

На правах рукописи

АНАНЬЕВ Юрий Сергеевич

МЕТАСОМАТИЗМ И ЗОЛОТОЕ ОРУДЕНЕНИЕ
В ЧЕРНОСЛАНЦЕВЫХ ТОЛЩАХ ЗАПАДНОЙ КАЛБЫ

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

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата геолого-минералогических наук

Томск – 1999

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,
профессор А.И. Летувнинкас

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

Защита диссертации состоится 28 апреля 1999 года в 16 часов в 210 аудитории
1 корпуса на заседании диссертационного совета Д 063.80.08 при Томском
политехническом университете по адресу: 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина,
30.

Автореферат разослан 26 марта 1998 года.

Секретарь
диссертационного совета

П.С.Чубик

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В Западной Калбе впервые в пределах бывшего СССР были установлены золоторудные месторождения стратиформного типа в черносланцевых толщах карбона. Их систематическое всестороннее изучение и промышленное освоение послужило основным аргументом для усиления исследований золотоносности черносланцевых формаций в других регионах страны. Практически все промышленные месторождения и большинство рудопроявлений золота Зайсанской складчатой системы сосредоточены в центральной ее части, соответствующей Западно-Калбинской металлогенической зоне. Они размещаются, главным образом, в разрезе слабо метаморфизованных углеродистых отложений, образованных в синклиналях рифтогенного типа и принадлежат кварцево-жильным, прожилково-вкрапленным и вкрапленным структурно-морфологическим типам. Объектами эксплуатации являются месторождения всех этих типов, но наибольшее практическое значение имеют вкрапленные и прожилково-вкрапленные золото-сульфидные руды в черносланцевых толщах. Состояние изученности большинства золоторудных объектов Западной Калбы в настоящее время не позволяет однозначно оценивать их практическую значимость и успешно выполнять прогнозно-поисковые работы на золото в регионе. Поэтому выяснение условий формирования различных структурно-морфологических типов золоторудных объектов, прежде всего продуктов рудоносного метасоматизма в черносланцевых толщах карбона, определение на этой основе прогнозно-поисковых критериев и признаков промышленного оруденения является актуальной первостепенной задачей. Решение этих вопросов позволит более целенаправленно и эффективно проводить прогнозно-поисковые и разведочные работы, что будет способствовать расширению минерально-сырьевой базы действующих горнодобывающих предприятий не только Казахстанского региона, но и аналогичных структур со стратиформными месторождениями благородных металлов в черносланцевых формациях ряда регионов России.

Цель работы. Изучить условия локализации продуктов метасоматизма и золотого оруденения в черносланцевых толщах Западной Калбы. Разработать на этой основе прогнозно-поисковые критерии и признаки.

Задачи исследований. В соответствии с поставленной целью основные задачи включали: 1) изучение особенностей литологического состава, степени регионального метаморфизма и метасоматизма рудовмещающих черносланцевых толщ, их фоновой золотоносности; 2) определение роли рудовмещающих пород и продуктов метасоматизма в процессе рудообразования; 3) разработка классификации гидротермальных образований региона на вещественно-формационной основе; 4) исследование рудно-метасоматической, минералогической, геохимической зональностей рудных полей,

месторождений, рудных участков, рудных тел; 5) разработка на этой основе новых и уточнение известных прогнозно-поисковых критериев и признаков,

Фактический материал. В основу диссертационной работы положены фактические материалы, полученные автором в процессе выполнения хоздоговорных научно-исследовательских работ кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых Томского политехнического университета (1987-1992г.г.) по изучению особенностей литологии, минералого-геохимической и рудно-метасоматической зональностей Костобе-Эспинского, Бакырчикского, Боко-Васильевского, Баладжальского, Джумбинского, Акжальского и Миалинского рудных полей. Исследования базируются на литологическом, систематическом минералого-геохимическом картировании рудоносных площадей в поверхностных и подземных горных выработках, а также по керну скважин в масштабах 1:25000 - 1:1000. Дополнительно изучался вещественный состав отвалов, канав, шурфов и сохранившийся керн ранее пробуренных скважин. Геолого-минералогическое и геохимическое картирование сопровождалось отбором штучков и протолочных проб различных типов горных пород, метасоматитов и руд.

В процессе исследований, автором отобрано и изучено свыше 8000 минералого-геохимических проб. В процессе камеральной обработки материала обработано около 8000 спектральных количественных и полуколичественных анализов, 220 силикатных химических, 1000 инверсионно-вольтамперометрических, 200 сцинтилляционно-эмиссионных анализов на золото, проведено около 300 декрепитационных исследований минералов, 190 микрозондовых анализов золотин, свыше 5000 замеров термоЭДС сульфидов, изучено более 2000 прозрачных и около 300 полированных шлифов неизмененных пород, метасоматитов и руд. Во всех шлифах методами селективного окрашивания проводилась диагностика карбонатов и частично (около 100 определений) полевых шпатов. Обработка полуколичественных минералого-геохимических данных осуществлялась с применением прикладных программ Access, Excel, Statistica, Surfer. Использованы фондовые и опубликованные работы по геологии района.

Научная новизна. В пределах основных золоторудных полей Западной Калбы впервые детально изучена литология черносланцевых толщ, их золотоносность, метаморфические и метасоматические преобразования, определена роль вмещающих пород в рудообразовании, разработана модель плутоногенной гидротермальной палеосистемы, на формационной основе рассмотрен весь комплекс продуктов этой палеосистемы. Обоснована последовательность формирования гидротермальных образований вследствие эволюции единого потока плутоногенных флюидов. Выявлены особенности локализации гидротермальных метасоматитов и сопровождающих руд в виде зонально построенной руднометасоматической колонны, определена ведущая

роль гидротермального метасоматоза в рудогенезе. Рассмотрены минералогические, геохимические особенности метасоматитов и руд, доказана гидротермально-метасоматическая природа золотого оруденения в регионе.

Практическое значение. На основе проведенных исследований впервые предложена схема регионального метаморфизма центральной и юго-западной части Западно-Калбинской металлогенической зоны. Выявленные закономерности образования и размещения золоторудных объектов в черносланцевых толщах региона позволили дополнить ранее разработанные и предложить новые дополнительные критерии прогнозирования золотого оруденения в регионе.

Апробация работы. Основные положения диссертации обсуждались на Всесоюзных и региональных совещаниях и конференциях в городах Тюмень (1989), Томск (1989, 1990, 1992, 1996, 1997, 1998), Свердловск (1991, 1997), научных семинарах кафедры геологии и разведки месторождений полезных ископаемых и факультета геологоразведки и нефтегазодобычи Томского политехнического университета. По теме диссертации опубликовано 9 тезисов докладов (2 публикации находятся в печати). Материалы изложены и обобщены в трех научно-исследовательских отчетах, посвященных выявлению рудно-метасоматической зональности ряда рудных полей Западной Калбы, хранящихся в фондах ГОК "Алтайзолото", Алтайской ГРЭ и ТПУ.

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 137 наименований, общим объемом 156 страниц, 34 таблиц и 50 рисунков.

Первая глава посвящена истории проблемы, во второй главе приводится краткий очерк геологического строения Западной Калбы. В третьей главе приводится описание черносланцевых рудовмещающих толщ, в четвертой - описание метасоматических формаций. Пятая глава включает обсуждение рудно-метасоматической, минералогической и геохимической зональностей рудных полей, месторождений региона, а шестая - прогнозно-поисковые критерии и признаки оруденения в черносланцевых толщах Западной Калбы.

В полевых исследованиях, обработке материалов, обсуждении полученных результатов неоценимую помощь и содействие оказали С.А. Арыштаев, В.Г. Ворошилов, А.Е. Ермоленко, Ю.Е. Зыков, Е.В. Лукьянова, Н.Н. Мартынова, В.В. Масленников, В.Я. Микитченко, А.Я. Пшеничкин, А.К. Рудик, С.А. Трубачев.

Автор считает своим долгом выразить им свою признательность, а так же научному руководителю, доктору геолого-минералогических наук, профессору А.Ф. Коробейникову, за постоянное внимание, советы и помощь в работе.

Описываемый район расположен в центральной части Зайсанской складчатой системы, в пределах которой выделяются следующие геотектонические структуры I порядка: 1) Чарско-Горностаевский офиолитовый пояс; 2) Калбинский прогиб; 3) Жарминский прогиб. Позже в эпиекеаническую стадию на эти структуры были наложены менее крупные, но достаточно значительные по размерам структуры II порядка: Жанан-Каскабулакский, Сарджальско-Даубайский и Мукурский наложенные прогибы.

Наиболее древние углеродистые отложения (аркалыкская свита) являются составной частью вулканогенно-кремнисто-карбонатно-терригенной формации (C_{1V2-3}). Следующий стратиграфический уровень формирования черносланцевых толщ (калбинская свита) соответствует серпуховскому ярусу (C_{1s}). В это время, в условиях поглощения океанической плиты под континенты Чингиз-Тарбогатая и Рудного Алтая, шло формирование морской молассоидной формации. Далее на фоне дальнейшего развития процессов субдукции, шло сокращение морских бассейнов, в которых формировалась прибрежно-морская молассовая формация (буконьская свита), которая и соответствует третьему наиболее молодому стратиграфическому уровню формирования черносланцевых толщ.

Основные защищаемые положения.

1. Золоторудные месторождения Западной Колбы локализованы преимущественно среди черносланцевых толщ аркалыкской, калбинской и буконьской свит карбона, в зонах развития начального регионального метаморфизма гидрослюдисто-серицит-хлоритовой, эпидот-альбитовой и зеленосланцевой фаций. Фоновая золотоносность этих пород низкая. Перераспределение золота в процессе регионального метаморфизма не могло сыграть существенной роли в образовании рудных месторождений.

Литологическими исследованиями установлено, что все вмещающие черносланцевые породы характеризуются достаточно выдержанным минеральным составом - это главным образом, полевые шпаты, кварц, литоидный материал. Цемент главным образом поровый, по составу чаще глинистый, кремнисто-гидрослюдистый, гидрослюдисто-хлоритовый и др. Окатанность обломочной составляющей от плохой до средней.

Химический состав углеродистых пород Западной Колбы отличаются однородностью как в вертикальном направлении, так и по латерали. Породы характеризуются повышенным содержанием Na_2O (0,13-5,92%) при низком и среднем содержании K_2O (0,08-3,14%). Отношение Na_2O/K_2O колеблется в пределах от 0,85 до 61,12, т.е. натрий преобладает над калием. Можно предположить, что обогащение пород Na происходило в субмаринных условиях, за счет метаморфогенной активизации хлоридно-натриевых поровых вод.

Для количественной оценки роли обломочного материала различного происхождения и последующего преобразования был рассчитан ряд петрохимических модулей, которые указывают на среднюю или незначительную степень выветрелости плагиоклазов, преобладание в породах парагенезиса плагиоклаз+хлорит+гидрослюда, на восстановительные условия в бассейне осадконакопления и свидетельствуют об отсутствии консидаментационного вулканизма.

Установлено, что первично-осадочным аналогам черносланцевых пород региона являются глинистые, алевроитовые, псаммитовые и псефитовые осадки с примесью свободного кремнистого вещества. Состав глинистой фракции осадков представлен чаще каолиновой, монтмориллонит-гидрослюдистой, каолин-монтмориллонит-гидрослюдистой ассоциациями, где свободный кремнезем составляет 2-30%, калиевые полевые шпаты не более 21%. Глубина палеобассейна, рассчитанная по методике В.Е. Закруткина (1980), определяются от 10 до 300 метров.

Для углеродистого вещества описываемого региона характерно планктоногенное происхождение, сапропелевый состав и малое содержание битумов - 0,023-0,09% (Старова, 1980). Это оказалось возможным в гумидной климатической зоне, когда теплые температурные условия, значительные запасы питательных веществ контролировали продуктивность фитопланктона в морском бассейне.

В пределах Западной Калбы, по данным В.В.Масленникова, золоторудные проявления известны во всех стратиграфических подразделениях. Нерасчлененные отложения девона вмещают 3% всех проявлений региона, в том числе 4% кварцево-жильных и 2% прожилково-вкрапленных. Последние приурочены к зонам лиственитизации в магматических породах среднего, основного и ультраосновного составов независимо от положения магматитов в стратиграфическом разрезе. Большинство кварцево-жильных проявлений приурочены к кремнисто-терригенным отложениям верхних частей разреза. В отложениях девона известно только одно мелкое кварцево-жильное месторождение. В отложениях аркалыкской свиты размещается 15% всех золоторудных проявлений, в том числе 17% кварцево-жильных и 11% прожилково-вкрапленных. Проявления прожилково-вкрапленного типа тяготеют к верхним частям разреза и приурочены к пачкам тонкого переслаивания песчаников, алевролитов, глинистых и кремнисто-глинистых сланцев, содержащих рассеянное органическое вещество. Кварцево-жильные проявления размещаются по всему разрезу независимо от литологического состава пород, но большинство из них тяготеет к верхним частям разреза. В отложениях калбинской свиты локализовано 54% всех золоторудных проявлений, в том числе 50% кварцево-жильных и 60% прожилково-вкрапленных.. Основная масса проявлений обоих типов сосредоточены в средней части разреза, где среди тонкопереслаивающихся мелкозернистых песчаников,

алевролитов и глинистых сланцев развиты более мощные прослои массивных крупно-среднезернистых песчаников. К отложениям буконьской свиты приурочено 20% всех известных проявлений, в том числе 23% кварцево-жильных и 17% прожилково-вкрапленных. Проявления обоих типов отмечаются по всему разрезу формации, но наибольшее их количество расположено в верхней части разреза, представленной переслаиванием песчаников, алевролитов, глинистых сланцев, обогащенных органическим веществом. Даубайская свита вмещает 8% золото-проявлений, в том числе 6% кварцево-жильных и 10% прожилково-вкрапленных. Подавляющее большинство из них приурочено к нижней части разреза.

На основании изучения текстурно-структурных и минералогических преобразований и новообразований установлено, что рудовмещающие черносланцевые толщи претерпели начальный региональный метаморфизм в условиях гидрослюдисто-серицит-хлоритовой (цеолитовой), эпидот-альбитовой (пренит-пумпеллиитовой) и зеленосланцевой фаций.

Метаморфические породы зеленосланцевой фации метаморфизма выделяются в пределах Чарско-Горностаевского офиолитового пояса и в Лайлы-Кулуджунском блоке на западе исследуемого района. Метаморфические породы эпидот-альбитовой фации располагаются по периферии зеленосланцево измененных пород, а так же в Баладжал-Теректинском блоке. Наименее метаморфизованные породы гидрослюдисто-серицит-хлоритовой фации пространственно совпадают с Калбинским и Жарминским наложенными прогибами.

В пределах Калбинского наложенного прогиба количество проявлений кварцево-жильного типа оруденения закономерно снижается от 57 до 24 с прогрессивным ростом метаморфических преобразований. При этом половина (52%) рудных проявлений располагается среди пород, метаморфизованных до гидрослюдисто-серицит-хлоритовой фации. Общее количество прожилково-вкрапленных рудопроявлений так же закономерно снижается с 59 до 1 в соответствии с ростом степени метаморфических преобразований вмещающих пород. При этом, подавляющее количество (81%) всех рудопроявлений данного типа располагаются в полях развития гидрослюдисто-серицит-хлоритовой фации метаморфизма. В Жарминском наложенном прогибе общие закономерности распределения обоих типов золотого оруденения аналогичны выше описанным. В пределах Чарско-Горностаевского офиолитового пояса подавляющим "распространением" пользуется кварцево-жильный тип - 21 проявление против 4 прожилково-вкрапленных.

Для Западной Калбы выявляется закономерность: 45% рудопроявлений кварцево-жильного типа располагается в породах с минимальной степенью метаморфизма, тогда как в породах эпидот-альбитовой и зеленосланцевой фаций метаморфизма размещается всего 26 и 29% всех кварцево-жильных

проявлений региона. Для прожилково-вкрапленного типа оруденения характерно закономерное снижение общего количества объектов при возрастании степени метаморфизма, при этом, подавляющее большинство (81%) рудопроявлений располагается в полях с минимальной степенью метаморфических преобразований - гидрослюдисто-серицит-хлоритовой и эпидот-альбитовой фаций.

Все неизменные черносланцевые осадочные породы Западной Калбы характеризуются низким и умеренным содержанием золота от 1,8 до 4,1 мг/т. Золотоносность тонкозернистых терригенных пород обычно выше более грубозернистых. Осадочные породы разновозрастных калбинской и буконьской свит различных рудных полей по средним содержаниям Au мало отличаются друг от друга. При этом отложения калбинской свиты отличаются более равномерным характером распределения этого элемента. Одноименные осадочные породы калбинской свиты различных фаций регионального метаморфизма характеризуются неодинаковыми фоновыми содержаниями металла и обнаруживают его накопление в более метаморфизованных разностях.

Отсутствие в разрезах рудовмещающих терригенных углеродистых толщ горизонтов с повышенными или пониженными содержаниями золота, приуроченность его рудных концентраций к локальным зонам разрывов, трещиноватости, брекчирования и милонитизации, характер распределения золотого оруденения в метаморфических полях - все это свидетельствует о формировании месторождений региона посредством перераспределения и привноса металла гидротермальными растворами вне зависимости от степени регионального метаморфизма рудовмещающих пород, то есть осадочные черносланцевые породы не могли служить основным источником золота рудных месторождений Западной Калбы.

2. В пределах золоторудных полей установлены рудоносные метасоматиты четырех типов, парагенетически связанных со становлением кунушского габбро-плагиогранитного комплекса. На прогрессивном этапе формировались альбит-амфиболовые метасоматиты, на регрессивном - кварц-полевошпатовые, пропилитовые и лиственито-березитовые метасоматиты с сопряженным золотым оруденением.

Продукты гидротермальной деятельности региона, на основании минералого-петрохимических особенностей и характера проявления, можно объединить в четыре типа: альбит-амфиболовые (метадiorиты), кварц-полевошпатовые метасоматиты, пропилиты и лиственито-березиты.

Образование метадiorитов обусловлено воздействием просачивающихся сквозь магматических флюидов на вмещающие породы еще в магматический этап. Внешне метасоматиты имеют черты сходства с нормальными магматическими диоритами, но существенно отличаются от последних

характером проявления, структурами и аксессуарной минерализацией. Характерной чертой метадiorитов является отсутствие четких магматических контактов с интрузивными и вулканогенно-осадочными породами. Метасоматиты слагают тела неправильной формы, которые тяготеют к приконтактовым частям штоков магматитов кунушского габбро-плагиогранитного комплекса и обычно выходят за пределы последнего. Судя по реликтам вмещающих пород, метадiorиты развивались как по интрузивным, так и по вулканогенно-осадочным породам. Амфибол метадiorитов представлен двумя разновидностями - обыкновенной роговой обманкой, которая замещает темноцветные минералы интрузивных массивов, и ферроактино-литом, который сменяет роговую обманку по мере выхода метасоматитов во вмещающие вулканогенно-осадочные породы.

Вблизи контактов метадiorитов с вулканогенно-осадочными породами карбона нередко наблюдается перекристаллизация метадiorитов с пространственным обособлением лейкократовой (метадiorиты) и меланократовой (метагорнблендиты) частей породы с укрупнением размеров кристаллов амфибола. Амфибол метагорнблендитов представлен баркевикитом и магнезиогастингситом. При микроскопическом изучении устанавливается, что выделения амфиболов представлены агрегатом разно ориентированных зерен, частично растворенных, дробленных и цементированных тем же амфиболом.

Верхний возрастной предел образования метадiorитов определяется наличием их ксенолитов в эндоконтактах интрузивов. Обломки метасоматитов не несут следов ороговикования. Наблюдается лишь отгонка мафической части из зоны реакции.

Кварц-полевошпатовые метасоматиты довольно широко распространены в апикальных частях интрузивных массивов и дайках кунушского комплекса и, как правило, не выходят за пределы интрузивов. Формирование метасоматитов обусловлено воздействием на породы остывающих сквозьмагматических и постмагматических флюидов и характеризует начало регрессивного этапа метасоматического процесса. Этот автометасоматический процесс выражается в образовании кали-натровых полевых шпатов и кварца с проявлением пегматоидных кварц-полевошпатовых образований. Это крупнозернистые породы, розового цвета, массивной текстуры. В метасоматитах получил широкое распространение апатит, количество которого закономерно возрастает от внешних зон колонок к внутренним.

Стадия кислотного выщелачивания в развитии гидротермально-флюидной системы начинается формированием площадных пропилитов.

В зависимости от температурных условий образования, состава вмещающих пород и минералогических особенностей внутренних зон, выделены следующие фации пропилитов: актинолит-эпидот-альбитовая, полевошпат-кальцит-эпидотовая, эпидот-альбитовая с кальцитом, эпидотовая.

Наиболее типичные пропилиты полевошпат-кальцит-эпидотовой фации возникали вокруг эпидот-микроклин-кварцевого прожилкования в андезито-базальтах даубайской свиты на месторождении Боко. В прожилках кварц и микроклин слагают центральные части, а эпидот - краевые. Эпидот представлен железистой разновидностью - пистацитом ($-2V = 76-78^\circ$, т.е. 24-28 молекулярных % $\text{HCa}_2\text{Fe}_3\text{Si}_3\text{O}_{13}$).

При метасоматозе наблюдаются следующие ряды минеральных парагенезисов: клинопироксен→хлорит ± кальцит→эпидот ± кальцит; плагиоклаз→соссюрит→серицит ± эпидот ± кальцит ± альбит; андезито-базальт→хлорит + соссюрит→эпидот + серицит + кальцит ± альбит. По минералогическому составу в пределах ореола гидротермально-измененных пород выделяются три зоны; внешняя, промежуточная, внутренняя. Они различаются между собой и визуально по цвету слагающих их минералов.

Внешняя зона. Главной особенностью метасоматитов этой зоны является наличие реликтового пироксена наряду с широким развитием новообразований - хлорита, эпидота, серицита, карбоната, кварца, альбита.

Промежуточная зона. Главная особенность этой зоны состоит в отсутствии первичных темноцветных минералов даже в качестве реликтов. Из новообразований присутствуют хлорит, серицит, эпидот, карбонат, кварц, альбит. Отличительными признаками зоны являются: зеленый цвет породы, более светлый по сравнению с внешней зоной, полная альбитизация плагиоклазов и слабое замещение их серицитом, замещение хлорита пистацитом.

Внутренняя зона. Главной ее отличительной чертой является полное отсутствие первичного пироксена и вторичного хлорита. Другие особенности зоны: интенсивная насыщенность метасоматитов эпидотовыми и эпидот-микроклин-кварцевыми прожилками, светлая зеленовато-желтовато-серая окраска пород, полная альбитизация и микроклинизация плагиоклазов, сопровождающаяся эпидотизацией, отсутствие в породе серицита, почти полное замещение карбонатом зерен неальбитизированного плагиоклаза, сильное насыщение породы (до 30%) пистацитом и карбонатом (20%), бластическая форма проявления альбита, свидетельствующая об интенсивной перекристаллизации породы.

Пропилиты, развивающиеся по песчано-сланцевым породам, заметно отличаются от вышеописанных метасоматитов прежде всего по разнообразию новообразованных минералов. Для осадочных пород признаком их проявления является наличие эпидотовых, кварц-эпидотовых прожилков, сопровождающиеся эпидотизацией боковых пород. Кроме эпидота во внешних зонах присутствуют хлорит, серицит, альбит, а во внутренних - серицит, альбит. Особенности этих пропилитов являются: темный цвет

породы, слабая серицитизация или альбитизация плагиоклазов, замещение темноцветных минералов и вулканических стекол хлоритом, замещение хлорита эпидотом, слабая карбонатизация пород до 5%. Эпидот в данных образованиях представлен клиноцоизит-пистацитом, карбонат - обычно кальцитом, реже железистым кальцитом. Общее количество новообразованных минералов во внутренних зонах колонки обычно составляют 30-40% и лишь в отдельных случаях может достигать 70%.

О температурных условиях формирования пропилитов можно судить по декрепитационной активности кварца из кварц-эпидотовых прожилков, которые сопровождают пропилитовые метасоматиты. Декрепитационная активность таких кварцев лежит в пределах 420-460°C.

Лиственито-березиты сопровождают жильные, штокверковые и прожилково-вкрапленные руды, а также образуют самостоятельные жилообразные тела и контролируются разрывными нарушениями и зонами трещиноватости. Они представлены существенно карбонатными породами (листвениты), или кварц-карбонат-серицитовым агрегатом (березиты). Во внешних зонах колонок нередко обнаруживаются продукты предыдущих метасоматических процессов.

Лиственитовый тип гидротермального изменения пород проявлен в серпентинитах и андезито-базальтах даубайской свиты. Березитовый тип метасоматоза развивается как по вулканогенно-осадочным, так и по интрузивным породам и проявлен во всех изученных нами рудных полях.

В зависимости от температурных условий образования, состава вмещающих пород и состава внутренней зоны выделены кварц-карбонатная, кварц-карбонатная с фукситом, кварц-карбонат-мусковит-серицитовая, кварц-карбонат-серицитовая фации.

В апосланцевых березитах, сопровождающие прожилково-вкрапленные руды, на примере месторождения Бакырчик, выделено три метасоматические зоны: внешняя, промежуточная и внутренняя.

Внешняя зона. Новообразованными минералами зоны являются хлорит, кальцит и серицит. Первичная обломочная структура пород хорошо различима. Общее количество новообразованных минералов не превышает 10-15%.

Промежуточная зона. Новообразованными минералами зоны являются хлорит анкерит, серицит. Общее количество новообразованных минералов не превышает 30-35%. Первичная обломочная структура пород различима.

Внутренняя зона. Новообразованными минералами зоны являются доломит, анкерит, серицит, кварц, пирит и арсенопирит. Довольно часто в пределах зоны можно наблюдать «метасоматические горошины», ядерные части которых сложены анкеритом, а периферийные - доломитом. Во внутренней зоне часто можно видеть кварц-шунгитовые обособления, которые и придают метасоматитам темный цвет. Общее количество

новообразованных минералов достигает 60-70%. Первичную обломочную структуру пород иногда еще можно установить.

В околожильных березитах выделяются три основные зоны.

Внешняя зона имеет мощность первые метры. Новообразованные минералы зоны представлены серицитом, анкеритом и хлоритом. Общее их количество не превышает 20-25% от объема породы. Первичная обломочная структура породы хорошо просматривается.

Промежуточная зона имеет мощность до 1,5-2 метров. Новообразованными минералами зоны являются кварц, серицит, карбонат (анкерит и доломит), пирит. Первичная обломочная структура породы еще проявляется, но уже не четко. Общее количество новообразованных минералов не превышает 60-65% от объема породы.

Внутренняя зона имеет небольшую мощность - первые десятки сантиметров. Новообразованными минералами зоны являются серицит, кварц, доломит, пирит. Первичная обломочная структура пород не проявляется. Для внутренней зоны характерно наличие кварц-доломитовых прожилков с рутилом.

О температурных условиях формирования метасоматитов можно судить по декрепитационным кривым рудоносных кварцевых жил, где отчетливо выделяются два максимума - 240-280°C, 340-360°C, которые отражают температуры формирования минеральных ассоциаций кварцевых жил: первый связан с поздней продуктивной золото-полиметаллической ассоциацией, второй - с ранней продуктивной золото-пирит-арсенопиритовой.

Стадия нейтрализации растворов выразилась в формировании многочисленных кальцитовых и кварц-кальцитовых прожилков без метасоматического изменения вмещающих боковых пород.

Подобная схема развития гидротермально-флюидной системы может быть реализована из гидротермального раствора следующего состава $\Sigma\text{CO}_2 > \text{Na}^+ > \text{K}^+$ прочих компонентов (Щербань И.П., 1996) при понижении температуры от 600 до 100°C.

Процесс магматического замещения в период становления интрузий кунушского комплекса, выразившийся в образовании метадiorитов, характеризуется незначительным выносом металла из зон развития этого формационного типа метасоматитов ($K_{\text{H}}^{\text{Au}}=0,8$). Формирование ранних автometасоматических кварцево-полевошпатовых образований сопровождалось выносом золота до 20% из зон метасоматоза ($K_{\text{H}}^{\text{Au}}=0,8$). Образование пропилитов проходило при общем значительном выносе металла до 50% ($K_{\text{H}}^{\text{Au}}=0,5-0,9$). Напротив, во всех изученных рудных полях, процесс формирования лиственитов-березитов сопровождался положительным балансом металла. При этом промежуточные зоны метасоматитов, без сульфидной минерализации, характеризуются в целом неизменным ба-

лансом, либо слабым привнесем золота ($K_H^{Au}=0,9-1,6$). Тогда как небольшое присутствие метасоматического пирита приводило к 2-4 кратному привносу металла в промежуточные зоны колонок. Безсульфидные разности внутренних зон обнаруживают $K_K^{Au}=0,8-1,8$, а сульфидизированные образования - $K_H^{Au}=2,0-6,5$ и выше.

3. В пределах рудных полей установлена единая рудно-метасоматическая зональность, проявленная в закономерной смене по вертикали снизу вверх ранних щелочных с вкрапленным золото-сульфидным оруденением на поздние кислотные метасоматиты березитовой формации с прожилково-вкрапленным золото-сульфидным и, затем, кварц-золото-сульфидным штокверковым и кварцево-жилльным оруденением. Выявленная рудно-метасоматическая зональность подтверждается минералогическими и геохимическими данными.

В изученной металлогенической зоне рудные поля объединяются в три структурно-морфологические группы: 1- рудные поля с жильно-кварцевым и штокверковыми типами оруденения в терригенных, вулканогенных толщах карбона и в габбро-плагиигранитных массивах; 2- рудные поля, представленные минерализованными сульфидными зонами в углеродистых терригенных толщах карбона; 3- рудные поля комбинированного типа, включающие кварцевые жилы, штокверки и золото-пирит-арсенопиритовые минерализованные зоны в различных терригенно-вулканогенных толщах и интрузивах. Выделенные группы рудных полей и месторождений региона размещаются вполне закономерно в общей рудно-метасоматической колонне: золото-кварцево-жилльные тяготеют к верхней, штокверковые золото-кварцево-сульфидные - к средней, прожилково-вкрапленные золото-пирит-арсенопиритовые - к корневой частям палеогидро-термальной колонны. В верхней части этой рудно-метасоматической колонны независимо от состава вмещающих пород формировались сложные ветвящиеся кварцевые жилы, жилльные зоны, сопровождаемые березитизацией вмещающих пород. На глубине они переходят в штокверки среди лиственито-березитов и затем внизу - в зоны прожилково-вкрапленной, вкрапленной сульфидной минерализации среди лиственито-березитов или реже березитизированных пропилитов, кварц-полевошпатовых метасоматитов, метадiorитов.

На Бoko-Васильевском рудном поле обособились три основные рудоносные блока - Северо-западный, Промежуточный и Юго-восточный. В Юго-Восточном блоке размещены жильно-штокверковые золото-кварцево-сульфидные руды в зонах кварц-карбонатных фаций лиственито-березитов на верхних горизонтах и прожилково-вкрапленные золото-сульфидные в апосер-пентинитовых лиственитах на нижних горизонтах. В Промежуточном и Северо-Западном блоках распространены вкрапленные золото-пирит-арсенопиритовые тела с подчиненным количеством кварцево-жилльных и

штокверковых проявлений в пропилитах и лиственитах среди углеродистых пород прибрежно-морской молассовой формации. Ранние пропилиты полевошпат-кальцит-эпидотовых фаций сопровождают разрывы и зоны милонитизации и образуют вытянутые площадные тела неправильной формы, протяженностью 6-8 км и шириной до 1,5 км. Околорудные листвениты-березиты проявились как в пределах зоны глубинного Боконского разлома, так и на удалении от этой рудоконтролирующей структуры в толще вулканитов даубайской подсветы вокруг многочисленных мелких золотоносных кварцевых жил.

На Баладжальском рудном поле проявлены кварцево-жильный тип оруденения со свободным золотом и убогой пирит-арсенопиритовой минерализацией в зонах развития кварц-карбонат-мусковит-серицитовых фаций березитов и про-жилково-вкрапленный, представленной золотоносной пирит-арсенопиритовой минерализацией в апогаббровых березитах и березитизированных пропилитах, кварц-полевошпатовых автометасоматитах и метадiorитах. В рудном поле кварцевые жилы локализуются как в теле габброидного штока, так и за его пределами. Сопровождающие кварцевые жилы околорудные березиты имеют невыдержанную мощность - от 2-3 метров в интрузивных породах до 10-12 метров в черносланцевых отложениях карбона. Прожилково-вкрапленный тип оруденения установлен в центральной части габброидного штока. Мощность березитов, сопровождающих золотоносную пирит-арсенопиритовую минерализацию, достигает 60 м, при максимальной мощности рудных интервалов в 33,3 м.

В Западном и Восточном структурных блоках Костобе-Эспинского рудного поля локализованы различные структурно-морфологические типы рудных тел. В Западном блоке развито кварцево-жильное оруденение со свободным золотом в кварцевых жилах, свитах кварцевых жил и линейных штокверках, сопровождаемых березитами кварц-карбонат-серицитовых фации. В Восточном блоке формировались прожилково-вкрапленные и вкрапленные пирит-арсенопиритовые рудные тела с редкими маломощными стержневыми кварцевыми жилами в зонах кварц-карбонат-серицитовых фаций березитов, во внешних зонах которых проявлены эпидот-альбитовые фации пропилитов. Щелочные автометасоматиты в пределах рудного поля установлены только в Восточном структурном блоке в дайках плагиогранит-порфиров и диорит-лампрофиров кунушского комплекса.

Для внутренних зон березитов устанавливается закономерное увеличение отношения FeO/MgO с глубиной для всех структурно-морфологических типов руд, что позволяет дифференцирование подходить к разработке критериев оценки уровня эрозионного среза конкретных рудных тел.

Золото в рудах тонкодисперсное (70-90%) и свободное (10-30%). В зонах вкрапленной минерализации соотношение тонкодисперсного и видимого золота составляет в среднем 7:1. Скопления тонкодисперсного золота (проба

720-990) распределены по всей массе сульфидов. Видимое золото (проба 679 - 880) встречено только в жильных и штокверковых кварцево-сульфидных жилах. Проба золота в кварцево-жильном типе с глубиной рудных тел увеличивается, в прожилково-вкрапленных и вкрапленных рудах носит сложный волнообразный характер. Примеси в золоте представлены Ag, Hg, Fe, As, Pb, Se, Te и др.

Среди всего многообразия форм проявления пирита, выделены четыре основных типа: диагенетически-метаморфогенный, метасоматический, рудный и пострудный, которые резко различаются между собой по кристалломорфологическим особенностям, элементам примесям, термоЭДС. При этом установлено, что для всех структурно-морфологических типов оруденения характерно увеличение общего количества морфологических типов кристаллов по мере продвижения от неизмененных пород к рудам. Для рудных пиритов особенно характерно развитие граней (210) и (111), повышенные концентрации Au, As, Sb, Pb, Ag, Zn, Ей, Sc, Sm и только дырочный тип проводимости. С глубиной рудных зон намечается закономерное уменьшение доли кубических кристаллов и увеличение пентагондодекаэдрических, увеличение концентраций As и Au и уменьшение Sb. ТермоЭДС рудного пирита остается дырочной, при этом четко устанавливается снижение средних значений величины на 5 mV на каждые 200 метров глубины. Изотопно-геохимические исследования состава серы пирита показали фракционирование изотопа серы $\delta^{34}\text{S}$ в рудно-метасоматической колонне.

Основная масса арсенопирита локализуется во вкрапленном типе руд. Несколько реже он встречается в штокверках и незначительные его концентрации отмечаются в жильном типе. Во вкрапленных и прожилково-вкрапленных рудах преобладают удлиненно-призматические (игольчатые) кристаллы, тогда как в кварцевых жилах встречаются короткопризматические и призматические. Золотоносность арсенопирита в 1,5-2 раза выше чем пирита. В прожилково-вкрапленном типе руд установлено утяжеление изотопа серы $\delta^{34}\text{S}$ с глубиной рудных тел.

Для золоторудных полей установлены геохимические поля, представленные повышенными положительными и пониженными региональными аномалиями Cu, Pb, Zn, Bi, Au, Ag, As, Ni, Co, V, образованными в этап формирования площадных и локальных метасоматитов путем перераспределения рудного вещества в блоках измененных пород - геохимические поля I порядка.

Для отдельных месторождений, рудных участков, рудных тел свойственны положительные аномалии геохимических ассоциаций: As-Ag-Au-(W), Li-Sr-(Ba)-(Sn)-(Be), Co-Ni-Mo-(V)-(Sb)-(Cu), образованные гидротермальным путем при привносе рудных элементов в зоны рудолокализации.

Выявленные геохимические ореолы характеризуются зональной внутренней структурой: подрудная группа элементов (Co, Ni, V, Cr, Mo, W) занимает нижнее положение в общей рудно-метасоматической колонне, околорудная группа элементов (Si, Pb, Zn, Bi, As, Ag) вокруг рудных тел и надрудная группа элементов (Sb, Ba, Hg) в верхней части колонны.

Для ряда объектов характерно увеличение концентраций Co, Ni, Mo отчасти As, Si, Au в геохимических ореолах с глубиной рудоконтролирующих структур. Для ряда жильных месторождений свойственно относительное увеличение количеств Co, Ni, частично Si, Mo, As с глубиной.

Полученные данные позволили уточнить существующие и разработать дополнительные прогнозно-поисковые критерии и признаки на разные типы золотого оруденения в черносланцевых толщах Западной Калбы.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. Ананьев Ю.С. Березиты в черносланцевых толщах Восточного Казахстана // Золоторудные формации Сибири. Томск: ТГУ. 1992. С.74.
2. Ананьев Ю.С. Метасоматизм и золото-платиноидное оруденение Западной Калбы// Молодежь и проблемы геологии. Томск: ТГУ. 1997. С.44.
3. Ананьев Ю.С. Метасоматическая зональность одного из золоторудных полей в черносланцевых толщах Восточного Казахстана // Рудоносное метасоматические формации Урала. Свердловск. 1991. С.141-142.
4. Ананьев Ю.С. Особенности литологии, метаморфизма и фоновой золотоносности одного из золоторудных полей Калбы // Геология, геохимия, минералогия, металлогения юга Сибири. Томск: ТГУ. 1990. С.134-136.
5. Ананьев Ю.С. Особенности метасоматизма и благороднометального оруденения центральной части Зайсанской геосинклинали // Метасоматическая зональность полигенных и полихронных месторождений. Екатеринбург. 1997. С.44.
6. Ананьев Ю.С. Особенности распределения золота в березитах Джумбинского золоторудного месторождения Западной Калбы // Проблемы геологии Сибири. Томск: ТГУ. 1996.С.77.
7. Ананьев Ю.С. Типоморфизм пирита, как признак оруденения в одном из золоторудных месторождений в черносланцевых толщах Калбы // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Западно-Сибирской плиты и ее складчатого обрамления. Тюмень. 1989. С. 174.
8. Ананьев Ю.С. Условия локализации благороднометального оруденения в черносланцевых толщах Северо-Восточного Казахстана // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири: ТГУ, Т.3. Томск. 1998. С.18.

9. Ананьев Ю.С., Зыков Ю.Е. Метасоматоз и оруденение в одном из золоторудных месторождений Западной Калбы // Рациональное использование природных ресурсов Сибири. Томск ТГУ. 1989 С.130.