

На правах рукописи

Лукьянова Евгения Викторовна

**Прогнозирование и поиски золотого оруденения в
черносланцевых толщах Западной Калбы на основе изучения
типоморфных особенностей пирита и арсенопирита**

**Специальность 04.00.11 – геология, поиски и разведка рудных и нерудных
месторождений; металлогения**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой
степени кандидата геолого-минералогических наук**

Томск – 2000

Работа выполнена в Томском политехническом университете

**Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
профессор А.Ф. Коробейников**

**Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук,
профессор И.В. Кучеренко
кандидат геолого-минералогических наук, доцент С.И. Коноваленко**

**Ведущая организация: Объединенный институт геологии, геофизики и
минералогии, г. Новосибирск**

**Защита диссертации состоится 24 мая 2000 года в 14 часов в 111 аудитории 1
корпуса на заседании диссертационного совета Д 063. 80.08 при Томском
политехническом университете по адресу: 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина,
30.**

**С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке
университета.**

**Ученый секретарь
Диссертационного совета**

Л.А.Саруев

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Диссертация посвящена разработке минералогическо-геохимических критериев прогнозирования и поисков золотого оруденения на основе детального изучения типоморфных свойств основных рудных минералов (пирита, арсенопирита) золотоносных черносланцевых толщ. Западная Калба является одним из старейших золотодобывающих регионов, в котором впервые для бывшего СССР были установлены крупные рудные объекты черносланцевой формации. Здесь выявлено большое количество месторождений и рудопроявлений золота, локализованных среди метаморфизованных черносланцевых толщ карбона в синклиналях рифтогенного типа. Рудоносные черносланцевые толщи этого региона несут все известные типы золотого оруденения. В структурно-морфологическом отношении оруденение относится к кварцево-жильному, штокверковому, прожилково-вкрапленному и вкрапленному типам. Наибольший практический интерес имеют крупнообъемные месторождения с прожилково-вкрапленными и вкрапленными типами руд золото-углеродисто-сульфидно-березитовой формации. Продуктивная минерализация представлена золотоносными пиритом и арсенопиритом, халькопиритом, сфалеритом, пирротинном, прожилковым кварцем. Золото свободное в кварце и дисперсное в пирите и арсенопирите.

Подобные месторождения привлекают пристальное внимание геологической общественности. Это обусловлено тем, что в последние годы открыты значительные запасы золота в месторождениях прожилково-вкрапленного крупнообъемного типа. Однако генезис таких месторождений до сих пор остается предметом острых дискуссий. Поэтому различные аспекты прогнозирования и поисков таких месторождений зачастую весьма противоречивы. В первую очередь это касается недостаточной реконструкции эндогенной минералогической зональности месторождений с различными структурно-морфологическими типами руд. Решению некоторых вопросов данной проблемы и посвящена диссертация.

Целью работы является изучение типоморфных особенностей пирита и арсенопирита как главных рудных минералов золоторудных полей Западной Калбы и разработка вытекающих из них критериев прогноза и поисков золотого оруденения и оценки уровня эрозионного среза рудных тел.

Основные задачи исследований:

1. Систематическое изучение типоморфных особенностей пирита и арсенопирита (кристалломорфология, состав, термоэлектрические свойства) репрезентативных рудных полей с различными структурно-морфологическими типами руд: кварцево-жильным, штокверковым, прожилково-вкрапленным и вкрапленным.
2. Выявление характера пространственной локализации пирита и арсенопирита в объеме рудных полей, месторождений и рудных тел.
3. Обнаружение закономерностей в изменении типоморфных особенностей пирита и арсенопирита.
4. Выработка минералогических критериев прогноза и поисков золоторудных месторождений и рудных столбов в рудоносных черносланцевых толщах.
5. Оценка уровня эрозионного среза рудных полей и поиски скрытого оруденения по типоморфным особенностям пирита и арсенопирита.

Научная новизна работы. Изучены типоморфные особенности пирита и арсенопирита шести золоторудных полей. Получены новые данные, существенно уточняющие и расширяющие представления о минералогической зональности оруденения в черносланцевых толщах. Прослежен характер изменения типоморфных особенностей пирита и арсенопирита в единой рудно-метасоматической колонне от кварцево-жильных руд, к штокверковым, прожилково-вкрапленным и вкрапленным. Предложены количественные коэффициенты минералогической зональности оруденения, а также зональности кристалломорфологических, геохимических и термоэлектрических свойств пирита и арсенопирита. Принципиально новым является и систематическое изучение типоморфных свойств арсенопирита как индикатора золотого оруденения.

Практическая ценность работы. Результаты диссертационных исследований могут использоваться при прогнозировании, поисках и оценке золоторудных месторождений в черносланцевых толщах. Разработаны минералогические критерии прогнозирования оруденения и оценки уровня эрозионного среза месторождений. Выявлено 25 перспективных участков со скрытым типом золотого оруденения. Основные практические рекомендации внедрены в производство на геологоразведочных и золотодобывающих предприятиях Восточного Казахстана.

Фактическая основа работы. В основу диссертации положены материалы, собранные автором в 1986 - 2000 годах в процессе выполнения хоздоговорных и госбюджетных научно-исследовательских работ (х/д №№ 2-66/83, 2-64/88, 2-79/86, программа "Золото Сибири" и др.) в составе научной группы кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Томского политехнического университета. Для выполнения задач исследований отобрано более 8000 проб пород и руд. В лабораторных условиях были выделены мономинеральные фракции пирита и арсенопирита, которые подверглись следующим видам анализа:

1) кристалломорфологический анализ пирита - 932 пробы-протопочки; 2) кристалломорфологический анализ арсенопирита - 755 проб-протопочек; 3) количественный эмиссионный спектральный анализ на 32 элемента - 333 пробы; 4) спектрохимический анализ на золото - 109 проб; 5) пробирный анализ на золото - 6 проб; 6) сцинтилляционный эмиссионный спектральный анализ на золото - 72 пробы; 7) инструментальный нейтронно-активационный анализ на 23 элемента - 31 проба; 8) изотопный анализ серы пирита - 8 проб; 9) измерение значений термо ЭДС пирита и арсенопирита - 465 проб; 10) рентгеноструктурный анализ арсенопирита - 12 проб.

Аналитические исследования выполнены в лабораториях Томского политехнического университета, Западно-Сибирского испытательного центра (г. Новокузнецк), Научно-исследовательского института ядерной физики при Томском политехническом университете, Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (г. Москва) и ПО «Сибзолоторазведка» (г. Красноярск). Результаты анализов обработаны статистически с помощью ПЭВМ.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на научных конференциях в гг. Томске, Иркутске, Турку (Финляндия), а также на научных семинарах в Томском политехническом университете. По теме диссертации опубликовано и сдано в печать 13 статей и тезисов докладов.

Объем работы. Диссертация выполнена на 169 страницах набранного на компьютере текста. Она состоит из «Введения», 6 глав, «Заключения», списка использованной литературы, включающего 139 наименований, и содержит 37 рисунков и 26 таблиц.

Автор искренне признателен научному руководителю, доктору геолого-минералогических наук, профессору А.Ф. Коробейникову за инициативу проведения

работ и постоянные консультации, заведующему лабораторией геологии золота Томского политехнического университета, кандидату геолого-минералогических наук А.Я. Пшеничкину за передачу опыта минералогических исследований, геологам золотодобывающих и геологоразведочных предприятий Восточного Казахстана А.Е. Ермоленко, В.И. Ковалько, В.В. Масленникову, В.Я. Микитченко за содействие в

Ю.С. Ананьеву, В.К. Бернатонису, Ю.Е. Зыкову, Н.Н. Мартыновой, А.К. Рудику, В.А. Сотникову, С.А. Трубачеву за участие в минералогических исследованиях и помощь в оформлении работы.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе "Состояние проблемы" охарактеризованы возможности минералогического картирования по пириту и арсенопириту как метода построения объемных геолого-генетических моделей месторождений и рудных тел.

Во второй главе описана методика изучения характера пространственного распределения пирита и арсенопирита и изменения их конституционных особенностей: кристалломорфологии, состава и физических свойств.

В третьей главе приведены краткие сведения о геотектонической позиции и геологических формациях региона.

Золоторудные месторождения района располагаются в осевой части Зайсанской геосинклинали в пределах Западно-Калбинской структурно-формационной зоны, которая с северо-востока ограничена Теректинским, а с юго-запада - Чинрауско-Кокпектинским глубинными разломами.

Западно-Калбинская структурно-формационная зона характеризуется большой мощностью герцинского структурного этажа (6-9 км), перерывом в осадконакоплении с конца девона до среднего визе, преимущественным развитием нижне-среднекаменноугольных углеродистых терригенных формаций и базальтоидного магматизма, проявленного в эффузивной, субвулканической и гипабиссальной фациях.

В четвертой главе детально охарактеризованы типоморфные особенности пиритов и арсенопиритов, изученных автором шести золоторудных полей: Акжальского, Баладжальского, Боко-Васильевского, Джумбинского, Костобе-Эспинского и Миалинского.

Положение золоторудных полей в пределах Западно-Калбинской структурно-формационной зоны контролируется поперечно-диагональными разрывными структурами II порядка.

В структурно-морфологическом отношении все золоторудные поля Западной Калбы отчетливо подразделяются на три типа: 1) рудные поля с кварцево-жильным и штокверковым типами руд в терригенных и вулканогенных толщах карбона и в интрузивных массивах габбро-плагиигранитного состава; 2) рудные поля, представленные минерализованными сульфидными зонами в углеродистых терригенных толщах карбона; 3) рудные поля комбинированного типа, включающие кварцевые жилы, штокверки и залежи вкрапленных золото-пирит-арсенопиритовых руд в различных терригенно-вулканогенных и интрузивных породах.

В рудно-метасоматических телах отчетливо проявлена вертикальная морфологическая зональность оруденения. В верхних частях этих тел обычно формируются кварцевые жилы, которые с глубиной постепенно сменяются штокверками, а затем прожилково-вырапленным типом оруденения.

Все месторождения и рудопроявления Западной Калбы относятся (Коробейников, Масленников, 1994) к одной золото-кварцево-березит-лиственитовой убого- и малосульфидной рудной формации, которая включает пирит - арсенопиритовую, кварцево-пирит-арсенопиритовую, кварцево-пирит-пирротин-халькопиритовую, кварцево-анкерит-сфалерит-галенитовую и кварц-карбонатную минеральные ассоциации.

Пятая глава посвящена зональности типоморфных особенностей пирита и арсенопирита и критериям прогноза и поисков золотого оруденения.

В шестой главе с использованием минералогических данных оценен уровень эрозионного среза рудных полей и охарактеризовано 25 потенциально рудоносных участков со скрытым типом оруденения.

В заключении изложены основные выводы и вытекающие из них практические рекомендации.

ОСНОВНЫЕ ЗАЩИЩАЕМЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. В золоторудных полях Западной Калбы выявлено от 9 до 28 морфологических типов кристаллов пирита. Индикаторами промышленных руд являются: наличие золотоносного пирита, повышенное количество

морфологических типов кристаллов, значительное развитие кристаллов пирита пентагондодекаэдрического и куб-пентагондодекаэдрического габитусов.

Пирит является главным рудным минералом. Он встречается во всех типах руд, в околорудных метасоматитах, неизмененных осадочных и магматических породах в количестве от долей процентов до 1-2, реже 10-15%. Изучение характера пространственных взаимоотношений различных минеральных ассоциаций и типоморфных особенностей пирита позволило выделить четыре основных его разновидности: осадочно-метаморфогенный (I), метасоматический (II), рудный (III) и пострудный (IV).

Осадочно-метаморфогенный пирит I отмечается в песчанико-сланцевых толщах. Чаще всего он приурочен к прослойкам более грубозернистых пород и наблюдается в виде тонкодисперсной сыпи, зернистых агрегатов, реже желваков и стяжений, подчеркивающих слоистость пород. В результате регионального, контактового и дислокационного метаморфизма скрытокристаллические агрегаты пирита перекристаллизовываются с образованием кубических кристаллов.

Метасоматический пирит II является ведущим минералом в прожилково-вкрапленных и вкрапленных рудах, а также в околорудных метасоматитах. Он наблюдается в виде неравномерной вкрапленности кристаллов кубического, куб-пентагондодекаэдрического и пентагондодекаэдрического габитусов размером до 1, редко 2-2,5 мм. Содержания золота в пирите II низкие.

Рудный пирит III наблюдается во всех структурно-морфологических типах руд, но наиболее распространенным является в кварцевых жилах и штокверках. Обычно он проявляется в виде вкрапленности кубических и пентагондодекаэдрических кристаллов размером 0,1-1 мм, реже зернистых и сливных агрегатов. Для пирита III характерна повышенная золотоносность.

Пострудный пирит IV кристаллизовался в кварц-карбонатных прожилках, секущих продуктивные рудные тела. Он представлен мелкими (до 1 мм) хорошо образованными кубическими кристаллами.

Прогнозно-поисковое значение имеют кристалломорфологические особенности метасоматических (II) и рудных (III) пиритов. На их кристаллах присутствуют пять простых форм: куб, пентагондодекаэдр, октаэдр, дидодекаэдр,

тетрагонтриоктаэдр. Самыми распространенными являются грани куба и пентагондодекаэдра. Реже встречается грань октаэдра, еще реже грани дидодекаэдра и тетрагонтриоктаэдра.

По своим кристалломорфологическим особенностям пириты Западной Калбы отличаются от пиритов других золоторудных месторождений (Коробейников и др., 1993; Коробейников, Пшеничкин, 1985) незначительным разнообразием морфологических типов кристаллов. На Акжальском рудном поле их установлено 22, Баладжальском - 9, Боко-Васильевском - 11, Джумбинском - 9, Костобэ-Эспинском - 28 и Миалинском - 16.

Отличительной особенностью пиритов золоторудных полей Западной Калбы является преобладание кристаллов кубического габитуса при подчиненной роли пентагондодекаэдрического и куб-пентагондодекаэдрического.

Для участков повышенной золотоносности характерны следующие кристалломорфологические особенности пирита: максимальное разнообразие морфологических типов кристаллов, преобладание кристаллов пентагондодекаэдрического и куб-пентагондодекаэдрического габитусов, повышенная крупность кристаллов, интенсивная штриховка на гранях, появление кристаллов искаженной формы и незакономерных двойников срастания и прорастания, наличие признаков деформации и перекристаллизации.

В пиритах выявлен большой комплекс элементов-примесей, которые закономерно располагаются в объеме рудных полей, месторождений и рудных тел. Факторным анализом элементы-примеси подразделены на три группы: надрудные - Hg, Sb, Ba; околорудные - Cu, Pb, Zn, Bi, Au, Ag, As; подрудные - V, Ni, Co, Cr, Ti, Mo, W, Be. Индикатором промышленных руд является золотоносный мышьяковистый пирит.

Изучение термоэлектрических свойств минерала (рис. 1) показало, что осадочно-метаморфогенный пирит I имеет смешанный тип проводимости (от 20 до +25 мВ), метасоматический пирит II - электронный (от -15 до -30 мВ), рудный пирит III - дырочный (от +30 до +55 мВ), а пострудный пирит IV - смешанный (от -5 до +25 мВ). Пириты из промышленных рудных тел характеризуются дырочным или электронно-дырочным типами проводимости.

2. Участки повышенной золотоносности пространственно совпадают с

полями развития арсенопирита в черносланцевых толщах. Богатые рудные столбы в их пределах характеризуются преобладанием удлиненнопризматических и игольчатых кристаллов арсенопирита и максимальным разнообразием морфологических его типов, а также появлением двойников срастания, двойников и тройников прорастания.

Арсенопирит является вторым по распространенности рудным минералом после пирита. Содержание его в рудах колеблется обычно в пределах 0,1-1,5 %. Отлагался арсенопирит во всех типах руд на локальных участках, с которыми пространственно совмещается подавляющее большинство рудных столбов.

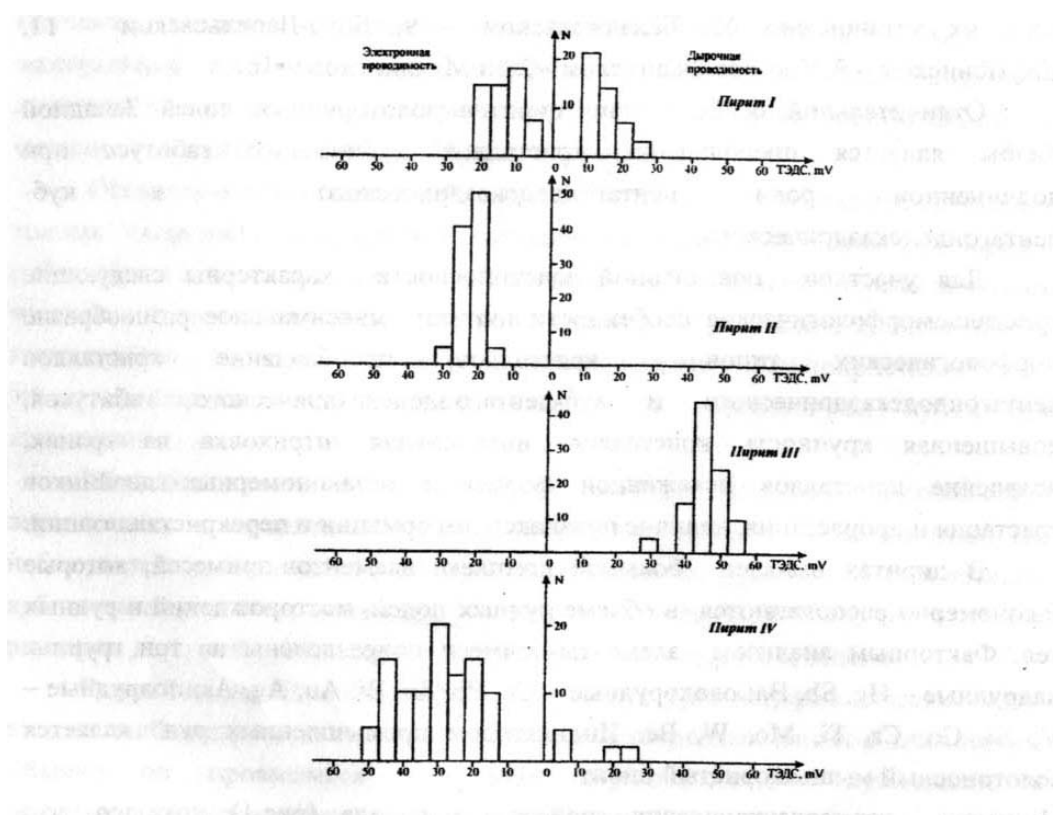


Рис. 1. Термоэлектрические свойства пиритов золоторудных полей Западной Калбы: N – частота встречаемости, %.

Реальные кристаллы арсенопирита образованы гранями ромбических призм I, II, III родов, ромбической пирамиды и пинакоида. В золоторудных полях Западной Калбы выявлено от 7 до 19 морфологических типов кристаллов арсенопирита (в Акжальском - 12, Баладжальском - 7, Боко-Васильевском - 15, Джумбинском - 14, Костобэ-Эспинском — 14, Миалинском - 8), а также от 4 до 7 типов двойников срастания, двойников и тройников прорастания. Для большинства рудных тел характерно небольшое количество (1-3) морфологических типов кристаллов.

Арсенопирит образует удлиненнопризматические и игольчатые ($K_y=1,6-10$), реже короткопризматические ($K_y=1-1,5$) кристаллы. В кварцево-жильных рудах преобладают короткопризматические кристаллы, а в штокверковых - удлиненнопризматические. Размер кристаллов арсенопирита не превышает десятых долей миллиметра по удлинению и сотых - в поперечнике.

Арсенопириты из наиболее богатых рудных столбов имеют следующие кристалломорфологические особенности: большое количество морфологических типов кристаллов, значительная роль удлиненнопризматических и игольчатых кристаллов, а также двойников, тройников и сложных сростков, укрупнение кристаллов, интенсивная штриховка на гранях, наличие искривленных и раздробленных кристаллов.

В арсенопирите в различных количествах установлены примеси Ce, Cr, Sc, Co, Eu, Th, Hf, Sb, Ag, Sm, La, Lu, Au. В кварцево-жильных рудах выявлены повышенные концентрации Cr, Sc и Au. Прожилково-вкрапленные руды обогащены Sm, La, Lu и обеднены Ce, Eu, Th, Hf, Sb. Основным концентратором золота является удлиненнопризматический и игольчатый арсенопирит.

Арсенопириты имеют только электронный тип проводимости и незначительный разброс значений термо ЭДС (от -10 до - 45 мВ), что не позволяет использовать термоэлектрические его свойства при прогнозировании золотого оруденения.

3. Типоморфные особенности пирита и арсенопирита свидетельствуют о верхне-среднерудном уровне эрозионного среза месторождений и являются критериями прогноза, поисков и предварительной оценки золотого оруденения в черносланцевых толщах.

Эндогенная минералогическая зональность рудных полей, месторождений и отдельных рудных тел определяется закономерностями пространственного размещения пирита и арсенопирита. Соотношение их в рудах изменяется от 1,2:1 до 7:1. С глубиной рудно-метасоматических колонн содержания пирита и арсенопирита обычно увеличиваются. Изменяется также величина пирит-арсенопиритового отношения (коэффициент минералогической зональности - K_m): в кварцево-жильных рудах $K_m=5-7$, в штокверковых - 3-5, а в прожилково-вкрапленных - 1,2-3.

Кроме того, в рудных полях отчетливо проявлена **зональность**

конституционных свойств пирита и арсенопирита: кристалломорфологии, геохимических особенностей и термоэлектрических свойств.

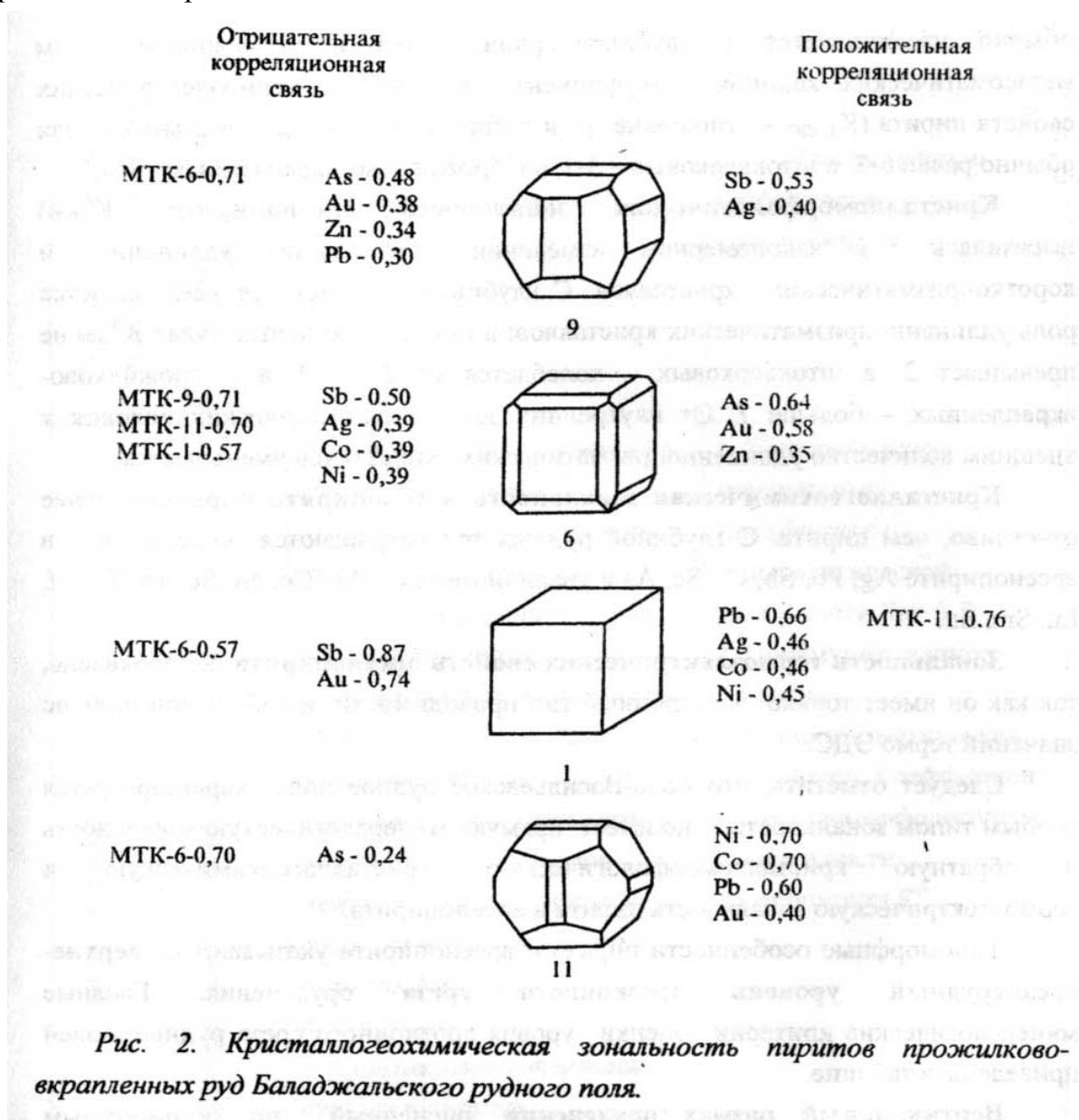
Кристалломорфологическая зональность пирита обусловлена характером локализации в рудах метасоматического пирита II и рудного пирита III. Она выразилась в уменьшении от центра рудных тел к внешним зонам метасоматитов, а также с глубиной рудно-метасоматических колонн доли пирита пентагондодекаэдрического габитуса при одновременном увеличении количества кристаллов кубического облика. Коэффициент кристалломорфологической зональности пирита ($K_{\text{км}}$ - отношение содержаний кристаллов кубического и пентагондодекаэдрического габитусов) составляет: в кварцевых жилах - до 3, в штокверковых рудах - от 3 до 10, в прожилково-вкрапленных рудах - больше 10.

Содержание элементов-примесей в пирите закономерно изменяется в объеме палеогидротермальных рудно-метасоматических колонн. В метасоматических пиритах II и рудных пиритах III содержания мышьяка и золота закономерно увеличиваются с глубиной от кварцевых жил к штокверковым и вкрапленным рудам и уменьшаются от околорудных березитов к внешним зонам метасоматических колонок. В этих же направлениях уменьшаются содержания Sb, Ag, Pb, Zn, Bi и увеличиваются - Ni, Co, Cr, Ti, V. Установлено, что для оценки уровня эрозионного среза рудных тел можно использовать следующие кристаллогеохимические показатели.

Во-первых, выявлена тесная положительная корреляционная связь (рис.2) между количеством кристаллов различного габитуса и содержаниями в пиритах элементов-примесей. Кристаллы пентагондодекаэдрического облика, господствующие на верхних горизонтах рудных полей (кварцевые жилы), имеют корреляционную связь с Ag и Sb. Кристаллы куб-пентагондодекаэдрического габитуса, свойственные средним горизонтам рудно-метасоматических колонн, обнаружили корреляционные связи с As и Au. Количество кристаллов кубического габитуса, наиболее характерных для прожилково-вкрапленных руд, хорошо коррелируются с содержаниями в пирите Co, Ni, Pb.

Во-вторых, с глубиной рудно-метасоматических колонн в пиритах закономерно изменяется кобальт-никелевое отношение. В кварцевых жилах оно обычно не превышает единицы, в штокверковых рудах изменяется от 1 до 4, а в

прожилково-вкрапленных - от 4 до 6.



В-третьих, с глубиной палеогидротермальных колонн увеличивается (Коробейников, Масленников, 1993) значение комплексного коэффициента кристаллогеохимической зональности пирита ($K_{rx} = C_{Au} \times C_{As}/C_{sb}^2$): в кварцево-жилковых рудах $K_{rx}=100-600$, в штокверковых - 600-1200, в прожилково-вкрапленных- 1200-2000.

Зональность в изменении термоэлектрических свойств пирита определяется количественным соотношением метасоматического пирита II и рудного пирита III, имеющих соответственно электронный (n) и дырочный (p) типы проводимости. Поэтому доля пиритов с электронным типом проводимости обычно увеличивается с глубиной рудных тел и к внешним зонам метасоматических колонок.

Коэффициент зональности термоэлектрических свойств пирита ($K_{\text{тэдс}}$ - отношение р- и п-пиритов) в кварцево-жильных рудах обычно равен 6-3, в штокверковых - 3-1, а в прожилково-вкрапленных - 1-0.1.

Кристалломорфологическая зональность арсенопирита ($K^{\text{А}}_{\text{км}}$) выразилась в закономерном изменении отношения удлиненно- и короткопризматических кристаллов. С глубиной рудных тел увеличивается роль удлиненнопризматических кристаллов: в кварцево-жильных рудах $K^{\text{А}}_{\text{км}}$ не превышает 2, в штокверковых - колеблется от 2 до 7, а в прожилково-вкрапленных - больше 7. От внутренних зон метасоматических колонок к внешним количество удлиненнопризматических кристаллов уменьшается.

Кристаллогеохимическая зональность арсенопирита выражена менее отчетливо, чем пирита. С глубиной рудных тел сокращаются содержания в арсенопирите Ag, Pb, Sb, Cr, Sc, As и увеличиваются - Au, Co, Ni, Se, Th, Zr, Hf, Lu, Sm, Eu.

Зональность термоэлектрических свойств арсенопирита не проявлена, так как он имеет только электронный тип проводимости и небольшой разброс значений термо ЭДС.

Следует отметить, что Бoko-Васильевское рудное поле характеризуется особым типом зональности. Оно имеет прямую минералогическую зональность и обратную кристалломорфологическую, кристаллогеохимическую и термоэлектрическую зональность пирита и арсенопирита.

Типоморфные особенности пирита и арсенопирита **указывают на верхне-среднерудный уровень эрозионного среза** оруденения. Главные минералогические критерии оценки уровня эрозионного среза рудных полей приведены в таблице.

Вертикальный размах оруденения, оцененный по типоморфным признакам пирита и арсенопирита, колеблется в рудных полях Западной Калбы от 0,3-0,4 до 1,8-2,0 км.

Морфологический тип золотого орудения	Положение в рудно-метасоматической колонне	Типоморфные особенности пирита	Типоморфные особенности арсенопирита
Кварцево-жильный	Верхнерудная часть колонны	<p>1. Повышенное содержание в рудах кристаллов пентагондодекаэдрического габитуса. Коэффициент кристалломорфологической зональности пирита $K_{\text{км}}^{\text{п}}$ до 3.</p> <p>2. Надрудные элементы – Hg, Sb, Ba.</p> <p>3. Положительная корреляционная связь между количеством кристаллов пентагондодекаэдрического габитуса и содержаниями в пиритах Ag и Sb.</p> <p>4. Co: Ni до 1.</p> <p>5. Повышенное содержание сурьмы в пиритах. Комплексный коэффициент кристаллогеохимической зональности пирита $K_{\text{гх}}=100-600$.</p> <p>6. Электронно-дырочный тип (n-p) проводимости пиритов. Коэффициент зональности термоэлектрических свойств пирита $K_{\text{тэдс}}=3-6$.</p>	<p>1. Наличие в рудах арсенопирита. Коэффициент минералогической зональности $K_{\text{м}}=5-7$.</p> <p>2. Преимущественное развитие короткопризматических кристаллов. Коэффициент кристалломорфологической зональности арсенопирита $K_{\text{км}}^{\text{а}}$ до 2.</p>

Штокверковый	Среднерудная часть колонны	<p>1. Снижение в рудах роли кристаллов пентагондодекаэдрического габитуса. $K_{\text{км}}^{\text{п}} = 3-10$.</p> <p>2. Околорудные элементы – Cu, Pb, Zn, Bi, Au, Ag, As.</p> <p>3. Положительная корреляционная связь между количеством кристаллов куб-пентагондодекаэдрического габитуса и содержаниями в пиритах As и Au.</p> <p>4. Co: Ni=1-4.</p> <p>5. Снижение содержаний сурьмы в пиритах. $K_{\text{гх}} = 600-1200$.</p> <p>6. Увеличение роли пиритов с электронным (n) типом проводимости. $K_{\text{тэдс}} = 1-3$.</p>	<p>1. Увеличение содержаний арсенопирита в рудах. $K_{\text{м}} = 3-5$.</p> <p>2. Снижение роли короткопризматических кристаллов и увеличение – удлиненнопризматических. $K_{\text{км}}^{\text{А}} = 2-7$.</p>
Прожилково-вкрапленный и вкрапленный	Нижняя часть колонны	<p>1. Снижение в рудах роли кристаллов пентагондодекэдрического габитуса. $K_{\text{км}}^{\text{п}}$ больше 10.</p> <p>2. Подрудные элементы – V, Ni, Co, Cr, Ti, Mo, W, Be.</p> <p>3. Положительная корреляционная связь между количеством кристаллов кубического габитуса и содержаниями в пиритах Co, Ni и Pb.</p> <p>4. Co: Ni=4-6.</p> <p>5. Снижение содержаний сурьмы в пиритах. $K_{\text{гх}} = 1200-2000$.</p> <p>6. Увеличение доли пиритов с электронным типом проводимости. $K_{\text{тэдс}} = 0,1-1$.</p>	<p>1. Увеличение содержаний арсенопирита в рудах. $K_{\text{м}} = 1,2-3$.</p> <p>2. Снижение роли короткопризматических кристаллов и увеличение – удлиненнопризматических. $K_{\text{км}}^{\text{А}}$ больше 7.</p>

В процессе минералогического картирования по пириту и арсенопириту **выявлено 25 участков со скрытым типом оруденения.**

СПИСОК РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Зыков Ю.Е., Лукьянова Е.В. Дайки и оруденение одного из золоторудных полей в черносланцевой толще //Перспективы развития минерально-сырьевой базы Алтая. - Барнаул, 1988. - Ч.2. - С.53-54.
2. Лукьянова Е.В. Термо ЭДС пиритов одного из золоторудных месторождений Якутии //Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской плиты и ее складчатого обрамления. - Тюмень, 1989. - С. 173.
3. Лукьянова Е.В. Некоторые типоморфные особенности пиритов и арсенопиритов одного из золоторудных месторождений Казахстана //Рациональное использование природных ресурсов Сибири. - Томск, 1989. - С.129. -
4. Лукьянова Е.В. Типоморфные особенности пирита и арсенопирита одного из золоторудных месторождений Казахстана //Рудоносные метасоматические формации Урала. - Свердловск, 1991. - С.66-68.
5. Лукьянова Е.В. Некоторые типоморфные особенности пирита золоторудных месторождений Казахстана //Золоторудные формации Сибири. -Тезисы докл. регион, конференции. - Томск: Изд-во Томского государственного ун-та, 1992. - С. 84.
6. Лукьянова Е.В. Зональность изменения типоморфных особенностей свойств сульфидов одного из золоторудных месторождений Северо-Восточного Казахстана //Проблемы геологии Сибири. - Томск: Изд-во Томского государственного ун-та, 1994. - Т.1 - С.86.
7. Лукьянова Е.В. Кристалломорфологические особенности арсенопирита некоторых золоторудных месторождений Казахстана //Тезисы докладов первого международного конгресса студентов, аспирантов и молодых ученых. - Томск: ТПУ, 1997. - С.81-82.
8. Пшеничкин А.Я., Лукьянова Е.В. Кристалломорфологические особенности арсенопирита золоторудных месторождений черносланцевых толщ //Актуальные вопросы геологии Сибири. - Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1988.-Т.2.-С. 25-27.
9. Пшеничкин А.Я., Лукьянова Е.В. Минералого-геохимическое картирование золоторудных месторождений по типоморфным признакам пирита и арсенопирита

//Материалы IV объединенного международного симпозиума по проблемам прикладной геохимии, посвященного памяти академика Л.В. Таусона. - Иркутск, 1994. -С. 183-184.

10. Korobeinikov A.F. Pshenichkin A. Ya., Lukyanova E.V. Pyrite as an indicator of complex gold-platinoid mineralisation // Sudbury-99: Abstract volume. -Sudbury, Canada. - 1999. P. 15.

11. Lukyanova E.V., Pshenichkin A. Ya. Mineralogical and geochemical mapping of gold-ore deposits // Sudbury-99: Abstract volume. - Sudbury, Canada. - 1999. P. 16.

12. Pshenichkin A. Ya., Lukyanova E.V. About admixture element occurrences in pyrites from Siberian gold-ore deposits //Abstract volume 23 "Carrefour in Earth Science". - Quebec, Canada. - 1998. P. 150.

13. Pshenichkin A. Ya., Korobeinikov A.F., Lukyanova E.V. Pyrites and arsenopyrites as indicators of gold ore deposits set within Paleozoic folded areas// GeoCanada 2000 (в печати).