храмцовым (ВИ ГРЭ ПГО Якутгеология).

В процессе выполнения работы большую помощь оказали работники Мингео СССР, МДМ СССР и Госкомитет по золоту, благородным металлам и алмазам С.Б. Альхимович, В.Е. Анферов, Б.И. Беневольский, Л.И. Беречная, В.М. Васильев, Г.А. Варфоломеев, С.Ф. Водясов, В.И. Воробьев, А.Ф. Воросов, Т.И. Высочина, Л.П. Гринченко, Д.Г. Гогиберидзе, Ю.И. Гряנקо, А.В. Гулина, А.Н. Гуров, Т.Т. Деревянко, А.Н. Журавлевич, В.И. Калашников, С.П. Карелин, В.В. Кузнецов, В.И. Лозовский, Л.К. Мамонов, А.П. Макаров, И.В. Можаров, В.Г. Молодцов, Г.П. Пацкевич, Г.П. Орлов, Л.Т. Савицкая, А.Ф. Садковский, Г.Ф. Самсонов, Г.С. Семенов, А.В. Суворов, С.А. Тарлецкий, А.И. Трушковский, В.П. Тупицин, В.П. Унжаров, А.А. Федоренко, В.В. Федоров, А.Ф. Храмцов, О.Х. Цопанов, Ю.Н. Шашорин, Г.П. Шевяхов, С.П. Шубкин, А.Р. Янтимиров и другие.

Обсуждение ряда вопросов, затронутых в работе: акад. Н.Л. Добрецовым, с чл.-корр. АН СССР Н.П. Юшкиным, Д.В. Рундквистом, чл.-корр. АН УССР В.И. Матяшом, проф. А.Г. Жабиным, Г.А. Сидоренко, канд. геол.-мин. наук И.Т. Бакуменко во многом способствовало выбору методологических подходов к решению задачи и решению отдельных вопросов.

Авторы тесно и плодотворно сотрудничали с работниками лаборатории физики минералов В.И. Красниковым, В.А. Суматохиным, В.М. Лапушковым и другими, а также с зав. отделом геологии цветных и редких металлов ЗаБНИИ МГ СССР В.И. Сизыхом, предоставившим геологические материалы по Давендинскому, Ключевскому и Алексеевскому месторождениям.

Авторы выражают признательность всем указанным лицам.

I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТИПОМОРФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДИК ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ОРУДЕНЕНИЯ

I.1. Самоорганизация как способ эволюции и существования МС

Поскольку формирование минеральных тел происходит в процессе самоорганизации элементарных ячеек (45, 48) из элементов, составляющих данную минералообразующую систему, например, расплав, расплавл-раствор, раствор и т.д., а геологические системы (минералогенетические в том числе) различных структурных уровней развиваются при наличии разности энергетических потенциалов различной природы, постольку диалектика процесса самоорганизации заключается во взаимодействии данной геологической (минералогенетической в том числе) системы со средой, а само развитие происходит в соответствии со вторым законом термодинамики.

Процессы самоорганизации минерального вещества на молекулярном или надмолекулярном уровнях (индивиды или их сообщества - минеральные агрегаты) протекают путем обмена информацией между развивающейся МГС и средой ее существования. В основе взаимодействия - принцип минералогенетического соответствия (резонанса по Н.П. Кушину, 56). Развитие системы обусловлено стремлением к структурной компактности, проявляющейся в симметричности распределения в пространстве ее элементов, т.к. только в этом случае достигается соответствие между массой, объемом, внутренней энергией и энергией поверхностного натяжения. Этим требованиям удовлетворяет кристаллическое состояние вещества; отсюда, процесс самоорганизации минерального вещества в МС есть процесс кристаллизации. Форма зарождающихся индивидов зависит от абсолютных значений РТХ-параметров МС и скоростей их изменения: при больших скоростях и пересыщениях относительно компонентов, строящих данный минеральный вид, возникает множество субсферических индивидов; при малых - число их невелико, а гранные формы наиболее полно соответствуют внутренней структуре минерального вида. В этом кроются, вероятно, причины эволюции форм кристаллов по мере развития МС от субсферических к кубическим у минералов кубической сингонии и от изометричных к шестоватым у минералов средних сингоний. От скоростей изменения РТХ-параметров зависят и совершенство кристаллического строения индивидов, характер распределения, концентрации и формы вхождения примесей.

В начале взаимодействия МС со средой происходит быстрая кристаллизация в краевых ее частях, выполняющих защитную функцию, где

наиболее резко различия между МС и средой; так достигается временное равновесие между нами. Далее система развивается на фоне общего уменьшения значений РТХ-параметров в соответствии с внутренними законами самоорганизации, конкретная реализация которых обуславливается составом, концентрациями и энергетикой взаимодействия строящих ее компонентов.

Механизм самоорганизации наиболее ярко проявлен в ритмично-периодических минеральных системах разных уровней организации - кристаллах, жилах, рудных телах, стратифицированных крупных магматических телах. Ритмично-периодический характер выхода энергии из системы при кристаллизации определенной порции определенного вещества; длительность кристаллизации обусловлена длительностью существования энергетического состояния системы, определяющего возможность этой кристаллизации.

Отражением ритмично-периодических изменений в самоорганизующихся МГС при образовании рудных жил является повсеместная определенная повторяемость триад минералов, выделяющихся в относительно кислых (слоды и прочие слоистые силикаты, полевые шпаты), переходных (рудные минералы) и относительно щелочных (кварц) условиях (45, 48), а при образовании магматических тел, рудных месторождений - повсеместно развитая минеральная и структурная зональность.

В общем случае самоорганизация есть свойство материи приспосабливаться к окружающей среде. Она есть способ эволюции через структурирование в соответствии с третьим законом термодинамики. Третий закон - причина, второй - направление, первый - мера.

Рассмотрение минералогенетических и геогенетических процессов с позиций самоорганизации на разных уровнях организации минеральных тел позволяет понять сущность явления типоморфизма.

1.2. Уровни организации минерального вещества и соответствующие им источники минералогенетической информации

Процессы самоорганизации могут происходить на уровне элементарной ячейки, минерального индивида, минеральных агрегатов и их сообществ (минеральные ассоциации), дискретных полиминеральных тел (жилы, жильные зоны, залежи, линзы и т.д.) и их определенным образом структурированных сообществ (рудные поля, осадочные толщи, магматические комплексы, вулканоплутонические постройки и т.д.).

Изучение явления типоморфизма минералов и их сообществ на разных уровнях их организации основано на существовании в минеральных

телах в качестве неотъемлемой части определенным образом закодированной в ходе процесса самоорганизации минералогической информации (56). Источниками ее в зависимости от уровня организации минерального вещества изучаемого объекта могут быть:

- минеральная и геохимическая зональность (рудноформационный уровень);

- минеральный состав парагенезисов и их ассоциаций, структуры и текстуры минеральных полигенных, полигенерационных агрегатов (уровень минеральных комплексов);

- поли- и мономинеральные агрегаты, их текстуры и структуры (уровень минеральных агрегатов);

- морфология кристаллов, их зональность, виды неоднородности, характер и состав включений, имеющих фазовые границы и т.д. (надмолекулярный уровень, уровень неоднородных минеральных индивидов);

- степени СКС, характер и концентрации подвижных радикалов (молекулярный уровень);

- степень упорядоченности (уровень элементарных ячеек);

- пределы вариаций: химического состава, матрицы, концентраций изоморфных примесей, вакансий, изотопных сдвигов (атомный уровень);

- концентрации и локализация электронов и дырок, ЭДЦ и других точечных дефектов (электронный уровень).

Устойчивые пределы вариаций перечисленных минералогических признаков могут быть типоморфными признаками определенных условий процесса минералообразования, приводящего либо не приводящего к формированию рудного тела.

1.3. Сущность и определение явления типоморфизма

Несмотря на то, что явление типоморфизма изучается около 90 лет, содержание его раскрыто лишь в последние 10-15 лет в результате работ А.И. Гинзбурга, В.И. Павлишина, Н.В. Петровской, одного из авторов настоящей методики, Н.П. Кукина и других. В соответствии с изложенными выше представлениями устойчивые минералогические признаки, численные значения которых, варьируя в определенных пределах, свойственны всем геологическим объектам (минеральным телам), сформированным в результате эволюционной самоорганизации (38) на определенном УОМВ близких по физико-химическим признакам МГС, становятся типоморфными только в тех случаях, когда они не только типичны для данного множества МГС, но и позволяют отличить их продукты от продуктов иных МГС.

Известны различные определения явления типоморфизма (А.Е. Держ-

ман, В.И. Паглишин, Н.П. Юшкин и др.). Наиболее полно, по мнению авторов, соответствует сути явления лаконичное и емкое определение Н.П. Юшкина (56): "Типоморфизмом минералов называется их способность отражать генетическую природу в своей конституции и свойствах". Однако понятие "генетическая природа" не расшифровано. Кроме того, как нам представляется, поскольку явление типоморфизма в самом общем виде базируется на детерминизме, определение его должно предусматривать использование математического аппарата. Поэтому нами предложена иная редакция: типоморфизм минералов - отражение пределов вариаций физико-химических характеристик минералообразующих систем в пределах вариаций характеристик состава, структуры и других свойств соответствующих им минералов (38, 41). Для метрируемых признаков определение может быть уточнено:

Типоморфизм минералов - отражение пределов вариаций численных значений физико-химических характеристик минералообразующих систем в пределах вариаций характеристик состава, структуры и других свойств соответствующих им минералов. Для метрируемых признаков это определение может быть выражено математически в виде:

$$\lim V_{\text{тип}} = f(\lim V_{\text{РТХ}_{\text{МС}}}), \quad (1)$$

где $V_{\text{тип}}$ - вариации численных значений типоморфического признака минерала; $V_{\text{РТХ}_{\text{МС}}}$ - вариация численных значений давления, температуры концентрации вещества в минералообразующей системе.

В конкретном случае предел вариаций того или иного признака для данного множества индивидов будет определяться не только абсолютными значениями T, P, X , но и скоростями их изменения:

$$\lim V_{\text{тип}} = f(\lim \Delta V_{\text{РТХ}_{\text{МС}}}), \quad (2)$$

где $\Delta V_{\text{РТХ}_{\text{МС}}}$ - скорость изменения физико-химических характеристик. Для скорости изменения физико-химических параметров в общем виде можно записать:

$$\lim \Delta V_{\text{РТХ}_{\text{МС}}} = f\{[(T_{i1} - T_{i0}), (P_{i1} - P_{i0}), (X_{i1} - X_{i0})]\} \cdot t^{-1} \quad (3)$$

где t - время.

Среди выявленных нами типоморфных признаков минеральных индивидов и агрегатов выделяются три группы: структурно-текстурные (включая степень КСК); состава (типохимизм); физических свойств.

Например, для жильного кварца они определены на разных уровнях организации жильного кварца: минеральных агрегатов; его легкой фракции; минеральных индивидов (молекулярный уровень); элементарных ячеек (атомный уровень) и ЭДЦ (электронный уровень).

1.4. Основные УОМВ, используемые в методике

1.4.1. Продуктивный минеральный комплекс

Основные положения выработанного нами подхода к разработке минералого-геохимических поисково-оценочных критериев на основе изучения продуктивных минеральных комплексов, слагающих жильные месторождения, обосновываются представлениями об одноактности внедрения рудообразующего флюида и в принципе одностадийности формирования дискретных полигенерационных минеральных тел (жил, линз, брекчиевидных тел, рудных даек, шлиров и т.д.) в процессе его эволюционной саморганизации, выражающейся в образовании комплекса минеральных парагенезисов и последовательно образованных ассоциаций. Следовательно, продуктивный минеральный комплекс — это комплекс минеральных парагенезисов и (или) их ассоциаций, слагающих конкретное рудное тело (жила, линза, дайка, шфир и т.д.) или его фрагмент на полную мощность в определенном сечении. Набор существенных признаков продуктивного минерального комплекса, характеризующий рудные тела определенной рудной фмации, в соответствии с правилами, характеризующими МТИ, заключенную в нем, должен с максимальной долей вероятности отражать как особенности условий образования, так и качественные и количественные признаки оруденения, то есть быть типоморфным.

Опыт изучения продуктивных минеральных комплексов ряда золото-рудных месторождений с позиций типоморфизма показал перспективность такого подхода. Использование явления типоморфизма позволяет получить типоморфные признаки продуктивных минеральных комплексов трех видов, характеризующих различные УОМВ: типохимические признаки химического (элементного) состава (атомный уровень), структур и текстур минеральных агрегатов (уровень минеральных агрегатов) и минерального состава (уровень минеральных комплексов).

1.4.2. Жильный кварц и состояние его изученности. Понятие легкой фракции жильного кварца

Типоморфизм кварца как минерального вида изучается на протяжении более полувека. Анализ проблемы дан нами в (38, с. 5-35 и в 41, с. 4-7).

В целом состояние изученности кварца (38) показало, что уровень знания природы вариаций его состава и свойств позволил подойти к осознанной постановке задачи выявления типичных вариаций его особенностей для рудных месторождений на рудноформационной основе.

Кварц обладает относительно широким по спектру, но небольшим по емкости изоморфизмом. Если использовать для решения поставленных задач кварц как минеральный вид, то требуется высокая степень его очистки, которая приведет к невозможности использования традиционных и доступных для производственных организаций экспрессных и цеховых методов анализа (эмиссионный спектральный анализ, атомно-абсорбционный и т.д.) в связи с низкими содержаниями в кварце примесей рудных элементов, а отсюда и трудности в разработке поисково-оценочных критериев на основе типоморфизма. Использование только методов, позволяющих определять структурные примеси в кварце (ЭПР), резко ограничивает круг решаемых задач рудноформационного анализа. Методы локального анализа не обладают необходимой чувствительностью.

При попытках выделения мономинеральных фракций кварца из рудных парагенезисов от пробы к пробе чистота их варьирует, несмотря на большие затраты труда. Особенно это относится к мелко- и тонкозернистым агрегатам, где срастания зерен рудных минералов, хотя и редких, с кварцем очень тесные. Поэтому возникла необходимость изучения жильного кварца, представляющего собой субмономинеральный агрегат, состоящий на 95 - 99,9% из кварца; доля других, в том числе рудных, минералов составляет в среднем 0,01-5%. Этот подход принят нами вслед за Г.Н. Вертушковым, Э.М. Емилиным, Г.А. Синкевичем, Ю.А. Соколовым и В.И. Якшиным. Указанные авторы, представляющие уральскую школу исследователей жильного кварца, рассматривают, "...жильный кварц как месторождения минералов". В настоящее время большинство исследователей, изучающих кварц, разделяют понятия "кварц" и "жильный кварц". Термин "кварц" относится к понятию минерального

вида, а "жильный кварц" – к существенно кварцевым минеральным агрегатам, слагающим жилы рудные, безрудные, хрусталеносные, гранулированного кварца и т.д.

Исходя из рационального подхода к понятию "жильный кварц", разработаны и используются в практике НИР представления о существенных его свойствах и методах их определения. Существенными свойствами жильного кварца являются размер индивидов в агрегате, его структуры и текстуры; характер ограничения индивидов в агрегате; характер ориентировки; тип субструктуры (субструктуры роста, субструктуры, связанные с деформацией); плотность, объемный вес; соотношение воды и уголекислоты в межзерновом пространстве; электрические и пьезоэлектрические свойства; температуры максимума выхода воды; неструктурные примеси; твердые включения; газово-жидкие включения; цвет. Существенными свойствами индивидов кварца являются: объем элементарной ячейки, степень СКС (38, 48, 50); формы ИК-спектров, соотношения воды и уголекислоты (38, 44-50); структурные примеси (Fe, Al, Ge, Ga, Ti, Mn, W, Sn), компенсаторы зарядов при гетеровалентном изоморфизме (Na, Li, H, Au, Ag, NH₃ и др.), неструктурные примеси (твердые и газово-жидкие включения, включения в дефект-каналах (38, 46-48); температуры α - β переходов (38); термолюминесцентные свойства (6, 8, 38), оптические спектры поглощения и пропускания, окраска, неоднородности строения индивидов и т.д.

Аналогичный подход к изучению жильного кварца применен в работах авторов (38, 41), Н.А. Горячева (8), О.И. Широкого (1986) и других исследователей.

В последние годы в минералогическую науку введено понятие о реальном минерале, который, по А.И. Гинзбургу, "представляет собой целый микромир, весьма далекий от идеализированного его представления". Поэтому использование понятия "жильный кварц" для обозначения существенно кварцевых минеральных агрегатов, содержащих включения парагенных минералов, представляется необходимым. Проблема изучения типоморфизма жильного кварца с целью разработки минералого-геохимических критериев рудноформационного анализа и оценки рудоносности поставлена нами в 1969 году, и основные ее аспекты решены в (38-55).

Для жильного кварца проблема типоморфизма имеет ряд специфических особенностей, определяющихся объектом исследования (38):

- образование и существование его в широком диапазоне геологических условий и процессов;
- многообразие проявления его чисто внешних признаков, изменчивость которых связана с условиями кристаллизации и последующих преоб-

разований;

- динамичность конституции агрегатов, легко реагирующих на изменение внешней среды, способность к перестроению и регенерации;

- определенная рыхлость кристаллической структуры, позволяющая ей, существовать в различных состояниях относительной метастабильности; реализовать широкий по спектру элементов, но ограниченный по вместимости изоморфизм; образовывать большое число дефектов структуры; быть твердофазной средой для миграции рудных элементов с образованием их значительных концентраций на геохимических барьерах;

- аномалии свойств, обусловленные примесями (ТЛ, дихроизм, не свойственные идеальной структуре ИК-спектры, вариации диэлектрической проницаемости и электропроводность);

- различная вероятность появления дефектов, обуславливающих состав и свойства реальных индивидов и агрегатов кварца, в зависимости от скорости кристаллизации, pH минералообразующих растворов, их концентрации и состава, глубин образования, рудной нагрузки.

Специфические черты жильного кварца позволили выявить существование устойчивых типоморфных признаков трех групп: структурно-текстурных (включая СКС), состава, свойств.

Группы типоморфных признаков выделяются и рассматриваются с трех позиций:

- рудноформационной принадлежности кварцевых жил и тел;

- отношения внутри каждой рудной формации к рудоносным или безрудным телам;

- изменчивости их по вертикали с целью выявления возможности использования для оценки уровня эрозионного среза.

При изучении монофракций жильного кварца установлено, что значительная часть геохимической информации при подготовке проб кристаллически-зернистых агрегатов к анализу утрачивается из-за того, что ряд важных элементов-индикаторов рудного процесса не образует в кварце структурных примесей; в то же время из тонкозернистых агрегатов, слагающих абсолютное большинство месторождений малоглубинных формаций, монофракции получить невозможно. Поэтому, как показано в ряде наших работ (38, 41, 48), наиболее информативные результаты по типохимическим свойствам жильного кварца получены при изучении его легкой фракции, получаемой общеизвестными методами фракционирования в бромформе.

Анализ данных по статистическим характеристикам концентраций ряда рудных элементов в легких фракциях жильного кварца показал, что:

- в целом геохимическая специализация жильного кварца, выраженная через его легкую фракцию, является типохимическим признаком свя-

занного с ним оруденения;

- численные значения пределов вариаций статистических характеристик концентраций рудных элементов в ряде случаев являются типохимическими признаками рудноформационной принадлежности;

- среди литофильных элементов, содержащихся в легких фракциях жильного кварца, важное значение имеют литий и рубидий, и кали-натровое отношение, являющиеся одними из показателей глубинности формирования рудных тел.

Предпочтительность использования легких фракций позволяет при сохранении высокой геохимической информативности сократить трудоемкие операции отбора значительных по объему и массе (5-10 г) монофракций и, соответственно, в 5-10 раз уменьшить стоимость подготовки проб к анализу. При этом реализуется возможность избавиться от существенного влияния субъективного фактора на чистоту монофракций, сократить время на выполнение работы по оценке вероятной рудоносности свалов жильного кварца, с большей эффективностью использовать возможность эмиссионного спектрального анализа, избавиться от влияния различной степени окисленности на дневной поверхности и на глубине. Повышение эффективности спектрального анализа заключается в том, что ряд элементов в ПМК может присутствовать в концентрациях более 1%, обуславливая неопределенность величины содержаний. При анализе легких фракций она в большинстве случаев исчезает. При использовании монофракций неопределенность возникает вновь вследствие низкой чувствительности анализа, например, на мышьяк, сурьму, теллур.

1.5. Типоморфический анализ

1.5.1. Общие положения

Конкретным проявлением типоморфизма минералов и минеральных тел являются их признаки. В случае их метрируемости типоморфными становятся признаки, численные значения которых укладываются в определенные пределы их вариаций.

Типоморфным может быть отдельный минерал, наличие которого определяет генетическую принадлежность того или иного геологического тела. Например, омфакит является типоморфным минералом эклогитов - образований высоких температур и высоких давлений, электрум и фрейбергит - типоморфные минералы месторождений малоглубинной золото-серебряной формации и т.д. Типоморфными не могут быть сквозные мине-

ралы золоторудных месторождений – кварц, пирит, арсенопирит, широко распространенные в геологических телах различных генетических типов и рудных формаций.

У сквозных минералов типоморфными могут быть признаки – состава, структуры, других свойств, являющиеся типичными для данных, определенных продуктов определенных МГС и отличающие их от всех других. Поэтому в понятие типоморфизма минералов закладываются и диалектические связанные противоположные качества – типическое и отличительное, так как только типическое (например, кубическая форма кристаллов пирита) не будет признаком, позволяющим отличать пирит золоторудных месторождений от месторождений вольфрамита или флюорита.

Для выявления типоморфных признаков минералов проводится типоморфический анализ. На практике задачей типоморфического анализа является необходимость выявления типического и отличительного для групп индивидов одного минерального вида или его разновидности, которые отражают определенные условия минералообразования, характеризующиеся близкими пределами вариаций РТХ-параметров МГС. Потому поиски типоморфных признаков минералов, связанных с определенным характером самого процесса минералообразования, приводят к возможности получения критериев для выявления геологических ситуаций, типичных для определенных формационных типов оруденения. Поскольку типоморфные признаки минералогенетические, то и сам процесс их познания методологически вытекает из минералогенетического анализа и обусловлен, как уже указывалось, законом МГР. В связи с тем, что МГР проявлен во всем объеме состава и свойств каждого минерала и генетическая информация поступает в минерал на всем протяжении его существования, увеличивается неопределенность последней. Однако для решения прикладных задач, связанным с выявлением поисково-оценочных критериев, необходимо использование определенных признаков, характеризующих конкретный процесс минералообразования, приводящий, например, к формированию кварцевых жил или с золотом, или с оловом, или с вольфрамом.

Выделить из общего объема минералогенетической информации только ту, которая полезна для решения каждой конкретной задачи, можно, применяя типоморфический анализ, который, следовательно, является методологическим приемом для перехода к определенности. Типоморфический анализ является заключительным этапом при изучении минералогии рудных месторождений и одной из основ рудноформационного анализа. Только тогда, когда определены признаки минералов, являющиеся индикаторами: рудного процесса, проявления последнего могут быть найдены при планомерных и целенаправленных поисковых работах с меньшими затратами.

Типоморфический анализ – метод сравнительно-статистический и логико-информационный. Он предъявляет определенные требования к отбору проб и формированию выборок.

1.5.2. Принципы отбора проб и формирования выборок

По каждому из признаков изучаемого минерального вида должна быть обеспечена представительность выборки для возможности обработки методами математической статистики в пределах данного множества. Характеристика определенного в отношении рудной формации и рудоносности локального типа (56) должна осуществляться с помощью серий выборок (множеств).

В общем случае путь для выявления типоморфных признаков один – сравнение изучаемого с известным. Известным может быть эталон или изученная ранее МГС, либо одновременно изучаемые и сравниваемые системы. Используемые выборки могут быть однородными или неоднородными. Подбор материала в выборку основывается на принципах геологических сходств и различий: это образцы кварца, отобранные из определенной генерации или жилы, или определенного месторождения, или групп месторождений определенной рудной формации и т.п. Для выявления типоморфных признаков вероятной рудоносности кварцевых жил составляют выборки, включающие образцы рудного или безрудного кварца.

При прослеживании изменчивости состава и свойств в пространстве и определении типоморфных признаков для оценки уровня эрозионного среза или выклинивания оруденения по простиранию кварцевых жил или зон составляются выборки по сечениям или горизонтам их отработки или разведки. В необходимых случаях, в частности, на месторождениях, где отчетливо проявлено зональное или ритмично направленное строение жильных тел, в пределах погоризонтных выборок составляются подвыборки по признаку принадлежности того или иного образца к определенной из выделенных разновидностей кварца.

Самым эффективным из несложных сравнительно-статистических способов обработки данных является расчет средних арифметических ($\bar{x}$), дисперсий, среднеквадратичных отклонений (σ) и отношений величин. Методы математической статистики позволяют сравнивать выборки путем сопоставления этих величин (критерии Стьюдента, Фишера и др.).

Для сравнения с эталоном пригодны методы стилизации по разности, которые позволяют определить меру удаленности (отличия) полученного признака от признака эталона.

Кроме рассмотренных выше методов обработки данных для выявления типоморфных признаков применяются регрессионный, корреляционный и факторный анализы с использованием временных ЭМ. Для определения воз-

можных отличий продуктивных и непродуктивных кварцев целесообразно рассчитывать коэффициенты корреляции между золотоносностью, их составом или свойствами. Следует широко применять наглядные методы построения всевозможных графиков, отражающих зависимости полученных средних значений состава и свойств от глубины, от характера вмещающих пород, от околорудных изменений, от структурно-текстурных особенностей, от рудоносности, от состава минеральных парагенезисов и др. По возможности следует показывать распределение параметров в пространстве жил в изолиниях.

2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТИПОМОРФИЗМА ПМК, ЖИЛЬНОГО КВАРЦА, ЕГО ЛЕГКОЙ ФРАКЦИИ, ПАРАГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ

2.1. Теоретическое обоснование

В результате исследований типоморфизма ПМК, жильного кварца, парагенных минералов установлено, что типоморфизм минеральных тел, представляющих собою жильные месторождения золота, обусловлен эволюционной самоорганизацией дискретных порций высокотемпературных высококонцентрированных растворов-расплавов определенного химического состава в конкретных геологических ситуациях.

Процессы эволюционной самоорганизации происходят вследствие охлаждения минералогенизирующего флюида и имеют вероятностно-детерминированный характер. Скорости их детерминированы относительно изменения РТХ-характеристик МС и зависят от глубин, меры связи с магматизмом или источником энергии, меры изотропности-анизотропности и минерального состава вмещающей среды, открытости МС. Мера детерминированности процесса связана с характером равновесности-неравновесности в МС.

Установлены пределы вариаций признаков МС и показана их относительная устойчивость для конкретных рудных формаций. Среди множества признаков выделяются наиболее устойчивые и контрастные для каждой из изученных рудных формаций. Все признаки основаны на использовании принципа диалектики единства и противоположности типического для данного множества и отличительного от всех остальных.

Результаты исследований позволяют выделить типоморфные признаки:

- рудноформационного анализа, позволяющие однозначно отнести объект к золоторудной формации и определить принадлежность ее к определенной фации глубинности, минеральному типу;
- поисково-оценочные, позволяющие оценить принадлежность к определенной части жилы: зоне рудных индикаторов, либо надрудной, верхнерудной, зоне рудных столбов, нижнерудной зоне, подрудной (рис. 1);
- оценки масштабов оруденения на основе индекса меры близости к эталону.

МОДЕЛЬ ЗОЛОТОРУДНОЙ ЖИЛЫ В ПРОЕКЦИИ НА ВЕРТИКАЛЬНУЮ ПЛОСКОСТЬ

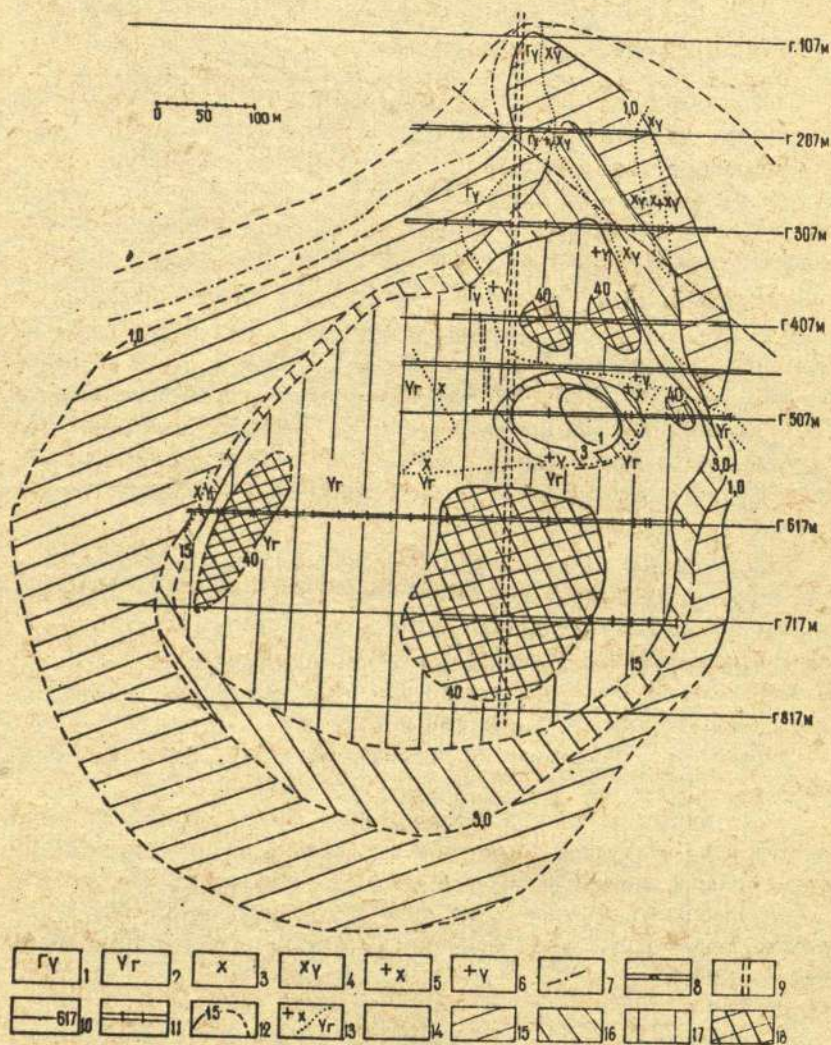


Рис. 1

Условные обозначения к рис. I

I - габбро и долериты гранитизированные, калишпатизированные; 2 - граносиениты с реликтами габбро и долеритов; 3 - диориты; 4 - диориты гранитизированные, калишпатизированные; 5 - гранодиориты; 6 - граносиениты; 7 - проекция линии сопряжения нарушения с плоскостью жилы; проекция линии условного контура жилы; 8 - горные выработки; 9 - проекция ствола шахты; 10 - гипсометрические отметки и горизонты разведки; 11 - места отбора проб; 12 - линии изоконцентраций (г/т) золота; пунктиром - предполагаемые; 13 - контакты магматических пород.

Части жил относительно оруденения:

I4 - зона рудных индикаторов; I5 - надрудная и подрудная; I6 - верхнерудная и нижнерудная, бедных руд; I7 - рудная; I8 - богатых руд

2.2. Основные принципы новой технологии поисков и оценки

Предлагаемая технология основана на исследовании метрируемых и неметрируемых типоморфных признаков (критериях), позволяющих на количественной основе, с использованием приемов математистики однозначно относить объект к определенной рудной формации и оценивать его рудоносность. Технология поисков и оценки включает следующие основные группы операций:

- в результате геологосъемочных, геохимических и геофизических работ либо анализа фондовых материалов определяется участок с развитием выходов на дневную поверхность коренных обнажений, элювиально-делювиальных свалов, развалов, либо в плотиках россыпей, либо вскрытых поверхностными горными выработками или буровыми скважинами фрагментов жильного кварца, сульфидизированных либо окварцованных горных пород;
- на местности производится поиск выходов жильного кварца или зон окварцевания и пиритизации, отбор образцов, количество которых должно позволить выполнить обработку аналитических данных методами математистики (20-33 штуки);
- проводится минералого-геохимическое изучение отобранной совокупности проб, позволяющее выявить признаки для отнесения их к определенной рудной формации и оценки принадлежности к определенной части месторождения золота на основе использования критических величин признаков ПМК жильного кварца, его легкой фракции (структурно-текстурные особенности, минеральный и элементный состав), свойств и типоморфных признаков парагенных минералов, комплексного типохимического критерия; определяется принадлежность объекта к золоторудной формации;
- на основе использования кривой зависимости C_{H_2O}/C_{CO_2} и давления в МС, графика связи C_{H_2O}/C_{CO_2} и степени СКС, графика связи степени СКС и глубины образования кварцево-жильных тел определяется фация глубинности объекта; все эти кривые и графики рассмотрены ниже;
- на основе полученных данных с использованием результатов изучения минерального состава, геохимических критериев минерального типа определяется минеральный тип объекта;
- на основе признаков оценки уровня эрозионного среза оценивается принадлежность объекта к определенной части месторождения (надрудной, верхнерудной и т.д.);
- если установлено, что объект не относится к подрудной части жилы, с использованием индекса близости к эталону оценивается его промышленная значимость;
- весь материал обобщается и выдаются рекомендации о целесообразности и направлениях ГРП.

3. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫЕ КРИТЕРИИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ СРЕДНЕГЛУБИННЫХ И ПЕРЕХОДНЫХ К ГЛУБИННЫМ ЗОЛОТОРУДНЫМ ФОРМАЦИЯМ

3.1. Критерии принадлежности объекта к золоторудной формации

Месторождения и рудопроявления среднеглубинной и переходной к глубинной малосульфидной золото-кварцевой формации характеризуются признаками, изложенными в (5,7, 17-19, 23, 33-35, 38, 48). Главнейшие признаки геолого-структурной ситуации месторождений среднеглубинной малосульфидной золото-кварцевой формации (см. табл. I) сводятся к следующему. Они локализованы в дислоцированных песчаниково-сланцевых толщах, нередко содержащих вулканогенно-осадочный материал, метаморфизованных в пределах фации зеленых сланцев. Как правило, в разрезе рудовмещающих толщ присутствуют черные углистые сланцы. Вмещающие породы в околожильном пространстве интенсивно сульфидизированы. Сульфидизация представлена либо пиритом, либо арсенопиритом. Наряду с сульфидизацией развито прожилковое окварцевание и анкеритизация, ферродоломитизация. Ранний железистый карбонат обычно выделяется в прожилках до кварца и сульфидов. Поздние карбонаты представлены марганцовистыми кальцитами. Четкая генетическая связь оруденения с магматизмом устанавливается далеко не всегда. Парагенетическая связь проявляется в широком развитии даек гибридных лампрофиров, гранодиорит-порфиров. Гибридизм обусловлен аномально высокой щелочностью, преимущественно за счет калия. Особенностью даек является насыщенность их сульфидами. По отношению к кварцевым жилам они бывают близко-дорудными, синрудными, внутрирудными, редко - пострудными. В этих случаях они не золотоносны. Известны случаи (Токур, Любавинское месторождения), когда золото непосредственно локализовано вместе с сульфосолями на контакте дайки и кварцевой жилы.

Для всех жил характерно, особенно в приконтактных их частях, обилие интенсивно сульфидизированных обломков, изогнутых пластин сланцев (рис.2-3), являющихся субстратом для тонких оторочек полевых шпатов, слюд, в свою очередь, - субстратов для ранних генераций золотоносных пирита либо арсенопирита. Кварц становится линзовидно-полосчатым, темно-серым (см. рис.2). Возрастные соотношения пирита и арсенопирита бывают разными. На Любавинском месторождении ранним оказывается арсенопирит (рис. 4) и поздним - пирит; на Неждановском раньше выделяется куб пентагондодекаэдри-



Рис. 2. Жильный кварц полосчатой текстуры с изогнутыми обломками сланца. Обр. 18/80, месторождение Никольское (Центральное Забайкалье), отвал штольни 20. Натуральная величина



Рис. 3. Неясно-полосчатая текстура продуктивного минерального комплекса. Видны пластины углистого сланца, вдоль контакта с ними развиты сульфиды, выделяющиеся и вокруг переработанных обломков вмещающих песчаников. Уменьшено в 2 раза, Николаевское месторождение, обр. 38/80 Б.



Рис. 4. Арсенопирит на контакте кварца и тонкозернистого песчаника. Видны тонкие ответвления нитевидных прожилков. Любавинское месторождение, обр. 52/81. Увел. 1,5 раза.

ческий пирит, затем - золотосный тонкостоватый арсенопирит.

Золото на всех месторождениях полигенерационно. Оно выделяется в ранней генерации с пиритом, иногда в форме петцита, либо с арсенопиритом, в последующих - в ассоциации с галенитом, сфалеритом, сульфосолями, тетрадимитом-жозеитом. В поздних генерациях в друзовых пустотах образуются различных размеров самородки - от долей мм до 3-5 см. Оно выделяется и в виде прожилков вне видимой связи с сульфидами и сульфосолями.

Среди среднеглубинных месторождений золото-кварцевой формации выделяется группа месторождений, локализованных на контактах диабазов или других относительно малоглубинных пород среднего и основного состава (диоритовых порфиритов, порфировидных диоритов) с песчаниками, сланцами и вулканогенно-осадочными породами. Примерами являются Караль-Веемское (Зап. Чукотка), Коммунарское и Саралинское (Кузнецкий Алатау) месторождения. В особую группу месторождений, локализованных в более древних (докембрий - нижний палеозой) терригенных породах, характеризующихся большими глубинами образования (более 3 км), объединяются Совгское (Енисейский край), Мурунтауский рудный узел (Кызыл-Кумы) и Ирокиндинское поле (Зап. Забайкалье). Последнее локализовано в зонах диафтореза в полях развития кристаллических сланцев амфиболитовой фации. По минеральному составу эта группа месторождений существенно не отличается от описанных выше. Можно лишь отметить, что в кварцевых жилах Ирокиндинского и Коммунарского рудных полей очень низки содержания арсенопирита.

Месторождения и рудопроявления золота золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцево-сульфидной формаций отличаются содержанием сульфидов (прежде всего, пирита и арсенопирита) больше 5 % объема жил. Среди них к золото-сульфидно-кварцевым разностям относятся жилы или иной формы тела, содержащие до 50 % сульфидов. При большем содержании минеральные тела относятся к золото-кварцево-сульфидной формации. Как видно из табл. I, месторождения этих формаций обычно локализованы в магматических породах либо в различного рода измененных базитах, содержащих различной формы секционные тела монцонитовых порфиритов, диоритовых порфиритов со щелочным уклоном, граносиенитов. Обычная тесная пространственная и генетическая связь с этими породами. Дайковий комплекс характеризуется четкими признаками гибридности. В большинстве случаев системы рудных жил, как это хорошо проявлено на классическом месторождении этой формации Дарасунском, образуют структур-

но выдержанную рудно-магматическую систему. Установлено, что собственно золото-кварцево-сульфидные месторождения или отдельные рудные тела локализованы в габбро-амфиболитах и их аналогах, а золото-сульфидно-кварцевые - в гранитоидах, но генетически связаны с диоритами щелочного ряда.

Для месторождений рассматриваемых формаций в околожильном пространстве весьма типичны зоны калишпатизации, биотитизации, березитизации и лиственитизации. Минеральная зональность, являющаяся отражением элементной зональности, хорошо проявлена и заключается в смене по вертикали существенно сурьмяных или мышьяковых минералов сульфидами. Пирит сменяется пирротинном, с глубиной возрастает доля висмута и уменьшается - теллура, возрастает доля молибдена и уменьшается - вольфрама. Концентрации сульфосолей и теллуридов с глубиной уменьшаются, уступая место сульфидам и окислам. Особенностью месторождений рассматриваемых формаций является широкое развитие сульфосолей, с которыми пространственно ассоциирует золото. На верхних горизонтах золото преимущественно очень малое, тесно связано с сульфидами - пиритом, арсенопиритом, халькопиритом и теллуридами. С глубиной увеличивается доля свободного относительно крупного (0,1-1,0 мм) золота в парагенезисе с тетрадимитом, жозеитом, бурнонитом, халькопиритом. Характерна высокая золотоносность сульфидов. Мощность жил месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации широко варьирует, золото-кварцево-сульфидной - редко бывает более 0,5 м. Фрагменты строения жил и минеральных агрегатов представлены на рис.5-8.

Важнейшей особенностью пирита месторождений этих формаций, особенно верхних половин месторождений вплоть до средних частей надрудных зон, а иногда и зон рудных индикаторов, является присутствие микровключений теллуридов золота и серебра, в частности, петцита (рис.9), устанавливающихся либо при наблюдении под хорошим световым, либо под электронным микроскопом. В самых верхних частях зон рудных индикаторов, где содержание пирита в массе сульфидизированных зон едва достигает 1-2 %, он встречается крайне редко. Оптимальные зоны его распространения - нижние части зон рудных индикаторов, собственно надрудные зоны с широким развитием пирита, вплоть до верхнерудных зон. В зонах рудных столбов выделения петцита уже обособляются от пиритовой матрицы и дают относительно крупные (0,05-1,0 мм и более) индикаторы. В частности, на Зун-Холбинском месторождении, где петцит является нередкой составной частью рудного парагенезиса, он в пирите в виде микровключений



Рис. 5. Галенит-сфалерит-арсенопирит-кварц-пиритовый агрегат. Образец со стороны лежащего бока. Апофиза III Уконикского месторождения. Обр. II0/53, увел. 1,5 раза



Рис. 6. Кварц-пиритовый агрегат с обломками березита. Главная часть жилы. Видны полосы, обогащенные пиритом (белое) и кварцем (серое). В кварце-обломки березита по амфиболиту. Обр. III/53, натуральная величина.

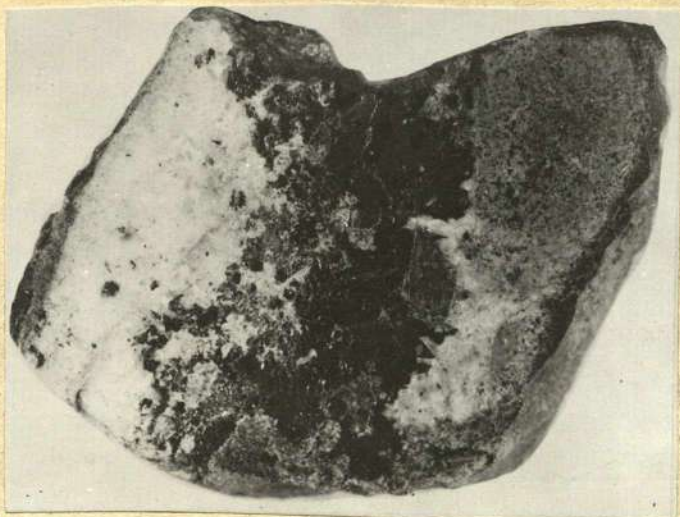


Рис. 7. Фрагмент строения кварцево-сульфидной жилы Женовской, Дарасунское месторождение



Рис. 8. Фрагмент строения полосчатой сульфосольно-халькопиритово-пиритово-арсенопиритово-кварцевой жилы Широкой, Верхне-Алиинское месторождение



Рис. 9. Примеры форм выделений петцита в пирите.
Угольно-целлюлозная реплика. Увел. 5000^x.

не обнаружен.

Минералогические критерии принадлежности объекта к золоторудной малосульфидной золото-кварцевой формации приведены в табл. 2.

Для отнесения зоны окварцевания с пиритом или зоны пиритизации к золоторудному месторождению используется универсальный комплексный критерий: если в пирите обнаруживаются микровключения петцита с частотой встречаемости в 10 и более % проб и содержание серебра и золота в пробе при этом составляет 0,2 и более г/т, то пробы имеют отношение к золоторудному месторождению. Использование универсального комплексного критерия предпочтительно при оценке надрудных и верхнерудных зон, так как оптимальные условия для развития микровключений петцита в пирите существуют в верхних частях жил. С другой стороны, использование этого критерия уменьшает вероятность пропуска месторождений, выходящих на дневную поверхность непродуктивными надрудными зонами окварцевания, пиритизации и аргиллизации. Графическое выражение критерия дано на рис. 10. Кроме того, необходимо использовать данные о золотоносности сульфидов, если они имеются, критерии, ограничивающие нижние пределы концентраций золота, серебра, теллура и других элементов, а также верхние пределы концентраций молибдена, висмута, вольфрама, олова и других элементов как в ПМК (табл. 2), так и в легких фракциях (табл. 3). Для отличия собственно молибденовых месторождений от золоторудных с молибденитом следует использовать диаграмму зависимости содержаний молибдена и мышьяка в ПМК (рис. 11) и наличие и отсутствие предсульфидного турмалина.

Критерием принадлежности свалов кварца, не содержащих сульфидов и рудных, к золоторудным является отношение $V_{\frac{1}{2}}/\Delta DC$ по данным ЭПР, критическая величина которого дана в табл. 2.

Необходимо использовать совокупность критериев.

3.2. Критерии фации глубинности

Критериями фации глубинности являются структуры и текстуры минеральных агрегатов ПМК и жильного кварца (табл. 4 и 5), особенности их минерального состава, пределы вариаций численных значений степени СКС кварца и величины C_{H_2O}/C_{CO_2} в кварце (табл. 6-7).

3.3. Критерии минерального типа

Минералогические критерии для определения минерального типа даны в табл. 8. Поскольку определение минерального типа важно для решения вопроса об использовании эталонного месторождения при оцен

Таблица 2
Рудноформационные и поисково-оценочные минералого-геохимические критерии принадлежности к золоторудной формации, основанные на признаках ПМК жильного кварца

Золоторудная формация	К р и т е р и й Минералы- индикаторы	и е г о ч и с л е н н о е з н а ч е н и е элементы-индикаторы и их концентрации, г/т									
		Золото		Серебро		Теллур		Висмут			
		$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б
Среднеглубин- ная малосульфидная золото-тетраэдриит-козет, кварцевая	Кварц, золото, серебро и их теллуриды и селениды и сульфосомы, микроаклучения пеццита в ширите при частоте встречаемости в 10 и более % проб. Содержа- ние сульфидов до 5%, обогащенность золотом сульфидов	$> 0,2$	$> 1,0$	$> 1,0$	> 4	≥ 50	-	$\geq 1,0$	-	≤ 10	
Среднеглубин- ная золото- сульфидно- кварцевая	То же, сульфидов до 50%	$> 0,2$	$> 1,0$	$\geq 1,0$	≥ 10	≥ 50	-	$\geq 10,0$	-	> 21	
Среднеглубин- ная золото- кварцево- сульфидная	То же, сульфидов более 50%	$\geq 1,0$	≥ 3	$\geq 3,0$	≥ 12	≥ 50	-	> 10	-	> 23	

Золоторудная формация	К р и т е р и й и е г о ч и с л е н н о е з н а ч е н и е										З Д Ц	
	Элементы-индикаторы и их концентрации, г/т										V _г / ЭДЦ	
	Мальяк		Молибден		Вольфрам		Олово					
	$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б	$\bar{x}$	б
Среднеглубинная малосульфидная золото-кварцевая	≥ 200	> 300	< 20	< 26	< 600	< 2000	< 10	< 10	$\geq 3,4$	$> 1,4$		
Среднеглубинная золото-сульфид- но-кварцевая	≥ 100	> 2000	< 500	< 1200	< 600	< 2200	< 60	< 50	$\geq 3,4$	$\geq 1,4$		
Среднеглубинная золото-кварцево- сульфидная	> 3000	> 4000	< 600	< 1200	< 50	< 50	< 300	< 250	$\geq 3,4$	$\geq 1,4$		

ЧАСТОТА ВСТРЕЧАЕМОСТИ ПЕТЦИТА В ПИРИТЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ И НЕЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗНЫХ ФОРМАЦИЙ

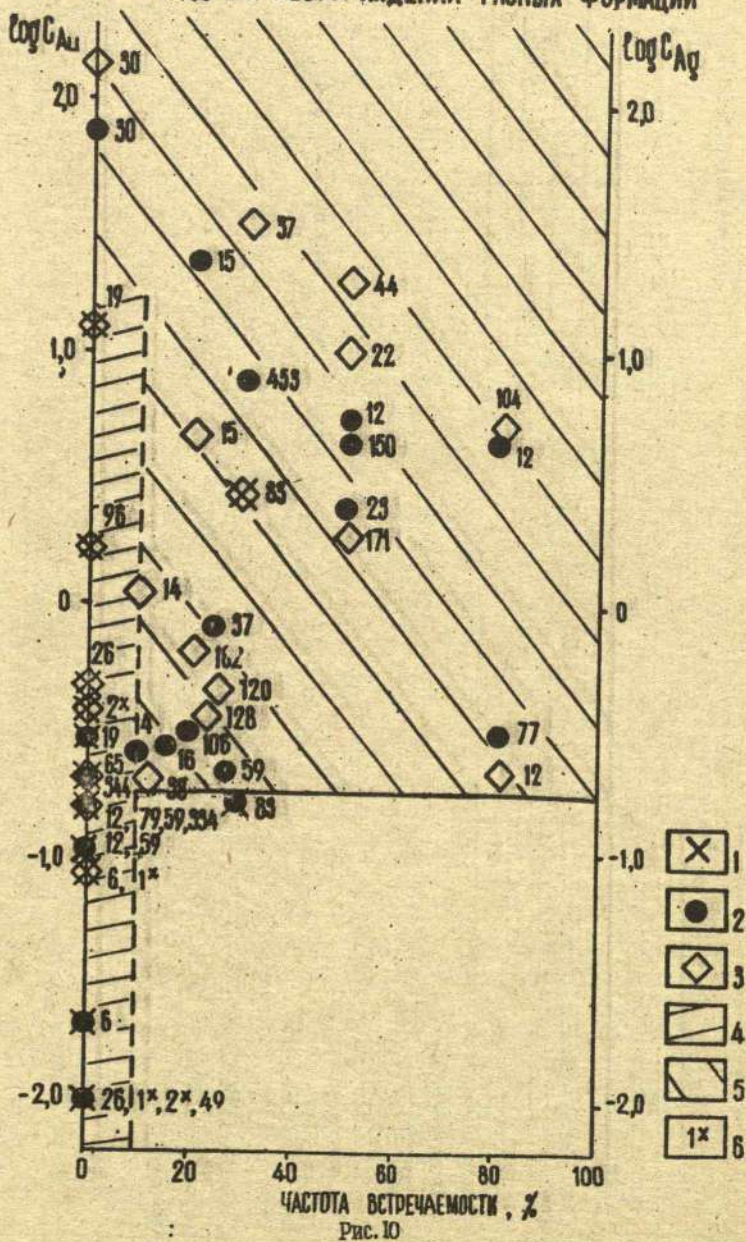


Рис. 10

Условные обозначения к рис. 10

- 1 - незолоторудный объект
- 2 - содержание золота, г/т
- 3 - содержание серебра, г/т
- 4 - поле точек незолоторудных объектов
- 5 - поле точек золоторудных объектов
- 6 - технологическая проба

Цифра показывает число определений золота и серебра

Таблица 3

Геохимические критерии принадлежности к золоторудной формации, основанные на признаках 18 ПК

Золоторудная формация	Критерий и его численное значение																				
	Элементы-индикаторы и их концентрации, г/т																				
	Золото		Серебро		Висмут		Мальк		Молибден		Вольфрам		Спинец		Ртуть		Сурьма				
	г	б/г	г	б/г	г	б/г	г	б/г	г	б/г	г	б/г	г	б/г	г	б/г	г	б/г			
Среднеглубинная мелкоульфидная золото-кварцевая	≥0,4	≥0,2	≥0,6	≥0,6	≥0,2	≥0,25	≤6	≤16	≤2,7	≤4380	≤1200	≤1,0	≤8	≤11	≤1,5	≤94	≤399	≤4,3	≤93	≤128	≤2
Среднеглубинная золото-кварцевая, переходная к глубинной	≥0,4	≥0,2	≥0,6	≥0,1	≥0,4	≥0,4	≤12	≤24	≤2,5	≤4670	≤4620	≤1,3	≤16	≤20	≤1,4	≤53	≤1444	≤2,7	≤25	≤25	≤1,8
Среднеглубинная золото-сульфидно-кварцевая	≥0,12	≥0,25	≥1,2	≥0,6	≥0,7	≥0,6	≤124	≤190	≤15	≤2225	≤3265	≤1,4	≤338	≤923	≤2,7	≤27	≤54	≤2,6	≤473	≤229	≤1,2
Среднеглубинная золото-кварцевая сульфидная	≥1,42	≥2,5	≥1,8	≥6,1	≥10,0	≥1,3	≤468	≤818	≤3,6	≤6660	≤3832	≤2,5	≤9	≤24	≤2,9	≤25	≤29	≤1,3	≤1634	≤2971	≤1,8

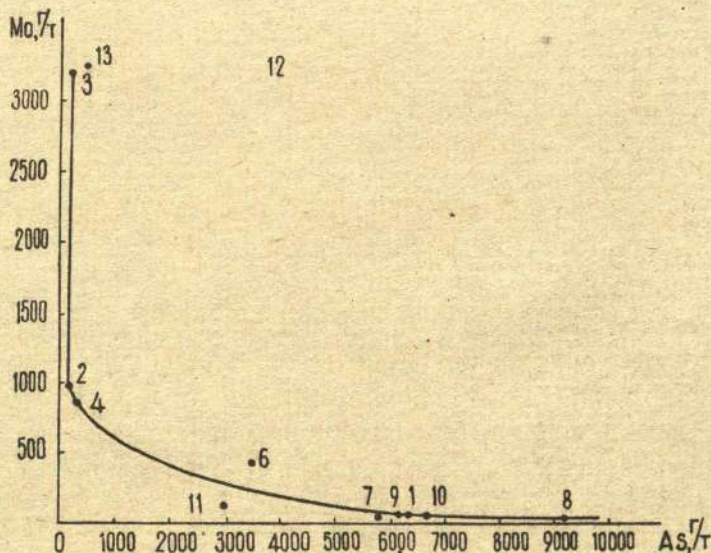


Рис. II. Соотношение концентраций молибдена и мышьяка в продуктивных минеральных комплексах вольфрамовых (1), молибденовых (2-5, 13) и золоторудных (6-12) формаций. Месторождения: 1 - Кти-Тебердинское; 2 - Мало-Ойногорское; 3 - Миркенское; 4 - Бугдаинское; 5 - Давендинское; 6 - Средне-Голготайское; Дарасунское, тилы: 7 - Эповская, 8 - Искра, 9 - Западная, 10 - Желеневская; 11 - Ключевское; 12 - Алексеевское; 13 - Шахтатинское

Таблица 4

Структурно-текстурные признаки ПМК как критерии фации глубинности.
Малосульфидная золото-кварцевая формация

Структура минерального агрегата	Текстура минерального агрегата	Пример минерального состава агрегатов	Фация глубинности, пример месторождений
Микро-тонко-зернистая	Массивная, сферолитовая, ритмично-тонкополосчатая со сферолитовым, массивным, тонко-шестоватым, мелкопластинчатым сложением отдельных слоев. Процессы пострудной перекристаллизации выражены слабо за исключением месторождений, где проявлен пострудный магматизм	Опаловые, халцедоновые, кварцевые, кварцево-глинистые, адулярово-кварцевые, хлоритово-кварцевые, флюэ-кварцевые. Могут присутствовать золото, электрум, серебро, хистелит, фрейбергит, миагрит, канфидит, науманит, другие теллуриды и селениды, сульфосоли золота, серебра, олова, висмута, свинца, сурьмы	Малоглубинная золото-серебряная, золото-серебро-олово-теллуридо-селеновая и др. Балейско-Тасеевское, Многовершинное (Верхнее рудное тело), Дукаское, Карамкенское, Агинское, Сергеевское, Зодское, Хаканжца и др.
Тонко-мелко-зернистая	Массивная, неяснополосчатая, брекчиевидная, сферолитовая, венчиковая, мелкодрозоватая, гетерокристаллическая с ориентацией оси С относительно крупных зональных кристаллов кварца субпараллельно контакту жилы, с присыпками тонкодисперсного рудного и нерудного минерального вещества. Проявлены процессы термального метаморфизма в связи с пострудным магматизмом	Кварцевые, гидрослюда-кварцевые, альбитово-(адулярово)-кварцевые, хлоритово-кварцевые, баритово-кварцевые. Могут присутствовать пирит, арсенопирит, антимонит, галенит, теллуриды, селениды, золото, свинец, сульфосоли, тетрадимит-хозеит, ферберит, аргентит, самородное золото и серебро	Переходная от малоглубинной к среднеглубинной малосульфидной золото-кварцевой. Многовершинное (Центральное, промежуточные рудные тела, участки Олений и др.), Токурское, Итала-Малеевское и др.
Мелко-средне-крупно-зернистая	Массивная, неяснополосчатая, брекчиевидная, венчиковая, друзоватая, шестоватая, гребенчатая. Преобладают крупные деформации жильного кварца	Кварцевые, сульфидно-кварцевые, турмалиново-кварцевые, флюоритово-кварцевые. Обычны пирит, арсенопирит, халькопирит, самородное золото, галенит, сфалерит, молибденит, висмутин, тетрадимит-хозеит, сульфосоли меди, свинца, теллуриды, шеелит	Среднеглубинная малосульфидная золото-кварцевая. Карель-Веемское, Добавино-Хавергинское, Коммунарское, Саралинское, Нежданниковское, Казахское
Средне-крупно-зернистая	Массивная, брекчиевидная, неясноглубокополосчатая, с интенсивным проявлением эпигетических процессов перекристаллизации кварца и сульфидов с хорошо развитыми следами пластических деформаций	Золото-кварцевые, золото-пирит-кварцевые, золото-арсенопирит-кварцевые, золото-шеелит-сульфидно-сульфосольно-кварцевые. Золото крупное, высокопробное. Присутствуют теллуриды	Переходная к глубинной малосульфидной золото-кварцевой. Иркиндинское, Мурунтау, Мотенбай, Беслантау, Советское, Колар, Хомстейк, Морро-Велью

Таблица 5

Структурно-текстурные признаки ПМК как критерии фации глубинности

Структура минерального агрегата	Текстура минерального агрегата	Пример минерального состава агрегатов	Фация глубинности, пример месторождений
Тонко-мелкозернистая	Массивная, неяснополосчатая, брекчиевидная, сферолитовая, венчиковая, мелкопороватая, гетерогенная, кристаллическая с ориентацией осей с относительно крупными зональными кристаллами кварца субпараллельно контакту жилы и приотслаиваемых тонкодисперсного рудного и нерудного минерального вещества. Проявлены процессы термального метаморфизма в связи с пострудным магматизмом	Кварцевые, гидрослюдаисто-кварцевые, альбитово (адулярово)-кварцевые, хлоритово-кварцевые, флюоритово-кварцевые, баритово-кварцевые. Могут присутствовать пирит, арсенопирит, антимонит, галенит, теллуриды, селениды, золотое, серебро, свинец, сульфосоли, тетрадимит-хозеит, халькопирит-марказит, ферберит, арсентит, самородные золото и серебро	Переходная от малоглубинной к среднеглубинной малосульфидной золото-кварцевой Верхняя часть Верхне-Алиинского
Мелко-средне-крупнозернистая	Массивная, неясногубополосчатая, брекчиевидная, венчиковая, друзоватая, шестоватая, гребенчатая. Преобладают хрупкие деформации жильного кварца	Кварцевые, сульфидно-кварцевые, турмалиново-кварцевые, флюоритово-кварцевые. Обычны пирит, арсенопирит, халькопирит, самородное золото, галенит, сфалерит, молибденит, висмутин, тетрадимит-хозеит, сульфосоли меди, свинца, теллуриды, шеелит	Среднеглубинная золото-сульфидно-кварцевая Усть-Карийское, Кировское, Теремкинское, Безовское
Мелко-средне-крупнозернистая	Массивная, неясногубополосчатая, ритмично-полосчатая за счет чередования полос сульфидов и сульфосолой, кварца и карбоната. Пластические деформации проявлены не на всех месторождениях и связаны с особенностями геолого-тектонической обстановки в период их формирования	Кварцево-пиритовые, кварцево-арсенопиритовые, кварц-пиритово-сульфидно-арсенопирит-халькопиритовые, каронат-сульфидные, сульфосоло-галенит-халькопиритовые. Присутствуют турмалины, сфалерит, висмутин, теллуриды золота, серебра, свинца, самородное золото. Пирит, арсенопирит, сульфосоли обычно высокозолотосодержательны	Среднеглубинная золото-кварцево-карбонатно-сульфидная. Дарасунское, Степняк, Давыдовское, Уконинское, Зун-Холдинское, нижние части Верхне-Алиинского и др.

Таблица 6

Критерии для отнесения золоторудных мес.орождений к определенным фазам глубинности по типоморфным признакам жильного кварца

Золоторудная формация	Фаза глубин- ности	Критерий и его численные значения				С _{кварц} / С _{кварц} в кварце
		Минералы-индикаторы	Структура и текстура жильного кварца	Степень СКС кварца, %	х	б
Малосульфидная золо- то-серебряная	Малоглу- бинная	Низкопробное золото, электрум, касситид, фрейдерит, минералит, канкринит, науманит, другие теллуриды, селен- ниды, сульфосоли, золота, серебра, олово, висму- та и др.	Массивные, микроферо- литовые, ритмично-по- дчатые со сферолито- вым, тонкошестоватым, мелкопластинчатым сло- жением отдельных слоев	31±40 3±8	38±67	21±40
Малосульфидная золо- то-серебряная	Средне- глубин- ная	Золото, тетраэдрит-ко- зент, теллуриды золота и серебра, микровключе- ния пегматита в пирите	Мелко-крупнозернистые до крупнокристаллических и дрозовых, массивные, нейношестоватые, брекчи- евидные, шестоватые, гре- бенчатые	45±63 6±14	7±15	4±7
То же	Переход- ная к глубин- ной	То же	Средне-крупнозернистые массивные с широко про- явленными пластическими деформациями	64±67 5±9	6±8	2±9
Хили локализованы в метаморфических тол- щах биотитовой субста- ции и низких ступеней а-мфиболовой фации метаморфизма с нало- женной биотитизацией, актинолитизацией, хлоритизацией	Средне- глубин- ная, ча- стично переход- ная к глубин- ной	Преобладает арсенопи- рит, о-мична обогащен- ность промывными концентрациями шесита, золото крупное, крайне неравномерно распраде- лено	Средне-крупнозернистые массивные, нейношесто- ватые до друзоватых, шес- товатых и гребенчатых	74±78 10±11	3±6	2±9

Таблица 7

Критерии для отнесения золоторудных месторождений к определенным
фациям глубинности по типоморфным признакам жильного кварца

Фация глубинности	К р и т е р и и				
	Минералы-индикаторы	Структуры и текстуры	Степень СКС, %		
			$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\bar{z}$
Среднеглубинная золото-сульфидно- кварцевая	Золото в основном с пробностью 750, теллу- риды золота и серебра, тетрацимит-жозеит, сульфосоли меди, обога- щенные золотом, микро- включения пегмита в пирите. Содержание суль- фидов до 50%	Тонкозернистые до крупно- зернистых, массивные, брек- чиевидные, грубополосчатые, шестоватые, гребенчатые, пруозоватые; симметрично-зо- нальное строение жил	52±86	10±13	5±12 2±3
Среднеглубинная золото-кварцево- сульфидная	То же, но содержание сульфидов более 50%	То же	71±80	2±11	2±12 2±6

Таблица 8

Типичные пределы содержания минералов в важнейших минеральных
типах месторождений среднеглубинных золоторудных формаций

Минеральный тип месторождения	Рудный минерал и его концентрация, %	Жильный минерал и его концентрация, %
Малосульфидный золото-кварцевый	Пирит (до 5), арсенопирит (до 5), халькопи- рит (до 0,5), галенит (до 0,5), сфалерит (до 1), висмутин (до 1), тетрадимит (до 0,2), тел- урит (до 0,1), сульфосоли (до 0,5), тел- луриды (до 0,1)	Кварц (до 99,5), полевые шпаты (до 5), хлорит (до 5), карбонаты (до 20), мусковит (до 5), турмалин (до 1)
Золото-сульфидно- кварцевый	Пирит (до 30), арсенопирит (до 10), халько- пирит (до 3), сфалерит (до 3), галенит (до 2), висмутин (до 1,5), молибденин (до 3), анти- монит (до 3), шеелит (до 2), пирротин (до 5), тетрадимит-жозеит (до 0,3), сульфосоли (до 2), теллуриды (до 0,5)	Кварц (до 90), турмалин (до 10), по- левые шпаты (до 5), хлорит (до 5), кар- бонаты (до 30), мусковит (до 10), аксинит (до 5), флюорит (до 10)
Золото-кварцево- сульфидный	Пирит (до 90), арсенопирит (до 90), халькопи- рит (до 50), сфалерит (до 30), галенит (до 50), пирротин (до 90), висмутин (до 5), молибденит (до 5), антимонит (до 40), тетрадимит-жозеит (до 0,5), теллуриды (до 5), шеелит (до 1), сульфосоли (до 10)	Кварц (до 50), карбонаты (до 50), тур- малин (5), полевые шпаты (до 5), хло- рит (до 10), мусковит (до 5), ангид- рит (до 10), апофиллит (до 10)
Золото-кварцево- послевошпатово- сульфидно-магне- титовый	Магнетит (до 80), тетрадимит-жозеит (до 2), халькопирит (до 10), пирротин (до 5), пирит (до 5)	Полевые шпаты (до 30), кварц (до 20), турмалин (до 10), эпидот (до 5)

ке объекта, в этом подразделе даны геохимические признаки, которыми и следует пользоваться. В качестве эталонных объектов средне-глубинных малосульфидных золото-кварцевых месторождений приняты Токурское, Нежданинское и Любавинское, а переходных к глубинному - Советское и Мурунтау. Геохимические характеристики их в ПМК даны в табл. 9. В качестве эталонных объектов среднеглубинной золото-сульфидно-кварцевой формации на пиритовой основе приняты Березовское месторождение, Коммунарское (жила Юбилейная), Теремкинское, Шахтаминское (табл. 10), на арсенопиритовой основе Средне-Голготайское (табл. 10). Здесь же приведены данные по халцедоновидным кварцам золотоносной периферии Шахтаминского месторождения (ПМК и ЛФ ПМК). В качестве эталона месторождения, переходного от золото-сульфидно-кварцевого к золото-кварцево-сульфидному, принято Верхне-Алиинское, данные о котором даны в табл. 11.

Из месторождений золото-кварцево-сульфидной формации в качестве эталонных приняты Уконикское (см. табл. 10) и Дарасунское месторождения (табл. 12).

Как эталонные для золото сурьмяных месторождений приведены данные по Сарылаху (см. табл. 10).

3.4. Критерии уровня эрозионного среза

В процессе изучения рудных месторождений установлено, что на данном этапе их изученности возможно с относительно высокой долей вероятности оценивать в оптимальных условиях принадлежность изучаемой части данного объекта к одной из нижеперечисленных его частей (см. рис. 1): на д р у д н о й с низкими содержаниями золота (менее 1 г/т), в е р х н е р у д н о й или п е р е х о д н о й к р у д н о й (содержание, переходное к промышленному - 1-5 г/т), в е р х н я я п о л о в и н а рудного тела (промышленные содержания), з о н а рудных столбов (богатые руды), н и ж н я я п о л о в и н а рудного тела, н и ж н е р у д н а я и п о д р у д н а я (содержания золота низкие или ниже промышленных). В конкретных ситуациях можно оценивать лишь принадлежность к н а д р у д н о й, р у д н о й л и б о п о д р у д н о й. В тех случаях, когда объект весьма близок к эталону, возможна оценка более детальная.

Критериями оценки уровня эрозионного среза являются: соотношения рудных минералов, особенности их строения, (табл. 13-14), отдельные свойства, например, характер ТЭДС, приведенный в специальной методике В.И. Красникова и др. (21), кристалломорфологическая зональность, геохимические особенности ПМК (табл. 15 и 16). В этих таблицах: А - произведение средних значений концентраций

СТАТИСТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕМЕНТОВ-ПРИМЕСЕЙ В ПМК
ЭТАЛОННЫХ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Элемент	Статистический параметр	Месторождение, концентрация (г/т)						Ирокиндинское, жилы	
		Малеевское	Токурское	Нежданнское	Любавинское	Мурунтау	Советское	Орасовская	№ 30
Золото	$\bar{x}$	8	17,7	$\geq 4,5$	12	2,9	3,4	≥ 26	≥ 11
	σ	5	32,5	$\geq 4,0$	23	3,5	4,7	≥ 122	≥ 29
	n	453	59	180	355	49	96	144	111
Серебро	$\bar{x}$	37	22,6	≥ 62	4,1	0,5	1,0	17,5	9,1
	σ	65,9	48,3	≥ 174	29,5	1,0	1,5	93,1	31,5
	n	460	162	307	457	76	180	184	158
Машьяк	$\bar{x}$	2140	≥ 7950	≥ 6150	≥ 5940	≥ 1230	≥ 3040	≤ 50	≤ 160
	σ	1660	≥ 3280	≥ 4130	≥ 3990	≥ 2760	≥ 3610	~ 50	≤ 260
	n	460	143	307	457	38	100	127	79
Висмут	$\bar{x}$	18	≤ 1	2	4	3	3	1	≤ 1
	σ	30	-	4	8	8	5	2	≤ 5
	n	460	153	307	458	76	180	127	107
Медь	$\bar{x}$	1450	63	≥ 184	55	17	182	237	538
	σ	2165	72	≥ 942	299	11	152	1002	891
	n	460	147	307	458	76	180	127	107
Свинец	$\bar{x}$	≥ 850	136	931	29	10	≥ 380	362	≥ 505
	σ	≥ 1560	276	2967	46	11	≥ 1120	1321	≥ 1452
	n	460	147	307	458	75	180	127	107
Вольфрам	$\bar{x}$	≤ 3	≥ 520	18	86	≥ 1150	3	5	≥ 490
	σ	-	≥ 2010	40	595	≥ 3050	2	4	≥ 1930
	n	460	153	307	455	75	180	127	107
Цинк	$\bar{x}$	650	190	≥ 1400	40	30	180	120	440
	σ	1450	380	≥ 2900	40	30	380	200	1400
	n	460	148	307	459	75	180	127	107
Кобальт	$\bar{x}$	9	7	6	10	11	41	5	5
	σ	5	4	6	6	25	42	2	2
	n	460	150	307	457	76	180	127	107
Никель	$\bar{x}$	28	25	26	32	31	85	53	46
	σ	21	20	10	16	21	56	21	20
	n	460	160	307	457	75	100	127	107
Молибден	$\bar{x}$	5	2	2	6	4	5	4	2
	σ	8	1	1	26	4	4	5	1
	n	460	170	307	457	75	180	127	107
Сурыма	$\bar{x}$	530	20	640	20	100	≤ 10	≤ 10	≤ 10
	σ	1450	40	1530	2	70	-	-	≤ 10
	n	460	151	188	458	38	180	127	107
Сумма $\bar{x}$		≥ 5730	≥ 8960	≥ 9420	≥ 6240	≥ 2580	≥ 3940	890	≥ 2220

Геохимическая характеристика ряда эталонных объектов золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцево-сульфидной формаций

Элемент	Статистический параметр	Месторождения, уровень организации вещества							
		Березовское, ПМК	Средне-Голготайское, ПМК	Теремкинское, ПМК	Уконинское, ПМК	Колча-ро-ское, жила Билей-ная, ПМК	Сары-лахское, ПМК	Шахтатинское, периферия, халцедоновидный-тонкозернистый кварц, ПМК	
Золото	$\bar{x}$	6	13,4	11,8	>8	32	>5,3	±2	0,8
	σ	6	15,6	13	>8	58	-	-	2,1
	n	40	441	40	101	33	72	16	28
Серебро	$\bar{x}$	5	3	23	62	38,6	0,4	47,1	11,8
	σ	5	12	27	147	190,4	0,4	117,4	26,6
	n	40	394	46	207	33	83	18	28
Мышьяк	$\bar{x}$	315	3500	666	492	±210	>2800	769	1160
	σ	390	4100	960	850	±520	-	894	2030
	n	40	394	48	40	32	63	18	8
Висмут	$\bar{x}$	74	549	56	<1	13	<1	36	16
	σ	199	1110	86	-	79	-	52	14
	n	40	394	48	39	40	83	18	28
Медь	$\bar{x}$	321	420	2050	1092	43 344	49	1604	630
	σ	404	1090	2720	2373	47 1734	27	2430	825
	n	40	394	48	208	32 33	63	18	28
Свинец	$\bar{x}$	384	145	760	>4239	3	26	775	±1221
	σ	467	810	847	>3900	5	31	1164	±2706
	n	40	394	48	208	33	63	18	28
Вольфрам	$\bar{x}$	12	18	10	±12	±25	26	33	61
	σ	47	33	17	±17	±92	39	25	111
	n	40	394	48	208	33	63	18	28
Цинк	$\bar{x}$	64	47	1090	>3340	120	94	520	168
	σ	65	78	1900	>3820	520	102	780	404
	n	40	394	46	208	33	63	18	28
Кобальт	$\bar{x}$	13	9	37	17	8	7	16	-
	σ	15	12	22	32	7	6	23	-
	n	40	394	48	208	33	63	18	-
Никель	$\bar{x}$	78	27	24	22	6	37	56	59
	σ	51	25	16	15	4	28	50	22
	n	40	394	48	208	33	63	18	28
Молибден	$\bar{x}$	2	433	1	21	42 35	2	819	28
	σ	2	1200	1	102	43 1741	1	1121	12
	n	40	394	48	206	32 33	62	18	28
Сурьма	$\bar{x}$	44	74	44	<10	377 10 220	>1%	1170	434
	σ	57	325	63	-	312 10 1220	-	2360	762
	n	40	394	48	39	40 32 33	83	18	28
Сурьма $\bar{x}$		1318	5238	4773	>9695	±1040	>13050	5847	-

Таблица II

Статистические характеристики концентраций элементов-примесей в ПМК и ЛФ ПМК зоны Восточной Верхне-Алиинского месторождения, переходного от золото-сульфидно-кварцевой (верхняя часть) к золото-кварцево-сульфидной (нижняя часть) форме ии

Элемент г/т	Статистический параметр	Часть месторождения, уровень организации вещества				
		Напрудная зона окварцевания		Переходная к рудной, хал- цедоновидный кварц, ПМК	Рудная, ПМК	По зо- не в целом, ПМК
		ЛФ	ПМК			
Золото	$\bar{x}$	0,14	0,6	2,7	5,8	8,2
	σ	0,22	1,6	4,0	3,7	8,5
	n	29	10	11	50	24
Серебро	$\bar{x}$	11,0	19	22,3	76,5	39
	σ	13,5	45	41,2	114,2	45
	n	59	18	22	88	160
Мышьяк	$\bar{x}$	1080	950	>4660	>8600	>4320
	σ	1550	1820	-	-	-
	n	60	18	22	88	100
Висмут	$\bar{x}$	2	3	6	167	55
	σ	2	4	5	454	170
	n	60	18	22	88	100
Медь	$\bar{x}$	43	66	91	310	120
	σ	40	32	42	727	136
	n	60	18	20	22	88
Свинец	$\bar{x}$	414	470	565	1514	>3120
	σ	393	1148	436	3096	>3870
	n	60	18	20	22	88
Вольфрам	$\bar{x}$	12	4	40	32	55
	σ	7	2	75	63	170
	n	60	18	22	88	100
Цинк	$\bar{x}$	460	580	580	1530	>1900
	σ	660	840	550	3110	>3200
	n	60	18	20	22	88
Кобальт	$\bar{x}$	4	11	4	46	7
	σ	6	9	2	152	3
	n	60	18	22	88	100
Никель	$\bar{x}$	15	41	23	28	13
	σ	14	26	10	19	6
	n	60	18	22	88	100
Молибден	$\bar{x}$	2	2	3	2	3
	σ	1	1	3	1	2
	n	60	18	22	88	100
Сурьма	$\bar{x}$	90	200	490	790	490
	σ	70	470	1190	2110	1240
	n	60	18	21	44	100
$\sum \bar{x}_i$		2133	2347	>6687	>8805	>22985
						>10183

Таблица 12

Статистические характеристики элементов-примесей в ПМК эталонного
Дарасунского месторождения золото-кварцево-сульфидной
формации

Элемент	Статисти- ческий параметр	Ж и л а , ч а с т ь о б						
		Э п о в о к а л				Меновокал, рудная	Западная, рудная	Искра, рудная
		Надрудная	Надрудная- верхнеруд- ная	Пережим рудной (бедные руды)	Рудная			
Золото	$\bar{x}$	2,2	1,8	11,6	15	37	5,9	12,6
	σ	3,2	2,7	16,9	34	35	5	16
	n	6	12	12	144	38	37	66
Серебро	$\bar{x}$	3,5	3,4	11,7	13,2	59	11	35
	σ	2,8	2,6	15,7	20,3	80	12	32
	n	14	32	18	140	50	54	66
Мышьяк	$\bar{x}$	>10000	7020	2320	>4820	5370	6200	9100
	σ	-	5320	3030	-	4320	5100	5300
	n	14	32	18	140	42	54	66
Висмут	$\bar{x}$	14	10	39	64	86	14	1410
	σ	18	13	61	142	122	23	2450
	n	14	32	18	140	46	54	66
Медь	$\bar{x}$	61	97	1694	760	5439	237	8200
	σ	50	98	2762	1819	4248	227	7100
	n	14	32	18	140	52	54	66
Свинец	$\bar{x}$	249	312	1365	1022	450	876	347
	σ	307	737	1938	1629	832	1740	441
	n	14	32	18	140	54	54	66
Вольфрам	$\bar{x}$	7	4	5	6	15	3	14
	σ	8	3	6	9	10	3	40
	n	14	32	18	140	54	54	66
Цинк	$\bar{x}$	1280	490	1580	1570	2690	600	700
	σ	2620	1200	2660	2740	3730	840	960
	n	14	32	18	140	53	54	66
Кобальт	$\bar{x}$	8	16	25	67	130	19	15
	σ	4	8	21	142	129	15	18
	n	14	32	18	140	54	54	66
Никель	$\bar{x}$	12	15	17	32	44	18	8
	σ	8	13	16	61	43	17	10
	n	14	32	18	140	52	54	66
Молибден	$\bar{x}$	1	1	1	2	4	3	2
	σ	<1	<1	<1	1	2	2	3
	n	14	32	18	140	54	54	66
Сурьма	$\bar{x}$	44	<10	25	40	40	320	3090
	σ	56	-	49	100	80	340	6050
	n	14	32	18	140	54	54	66
$\Sigma \bar{x}_i$		>11660	7965	7094	>8430	14564	8207	22934

Таблица 13.
Изменение содержания главных рудообразующих минералов ЦМК в объеме жил с глубиной

Минеральный тип	Часть жил по вертикали	Минерал, группа, содержание в процентах, количественное соотношение					Теллуриды золота и серебра			Тетраэдит, стеклышки		
		Пирит	Арсенопирит	Арсенопирит: пирит	Пирротин	Микроокисления в пирите	Висмутин	Висмутин	Висмутин	Висмутин	Висмутин	Висмутин
Малосульфидный золото-кварцевый	Медяная	0,1-0,5	0,1-1,0	>1	<0,1	Микроокисления в пирите	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
	Рудная	0,1-5,0	0,1-5,0	≤1	≤0,1	Распространены	Распространены	Распространены	Максимально распространены	Максимально распространены	Максимально распространены	Максимально распространены
	Подрудная	<1,0	~0,1	<1	≤1,0	Очень редки	Распространены	Распространены	Распространены	Распространены	Распространены	Распространены

Таблица 14
Изменение содержания главных рудообразующих минералов ПМК с глубиной (%)

Минеральный тип	Часть жил по вертикали	Пирит	Арсенопирит	Арсенопирит	Пирротин	Теллуриды золота и серебра	Висмутин	Тетрамит, блеклые руды
Золото-сульфидно-кварцевый	Верхняя	1-3	1-5	> I	Нет	Микровключения в пирите	Нет	Нет
	Средняя	до 30	до 10	≤ I	Распространен	Распространены	Распространены	Максимально распространены
	Нижняя	< I	~ I	< I	Максимально распространены	Очень редки	Распространены	Редок
Золото-кварцево-сульфидный	Верхняя	< 10	~ 10	> I	< I	Микровключения в пирите	Редок	Нет
	Средняя	50-70	~ 10	< I	≤ 10	Самостоятельные фазы	Распространены	Самостоятельные фазы
	Нижняя	< 10	~ I	< I	> 10	Нет	Редок	Редок

Критерии оценки уровня эрозионного среза, основанные
на произведении концентраций рудных элементов

Части жил	Критерии и их численные значения, г/т			Пример месторождения
	A	B	C	
Надрудная	$3,1 \cdot 10^5$	$0,112 \cdot 10^5$	144	Нежданинское
Верхнерудная	$2,8 \cdot 10^{15}$	$2,0 \cdot 10^5$	182	Малеевское
	$1 \cdot 10^{10}$	$0,04 \cdot 10^5$	-	Токурское
	$7,9 \cdot 10^{13}$	$2,1 \cdot 65,6 \cdot 10^5$	72-217	Нежданинское
	$9,5 \cdot 10^{13}$ $1,2 \cdot 10^{10}$	$0,44 \cdot 10^5$	-	Саралинское (жила Каскадная)
Верхняя половина	$2,3 \cdot 10^{15}$	$2,5 \cdot 10^5$	248	Малеевское
	$6,6 \cdot 10^{14}$	$1,2 \cdot 10^5$	-	Токурское
	$9,9 \cdot 10^{16}$	$21,1 \cdot 10^5$	128	Нелькан
Верхняя часть зоны рудных столбов	$1,7 \cdot 10^{13}$ $1,5 \cdot 10^{20}$	$10,72 -$ $355,7 \cdot 10^5$	196-232	Нежданинское
Средняя и нижняя части верхней зоны рудных столбов	$6 \cdot 10^{13}$	$4,4 -$	234-306	Нежданинское
	$-68 \cdot 10^{14}$	$159 \cdot 10^5$		
	$2,68 \cdot 10^{11}$	$1,02 \cdot 10^5$	374	Саралинское, (жила Каскадная)
	$7 \cdot 10^9$	$0,013 \cdot 10^5$	-	Любавинское, жила Евграф
Переход к нижней зоне рудных стол- бов	$2 \cdot 10^9$	$0,032 \cdot 10^5$	250	Любавинское, жила Евграф
Верхняя часть нижней зоны руд- ных столбов	$3 \cdot 10^8$	$0,03 \cdot 10^5$	624	То же
Нижнерудная	$3,6 \cdot 10^5$	$0,014 \cdot 10^5$	-	Токурское

Критерии оценки уровня эрозионного среза
месторождений золото-сульфидно-кварцевой
и золото-кварцево-сульфидной формаций,
основанные на произведениях концентраций
рудных элементов

Часть жилы	Критерии и их численные значения, г/т			Пример месторождения
	A	B	C	
Зона рудных индикаторов	$4,1 \cdot 10^{10}$	$2,7 \cdot 10^5$	451	Верхне-Алиинское, Восточная зона
Надрудная	$1,4 \cdot 10^8$ $4,6 \cdot 10^{10}$ $9,2 \cdot 10$	$0,0319 \cdot 10^5$ $4,2 \cdot 10^{10}$ $3,2 \cdot 10^5$	75 96	Теремки Верхне-Алиинское Дарасунское
100 м ниже	$8,2 \cdot 10^9$	$4,00 \cdot 10^5$	240	"
Верхнерудная	$2,6 \cdot 10^{13}$ $0,9 \cdot 10^{10}$ $3,3 \cdot 10^{15}$ $9,1 \cdot 10^{15}$ $\pm 1,1 \cdot 10^{19}$ $2,2 \cdot 10^{16}$ $4,7 \cdot 10^{12}$ $4,2 \cdot 10^{16}$ $2,3 \cdot 10^{15}$	$59,2 \cdot 10^5$ $0,001 \cdot 10^5$ $31 \cdot 10^5$ $300 \cdot 10^5$ $223 \cdot 10^5$ $0,07 \cdot 10^5$ $12 \cdot 10^5$ $59,3 \cdot 10^5$	65 126 176 506 243 954 1288	Верхне-Алиинское Сарылах Уконик Теремки Уконик Средний Голготай Зона Широкая Верхне-Алиинское, зона Восточная
Верхняя часть зоны рудных столбов	$6,1 \cdot 10^{16}$ $1,3 \cdot 10^{11}$ $1,9 \cdot 10^{14}$	$2,8 \cdot 10^5$ $0,07 \cdot 10^5$ $1,4 \cdot 10^5$	460 370 259	Дарасунское Сарылахское Ключевское
Пережим между рудными стол- бами	$1,5 \cdot 10^{14}$ $6,5 \cdot 10^{11}$	$18,8 \cdot 10^5$ $0,02 \cdot 10^5$	425 729	Дарасунское Сарылахское
Рудные столбы	$5,8 \cdot 10^{16}$ $\pm 8,1 \cdot 10^{16}$	$7,2 \cdot 10^5$ $13,0 \cdot 10^5$	4070-5720	Дарасунское
Нижнерудная	$7,7 \cdot 10^{12}$ $7,5 \cdot 10^{14}$	$0,25 \cdot 10^5$ $22 \cdot 10^5$	1014 29480	Березовское Дарасунское

золота, серебра, висмута, меди, свинца, цинка, сурьмы; В - произведение средних значений концентраций цинка и свинца; С - произведение средних значений концентраций кобальта и никеля. Указанные произведения минимальны для каждого объекта в надрудных и подрудных зонах, максимальны - в рудных. Конкретные пределы чисел характеризуют конкретные эталонные объекты.

Кроме того, для экстраполяции могут использоваться градиенты концентраций отдельных элементов либо их отношений с глубиной. Однако универсального значения они не имеют.

На примере Неждановского месторождения показаны изменения с глубиной (в ПМК) градиентов концентрации серебра, золота, меди, свинца и мышьяка на отдельных отрезках I-й рудной зоны (табл. I7). Характерно, что для большинства элементов градиент положителен в надрудной и верхнерудной зонах, в рудной зоне с глубиной он уменьшается и изменяет знак на отрицательный. При переходе к нижней половине уменьшение идет с большей скоростью, нежели в собственно рудной зоне.

Для Любавинского месторождения (жила Евграф) градиенты концентраций золота, серебра, свинца, меди, изменение золото-серебряного отношения с глубиной, содержания в сравнении золотом даны в табл. I8. Для всех месторождений в надрудных их зонах или зонах рудных индикаторов развиты обогащенные серебром, мышьяком, ртутью халцедоновидные кварцы. В ПМК их содержания рудных элементов, соответственно, (в г/т): золота $2,0 > \bar{x} > 0,03$ при $\sigma/\bar{x} \sim 1,3$; серебра $\bar{x} \geq 1,3$ при $\sigma/\bar{x} \sim 1,1$; мышьяка $\bar{x} > 200$ при $\sigma/\bar{x} \sim 1,3$. При оценке уровня эрозионного среза по ПМК в качестве надежных критериев уровня эрозионного среза могут быть использованы численные значения отношений концентраций ряда элементов, а также содержания золота и кобальта, представленные в табл. I9. Здесь содержания золота 9,5 г/т - для верхнерудной части.

Кроме приведенных здесь основных критериев при решении конкретных задач могут быть использованы данные по ПМК для объектов золото-сульфидно-кварцевой формации:

- для надрудных зон, близких к верхнерудным - золото-серебряное отношение - более 1; содержание золота - $0,2 < \bar{x} < 2$ г/т при $\sigma/\bar{x} > 2$; содержание серебра $10 < \bar{x} < 50$ г/т при $\sigma/\bar{x} = 1,1-2,1$; произведения средних значений содержаний серебра, золота и висмута примерно 30-50 г/т; отношение средних содержаний мышьяка и меди примерно 14-36;

- для рудных частей жил - содержание золота в среднем 3,7 г/т при $\sigma/\bar{x} = 0,9-2,7$; содержания серебра более 3 г/т при $\sigma/\bar{x} = 0,9-1,3$; золото-серебряное отношение - более 1; произведение средних

Градиенты концентраций элементов в ПМК
Нежданинского месторождения

Части жильной зоны № I	Градиенты концентраций, $\frac{г/т}{м}$					Протяженность отрезков, м
	Серебро	Золото	Свинец	Мышьяк	Медь	
Надрудная	0,88	0,09	41	67	0,63	54
Верхнеруд- ная	3,5	0,05	44	46	8,8	60
Рудная	-2,9±4,2	0,003	+1,05±-23	19±55	2,2±-9	90
	-1,35	-	+1,8	4,0	-1,4	100
	-0,048	-	-1,4	14	-0,05	300
Переход к нижней половине	-0,0022	-	-0,052	-16	-0,06	180

Таблица 18

Градиенты концентраций элементов в ПМК
Любавинского месторождения

Части жилы	Градиенты концентраций, $\frac{г/т}{м}$				Золото серебро	Золото, г/т
	Золото	Серебро	Свинец	Медь		
Средняя и ниж- няя части верх- ней зоны руд- ных столбов	-	-	-	-	1,1	35
Переход к ниж- ней зоне рудных столбов	-0,32	-0,32	+0,12	+4,05	2,8	6
Верхняя часть нижней зоны рудных столбов	+0,1	+0,022	+0,06	-7,02	3,1	11

содержаний серебра, золота и висмута - 9400-27000 г/т.

Для рудных частей жил всех золоторудных формаций характерны максимальные значения величин степени СКС максимальное число максимумов свечения на обобщенных термолюмограммах при среднем значении интенсивности свечения 200-800 отн. ед., а также минимальные величины C_{H_2O}/C_{CO_2} .

Надрудные части месторождений золото-кварцево-сульфидной формации характеризуются в самой верхней части, если имеются надрудные экраны, сложенные магматическими породами среднего или основного состава, относительно высокими значениями коэффициента S (до 450), быстро снижающимися до 60-100 по мере удаления от этих пород, а затем неуклонно возрастающими с глубиной. Другой особенностью их являются высокие концентрации рубидия в связи с хорошо проявленными процессами аргиллизации, обусловленные внедрением субвулканических пород щелочного ряда.

Значительная информация об уровне эрозионного среза заключена в сульфидах.

Критериями надрудных частей месторождений рассматриваемой формации являются:

- низкие содержания в пирите (в г/т) золота ($0,1 \pm 1,2$), висмута (17 ± 28), кобальта (20 ± 108); отношения концентраций свинца и висмута больше 400; свинца и никеля - больше 510; меди и серебра больше 7;

- содержания в галените (в г/т): сурьмы и цинка, соответственно, более 7200 и 5800;

- содержания в сфалерите (дарасунский тип, в г/т): серебра, мышьяка, соответственно, 9,5 и 4210; произведения средних содержаний кобальта и никеля - 26.

Для нижнерудных зон: максимальны содержания в пирите никеля ($\bar{x} \sim 71$ г/т при $\sigma \sim 57$), кобальта ($\bar{x} \sim 800$ г/т при $\sigma \sim 400$), висмута ($\bar{x} \sim 155$ г/т при $\sigma = 122$) и мышьяка ($\bar{x} > 1\%$), произведение средних содержаний кобальта и никеля ($1720 : 'т$).

4. МЕТОДИКА ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ

4.1. Отбор, обработка проб и виды аналитических работ

4.1.1. Отбор проб

Согласно (38) и (41) пробным известным способом отбирают образцы жильного кварца или гидротермально измененных пород из зон пиритизации и окварцевания. Образцы берутся из коренных выходов (необходимо отобрать штуфы с таким расчетом, чтобы они характеризовали всю мощность выхода), либо в подсечении в горной выработке, либо по керну скважины. Размеры образцов 30-50х50-70 мм, масса не менее 50-100 г каждый. Общее число образцов должно быть не менее 20 штук; оптимальное число 30-33.

Если в обнажении или в горной выработке удастся заметить зональность или ритмично-полосчатое строение жилы, отбор образцов необходимо произвести с таким расчетом, чтобы соотношение числа образцов каждой структурно-текстурной разновидности соответствовало распространности слоев (полос) соответствующей структурно-текстурной разности жильного кварца. Керна скважин и забои горных выработок опробуются аналогичным способом.

Если опробованиям подвергаются свалы жильного кварца, то сначала необходимо тщательно осмотреть их для определения структурно-текстурной принадлежности и минерального состава, степени окисленности. Особенно важно в полевых условиях выявить обломки вмещающих пород, особенно черных сланцев. Надо определить примерные соотношения в свалах всех имеющихся структурно-текстурных разностей и отобрать образцы с учетом их распространенности, зная при этом, что брекчиевидные, неяснополосчатые и шестовато-гребенчатые разности обычно составляют не более 25-30% мощности продуктивных жил. Остальная часть сложена обычно массивным кварцем. Если встречена всего одна или единичные глыбы или обломки халцедоновидного жильного кварца, то следует разбить их с таким расчетом, чтобы получилось не менее 20 образцов указанных выше размеров или массы. Для изучения минерального состава агрегатов жильного кварца, по мере возможности, отобрать сколки для изготовления шлифов, аншлифов, пластинок и пришлифовок. При отборе образцов из ритмично-полосчатых агрегатов следует стремиться, чтобы они не расслаивались и не раскалывались на пластинки, так как при этом выкрашивается тонкозернистый материал, связывающий соседние слои кварца и содержащий основную массу сульфидов, сульфосолей, тел-

луридов и селенидов серебра и золота, серебряной черни, электрума и других рудных, в том числе, типоморфных минералов. Разбивать глыбы следует на брезенте, не потерять выкрашивающиеся из мелко-друзовых пустот самородное золото, теллуриды, сульфосоли, а также гидрокислы железа, развивающиеся в зоне окисления по золото-носным сульфидом. Весь мелкообломочный материал следует собрать для последующего минералого-геохимического изучения. Именно в нем могут оказаться важные минералы-индикаторы золотого оруденения. Важно отметить, что в верхних частях месторождений широко распространены халцедоновидный кварц, содержащий карбонатный материал, нередко брекчиевидной, сферолитовой, ритмично-полосчатой текстуры, с многократными взаимопересечениями минеральных агрегатов. Поэтому величина образцов должна позволять изготовление больших (3-5х4-5 см) шлифов и пришлифовок. Каждый образец или пробу нумеруют и упаковывают.

4.1.2. Обработка проб и виды анализов

4.1.2.1. Отобранные пробы, предварительно отделив от них материал на изготовление шлифов, аншлифов и пластинок для определения C_{H_2O}/C_{CO_2} методом ИКС, измельчают до класса (-1,0 мм) с подсевом.

4.1.2.2. Отквартуют 1/4 пробы и любым известным способом истирают до класса (-0,074) мм.

4.1.2.3. Истертый материал расквартуют и подвергают приближенно-количественному эмиссионному спектральному анализу на серебро, мышьяк, висмут, кобальт, никель, медь, кадмий, индий, молибден, никель, ниобий, свинец, олово, стронций, скандий, сурьму, вольфрам, титан, цинк, тантал, теллур и анализу на золото любым известным методом с чувствительностью не менее 0,01 г/т.

4.1.2.4. Оставшийся после квартования дробленый материал любым известным способом обесшламливают и высушивают.

4.1.2.5. В бромформе обычным способом, принятым в практике фракционирования шлифов и протолок, разделяют пробу на тяжелую и легкую фракции.

4.1.2.6. Из тяжелой фракции постоянным магнитом оттягивают магнитную фракцию, включающую железную стружку, магнетит и магнитный пирротин.

4.1.2.7. От тяжелой и легкой фракции отквартовывают 1/4 часть, истирают и анализируют приближенно-количественным эмиссионным спектральным анализом на элементы, указанные в п. 4.1.2.3. Если требуется изучение халцедоновидного кварца, проводятся дополнительные подготовительные операции и анализы, согласно (3) и (4I).

4.1.2.8. Оставшуюся часть тяжелой и легкой фракции рассеивают на три класса +0,25 мм, +0,1 мм и (-0,1) мм. Если масса тяжелой фракции в каждой пробе оцениваемого объекта не превышает 0,1 г, целесообразно для удобства проведения анализов, сокращения времени и средств приготовить из них 3-4 групповые пробы.

4.1.2.9. Класс (-0,25)+0,1 легкой фракции подвергают термолуминесцентному анализу на любой установке в диапазоне температур 20-400°C, согласно методике, изложенной в (4I).

4.1.2.10. Классы +0,25 и +0,1 тяжелой фракции (или комплектованных групповых проб) подвергают дальнейшему фракционированию с целью подготовки к минералогическому анализу, кристалломорфологическому анализу, согласно (9, 12) с той лишь разницей, что в нашем случае наряду с псевдоморфозами по пириту присутствуют и неокисленные кристаллы.

4.1.2.11. Выполняют минералогические анализы, особое внимание обращая на минералы-индикаторы золотого оруденения - золото, электрум, теллуриды и селениды, сульфосоли, тетрадимит-жозеит. Параллельно в полировках изучаются макроструктуры и текстуры, в шлифах и эншлифах - минеральный состав и характер строения минералов, проводится травление пирита с целью выявления эволюции габитусных форм, устанавливается присутствие минералов-индикаторов золоторудного процесса. Подтверждение единичных находок аргентита, сульфосолей или сложных сульфидов, либо теллуридов и селенидов, минералов группы тетрадимита-жозеита необходимо с помощью рентгеноструктурного анализа, а если имеются технические возможности - локальным количественным анализом с рентгеновским либо другими источниками возбуждения.

4.1.2.12. Для использования комплексного типохимического критерия с помощью электронного микроскопа выполняются поиски микровключений теллуридов, в частности, петцита, калаверита и др., в пирите. Для этого из тяжелой фракции каждой индивидуальной или групповой пирит-содержащей пробы отбирается 10-30 зерен пирита для исследования на содержание в нем микровключений петцита. Либо это делается в про-

цессе изучения аншлифов в отраженном свете.

4.1.2.13. Из легкой фракции жильного кварца класса $(-0,5 \pm 0,25)$ путем ее очистки от сростков кварца с сульфидами и другими минералами получают навеску около 2 г. Одна граммовая навеска используется для определения степени СКС методом рентгеноструктурного анализа по методике, описанной в (50), либо другой. Методика должна позволить получить величины степени СКС с ошибкой не более 3-5% относительных. Другая навеска в необходимых случаях может быть использована для съемки ЭПР-спектров, которая производится в специализированных лабораториях.

4.1.2.14. Величина соотношения воды и углекислоты определяется прямым методом, заключающимся в нагревании пробы кварца в вакууме и измерении объема выделившихся газов (49), либо методом ИКС с использованием закона Ламберта-Бугера (10, 38). ИК-спектры снимаются на любом двухлучевом ИК-спектрофотометре с пластинок жильного кварца толщиной 0,1-0,2 мм и минимальной площадью 0,5 x 0,5 см.

4.2. Обработка аналитических данных

4.2.1. Группирование по критериям в соответствии с технологией оценки.

После завершения всех анализов они группируются по принадлежности к определенным минералогическим критериям в соответствии с принятой технологией, определяющей последовательность действий.

4.2.1.1. Группируются признаки, входящие в универсальный комплексный критерий, и другие критерии для отнесения объекта к золоторудной формации (см. раздел 3.1).

4.2.1.2. Группируются критерии для определения фации глубинности (см. раздел 3.2).

4.2.1.3. Группируются критерии для определения минерального типа (см. раздел 3.3.).

4.2.1.4. Группируются и определяется иерархия критериев уровня эрозионного среза или принадлежности к определенной части жилы или жильной зоны по ее падению (см. раздел 3.4.).

4.2.2. Составление общих выборок для сравнения с эталонным объектом

4.2.2.1. Группируются метрируемые критерии, позволяющие произ-

вести оценку масштабов оруденения на основе индекса близости к эталону. При этом по всему комплексу критериев выбирается эталон сравнения на визуальной либо расчетной логико-информационной основе.

4.2.2.2. Составляются выборки по каждому виду анализа, обеспечивающему получение численных значений статистических характеристик для сравнения с критическими величинами.

4.3. Математическая обработка выборок и оценка соответствия полученных статистических характеристик используемым критериям

4.3.1. Общие принципы решения задачи

При сравнении геологических объектов с использованием основных статистических параметров в соответствии с требованиями классической математической статистики необходимо знание законов распределения случайных величин, каковыми являются концентрации элементов или численные значения других признаков в геологических телах или их составных частях. В рассматриваемом нами случае - это примеси золота, серебра, меди, свинца, цинка и других элементов, различные свойства и др. При этом для сравнения объектов могут использоваться статистические параметры, удовлетворяющие гипотезам о равенстве дисперсий по критерию Фишера и равенстве средних по критерию Стъюдента (I_1 , I_3). Имеющиеся литературные данные (4, I_1 , I_3 , 27, 29), а также опыт выявления эмпирических законов распределения случайных величин в реальных геологических телах свидетельствуют о том, что они очень редко могут быть удовлетворительно аппроксимированы нормальным либо логнормальным законами (41).

Тем не менее в соответствии с требованиями теории математической статистики необходимо выполнение следующих операций:

- для каждой выборки (оцениваемого объекта) определяется закон распределения и рассчитываются основные статистические параметры $\bar{x}$, S^2 , σ , $\sigma/\bar{x}$;
- проверяется гипотеза о соответствии выборочного распределения нормальному или логнормальному закону распределения;
- при соответствии выборочного распределения с нормальным или логнормальным распределением проверяется гипотеза о равенстве дисперсий по критерию Фишера;
- если гипотеза о равенстве дисперсий не противоречит выборочным данным, проверяется гипотеза о равенстве средних по критерию Стъюдента;

- если гипотеза о равенстве дисперсий отклоняется, а закон распределения не соответствует ни нормальному ни логнормальному, используется критерий $\hat{t}$, предложенный Д.А. Родионовым (27, 29):

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / \sqrt{S_1^2/n_1 + S_2^2/n_2} \quad (3)$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ - средние арифметические соответствующих выборок,

S_1^2 и S_2^2 - дисперсии, n_1 - n_2 - объемы выборок. Полученная величина сравнивается с табличной на уровне значимости q .

Пример. Имеются данные по содержанию K_2O в двух выборках $\bar{x}_1 = 0,56$ и $\bar{x}_2 = 0,58$; $s_1 = 0,77$ и $s_2 = 0,59$ (соответственно, $S_1^2 = 0,59$ и $S_2^2 = 0,35$) при $n_1 = 433$ и $n_2 = 63$. Подставляя полученные данные в формулу (3), получаем $t = -0,24$. По таблице (Приложение) находим критическое значение на уровне значимости 0,005 (квантиль 99,5) при $k = n_1 - 1 = 432$; $t_q = 2,59$. Следовательно, $|t| < t_q$. При $k = n_2 - 1 = 62$ $t_q = 2,65$, что также больше $-0,24$. Поскольку $|t| < t_q$, гипотеза о равенстве принимается, что с известной долей риска позволяет оперировать полученными величинами средних дисперсий по условиям нормального распределения.

В практике типоморфического анализа признаком типического для сравниваемых совокупностей будет выполнение требования:

$$|t| < t_q \quad (4)$$

При этом данный признак может быть типоморфным только в том случае, если указанное требование (4) в отношении него не выполняется для всех других рассматриваемых совокупностей.

4.3.2. Виды расчетов и сопоставлений

После группирования всех полученных данных по принадлежности к определенным совокупностям критериев производятся следующие расчеты и сопоставления.

4.3.2.1. Определяются средние значения концентраций ($\bar{x}$) и среднеквадратичные отклонения (s) для золота, серебра и определяется частота встречаемости микровключений петцита в пирите. Если $\bar{x}$ золота и серебра более $0,2 \cdot 10^{-4}\%$, микровключения петцита в пирите обнаружены в 10 и более процентов проб, объект может быть отнесен к золото-рудной формации (табл. 2). Для наглядности вывода можно воспользоваться рис. 10.

4.3.2.2. Для подтверждения полученного вывода используются критические величины статистических характеристик концентраций зо-

лота, серебра, висмута, мышьяка, молибдена, вольфрама, олова в ПМК и ЛФ ПМК. Если они укладываются в требования, представленные в табл.2 и 3, решение об отношении объекта к золоторудному подкрепляется этими дополнительными данными.

4.3.2.3. Обрабатывается весь комплекс данных для отнесения объекта к определенной фации глубинности. Обобщаются результаты изучения минерального состава, структур и текстур, вычисляются статистические характеристики величин степени СКС и C_{H_2O}/C_{CO_2} и сопоставляются с этими признаками для различных фаций глубинности, приведенными в табл.6 и 7. Вывод о принадлежности объекта к определенной фации глубинности производится с учетом всей совокупности признаков в соответствии с полями точек средних значений сопряженных величин степени СКС и C_{H_2O}/C_{CO_2} (рис. 12), зависимости величины C_{H_2O}/C_{CO_2} и давления (рис. 13), зависимости степени СКС от глубины (рис. 14). В тех случаях, когда нет возможности определить оба признака (степень СКС и C_{H_2O}/C_{CO_2}), можно пользоваться одним из них и, соответственно, определять фации глубинности либо с помощью рис. 13, либо - рис. 14.

4.3.2.4. Обрабатываются данные по минеральному составу жильного материала и определяется общее количество сульфидов. Если оно не более 5%, а основной объем жильного материала составляет кристаллическизернистый кварц при отсутствии существенных (до 0,1%) содержаний вольфрамита, касситерита, станнина, объект может быть отнесен к малосульфидному золото-кварцевому минеральному типу. Если же общее содержание сульфидов составляет 5-50%, объект может быть отнесен к золото-сульфидно-кварцевому типу. При содержании их более 50% - к золото-кварцево-сульфидному, либо золото-кварцево-карбонатно-сульфидному. При этом важно учесть, что для золоторудных объектов типичны железистые либо марганцовистые карбонаты. В зависимости от преобладания пирита, арсенопирита либо пирротина, антимонита проводится детализация признака - малосульфидный золото-пиритово-кварцевый, малосульфидный золото-арсенопиритово-кварцевый, малосульфидный золото-антимонитово-кварцевый и т.д.

Если жильный кварц материал окислен или нет возможности, например, из-за малых размеров зерен, определить соотношение сульфидов, следует использовать данные о суммарных содержаниях элементов-примесей согласно табл.9-12. Для этого суммируются средние содержания золота, серебра, мышьяка, висмута, меди, свинца, цинка, вольфрама, кобальта, никеля и молибдена. При использовании

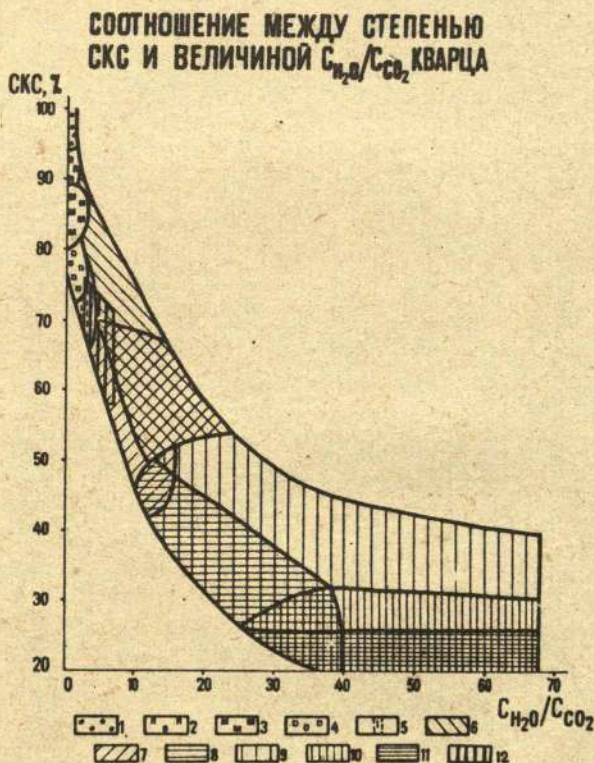


Рис. 12. Соотношение между степенью СКС
и величиной C_{H_2O}/C_{CO_2} кварца.

1 - гранулированный кварц; 2 - камерные пегматиты; 3 - мусковитовые пегматиты; 4 - редкометалльные пегматиты; 5 - грейзеновая формация; 6 - среднеглубинная золото-сульфидно-кварцевая и золото-кварцево-сульфидная формация; 7 - среднеглубинная золото-кварцевая формация; 8 - флюорит-кварцевая формация; 9 - малоглубинная золото-серебряная формация; 10 - халцедоновидный гидротермальный кварц среднеглубинных месторождений; 11 - опал-халцедоновая близповерхностная формация; 12 - переходная к глубинной золото-кварцевая формация.

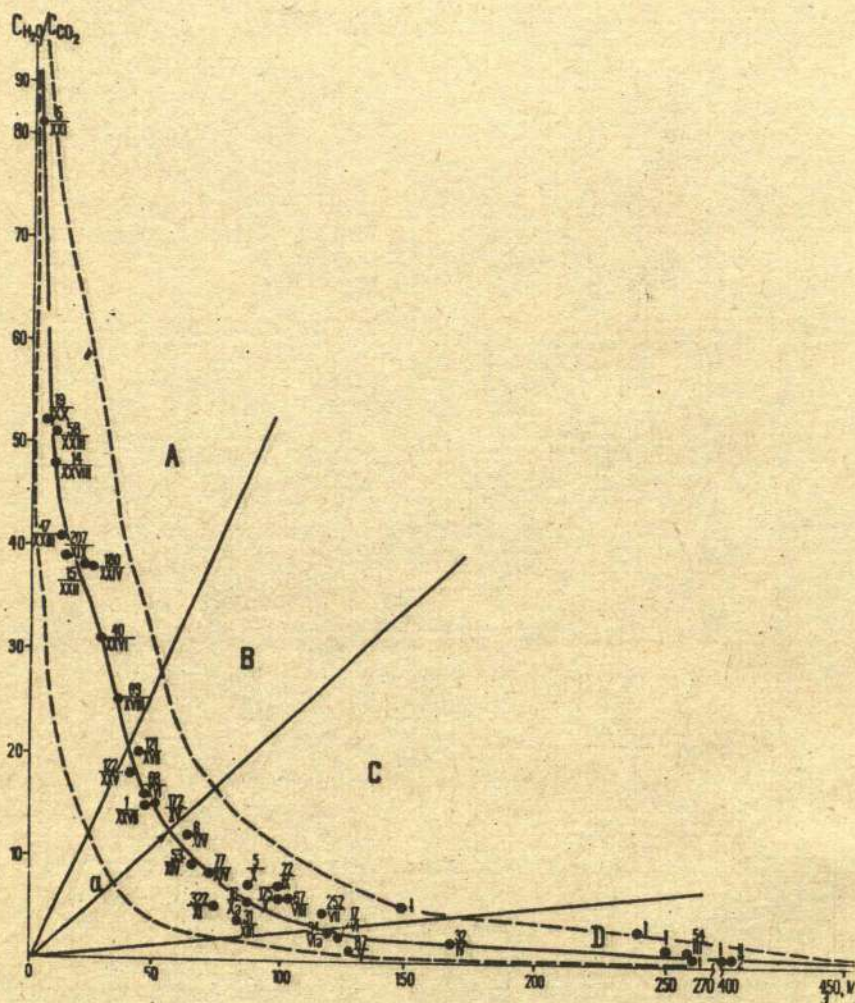


Рис. 13

Подпись к рис. 13

Римскими цифрами обозначены рудная формация, генетический тип, месторождение: I - глубинная малосульфидная золото-кварцевая (Колар); II - гранулированный кварц; пегматиты: III - мусковитовые; IV - редкометалльные, V - камерные и редкометалльные с драгоценными камнями; VI - грейзеновая мусковит-вольфрамит-кварцевая; VII - медно-молибден-порфировая и золото-молибденит-кварцевая; VIII, IX - малосульфидная золото-кварцевая, переходная к глубинной (Мурунтау, Советское); среднеглубинные: X - малосульфидная золото-кварцевая; XI, XII - золото-сульфидно-кварцевая; XIII, XIV - золото-кварцево-сульфидная; XV - малосульфидная золото-кварцевая, переходная к малоглубинной; малоглубинная золото-серебряная: XVI, XVII - переходная к малоглубинной (Дукат, Многовершинное); XVIII-XXI - Балейско-Тасеевское, соответственно, от наиболее глубоких частей к приповерхностным; XXII - Карамкен; XXIII - халцедоновидный жильный безрудный кварц (Ундино-Даинская и Читино-Ингодинская депрессии); XXIV-XXVI - флюорит-кварцевая; XXVII - кварц-диксит-киноварная (Никитовское); XXVIII - агаты из миндалин в андезито-базальтах и базальтах.

Точки - средние значения. Поля соответствуют объектам:

A - малоглубинным, формирующимся с вскипанием флюидов;

B - переходным от мало- к среднеглубинным, формирующимся на отдельных этапах с вскипанием флюидов;

C - среднеглубинным, формирующимся преимущественно без вскипания;

D - глубинным, формирующимся без вскипания флюидов.

α - радиус равнобочной гиперболы

Арабскими цифрами обозначено число проб

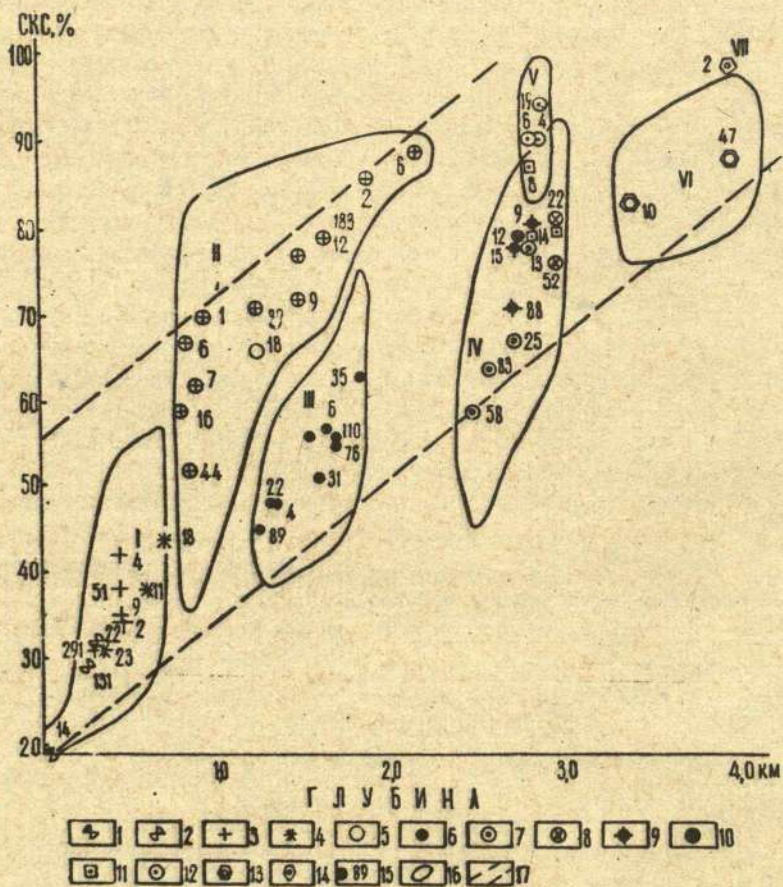


Рис. 14

Рис.14 . Поля величин степени СКС кварца месторождений различных рудных формаций.

формации: I - малоглубинные: I - агат-халцедоновая, 2 - халцедоновидный кварц среднеглубинных месторождений, 3 - золото-серебряная, 4 - кварц-флюоритовая; среднеглубинные золоторудные: II: 5 - с прямой видимой связью кварцеворудных тел с магматизмом в магматических породах; III: 6 - и переходные к ним золото-кварцевые вне прямой связи с магматизмом в песчанико-сланцевых толщах фанерозоя; IV: среднеглубинные и переходные к глубинным: 7 - малосульфидная золото-кварцевая в породах докембрия и нижнего палеозоя, 8 - золото-шеелит-сульфидно-кварцевая в породах амфиболитовой фации, 9 - грейзеновая мусковит-вольфрамит-кварцевая, 10 - грейзеновая мусковит-вольфрамит-касситерит-кварцевая, II - редкометалльные пегматиты; пегматиты: V: 12 - редкометалльные жильные и камерные с драгоценными камнями, VI: 13 - мусковитовые; VII: 14 - гранулированный кварц; 15 - число проб; 16 - поле средних значений степени СКС с учетом 6: 17 - границы поля распределения средних значений степени СКС.

этого признака следует иметь в виду, что для существенно пиритовых объектов может быть занижение суммы.

4.3.2.5. Обработываются аналитические данные для определения принадлежности объекта к одному из принятых уровней среза (см. разд. 3.4.). Обобщаются данные минералогического изучения проб и рассчитываются средние содержания пирита, арсенопирита, пирротина, соотношение концентраций арсенопирита и пирита, оценивается распространенность теллуридов золота и серебра, висмутина, тетрадимита-жозеита, блеклых руд. Полученные результаты сопоставляются с данными табл. 8. Рассчитываются коэффициенты А, В и С, представляющие собою произведения средних значений концентраций (X) элементов-примесей:

А - серебра, золота, висмута, меди, свинца, цинка, сурьмы;

В - свинца и цинка;

С - никеля и кобальта.

Для удобства пользования табличными данными этих величин, рассчитанных для эталонных объектов, А дается в виде $n \cdot 10^X$, В - $n \cdot 10^5$ и С - в натуральных числах (табл. 15-16). Рассчитывается золото-серебряное отношение и с учетом критериев (см. разд. 3.4 и табл. 18) учитывается при оценке уровня среза. В тех случаях, когда имеется два и более уровней опробования жилы, можно рассчитать градиент концентраций того или иного элемента и выполнить экстраполяцию с учетом вычисленных градиентов, например, как это сделано для Любавинского и Неждановского месторождений (табл. 17-18).

Для усиления выводов о принадлежности оцениваемого объекта к какой-либо из частей жилы используются также данные по геохимическим признакам ЛД ГМК (см. разд. 3.4.). Вычисляются золото-серебряное отношение, величина отношений средних содержаний свинца и цинка, произведение средних содержаний серебра, золота и висмута.

4.4. Определение принадлежности объекта к определенной среднеглубинной или переходной к глубинной золоторудной формации

После завершения всех расчетов и сопоставлений с использованием в необходимых случаях требований разд. 4.3.1. делаются окончательные выводы о принадлежности объекта к золоторудной (критерии разд. 3.1.), среднеглубинной либо переходной к глубинной (критерии разд. 3.2.), малосульфидной золото-кварцевой, золото-сульфидно-

кварцевой либо золото-кварцево-сульфидной формации (критерии разд. 3.3.). Затем на основе критериев разд. 3.4 делается окончательный вывод об уровне эрозионного среза.

4.5. Способ определения первоочередного объекта для организации детальных поисков и разведочных работ

В тех случаях, когда на основе выполненного анализа всего имеющегося геологического и аналитического материала ряд проявлений жильного кварца, зон окварцевания и сульфидизации признан принадлежащим к одной из среднеглубинных либо переходной к глубоководной формации, возникает необходимость выбора первоочередного объекта для организации детальных поисковых, поисково-оценочных или разведочных работ. В этом случае рекомендуется использовать метод оценки близости к эталону.

4.5.1. Метод оценки близости к эталону по комплексу признаков

Эталон и объекты сравнения характеризуются среднеарифметическими значениями типоморфных признаков ($\bar{x}$) и среднеквадратичными отклонениями (σ). Среднеарифметические значения признаков объектов нормализуются относительно эталона:

$$\frac{\bar{x}_0 - \bar{x}_э}{\sigma_э}, \quad (5)$$

где $\bar{x}_0$ - среднеарифметическое значение величины типоморфного признака одного из объектов, $\bar{x}_э$ - среднеарифметическое значение величины признака эталона, $\sigma_э$ - среднеквадратичное отклонение численного значения признака эталона. Полученные величины выражаются в единицах среднеквадратичных отклонений эталона ($\sigma_э$) и могут сравниваться друг с другом. Производится отбор признаков с учетом доверительного интервала, удовлетворяющих условию (3, раздел 4.3.1), сравнение объектов производится по величине индекса близости к эталону, который вычисляется по формуле:

$$J_{B_э} = \frac{1}{m} \cdot \sum \frac{\bar{x}_0 - \bar{x}_э}{\sigma_э}, \quad (6)$$

где $J_{B_э}$ - индекс близости, m - число учтенных признаков, $\bar{x}_0$ - среднеарифметическое численного значения типоморфного признака оцениваемого объекта, $\bar{x}_э$ - среднеарифметическое численного значения типоморфного признака эталонного объекта, $\sigma_э$ - среднеквадратичное отклонение численного значения соответствующего признака эталонного объекта. Подобный же подход к сравнению геологических

объектов по типоморфным признакам был предложен Н.П.Ошкиным (56).

Для оценки близости оцениваемого объекта к эталону целесообразно использовать признаки, численные значения которых легко подвергаются обработке методами математической статистики.

4.5.2. Пример оценки близости к эталону объектов малосульфидной золото-кварцевой формации

В таблице 20 в качестве примера приведены статистические данные для эталона (жила Евграф Люзинского рудного поля) и трех объектов, меру близости которых к эталону требуется определить. По каждому из объектов нормализованные статистические признаки суммируются, сумма делится на число признаков. Из формулы (6) ясно, что для эталона $\bar{C}_j$ равно нулю (так как в числителе, где вместо $\bar{X}_j$ следует подставить $\bar{X}_j$, получаем нуль). Отличие объекта от эталона будет тем больше, чем больше отличие от нуля индекса близости объекта и, наоборот, - чем оно меньше, тем ближе объект к эталону. Следовательно, из сравнения величин индекса близости к эталону трех изученных объектов - объект № 1 более перспективен, нежели остальные. Наименее перспективным оказывается объект № 3. В действительности, объект № 1, представляющий собой высокопродуктивную жилу Николаевскую, почти не отличается от эталона (индекс близости к эталону составляет всего 0,00125). Объект № 2 представляет собой также промышленную жилу № 53 того же рудного поля, но с меньшими запасами, и индекс близости здесь составит уже 0,12. Объект № 3 - жила Глубокая, перспективы которой значительно меньше, о чем свидетельствует больший индекс близости 0,19. Подобные примеры сравнения по индексу близости четырех объектов малоглубинной золото-серебряной формации (41), а также опыт его использования в практике поисково-оценочных работ (акт внедрения в ПГО Читагеология от 15 апреля 1989 года и др.) свидетельствуют о высокой эффективности предлагаемого способа оценки промышленной значимости рудопоявления или зоны окварцевания и сульфидизации.

4.5.3. Пример оценки близости к эталону объекта золото-сульфидно-кварцевой или золото-кварцево-сульфидной формации

В результате поисково-съемочных работ под руководством Л.М. Алферьева в шестидесятых годах в пределах северо-восточного

Пример оценки близости объектов среднеглубинной малосульфидной золото-кварцевой формации в пределах Любавинского рудного поля

Признак (концентрации, г/т)	Статистический параметр	Объект и нормализованное значение признака, г/т						
		Эталон	№ 1	$\frac{\bar{X}_0 - \bar{X}_1}{\sigma_1}$	№ 2	$\frac{\bar{X}_0 - \bar{X}_2}{\sigma_2}$	№ 3	$\frac{\bar{X}_0 - \bar{X}_3}{\sigma_3}$
Золото	$\bar{x}$	15,21	11,21		10,51		1,22	
	σ	29,23	25,05	-0,14	22,9	-0,38	2,29	-0,55
	n	50	50		50		54	
Серебро	$\bar{x}$	19,21	2,36		3,29		0,94	
	σ	75,55	8,11	-0,22	10,02	-0,21	1,32	-0,24
	n	50	50		50		54	
Висмут	$\bar{x}$	2	5		6		1,9	
	σ	2	6,53	+1,5	14	+2,0	3	+0,05
	n	50	50		50		54	
Медь	$\bar{x}$	50	25		21		39	
	σ	36	6,7	-0,5	11	-0,80	26	-0,30
	n	50	50		50		54	
Свинец	$\bar{x}$	30	14		43		23	
	σ	24	16	-0,67	84	-0,54	31	-0,23
	n	50	50		50		54	
Цинк	$\bar{x}$	62	17		45		48	
	σ	54	20	-0,83	35	-0,31	42	-0,26
	n	50	50		50		54	
Мышьяк	$\bar{x}$	5520	7006		4584		6405	
	σ	5692	3627	+1,33	4713	-0,16	3983	+0,16
	n	50	50		50		50	
Вольфрам	$\bar{x}$	73	22		202		54	
	σ	143	30	-0,36	746	+0,67	53	-0,13
	n	50	50		50		54	
Сумма нормализованных признаков				+0,01		+0,998		-1,50
Число признаков				8		8		8
Индекс близости к эталону				10,00125		10,121		10,191

замыкания Ундино-Двинской депрессии в прибортовой ее части в непосредственной близости от южной границы Борщовочного хребта была выявлена зона окварцевания и сульфидизации, в отдельных частях которой были установлены содержания золота до первых десятых долей граммов на тонну, а также слабо контрастные геохимические аномалии. Зона была вскрыта серией канав, которыми подсечены маломощные жилки халцедоновидного кварца, участками имеющие ритмично-слоистые, пластинчатые, сферолитовые текстуры, и было высказано предположение о возможности отнесения их к флангам или верхним частям месторождений "балейского типа". Современные представления о геологическом строении участка (по материалам Шивинской ГСП Казаковской ГРД ПГО Читагеология) с планом горных выработок и скважин даны на рис. 15. Участок, получивший название Ишиканского, имеет сложное строение. Большинство геологических границ - тектонические. Зоны окварцевания, карбонатизации и сульфидизации локализованы в карбонатно-терригенных и магматических породах различного возраста (от девонских сланцев до средне-верхнеюрских песчаников, гравелитов и конгломератов). Взаимоотношения зон минерализации с меловыми отложениями шилкинской свиты не ясны. В соответствии с требованиями раздела 4, п. 4.1.1. в канавах отобрано в зависимости от горно-технических условий от 19 до 78 проб (общее число проб 200 штук), которые обработаны, проанализированы в соответствии с требованиями разд. 4.1.2, изучен минеральный состав и структурно-текстурные особенности слабосульфидизированного кварцево-жильного материала.

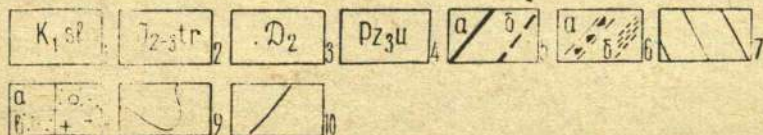
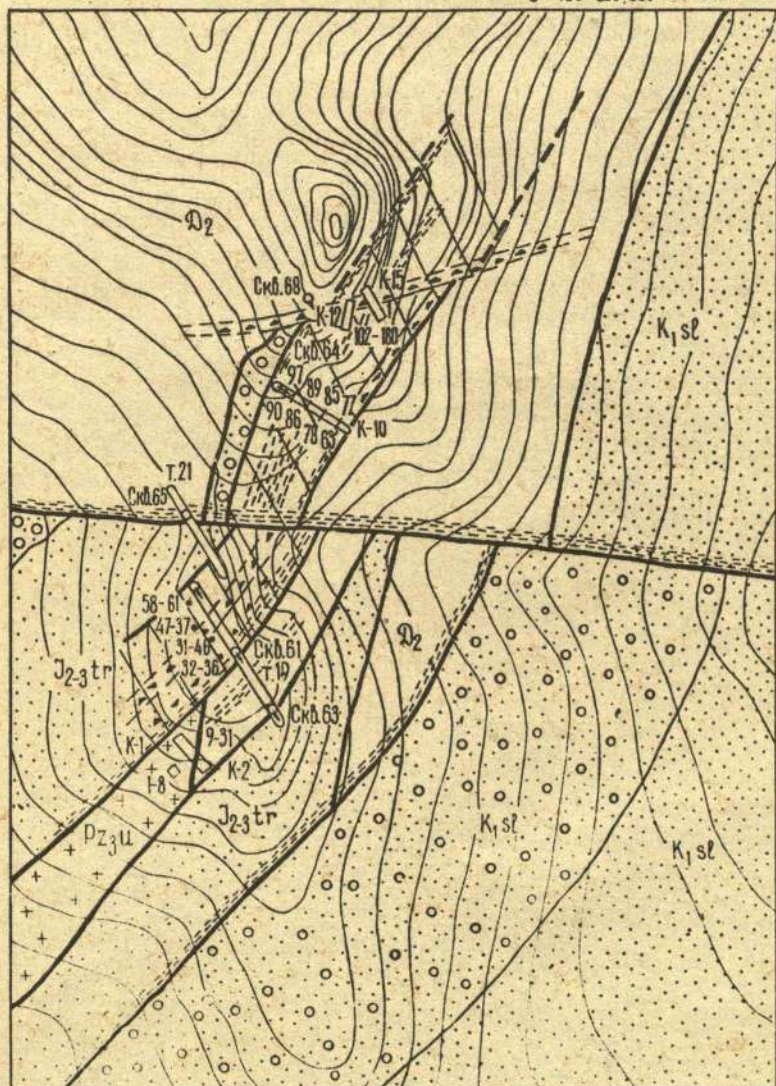
Установлено, что жильный кварц Ишиканского участка - продукт полистадийного полигенерационного процесса. На это указывают факты многократного брекчирования уже сформированных существенно кварцевых образований и образования полигенерационных брекчий, в которых разновозрастные обломки существенно кварцевого или существенно карбонатного состава сцементированы более поздними существенно кварцевыми агрегатами. Среди многообразия существенно кварцевых брекчий и жильных образований выделяются три группы:

1. Брекчии, в которых обломочный материал - в различной степени окварцованные, пиритизированные и аргиллизированные вмещающие породы гранитного состава, трахиты, песчаники, туфопесчаники, кристаллокластические туфы, левобрекчии андезитового состава с обломками аргиллизитов о гранитоидам и микросланцам.

2. Брекчии - продукты многократного брекчирования существенно кварцевых или сульфидно-гидрослюдисто-кварцевых агрегатов с цементом - халцедоновидным кварцем (рис. 16).

СХЕМАТИЧЕСКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА УЧАСТКА ИШИКАН С ОБОЗНАЧЕНИЕМ МЕСТ ОТБОРА ПРОБ

0 100 200 300 400 500 м



Условные обозначения к рис. 15

- 1 - Меловая система. Шилкинская свита. Конгломераты, песчаники, алевролиты
- 2 - Юрская система. Тергенская свита. Конгломераты, песчаники, гравелиты
- 3 - Девонская система. Ямкунская серия. Кварц-слюдистые сланцы, известняки, песчаники
- 4 - Каменноугольные интрузии. Ундинский комплекс. Биотитовые среднезернистые граниты
- 5 - Тектонические нарушения:
 - а - установленные, б - предполагаемые
- 6 - Зоны:
 - а - тектонических брекчий, б - милонитов
- 7 - Зоны окварцевания и сульфидизации
- 8 - Кварц-слюдистые сланцы (а); конгломераты (б); песчаники (в); граниты (г)
- 9 - Горизонталь
- 10 - Геологическая граница

3. Существенно кварцевые брекчии, сцементированные ритмично-слоистым карбонатным материалом и рассеченные халцедоновидным кварцем (рис. 17).

В пределах участка разновидности брекчий распределяются зонально: в юго-западной части (канавы I-9) широко развиты только первые две группы брекчий; в северо-восточной (канавы I2-I5) - преимущественно брекчии третьей группы; в районе канавы I0 в равной мере развиты все группы брекчий.

Существенно кварцевые образования

Минеральный состав кварцево-жильных тел и последовательность их образования следующие.

Во всех зонах брекчирования в том или ином количестве присутствует кварцево-жильный материал, характеризующийся определенным минеральным составом и последовательностью формирования структурно-текстурных разновидностей существенно кварцевых агрегатов.

Выделено пять главных структурно-текстурных разновидностей.

Кварц I - тонкозернистые халцедоновидные агрегаты, замещающие обломки горных пород, а также гранитного, метаморфического либо гидротермального крупнокристаллического кварца с четко проявленными признаками пластических деформаций. Кварц I характеризуется постоянным присутствием в различной степени гидратированных след мусковитового и биотитового рядов, наличием стильпноmelана, иллита, а иногда - галлуазита и монтмориллонита, развивающихся при окварцевании по калиевому полевоому шпату. Содержание слоистых силикатов варьирует от 2-3 до 10-15%. Отмечаются турмалин, хлорит, алунит (шл. I5Si). В кварце I концентрируется значительная часть присутствующих в кварцево-жильных образованиях сульфидов - пирита, арсенопирита, халькопирита. Содержание их редко превышает 1-2%. Обычно они локализованы вблизи слоистых силикатов. Размеры выделений индивидов 0,05-0,1 мм, гнездовых скоплений - 0,2-1,5 мм. Присутствуют также пластинки гематита и гидрогематита.

Кварц II - связан постепенными переходами с кварцем I; представляет собой халцедоновидный тонко- или мелко-призматически-зернистый агрегат, в котором отдельные призматические индивиды кварца, срастаясь между собой либо с пиритом и звездчатыми агрегатами арсенопирита, образуют своеобразную разноориентированную текстуру. Иногда индивиды кварца имеют форму зерен риса, и их можно назвать рисовидными. К этой структурно-текстурной разновидности существенно кварцевых агрегатов приурочена основная масса включений сульфидов (пирита, арсенопирита, халькопирита). Она обладает максимальной золотоносностью (до 2 г/т). Агрегаты также содержат примеси



Рис. 16. Типичная брекчиевидная текстура халцедоно-
видного жильного кварца зоны рудных индикаторов.

Нат. вел. Канава 12



Рис. 17. Типичная ритмично-слоистая текстура агрега-
тов обрастания. Чередуются слои халцедоновидного
кварца (серое) и мanganкальцита (светло-серое).

Зона рудных индикаторов. Нат. вел. Канава 15.

гидрослюда, стильномелана, иллита. В участках, подвергшихся интенсивному выветриванию (обр. 58), развиты звездчатые агрегаты скородита. Здесь же нередко наблюдаются дискообразные выделения пирита-марказита, обрастающие арсенопиритом.

Кварц III - связан либо с перерывом в минералообразовании либо постепенными переходами с кварцем II. Он характеризуется гетерокристаллическим строением агрегатов (размеры зерен варьируют от 0,1 до 15 мм). Подобные агрегаты имеют место на флангах золото-рудного месторождения Токур в Приамурье. В отдельных случаях в пределах этой структурно-текстурной разновидности жильного кварца вокруг аргиллизированных обломков вмещающих пород развиты венчиковые и радиально-лучистые агрегаты. Разновидностью гетерокристаллической текстуры является полосчатая, когда в пределах какой-либо зоны шириной от долей см до нескольких см происходит постепенная, нередко многократно повторяющаяся смена тонкозернистого кварца мелкозернистым, а последнего - средне-крупно-зернистым или шестовато-гребенчатым (пл. 75и). С гетерокристаллическим кварцем связаны относительно крупные выделения сульфидов (пирита, арсенопирита, халькопирита, марказита) и продуктов их изменений (ярозита, гетита, гидрогетита, а также гнезд поздних слоистых силикатов). Разновидностями гетерокристаллических агрегатов являются пластинчатые, каркасные текстуры.

Кварц IV - обычно завершает процесс последовательной кристаллизации кварцево-жильных образований и представляет собой шестоватые или шестовато-гребенчатые агрегаты. В друзовых пустотах здесь выделяются карбонаты, поздние генерации слоистых силикатов, сульфидов, прежде всего - марказита, здесь же находятся скородит, ярозит, гетит, гидрогетит.

В большинстве случаев весь комплекс описанных выше существенно кварцевых агрегатов рассекается либо цементируется поздним тонкозернистым либо халцедоновидным кварцем V, захватывающим и облекающим как обломки кварца ранних генераций, так и сульфидов. При этом на пластинках марказита, гидрогематита, гетита, нарастают новые генерации арсенопирита, пирита, кварца, карбонатов. Кварц V развит в пределах всего Ишканского участка и, скорее всего, не имеет отношения к процессу оруденения.

Существенно карбонатные жильные образования

В северо-восточной части участка широко развиты своеобразные ритмично-полосчатые, фестончатые существенно карбонатные агрегаты, содержащие обломки ранних существенно кварцевых брекчий. Среди об-

ломков кварца присутствуют как крупно-кристаллический кварц с четко выраженными слюдами пластических деформаций, так и халцедоновидный, заключающий обломки вмещающих пород. Содержание сульфидов существенно карбонатных образований крайне низкое. В строении существенно карбонатных образований принимает участие крупно-зернистый железистый доломит, образующий слои перистых агрегатов, чередующиеся со слоями мелкозернистого доломита. В конце процесса в слоях доломита появляются отдельные зерна, а затем и агрегаты кварца. Весь ритмично-слоистый существенно доломитовый агрегат пересекается прожилками серого халцедоновидного кварца, который, в свою очередь, сечется прожилками мелкозернистого кальцита или кварц-кальцитовых агрегатов. Судя по гипсометрическому положению рассмотренных образований, а также их месту в процессе минералообразования, они являются типичными продуктами пострудных гидротерм.

Сравнение структурно-текстурных особенностей жильного кварца Ишиканского участка с известными для месторождений малоглубинной формации (38, 41) свидетельствует о большей вероятности принадлежности их надрудной части среднеглубинного объекта.

Геохимические особенности жильного кварца

Проведено сопоставлением статистических характеристик концентраций золота, серебра, мышьяка, висмута, меди, лития, свинца, сурьмы и цинка (табл. 21) по группам танав, характеризующих различные гипсометрические уровни участка. Определено, что все рудные элементы связаны, в основном, с тонко- и мелкозернистыми разновидностями жильного кварца. Анализ данных табл. 21 показывает, что для концентраций золота, серебра, мышьяка, висмута, свинца, сурьмы характерно возрастание в юго-западном направлении (от к-вы I5 к к-ве I, 2), что однозначно указывает на существование общеизвестной геохимической зональности рудных месторождений. В этом же направлении возрастает и содержание сульфидов по данным изучения анатомов и промочек.

Геохимические особенности легкой фракции жильного кварца

Легкие фракции жильного кварца проанализированы на присутствие основных рудных элементов (табл. 22), щелочных элементов, изучен характер термолуминесценции, проведена статистическая обработка аналитических данных. Установлено, что приведенные выше выводы о характере пространственного поведения золота, серебра, мышьяка, сурьмы, меди, свидетельствующие с наличием нормальной геохимической зональности, вытекают из результатов изучения легких фракций жиль-

Таблица 21

Содержание некоторых элементов (г/т) в кварце Ишканского месторождения

Назва	Элемент и статистические параметры его распределения																							
	Au			Ag			As			Cu			Bi			Pb			Sb			Zn		
	n	$\bar{x}$	σ	n	$\bar{x}$	σ	n	$\bar{y}$	σ	n	$\bar{x}$	σ	n	$\bar{x}$	σ	n	$\bar{x}$	σ	n	$\bar{x}$	σ	n	$\bar{x}$	σ
1, 2	30	0,23	0,45	60	1,9	2,6	60	≥ 4500	≈ 4140	60	32	22	60	8	17	60	24	25	30	33	18	60	32	24
3	31	0,15	0,22	62	1,7	1,1	62	1665	1460	62	34	24	62	1	1	62	12	15	31	30	13	62	30	16
10	41	0,04	0,06	78	0,7	0,6	76	1390	1380	78	35	11	78	2	4	78	14	39	40	11	8	78	26	14
12	78	$\leq 0,02$	$\leq 0,04$	78	0,4	0,3	78	323	415	78	23	12	78	1	-	78	8	3	78	≤ 10	-	78	34	38
15	19	$\leq 0,01$	-	14	0,3	0,2	14	320	518	14	24	10	14	1	-	14	7	3	18	≤ 10	-	14	67	63

Оценка близости Ишканского участка к эталону - нижней надрудной части зоны Восточной Верхне-Алтинского месторождения (по легким фракциям тонкозернистого халцедоновидного кварца; концентрации - в г/т)

Типо-морф-ный признак	Статистический параметр	Объект и нормализованное значение признака										
		Эта-лон	Канавы I, 2		Канавы 9		Канавы 10		Канавы 12		Канавы 15	
			$\bar{x}$	$\frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma}$	$\bar{x}$	$\frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma}$	$\bar{x}$	$\frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma}$	$\bar{x}$	$\frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma}$	$\bar{x}$	$\frac{x_0 - \bar{x}}{\sigma}$
Au	$\bar{x}$	0,14	0,16		0,16		0,01		0,02		0,01	
	σ	0,22	0,22		0,20		-		0,23		-	
	n	29	21	0,09	15	0,09	27	-0,59	57	-0,54	11	-0,59
Ag	$\bar{x}$	11,0	0,7		2,2		0,5		0,3		0,2	
	σ	13,5	0,7	-0,76	1,0	-0,65	0,3	-0,78	0,3	-0,79	0,1	-0,8
	n	59	44		30		54		112		22	
As	$\bar{x}$	1077	4870		2130		416		313		197	
	σ	1552	4220	2,4	2130	0,68	761	-0,43	357	-0,49	302	-0,57
	n	60	44		30		54		68		11	
Cu	$\bar{x}$	43	52		51		45		30		26	
	σ	40	21	0,22	25	0,20	13	0,05	13	-0,32	11	-0,42
	n	60	44		30		54		112		22	
Pb	$\bar{x}$	414	17		10		8		8		8	
	σ	393	6	-1,0	4	-1,03	3	-1,03	5	-1,03	4	-1,03
	n	60	44		30		51		112		22	
Bi	$\bar{x}$	2	1		1		1		1		1	
	σ	2	1	-0,50	-	-0,5	1	-0,5	-	-0,5	-	-0,5
	n	60	44		30		54		112		22	
Sb	$\bar{x}$	90	42		61		10		10		10	
	σ	70	28	-0,69	40	-0,41	-	-1,14	-	-1,14	-	-1,14
	n	60	22		30		54		112		22	
Zn	$\bar{x}$	464	20		36		28		20		48	
	σ	664	-	-0,67	22	-0,64	10	-0,96	35	-0,87	61	-0,63
	n	60	44		30		54		112		22	
K	$\bar{x}$	4630	200		3000		2040		2330		2700	
	σ	2700	1860	-0,59	2100	-0,60	700	-0,96	1800	-0,85	1640	-0,72
	n	30	22		15		27		55		10	
Сумма нормализованных признаков			$\pm -0,6$		$\pm -2,86$		$\pm -6,34$		$\pm -6,33$		$\pm -6,40$	
Число признаков			9		9		9		9		9	
Индекс близости к эталону			0,07		0,3		0,7		0,7		0,7	

ного кварца. Отражением существующей зональности является характер изменения термолюминесценции (возрастание доли относительно высокотемпературных пиков в северо-восточном направлении).

Оценка рудноформационной принадлежности Ишиканского участка

С учетом минералого-геохимических различий частей зоны брекчирования и окварцевания пробы жильного кварца объединены в пять групп следующим образом: по канавам 1 и 2; по канавам 9; 10; 12; 15. По содержанию золота и серебра более 0,2 г/т (см. табл. 21) в ПМК и присутствию одного знака золота в протоколке по крайней мере участок канав 1, 2 имеет прямое отношение к золоторудному месторождению. Участки канав 9 - 12 - представляют собой самые верхние части зоны рудных индикаторов. Поскольку предполагалось, что участок имеет отношение к месторождению "балецкого типа" (малоглубинной золото-серебряной формации), исходя из условий и критериев для отнесения объекта к малоглубинной золото-серебряной формации (балецкий тип) (3, 41), в легких фракциях проб определены содержания золота, серебра, калия, натрия, лития; параметры ЕТЛ; температурные интервалы выхода воды. Установлено, что по критическим значениям величины среднего содержания серебра и параметрам ЕТЛ легкой фракции жильного кварца ни одна из частей Ишиканского участка не соответствует балецкому типу.

С учетом вероятности весьма слабой эродированности участка в качестве критических были использованы признаки, присущие жильному кварцу и опал-халцедоновидным образованиям надрудной части I рудной зоны Тасеевского месторождения. При сопоставлении легких фракций жильного кварца балецкого типа и кварца Ишиканского участка по содержанию серебра и параметрам ЕТЛ установлено, что ни одна из частей последнего не соответствует балецкому типу. Существенно отличаются легкие фракции вмещающих опал-халцедоновых пород и кварца Ишикана по параметрам ЕТЛ.

Данные о критериях рудноформационного анализа месторождений золота, имеющиеся к настоящему времени в нашем распоряжении, указывают на то, что по геологической ситуации (сочленение удинских гранитоидов с эффузивно-осадочным эрским комплексом, наличие широко развитых полигенерационных брекчий, присутствие в них обломков щелочных пород ряда трахитов-монцититов, лавобрекчий), широкому развитию тонкозернистого и халцедоновидного кварца с сульфидными включениями, типичного для надрудных частей среднеглубинных месторождений

дений (см. раздел 3, табл. II), геохимической и минеральной зональности Ишиканский участок в изученной его части представляет собою надрудную часть месторождения среднеглубинной, переходной к малоглубинной золото-сульфидно-кварцевой формации. Для этого провели определение C_{H_2O}/C_{CO_2} , среднее значение которого для проб из канав 1-2 составило 19 ($n = 20$, $G = 14$), что, согласно табл. 6, выше верхнего предела среднего значения для среднеглубинных объектов, но укладывается в пределы их вариаций, если учесть, что в выборке присутствуют образцы халцедоновидного кварца среднеглубинных месторождений (рис. 12, поле 10). Следовательно, жильный кварц Ишиканского участка относится к верхней части среднеглубинного объекта.

По минеральному составу жильные образования относятся к пиритово-арсенипиритовым. Отнесение к малосульфидной золото-кварцевой либо к золото-сульфидно-кварцевой формации по ПМК затруднительно по причине значительной окисленности сульфидов. По геологической ситуации (связь с гипабиссальными магматическими породами щелочного ряда - трахиты, монцититы, левобрекчии) объект хорошо сопоставим с верхними частями зоны рудных индикаторов Верхне-Алиинского месторождения. Расчет коэффициентов А ($0,03 \cdot 10^8$), В ($0,008 \cdot 10^5$) и С (149) для ПМК показал, что все они меньше известных для зоны рудных индикаторов Верхне-Алиинского месторождения (табл. 16). Это связано с тем, что на Ишиканском участке мы имеем самые верхние ее части и, кроме того, сказывается влияние выветривания. Сопоставление сумм средних содержаний элементов (> 4631 г/т для Ишиканского участка и 2347 г/т для зоны рудных индикаторов Верхне-Алиинского месторождения) и расчет индекса близости к эталону по ЛФ ПМК (табл. 22) показал, что наиболее близок к зоне рудных индикаторов Верхне-Алиинского месторождения район канав I и 2, где индекс близости к эталону имеет в 10 раз меньшую величину в сравнении с самыми верхними частями участка. Итак, исходя из полученных данных, Ишиканский участок отнесен к верхней части зоны рудных индикаторов месторождения среднеглубинной золото-сульфидно-кварцевой формации. Подтверждением полученных выводов явилось подсечение скв. 64 (см. рис. 15) на глубине 243,6-244,6 м зоны окварцевания, сульфидизации и карбонатизации с содержанием золота 2,0 г/т и серебра 1,5 г/т.

На основе полученного материала сделан вывод, что в пределах участка Ишикан существует единая рудно-магматическая структура протяженностью более 1 км. По простиранию ее с юго-запада на севе-

ро-восток вскрыты эрозией различные части зоны рудных индикаторов. Вертикальный размах оруденения может быть не менее 800м. Для выявления промышленного оруденения, а также поисков рудоносных зон, параллельных изученной, рекомендованы работы масштаба 1:10000 с бурением линий скважин встречного направления вкрест простирания зоны минерализации глубиной до 500 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемую минералого-геохимическую методику поисков и оценки золотого оруденения среднеглубинной и переходной к глубинной малосульфидной золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцево-сульфидной формаций целесообразно применять на всех стадиях геолого-съемочных, поисково-оценочных и разведочных работ как составную часть поисково-прогнозных комплексов для определения и оперативной корректировки направлений геологоразведочных работ.

Методика может успешно применяться и при эксплуатационной разведке для оценки вновь подсекаемых кварцевых ж. л. зон окварцевания и сульфидизации.

Ориентировочная стоимость аналитических работ для съемки обного объекта, исходя из опыта НИР по апробации и внедрению методики в ПГО Читагеология и ПГО Севкавгеология, составляет 2940-4620 руб в зависимости от числа проб (21-33 пробы) в ценах 1991 года. Ориентировочная стоимость обработки данных и заключения по каждому объекту составляет в зависимости от числа проб 450-600 руб.

Внедрение предлагаемой методики в условиях отдельных производственных организаций может быть затруднено из-за отсутствия аппаратуры, методик определения степени СКС и C_{H_2O}/C_{CO_2} , электронной микроскопии, специалистов. В этих случаях целесообразно осуществлять его при участии разработчика, владеющего информацией по широкому набору золоторудных месторождений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. А.с. I205655 СССР. Способ поисков золоторудных месторождений / И.Я.Некрасов и А.А.Конюшок (СССР). - № 3794I75/24-25; Заявлено 24.07.84. - ДСП.
2. А.с. I0I0588 СССР. Способ обнаружения золоторудных месторождений / Н.А.Китаев и П.В.Богатырев (СССР). - № 3350280/I8-25; Заявлено 02.II.8I. - ДСП.
3. А.с. II89244 СССР. Способ поисков и разведки постмагматических близповерхностных кварц-золото-серебрянных месторождений / Г.А.Юргенсон (СССР). - № 37096I3/24-25; Заявлено II.03.84. - ДСП.
4. Белов Б.Н. О геохимическом смысле законов распределения концентраций вещества// Математические методы геохимических исследований. - М.: Наука, 1966. - С.78-8I.
5. Гамянин Г.Н. Типы золоторудных месторождений Восточной Якутии. - М.: Наука, 1974. - С.5-34.
6. Гамянин Г.Н., Горячев Н.А. Зональность изменения типоморфных свойств минералов одного из золоторудных месторождений Восточной Якутии// Типоморфные особенности рудных минералов эндогенных образований Якутии. - Якутск, 1983. -С.6-19.
7. Горжевский Д.И., Козеренко В.Н., Константинов Р.М. Магматические и рудные формации. - М.:Недра, 1986.-2II с.
8. Горячев Н.А. Типоморфные особенности жильного кварца месторождений золото-кварцевой малосульфидной формации (Верхояно-Колымская складчатая область): Автореф.дис. ... канд.геол.-мин.наук. - М., 1985. - I8 с.
9. Гуреев В.Ф., Гребенчиков А.М. Методические указания по применению минералого-геохимического шлихового метода при поисках золоторудных месторождений. - М.: ЦНИГРИ, 1979.- 22 с. - ДСП.
10. Доломанова Е.И., Власова Е.В. Распределение углекислоты в кварце оловорудных месторождений Забайкалья (по данным ИК-спектроскопии)// Записки ВМО. - Т.I03.-1974. - Вып.6. - - С.7II-7I4.
11. Дэвис Дж. Статистика и анализ геологических данных: Пер. с англ. - М.:Мир, 1977 - 57I с.
12. Евзикова Н.З. Поисковая кристалломорфология. - М.:Недра, 1984. - I40 с.
13. Ефремов С.В., Стафеев К.Г. Петрохимические методы исследования горных пород: Справочное пособие.-М.:Недра,1985. - - 5I0 с.

14. Жабин А.Г., Самсонова Н.С., Исакович И.З. Минералогические исследования окolorудных ореолов. - М.: Недра, 1987. - 160 с.

15. Турмалины миароловых пегматитов Малханского хребта (Забайкалье)/ В.Е.Загорский, И.С.Перетяжко, В.А.Шираева, Л.А.Богданова// Минералогич. журн. - Т. II. - 1990. - № 5. - С.44-55.

16. Иванюк В.О., Ольшевский В.М., Крюкова Г.В. Типоморфные черты арсенопирита месторождений золотокварцевой формации Северо-Востока СССР// Минерал. рудн. р-нов Дал. Вост. - Владивосток, 1987. - С.59-62.

17. Классификация геологических и рудных формаций для целей локального прогноза месторождений цветных и благородных металлов СССР/ М.В.Бородаевская, Д.И.Горжевский, А.И.Кривцов, В.А.Нарсеев и др.// Формационный анализ и крупномасштабный прогноз рудных месторождений: Тр. ЦНИГРИ. - Вып.216. - М., 1987. - С.9-19.

18. Константинов Р.М. Основы формационного анализа гидротермальных рудных месторождений. - М.:Наука, 1973. - 213 с.

19. Кривцов А.И. Принципы локального прогноза рудных месторождений// Формационный анализ и крупномасштабный прогноз рудных месторождений: Тр. ЦНИГРИ. - Вып.216. - М., 1987. - С.3-8.

20. Кузьмин В.И., Добровольская Н.В., Солнцева Л.С., Турмалин и его использование при поисково-оценочных работах. - М.:Недра, 1979. - 269 с.

21. Методические рекомендации по использованию электрических свойств рудных минералов для изучения и оценки эндогенных месторождений/ В.И.Красников, В.А.Фаворов, В.А.Суматохин и др. - Л., 1983. - 91 с.

22. Напартэ В.А., Баумштейн Р.А. Минерально-геохимическая зональность золоторудных месторождений различных формаций// Вопросы региональной геологии и металлогении Забайкалья. - Чита: Забайкал. фил. Геогр. об-ва СССР. - 1972. - Вып.8 - С.42-44.

23. Петровская Н.В. Самородное золото. - М." Наука, 1973. - 347 с.

24. Попова В.И. Эволюция форм роста кристаллов пирита из Березовского золоторудного месторождения на Урале// Тр. Свердл. горн. ин-та. - Вып.86. - Свердловск, 1972. - С.109-111.

25. Пшеничкин А.Я., Лукьянова Е.В. Кристалломорфологические особенности арсенспирита золоторудных месторождений черносланцевых толщ// Актуальные вопросы геол. Сибири: Тез. докл. научн. конф., посвящ. 100-летию открытия Том. гос. ун-та. - Т.2. - Томск, 1988. - С.25-27.

26. Радиоспектроскопия кварца/ И.В.Матяш, А.Б.Брик, А.П.Заяц, В.В.Жизкин. - Киев. Наук. думка, 1987. - 168с.

27. Родионов Д.А., Коган Р.И., Белов Ю.П. Статистические методы классификации геологических объектов. - М., 1979. - 30 с.

28. Свойства золотоносного пирита руд месторождений в углеродистой толще Узбекистана/ А.М.Полванов, И.Халиурзаев, А.М.Эргашев и др.// Узб. геол. журн. - 1986. - № 5. - С.60-63.

29. Справочник по математическим методам в геологии/ Д.А.Родионов, Р.И.Коган, В.А.Голубева и др. - М.:Недра, 1987.- 335 с.

30. Старова М.М. Временное методическое пособие по минералогическим методам поисков и оценки золоторудных месторождений. - Алма-Ата: КазИМС, 1980. - 27 с.

31. Типоморфизм кварца, пирита и золота золоторудных месторождений Узбекистана/ Под ред. Р.А.Мусина. - Ташкент: ФАН, 1981. - 144 с.

32. Типоморфные особенности халькопиритов Кодаро-Удоканской меднорудной провинции/ В.С.Салихов, В.М.Фетодова, И.А.Августинчик и др.// Изв. ВУЗов. - Геол. и разв. - 1989. - № 6. - С.90-96.

33. Типы геологических и рудных формаций месторождений благородных металлов/ Н.К.Курбанов, М.М.Константинов, Г.М.Левитан, Ф.М.Мамедов// Формационный анализ и крупномасштабный прогноз рудных месторождений: Тр. ЦНИГРИ. - Вып.216. - М., 1987. - С.25-31.

34. Фирсов Л.В. Золото-кварцевая формация Яно-Колымского пояса. - Новосибирск: Наука СО, 1985. - 217 с. - ДСП.

35. Фогельман Н.А. Золоторудные формации и промышленные типы месторождений// Формационный анализ как основа прогноза и поисков полиметаллических месторождений: Тр. ЦНИГРИ. - Вып.197. - М., 1986. - С.18-25.

36. Фурсов В.З. Ртуть - индикатор при геохимических поисках рудных месторождений. - М.: Недра, 1977. - 142 с.

37. Хамбаева З.И. Систематика золоторудных и золотосодержащих месторождений по минеральным ассоциациям теллуридов// Узб. геол. журн. - 1983. - № 5. - С.9-15.

38. Оргенсон Г.А. Типоморфизм и рудоносность жильного кварца. - М.:Недра, 1984. - 149 с.

39. Оргенсон Г.А. Минералогическое картирование при изучении жильного кварца// Минералогическое картирование рудоносных территорий. - Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985. - С.55-59.

40. Оргенсон Г.А. Критерии различия надрудных, рудных и подрудных зон на примере стратиформного месторождений шеелита на основе изучения типоморфизма жильного кварца// Поисковая минералогия/ Современное состояние и перспективы развития: Тез. докл. семинара-школы по теме: "Использование минералогических методов

при прогнозе, поисках и оценке месторождений полезных ископаемых", г.Алма-Ата, 4-7 окт. 1987 г. - Алма-Ата, 1987. - С.107-108. - ДСП.

41. Юргенсон Г.А. Методические рекомендации по изучению и использованию типоморфизма халцедоновидного жильного кварца при поисках и оценке месторождений малоглубинной золото-серебряной формации. - Чита-Москва, 1988. - 44 с. - ДСП.

42. Юргенсон Г.А. Уровни организации минерального вещества как иерархическая основа для разработки минералого-геохимических критериев оруденения// Четверть века отраслевой науки Забайкалья. - Чита, 1989. - С.115-118.

43. Юргенсон Г.А. Методика различия надрудных, рудных и подрудных частей шеелитоносных зон. - Чита: Межотраслевой террит. центр научно-техн. информ. и проп., 1980. - 4 с.

44. Юргенсон Г.А. Способ определения давления в рудообразующих системах. - Чита: Межотраслевой террит. центр научно-техн. информ. и проп., 1990. - 4 с.

45. Юргенсон Г.А. К вопросу о физико-химических условиях образования жильного кварца// Геохимия. - 1991 (в печати).

46. Юргенсон Г.А. Типоморфные признаки жильного кварца стратиформного месторождения Кти-Теберда как критерии условий рудообразования// Проблемы стратиформных месторождений. - Ч.1. - Чита: Читинский политехнический ин-т, 1990. - С.196-197.

47. Юргенсон Г.А. Зависимость концентрации воды и углекислоты в кварце от давления в минералообразующих системах// Докл. АН СССР. - 1991 (в печати).

48. Юргенсон Г.А. Типоморфные признаки жильного кварца как критерии рудноформационного анализа и оценки рудоносности// Советская геология. - 1991 (в печати).

49. Юргенсон Г.А., Перевертаев В.Д., Горковенко В.А. О выделении воды из кварца при нагревании в вакууме// Геохимия. - 1978. - № 1. - С.133-138.

50. Юргенсон Г.А., Тумуров Г.Т. О совершенстве кристаллического строения жильного кварца// Изв. Сер. геология и разведка. - 1980. - № 6. - С.50-59.

51. Юргенсон Г.А., Юргенсон Т.Н. Типоморфные признаки кварца и пирита как поисково-оценочные критерии// Поисковая минералогия: современное состояние и перспективы развития. - Т.1 - Алма-Ата: КазИМС, 1987. - С.56-57. - ДСП.

52. Юргенсон Г.А., Юргенсон Т.Н. К вопросу о рудноформационной принадлежности месторождения Токур// История исследования золотоносности Приамурья. - Благовещенск: Амурское отд. ВМО АН СССР, 1987. - С.82-84. - ДСП.

53. Юргенсон Т.Н. О вертикальной кристалломорфологической зональности пирита жилы Эповской в связи с её золотоносностью// Металлогения и прогноз полезных ископаемых. - Чита, 1986. - С.112-114. - ДСП.

54. Юргенсон Т.Н. Термовысвечивание пирита и возможности его использования в поисковой минералогии// Поисковая минералогия: Современное состояние и перспективы развития. - Т.2. - Алма-ата: КазИМС, 1987. - С.116-117. - ДСП.

55. Юргенсон Т.Н., Ехлаков А.В. О некоторых свойствах пирита и арсенопирита стратиформного месторождения Кти-Теберда// Проблемы стратиформных месторождений. - Ч.2 - Чита: Читинский политехнический ин-т, 1990. - с.198-200.

56. Юшкин Н.П. Теория и методы минералогии. Избранные проблемы. - М.: Наука, 1977. - 292 с.

57. Ярцев А.П., Жеребцов Ю.Д. О генезисе месторождения Мурунтау по данным изучения типоморфизма пирита// Изв. АН Каз.ССР. Сер.геол., 1988. - № 5. - С.25-35.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Допустимые значения критерия Стьюдента t при k степенях свободы и уровне значимости q

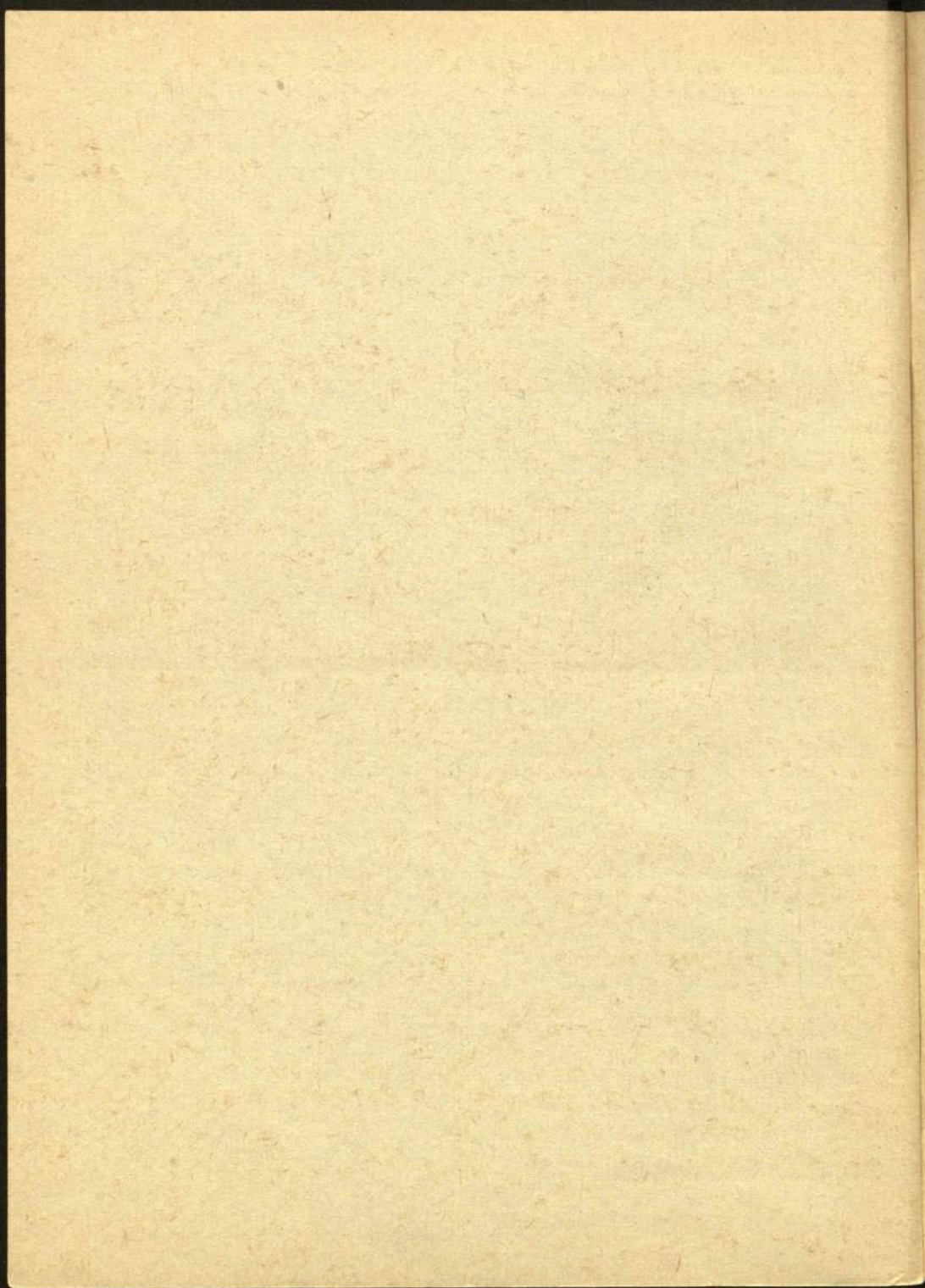
k	Уровень значимости q				
	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995
I	3,078	6,314	12,706	31,82	63,657
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925
3	1,638	2,353	1,182	4,541	5,841
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,500
8	1,397	1,860	2,306	2,897	3,355
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250
10	1,372	1,813	2,228	2,764	3,169
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,016
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012
14	1,345	1,761	2,145	2,625	2,977
15	1,341	1,753	2,131	2,603	2,947
16	1,337	1,746	2,120	2,584	2,921
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878
19	1,328	1,729	2,093	2,540	2,861
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819
23	1,320	1,714	2,069	2,500	2,807
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779
27	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771
28	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763
29	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756
30	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750
32	1,309	1,694	2,037	2,449	2,739
34	1,307	1,691	2,032	2,441	2,728
36	1,306	1,688	2,028	2,435	2,720
38	1,304	1,686	2,024	2,429	2,712

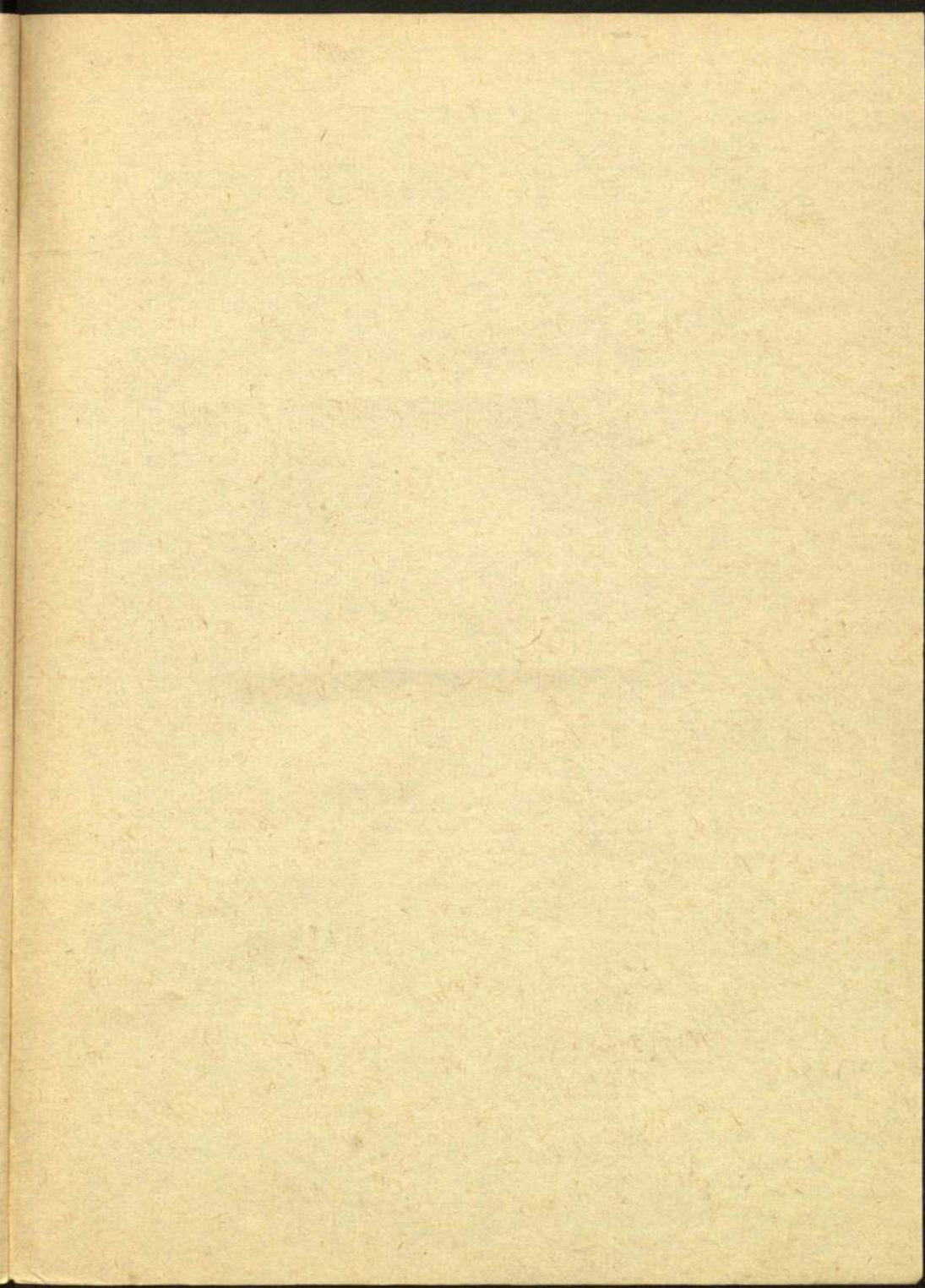
k	Уровень значимости				
	0,90	0,95	0,975	0,99	0,995
40	1,303	1,684	2,021	2,423	2,705
42	1,302	1,682	2,018	2,419	2,698
44	1,301	1,680	2,015	2,414	2,692
46	1,300	1,679	2,013	2,410	2,687
48	1,299	1,677	2,011	2,407	2,682
50	1,299	1,673	2,009	2,403	2,678
55	1,297	1,672	2,004	2,396	2,668
60	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660
65	1,295	1,679	1,997	2,385	2,654
70	1,294	1,667	1,994	2,381	2,648
80	1,292	1,684	1,990	2,374	2,639
90	1,291	1,662	1,987	2,369	2,632
100	1,290	1,660	1,984	2,364	2,626
120	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617
150	1,287	1,655	1,976	2,352	2,609
200	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601
250	1,285	1,651	1,970	2,341	2,596
300	1,284	1,650	1,968	2,339	2,592
400	1,284	1,649	1,966	2,336	2,588
500	1,283	1,648	1,965	2,336	2,586
∞	1,280	1,645	1,960	2,330	2,580

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
I. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТИПОМОРФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕС- КИХ МЕТОДИК ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ОРУДЕНЕНИЯ	II
I.1. Самоорганизация как способ эволюции и существова- ния МС	II
I.2. Уровни организации минерального вещества и соот- ветствующие им источники минералогенетической информации	12
I.3. Сущность и определение явления типоморфизма.....	13
I.4. Основные УОМВ, используемые в методике	15
I.4.1. Продуктивный минеральный комплекс	15
I.4.2. Жильный кварц и состояние его изученности. Понятие легкой фракции жильного кварца...	16
I.5. Типоморфический анализ	19
I.5.1. Общие положения	19
I.5.2. Принципы отбора проб и формирования выбо- рок	21
2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДИКИ ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТИПОМОРФИЗМА ПМК, ЖИЛЬНОГО КВАРЦА, ЕГО ЛЕГКОЙ ФАКЦИИ И ПАРАГЕННЫХ МИНЕРАЛОВ	23
2.1. Теоретическое обоснование	23
2.2. Основные принципы новой технологии поисков и оценки	26
3. МИНЕРАЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ПОИСКОВО-ОЦЕНОЧНЫЕ КРИТЕРИИ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ СРЕДНЕГЛУБИНЫХ И ПЕРЕХОДНОЙ К ГЛУБИНОЙ МАЛОСУЛЬФИДНОЙ ЗОЛОТО-КВАРЦЕВОЙ, ЗОЛОТО- СУЛЬФИДНО-КВАРЦЕВОЙ И ЗОЛОТО-КВАРЦЕВО-СУЛЬФИДНОЙ ФОРМАЦИИ	27
3.1. Критерии принадлежности к золоторудной формации..	27
3.2. Критерии фации глубинности	35
3.3. Критерии минерального типа	35
3.4. Критерии уровня эрозионного среза	47
4. МЕТОДИКА ПОИСКОВ И ОЦЕНКИ	60
4.1. Отбор, обработка проб и виды аналитических работ.	
4.1.1. Отбор проб	60
4.1.2. Обработка проб и виды анализов	61

4.2. Обработка аналитических данных	63
4.2.1. Группирование по критериям в соответствии с технологией оценки	63
4.2.2. Составление общих выборок для сравнения с эталонным объектом	63
4.3. Математическая обработка выборок и оценка соответствия полученных статистических характеристик используемому критерию	64
4.3.1. Общие принципы решения задачи	64
4.3.2. Виды расчетов и сопоставлений	65
4.4. Определение принадлежности объекта к одной из среднеглубинных или переходных к глубинной золото-рудной формации и уровня эрозионного среза	72
4.5. Способ определения первоочередного объекта для организации детальных поисков и разведочных работ...	73
4.5.1. Метод оценки близости к эталону	73
4.5.2. Пример оценки близости к эталону объекта малосульфидной золото-кварцевой формации...	74
4.5.3. Пример оценки близости к эталону объекта золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцево-сульфидной формаций	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	88
ЛИТЕРАТУРА	89
ПРИЛОЖЕНИЕ	94





о в
ис
00
ер
но

о в печать 21.05.91
исчая № I
00

Печать офсетная
Заказ № 2

60х84 I/16
Уч.-изд.л. 5,2

еративной полиграфии Читинского ЦНТИ: 672078
нохина, 75.

