

На правах рукописи

ГУСЕВ Анатолий Иванович

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЗОЛОТА ГОРНОГО АЛТАЯ И ЮГА ГОРНОЙ ШОРИИ

Специальность: 25.00.11- геология, поиски и разведка твёрдых полезных
ископаемых; минерагения

Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора геолого-
минералогических наук

Томск-2006

Работа выполнена в Томском политехническом университете
и в ОАО «Горно-Алтайской экспедиции»

Научный консультант: Заслуженный геолог РФ, Заслуженный деятель науки РФ, доктор геолого-минералогических наук, профессор А.Ф. Коробейников

Официальные оппоненты:

- доктор геолого-минералогических наук, член-корр. РАН Сафонов Ю.Г. (Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии, г. Москва)
- доктор геолого-минералогических наук, профессор А.С. Борисенко (Объединенный институт геологии, геофизики и минералогии СО РАН, г. Новосибирск)
- доктор геолого-минералогических наук, профессор А.К. Мазуров (Томский политехнический университет, г. Томск)

Ведущая организация: Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А.П. Карпинского, г. Санкт-Петербург

Защита диссертации состоится 22 марта 2006 года в 15 часов в 210 аудитории 1 корпуса Томского политехнического университета на заседании диссертационного совета Д 212.269.07. при Томском политехническом университете по адресу: 634034, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке
Томского политехнического университета

Реферат разослан 15 февраля 2006 года

Учёный секретарь
диссертационного совета

В.Д. Евсеев

ВВЕДЕНИЕ

А к т у а л ь н о с т ь т е м ы. История открытия и добычи промышленного золота Горного Алтая относится к первой половине XVIII, а в Горной Шории - с 30-х годов XIX века, и связана она с россыпным золотом. Пик добычи приходится на XIX и начало XX века, когда Алтай становится одной из основных баз золотодобывающей промышленности России. Последующий упадок золотого промысла обусловлен выработкой богатых россыпей. В настоящее время почти все они отрабатываются по второму и третьему разу. В то же время известно, что соотношение извлечённого рудного и россыпного золота на месторождениях северо-востока России и на месторождениях Мартайги в пользу первого. Доля добытого золота в коренных месторождениях, как правило, превышает объём извлечённого металла из сопутствующих россыпей в десятки и сотни раз (Беневольский, 1995). Мировой опыт также подтверждает это соотношение.

В тоже время фонд легко открываемых месторождений в регионе исчерпан. В этой связи назрела проблема оценки потенциала известных типов оруденения, переосмысления накопленного материала по золотоносности, рудогенерирующему магматизму, рудоконтролирующим тектоническим структурам, глубинности их зарождения и выявления возможных нетрадиционных типов золотого оруденения. Становится всё более очевидным, что эффективный прогноз важнейшего для региона золотого оруденения должен опираться на совершенствование теории рудогенеза с привлечением данных по детальному изучению вещественных характеристик всех составляющих процессов петрогенеза и рудообразования.

Изученность же эндогенного золотого оруденения в регионе крайне низкая. В настоящее время здесь отрабатывается единственное Синюхинское месторождение, хотя в Горном Алтае и Горной Шории известны месторождения и многочисленные слабо изученные проявления золота. Актуальность проведенных исследований определяется необходимостью создания резервной золоторудной базы России крупных месторождений приоритетных геолого-промышленных типов оруденения и для обеспечения сырьевой базы действующего рудника «Весёлый»: золото-черносланцевого, медно-золото-порфирового, золото-серебряного, золото-ртутного. Решение этой проблемы требует проведения всесторонних исследований, направленных на изучение условий формирования и закономерностей размещения всех известных типов золотого оруденения региона. Для этого потребуется использование принципиально новых моделей петро- и рудогенеза с определением возможных глубин геогенерации, участия мантийных процессов, флюидного режима рудогенерирующего магматизма.

Ц е л ь р а б о т ы. Изучение всех факторов контроля золотого оруденения и выработка комплексных критериев прогнозной оценки металлогенических таксонов разного ранга.

З а д а ч и и с с л е д о в а н и й. 1. Петрогеохимическое изучение вулканогенных, плутогенных образований для выявления связей оруденения и магматизма. 2. Литолого-минералогические и петрографические

исследования стратиграфических металлотектов золота с целью определения золотоносных и благоприятных для локализации образований. 3. Детальное изучение вещественного состава месторождений и проявлений золота на основе агрегатно-фазового анализа с целью освещения вещественной характеристики и выявления возможной зональности оруденения. 4. Использование геофизических данных для расшифровки глубинного строения тектонических блоков, вмещающих золотое оруденение. 5. Развитие магмо-флюидодинамической концепции эндогенного рудообразования применительно к золотому оруденению региона. 6. Расшифровка генезиса оруденения по составу флюидных включений скарновых и продуктивных парагенезисов. 7. Оценка прогнозных ресурсов золота различных геолого-промышленных типов оруденения. 8. Выделение наиболее перспективных объектов для постановки поисковых, оценочных и разведочных работ на приоритетные типы золотого оруденения.

Ф а к т и ч е с к и й м а т е р и а л р а б о т ы. В основу работы положены материалы личных полевых и камеральных работ, выполненных автором в течение 1991-2005 г.г. в процессе проведения поисковых, тематических работ, металлогенических исследований при ГДП-200, составления геохимической основы карты масштаба 1:1000000 листа М-45, создания комплекта разномасштабных карт полезных ископаемых, закономерностей их размещения и прогноза в составе ГИС-атласа. Магматические образования и оруденение золота изучены на месторождениях Джелсайском, Таштагольском, Баянихе, Сухой Гриве, Логе №26, Синюхинском, Чойском, Кульбичском, Ульменском, Майском, Викторьевском, Чуринском, Лебедском, Коуринском, Бащелакском и многочисленных проявлениях Горного Алтая и Горной Шории. За пределами региона автором изучены магматизм и золотое оруденение Большого Кавказа (месторождения Лухуми, Безинги и другие), Южного Тянь-Шаня (Мурунтау), Восточного Саяна (Зун-Холбинское). Составлены прогнозно-металлогенические карты масштаба 1: 200 000 (ГДП-200) листов М-45-III, N-45-XXXIII, N-45-XXXIV (новая серия), карты полезных ископаемых и прогноза масштаба 1:25000 000-1:500 000 в комплекте ГИС-атласа по Алтайскому краю и Республике Алтай, карты полезных ископаемых и прогноза масштаба 1: 1000000 по листу М-45, выполнено крупномасштабное прогнозирование (1: 5 000) в Синюхинском рудном поле. Изучено и задокументировано более 10 000 погонных метров скважин по Синюхинскому и Чойскому рудным полям (более 150 скважин) и 1200 погонных метров штолен, 11 карьеров с золотым оруденением. На площадь более 15 кв. км. по Синюхинскому рудному полю выполнены геохимические площадные работы масштаба 1: 5 000 (по вторичным ореолам). Изучено более 8500 шлифов и аншлифов магматических и рудных образований, отобрано и проанализировано различными методами более 30000 проб руд, минералов и горных пород. В работе использованы результаты лабораторных исследований: U-Pb изотопных исследований цирконов гранитоидов – 6; рентгеноструктурный различных минералов - 73, рентгеноспектральный микрозондовый - 465, масс-спектрометрический анализ изотопов стронция в породах - 20, изотопов серы сульфидов - 66,

микронзондовые определения (Camebax) составов биотитов - 628, роговых обманок - 54, химических анализов гранатов, пироксенов, волластонитов, пиритов, борнитов, халькопиритов - 223, спектральных анализов рудных минералов - 679, температуры гомогенизации и состав газовой-жидких включений в минералах - 86.

Н а у ч н а я н о в и з н а. 1. Рассчитаны некоторые параметры флюидного режима, определяющие золотогенерирующий потенциал гранитоидов I- и A-типов. 2. Описаны минеральные ассоциации, температурный и флюидный режим золотого оруденения, освещены вопросы зональности и генезиса. 3. Впервые выделены и описаны золото-черносланцевое, золото-ртутное, уран-золото-редкометалльное и медно-золото-порфировое оруденение в регионе. 4. Показана ведущая роль тектонических блоков с различным глубинным строением, проявлением мантийных процессов, флюидным режимом золотогенерирующего магматизма в металлогенической специализации металлогенических таксонов разной иерархии. 5. Впервые для региона описаны адакиты в составе сеглебирских офиолитов и выявлено не традиционное оруденение благородных металлов на участках интенсивного метасоматического изменения ультрабазитов. 6. Выполнена типизация золоторудных металлогенических таксонов в зависимости от расслоенности литосферы и участия мантийных дериватов. 7. Составлено новое поэтапное металлогеническое районирование с учетом выделенных тектонических блоков с различным глубинным строением. 8. Составлены карта золотоносности и прогноза, выделены металлогенические таксоны прогнозируемых полигенных и полихронных типов золотого оруденения.

П р а к т и ч е с к о е з н а ч е н и е. Проведенные исследования дополняют геологическую изученность Горного Алтая и Горной Шории. Обосновано более широкое распространение в регионе жильного и штокверково-жильного золото-сульфидно-кварцевого, золото-сульфидно-черносланцевого, медно-молибден-золото-порфирового, золото-серебряного оруденения. Обоснованы прогноз и перспективы на крупные месторождения золота медно-золото-порфирового, золото-черносланцевого, золото-серебряного типов. Дана также прогнозная оценка ресурсов золота категорий P_2 и P_3 в пределах Синюхинского, Ишинского, Чойского, Ашпанакского, Ульменского, Майского и других рудных полей и узлов. Конкретные рекомендации по Синюхинскому, Ашпанакскому и Чойскому рудным полям переданы руднику "Весёлый", который приступил к отработке жильно-штокверкового золото-сульфидно-кварцевого оруденения участка Черёмуховая Сопка и золото-теллуридно-скарнового оруденения Центральной зоны Чойского месторождения. Начаты поисковые работы на штокверковое золото-сульфидно-кварцевое оруденение и оценочные работы по россыпи Ашпанакского участка. Рекомендации и прогнозны ресурсы золота по не традиционным для региона золото-порфировому, золото-ртутному, золото-серебряному и золото-черносланцевому типам оруденения апробированы специалистами ВСЕГЕИ, ЦНИГРИ и ИМГРЭ и приняты к реализации в процессе проведения прогнозно-поисковых работ Горно-Алтайской экспедицией в 2002-2006гг. Авторские материалы легли в

основу обоснования и создания опережающей геолого-геофизической и геохимической основы масштаба 1:200 000 Северо-Алтайского рудного пояса на юге Западной Сибири с оценкой прогнозных ресурсов территории на благородные металлы и выработкой рекомендаций по дальнейшему направлению поисковых и оценочных работ (Федеральная целевая программа «Экология и природные ресурсы России» (2002-2010 гг.)). Выявленные признаки и критерии золотого оруденения Горного Алтая и Горной Шории могут быть использованы и в других регионах, близких по своим геологическим характеристикам.

А п р о б а ц и я р а б о т ы и п у б л и к а ц и и. Результаты исследований докладывались на IV Международном Симпозиуме Геодинамическая эволюция Палеоазиатского океана (г. Новосибирск) в 1993г., на 4 Международном Симпозиуме по поисковой геохимии (г. Иркутск) в 1994г., на научно-практических конференциях "Золото Алтая: история и современность (г. Барнаул) в 1995г., и "Новые данные о геологии и полезных ископаемых западной части Алтае-Саянской области" (г. Новокузнецк) в 1995г., "Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития" (г. Горно-Алтайск) в 1998г., "Актуальные вопросы геологии и географии Сибири" (г. Томск) в 1998 г., на II Всероссийском металлогеническом совещании "Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика" (г. Иркутск) в 1998 г., на международной конференции "ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий" (г. Барнаул) в 1998г., на региональных конференциях "Проблемы металлогении юга Западной Сибири" (г. Томск) в 1999г., "Геологическое строение и полезные ископаемые Западной части Алтае-Саянской складчатой области" (г.г. Кемерово-Новокузнецк) в 1999 г., на 1 и 2 международных симпозиумах "Золото Сибири" (г.г. Красноярск, Улан-Удэ) в 1999, 2001 и 2004 гг, на V, VI, VII Всероссийских совещаниях "Компьютеризация обеспечения работ по созданию Государственной геологической карты Российской Федерации" (г. Ессентуки) в 1998, 2000г., и "Геологическое картирование и прогнозно-металлогеническая оценка территорий средствами компьютерных технологий (г. Красноярск) в 1999г., на Всероссийском съезде геологов и научно-практической конференции «Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века» (г. Санкт-Петербург) в 2000г., на 2 Всероссийском петрографическом совещании «Петрография на рубеже XXI века (г. Сыктывкар) в 2000г., на 3 международном симпозиуме «Континентальный рост коры в фанерозое: на примере Центральной Азии» (г. Новосибирск) в 2001г., на Международной конференции «Тектоника и металлогения Центральной и Северо-Восточной Азии» (г. Новосибирск) в 2002 г., на второй и третьей научных конференциях «Петрология магматических и метаморфических комплексов» (г. Томск, Томский государственный университет, 2001, 2002, 2004). Материалы, положенные в основу диссертации, опубликованы в 4 монографиях, 78 печатных работах и 23 производственных отчетах. 6 статей приняты в печать.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из Введения, семи глав и Заключения. Она содержит 347 страниц машинописного текста, 60 рисунков, 50 таблиц, 2 схематические карты. В списке литературы 380 наименований.

В процессе выполнения работы весьма ценную помощь автору оказали А.И. Зайцев, Е.А. Киселев, Н.И. Гусев, В.В. Шкиль, Н.П. Стародубцев, С.И. Федак, О.В. Первухин, В.В. Данилов. Всем названным коллегам автор выражает искреннюю признательность и благодарность за помощь в выполнении исследований, советы, поддержку и ценные критические замечания. Автор признателен за помощь, консультации по разным вопросам и ценные замечания доктору геолого-минералогических наук Н.А. Рослякову, доктору геолого-минералогических наук, профессору Ю.Г. Щербакову, доктору геолого-минералогических наук В.Л. Хомичеву, доктору геолого-минералогических наук, профессору А.Г. Владимирову, доктору геолого-минералогических наук С.С. Долгушину, доктору геолого-минералогических наук, профессору И.В. Кучеренко, кандидатам геолого-минералогических наук В.Г. Ворошилову, Ю.С. Ананьеву, С.П. Шокальскому, Г.Н. Бабину, Н.Н. Круку, С.Н. Рудневу. Автор глубоко признателен своему научному консультанту, заслуженному геологу Российской Федерации, заслуженному деятелю науки РФ, доктору геолого-минералогических наук, профессору А.Ф. Коробейникову за внимание к работе, её критику и всестороннюю помощь в её выполнении.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Излагается цель, задачи, фактический материал, новизна работы, её актуальность и практическая значимость.

Глава 1. Показывает состояние изученности проблемы в мире и в Алтайско-Горно-Шорском регионе. Тектонические блоки с различным глубинным строением и степенью участия мантийного магматизма, продуктов мантийно-корового взаимодействия и оруденения приняты в работе за базис поэтапного металлогенического районирования территории. По ключевым проблемам отражены новые данные, полученные автором.

Глава 2. Геологическое развитие и плюмтектоника Горного Алтая и Горной Шории

В развитии региона выделены 3 крупных этапа, играющих важную роль в эндогенной металлогении: первый - позднерифейско-кембрийский (R_3 - ϵ), второй - ордовикско-раннепермский (O - P_1), третий - позднепермско-раннемезозойский (P_2 - MZ_1).

2.1. Структурно-вещественные комплексы позднерифейско-кембрийского этапа

Приурочены к крупным поднятиям: Мрасскому, Бийскому, Катунскому, Курайскому, в которых обнажены терригенно-вулканогенные, кремнисто-карбонатные, известково-доломитовые, вулканогенные, терригенные разрезы, сформированные в пределах Алтае-Кузнецкого и Алтае-Северо-Саянского вулcano-плутонических поясов.

Терригенно-вулканогенные, карбонатно-терригенно-вулканогенные образования чернореченской (R_3 - ϵ_1), усть-анзасской (V - ϵ_1) свит в Горной Шории, баратальской серии (R_3 - V), а также вулканогенно-осадочные

образования Арыджанского, Чаган-Узунского блоков, эсконгинской ($V-\epsilon_1$), манжерокской (ϵ_1), метабазаальт-кремнисто-терригенные образования засурийской и песчанской (ϵ_3-O_1) свит Горного Алтая содержат лавы с характеристиками N- и E-MORB, OIT, OIB, формирование которых проходило в океанических сперединговых зонах и островных дугах. Интрузивные комагматы вулканитам ограничены чаган-узунским офиолитовым ($V-\epsilon_1$) и терсинским дунит-гарцбургитовым (ϵ_1) комплексами. В составе Сеглебирской офиолитовой пластины выявлены адакитовые лавы, которые переслаиваются с толеитовыми базальтами, известково-щелочными андезитами и туфами среднего состава, относимые к надостроводужному типу. Флишоидные и молассоидные образования тандошинской (ϵ_{2-3}), кульбичской (ϵ_3) свит отвечают условиям осадконакопления в островодужных обстановках. Интрузивный магматизм представлен габбро-пироксенит-сиенитовым ульменским (ϵ_2), габбро-плагиигранитовыми саракокшинским и садринским (ϵ_3) комплексами, формировавшимся в коллизионной обстановке.

2.2. Структурно-вещественные комплексы ордовикско-раннепермского этапа

Наиболее мощные разрезы терригенных пород ордовика, силура и девона распространены в известных прогибах: Уйменском, Лебедском, Ануйско-Чуйском, Чарышском (ханхаринская, черноануйская, камышенская, барагашская, гурьяновская, точильная, кубойская, чултинская, кубойская свиты), заложенных на складчатых океанических и островодужных комплексах рифея, венда и кембрия. Они представлены мощными флишоидными образованиями, сложенными, глинистыми сланцами, алевролитами, песчаниками, реже конгломератами, известняками, формировавшимися в обстановке трансформной континентальной окраины.

Вулканические образования, перекрывающие терригенные разрезы в прогибах, представлены лавами и туфами базальтов, трахибазальтов, андезитов, трахиандезитов, дацитов, риолитов и надстраивают терригенный разрез. Как правило, они образуют бимодальные ассоциации и характеризуются повышенной щёлочностью. Мантийный магматизм представлен сиенит-габбровым с карбонатитами комплексом «эдельвейс» (O_1), габбро-диорит-тоналит-гранитовым синюхинским, диорит-гранодиорит-гранитовым топольнинским и коллизионным усть-беловским, с которыми пространственно связаны различные типы золотого оруденения.

2.3. Структурно-вещественные комплексы поздепермско-раннемезозойского этапа

В поздней перми-нижней юре происходила тектоно-магматическая активизация, связанная с функционированием мантийной горячей точки, в результате которой сформировались базитовые и гранитоидные комплексы. В этот период происходила значительная активизация движений по разломам субмеридиональной ориентировки и формирование приразломных угленосных впадин (Пыжинская, Аржанская и др.).

Наиболее ранний автономный терехтинский габбро-долеритовый (с лампрофирами) дайковый комплекс (P_2-T_1) считается производным мантийной щёлочно-базальтовой магмы. Мезоабиссальный атуркольский гранитовый

комплекс (P_2 - T_1) образует мелкие массивы округлой формы (Атуркольский, Чульчинский, Тавдушинский, Карагу). Это субсольвусные анорогенные граниты A_1 - типа. По петрогеохимическим показателям они относятся к редкометалльным гранитам щелочного ряда и с ними пространственно ассоциирует золото-редкометалльное оруденение.

Автономный комплекс даек чуйского долерит-лампрофирового (T_1) относится к производным мантийной щёлочно-базальтовой магмы.

В главе рассмотрены особенности глубинного строения литосферы региона. Проанализированы геофизические данные, материалы по геотраверсам, которые показали различную расслоенность литосферы в соседних блоках. Проведена типизация тектонических блоков, характеризующихся различными мощностями земной коры, положением кровли астеносферы, петро-геохимическими типами гранитоидов. Анализируется связь активности мантии и металлогении региона в различных тектонических блоках. На основании изотопии стронция и неодима в рудогенерирующих магматитах выявлены различные компоненты мантии, подвергшиеся частичному плавлению (деплетированной, умеренно-деплетированной, обогащённой). Типизированы кардинально различные области мантии, определявшие металлогеническую специфику таксонов, в том числе и золоторудных. Акцентируется внимание на тектонических блоках, переживших многократную тектоническую, магматогенную и рудогенную активизацию, в результате которой образовались гетерохронные золоторудные объекты.

Глава 3. Металлогения золота Горного Алтая и Горной Шории. Дана классификация металлогенических таксонов. Рассмотрена поэтапная металлогения региона с характеристикой металлогенических областей, различающихся типами золотого оруденения. Выполнена типизация золоторудных районов, узлов и оруденения в зависимости от глубинного строения тектонических блоков и мантийных процессов.

На основании соотношений золотого оруденения и глубинного строения тектонических блоков выполнена типизация рудных районов и узлов.

Из четырёх наибольшими перспективами обладают два типа блоков. Первый тип тектонических блоков с магматитами, формировавшимися путём частичного плавления мантийного источника типа PREMA. В этих рудных районах локализовано золото-сульфидно-черносланцевое и золото-медно-скарновое оруденение. Второй тип тектонических блоков с мантийными струями и магмами, формировавшимися путём частичного плавления мантийного источника типа PREMA и смешанного источника обогащённой мантии типа ЕМ II. Для таких рудных районов типоморфны: золото-медно-скарновый, медно-молибден-золото-порфировый, золото-порфировый и эпитеpmальный золото-серебряный. Выделенным типам золотого оруденения дана характеристика по рудным узлам и полям.

Глава 4. Золотогенерирующий магматизм. Рассмотрены критерии связи магматизма и оруденения. Приводятся данные о существенной роли в формировании золотого оруденения комплексных петро-геохимических критериев связи оруденения и магматизма с особым акцентом на особенностях

фракционирования минералов в магматических очагах, расшифровке флюидного режима магматогенных флюидов (фугитивности, парциальные давления кислорода, воды, уголекислоты, плавиковой и соляной кислот).

Рассмотрены петрология рудогенерирующих мантийных, коллизионных магматитов и связи магматизма и оруденения для всех золоторудных типов. Золотое оруденение в регионе парагенетически связано со становлением мантийных базальтоидных магм, а также гранитоидных с различной степенью контаминации корового материала и различным флюидным режимом. Более благоприятна для формирования масштабного золотого оруденения небольшая степень контаминации корового материала. Окисленность и восстановленность флюидов рудогенерирующих гранитоидов различна, а их потенциальная золотопродуктивность обусловлена активностью хлоридных (в известково-щелочных сериях) и хлоридных и бороносных комплексов (в латитовых сериях). Для флюидов большей части золотопродуктивных гранитоидов характерны повышенные концентрации летучих компонентов, и в первую очередь, хлора, фтора, бора.

Весьма важные данные получены по концентрациям фтора в магматогенных флюидах. Установлено, что некоторые МРМС (Синюхинская, Майская, Лога №26, Чуринская, Кульбичская) показывают резкое увеличение концентраций HF во флюидах поздних гранитоидных даек, формировавшихся из остаточных расплавов глубинных магматических очагов, что свойственно открытым системам по фтору в ходе дифференциации магматического очага и его концентрации поддерживались потоком богатых фтором трансмагматических флюидов.

Глава 5. Зональность оруденения. Рассмотрена зональность оруденения, сопровождающих метасоматитов и геохимических полей разного ранга: от региональной до зональности месторождений и рудных тел. Обсуждены причины зональности оруденения, сопровождающих метасоматитов и геохимических полей.

Глава 6. Генезис оруденения. Рассмотрены генетические проблемы формирования различных типов оруденения региона: золото-сульфидного в углеродисто-терригенных толщах, золото-колчеданного барит-полиметаллического, медно-золото-порфирового, золото-порфирового, золото-медно-скарнового, жильного золото-сульфидно-кварцевого, эпитепимального золото-серебряного, золото-ртутного.

Глава 7. Прогнозная оценка. На основе анализа региональных и локальных поисковых признаков разработаны комплексные критерии прогнозирования. Для изученных объектов оценены прогнозные ресурсы золота разных категорий. Обоснованы приоритетность и очерёдность проведения поисковых и оценочных работ на перспективных площадях.

Основные защищаемые положения

1. Минерагенетические таксоны ранга металлогенических областей выделены на основе крупных тектонических блоков многократной активизации, которые различаются особенностями становления мантийного, коллизионного или анорогенного магматизма и связанного с ними золотого

оруденения. Развивается представление о связи золотого оруденения с эволюцией магмо-флюидо-динамических систем, обусловленных процессами взаимодействия мантии и земной коры.

Металлогенический анализ территории выполнен для различных временных срезов и учитывает весь комплекс признаков, контролирующих размещение разнообразных промышленно-генетических типов оруденения. Рассмотрение геотектонических обстановок показывает, что для каждого этапа развития территории свойственны специфические проявления магматизма, тектоники, золотоносности. Для удобства структурно-вещественные комплексы и оруденение байкалид и каледонид рассматриваются в дальнейшем в объёме объединённого байкало-каледонского тектоно-магматического цикла, в процессе которого сформирована поздне-рифейско-кембрийская Катунско-Мрасская марганец-золоторудная металлогеническая область. В последующем наблюдается закономерная преемственность и унаследованность в составе последовательно сменяющихся во времени типов золотого оруденения, а также появлением специфических. Продуктивные на золото герциниды генерировали раннеордовикско-раннепермские Северо-Алтайско-Горно-Шорскую медно-золоторудную и Южно-Алтайскую золото-марганец-железородную металлогенические области. Последующая тектоно-магматическая активизация региона связана с функционированием мантийной горячей точки, сформировавшей позднепермско-раннемезозойский Алтае-Монгольский редкометалльный рудный пояс с двумя металлогеническими областями: Тигирекско-Белокурихинской и Алахинско-Калгутинской.

Катунско-Мрасская марганец-золоторудная металлогеническая область

Отвечает крупному геоблоку с тектоническими блоками второго порядка, близкими по геологическому строению, составу и условиям развития (Мрасский, Катунский, Бийский, Бельгебашский) и охватывает площади распространения поздне-рифейско-кембрийских структурно-вещественных комплексов с кремнисто-терригенно-черносланцевыми разрезами и вулканоплутоническими поясами базальтоидных, трахибазальтоидных вулканитов. Коллизионный магматизм представлен габбро-диорит-тоналит-монцонитовыми, монцонит-пироксенит-габбровыми, сиенит-пироксенит-габбровыми плутоническими комплексами (близкими к латитовой серии), с которыми парагенетически связано оруденение золота, меди, марганца, никеля, железа, титана. Металлогеническая область приурочена к положительным тектоническим структурам (выступам, поднятиям), магматизм и оруденение которых определяется мантийными процессами. Ей отвечает баримантийная астенотеналь на уровне мантии. Золотое оруденение представлено типами: золото-сульфидным в черносланцевых толщах, золото-колчеданным барит-полиметаллическим, золото-медно-скарновым, скарново-золото-железородным (рис. 1).

Северо-Алтайско-Горно-Шорская медно-золоторудная металлогеническая область

Понимается в в объёме крупного геоблока с развитием терригенных прогибов, заложенных в ордовике, девонских вулканоплутонических поясов, сложенных вулканогенными риолит-дацит-андезитовыми, дацит-риолитовыми, базальт-андезитовыми, риодацит-андезибазальт-базальтовыми, трахибазальт-риолит-дацитовыми, субвулканическими образованиями и плутоническими габбро-диорит-гранодиоритовыми, гранодиорит-гранитовыми комплексами, приуроченными к поднятиям с мощными базито-метаморфическими слоями (35-40 км), повышенной средней плотностью гранитно-метаморфического слоя, со сложной металлогенической нагрузкой – оруденением золота, меди, серебра, титана, железа, полиметаллов. Специфику минерагенической области определяют золото-черносланцевые, золото-медно-скарновые, золото-скарновые, жильные золото-сульфидно-кварцевые, медно-молибден-золото-порфировые и субвулканические медно-золото-порфировые, золото-порфировые, эпигенетические золото-серебряные месторождения и проявления, связанные с мантийными, коллизионными гранитоидами и субвулканическими образованиями (I-типа), характеризующимися достаточно высокой флюдонасыщенностью с высокими активностью и фугитивностью хлора во флюидах. Меньшую роль играют жильные полиметаллические проявления. Максимально оруденение сконцентрировано в области влияния Бийского глубинного разлома (рис.2). Границы металлогенического таксона определяются районами распространения вулканоплутонических поясов, формировавшихся в обстановке трансформной континентальной окраины и сопровождавшихся медным и золотым оруденением. В пределах металлогенической области выделено несколько рудных районов с типоморфными рудно-формационными типами оруденения, краткая характеристика которым приводится ниже.

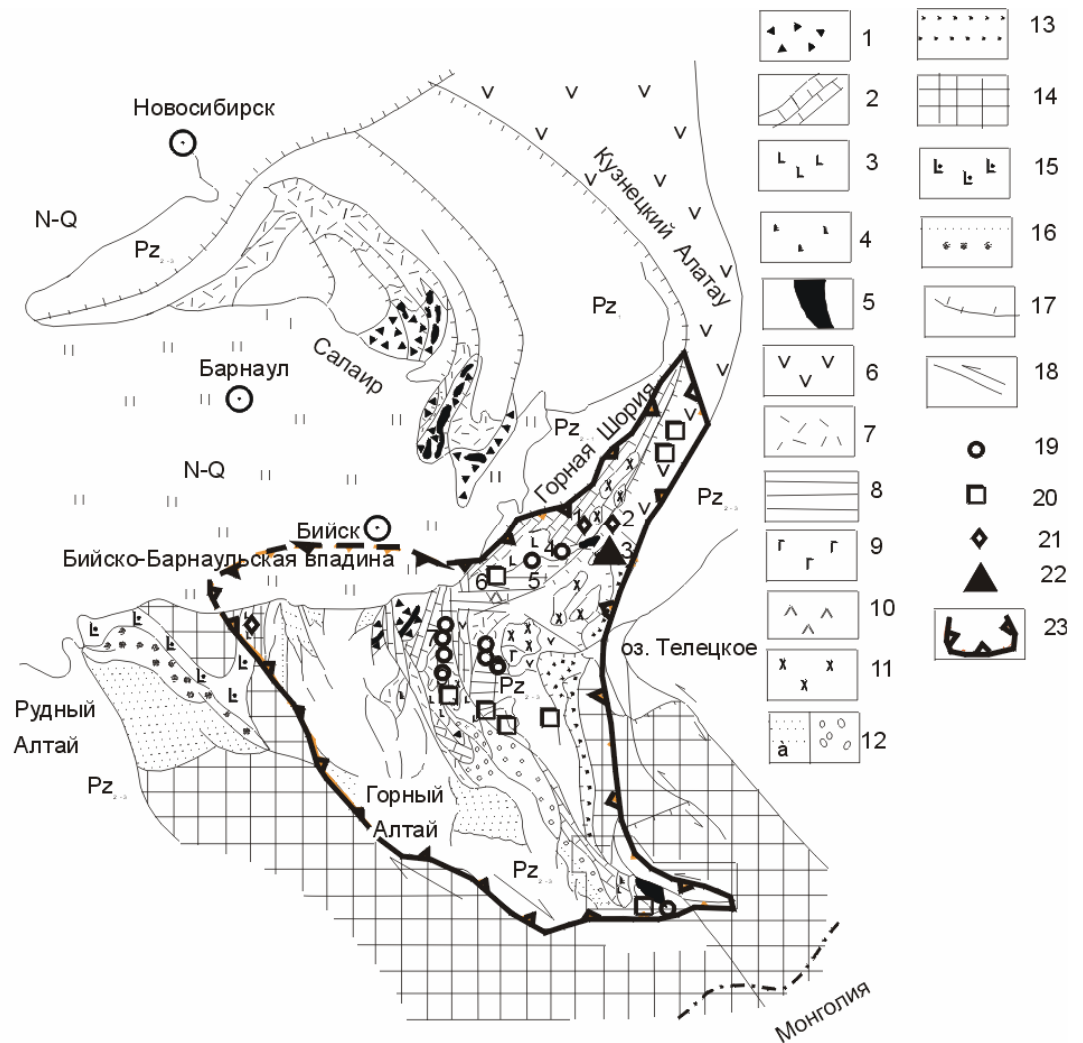


Рис.1. Схематическая металлогеническая карта распространения золотого оруденения в позднерифейско-кембрийских структурно-вещественных комплексах Горного Алтая и Горной Шории.

Раннекембрийские терригенно-вулканогенные формации (R_3 - C): 1- олистостромы; 2- вулканогенно-терригенно-карбонатные образования, благоприятные для локализации золото-колчеданного барит-полиметаллического оруденения; 3- базальтоиды, благоприятные для локализации золото-колчеданного барит-полиметаллического оруденения; 4- базальтоиды E – N-MORB типов; 5- габброиды и ультрамафиты; 6- толеитовые и толеит-бонинитовые серии, благоприятные для локализации золото-медно-скарнового и золото-железородно-скарнового оруденения; 7- известково-щелочные серии вулканитов; 8- терригенно-черносланцевые комплексы, вмещающие золото-черносланцевое оруденение; 9- массивы габброидов; 10- габбро-пироксенит-сиенитовые комплексы, с которыми связано золото-медно-скарновое оруденение; 11- гранитоиды M- и I- типов, с которыми связано золото-железородно-скарновое оруденение; 12- комплексы преддуговых бассейнов: а- флишевые, б- олистостромовые; 13- осадочные образования краевых морей ; 14- Чарышско-Теректинский блок; 15- кремнисто-метабазальтовая формация; 16- комплексы преддугового бассейна не расчленённые; тектонические элементы: 17- покровы, 18- сдвиги. Типы месторождений и проявлений золота: 19- золото-черносланцевый; 20- золото-

медно-скарновый; 21- золото-колчеданный барит-полиметаллический; 22- золото-железородно-скарновый. Месторождения и проявления: 1-Коуринское, 2- Чанышское, 3- Майское, 4- Кубанское, 5- Сиинское, 6- Ульменское, 7- Каимское, 8- Карымское, 9- Барангольское.; 23- Катунско-Мрасская марганец-золоторудная металлогеническая область.



Рис. 2. Схематическая металлогеническая карта западной части Алтае-Саянской складчатой области на ордовикско-нижнепермский этап (О-Р₁)

1-вулканогенные образования нижнего-среднего девона (базальты, трахибазальты, андезиты, риолиты и их туфы); 2-терригенные и туфогенные образования ордовика-нижнего девона (конгломераты, песчаники, алевролиты, аргиллиты), вмещающие золото-черносланцевое оруденение; 3- граниты, умеренно-щелочные граниты, кварцевые сиениты среднего девона; 4- габбро, диориты, тоналиты, граниты нижнего силура-нижнего девона; 5- габбро, плагиограниты среднего кембрия; 6- трансформный разлом; наименования прогибов: 1- Тельбесский, 2- Ануйско-Чуйский, 3-Лебедской, 4- Уйменский; названия трансформных разломов: I- Бийский, II- Тельбесский (ответвление Бийского); 7- кремнисто-метабазальтовые образования (Є₃-О). Типы оруденения: 8- золотомедно-скарновый, 9- медно-молибден-золото-порфировый, 10- медно-золото-порфировый, 11- золото-порфировый, 12-

скарново-золото-порфировый, 13- жильный золото-сульфидно-кварцевый, 14- золото-черносланцевый, 15- золото-серебряный. Месторождения и проявления золота: 1- Джелсайское, 2- Байгол, 3- Чакпундобэ, 4- Синюхинское, 5- Кульбич, 6- Чуринское, 7- Баяниха, 8- Баранчинское, 9- Суричское, 10- Семёновское. 16- границы металлогенических областей: I-I- Северо-Алтайско-Горно-Шорской, II-II- Южно-Алтайской.

Южно-Алтайская золото-марганец-железородная металлогеническая область

Отвечает геоблоку - Алтае-Монгольскому террейну, сложенному терригенными и терригенно-вулканогенными образованиями, сопровождавшимися плутоническими комплексами, формировавшимися в составе Алтае-Минусинского ранне-среднедевонского вулcano-плутонического пояса. Магматизм и оруденение в этой области резко отличаются от ранее рассмотренной металлогенической области (Северо-Алтайско-Горно-Шорской). Здесь преимущественно получили развитие гранитоиды I- и A-типов. В ней происходило формирование преобладающего вулканогенно-осадочного оруденения железа, марганца, а в связи с интрузивными гранитоидными порфировыми комплексами (аксайский и другие) порфирового оруденения меди, железа (спекулярита). Меньшую роль играют проявления жильного золото-сульфидно-кварцевого типа.

Тигирекско-Белокурихинская редкометалльно-золоторудная металлогеническая область охватывает крупный геоблок северной части пермо-триасовой и юрской вулcano-плутонической провинции. Рудогенерирующие гранитоиды белокурихинского ($P_2 - T_1b$) комплекса (A_1 -типа) характеризуются высокими значениями фугитивности кислорода и сравнительно низкими параметрами восстановленности флюидов. С ними ассоциирует жильное, жильно-штокверковое, реже скарновое оруденение молибдена, вольфрама, бериллия, в меньшей мере - тантала, ниобия, сконцентрированные в Талицком и Белокурихинском рудных районах. В этой области распространено золотое оруденение, пространственно связанное с анорогенными гранитоидами атуркольского комплекса (P_2-T_1) (Атуркольский рудный узел), а также с базитовыми дайками чуйского комплекса (I_1) в Тошанском рудном поле. В анализируемый период формировалось оруденение скарновой золото-редкометалльной, золото-ртутной и жильной золото-сульфидно-кварцевой формаций.

Алахинско-Калгутинская редкометалльно-кобальт-сереброрудная металлогеническая область отвечает геоблоку - Алтае-Монгольскому террейну с гранитоидными комплексами двух типов: редкометалльных гранитоидов щелочного ряда и плюмазитовых редкометалльных лейкогранитов (Li-F), а также с дайковыми роями теректинского и чуйского комплексов габбро-долеритового и долерит-лампрофирового, являющихся производными щёлочно-базальтовой мантийной магмы.

Алахинско-Калгутинская металлогеническая область располагается южнее Чарышско-Теректинского разлома. На уровне мантии металлогенической области отвечает эвколломантийная астеногеналь с лито-халькофильной

специализацией. Специфику металлогенической области составляют многочисленные типы оруденения: грейзеновое литий-тантал-ниобиевое, кварцево-грейзеновое вольфрам-молибденовое, никель-кобальтовое арсенидное, серебряно-сульфосольное. Из нетрадиционных типов оруденения следует отметить медно-золото-порфировое, жильное уран-золото-редкометалльное, тонкодисперсное золото-ртутное. Алахинско-Калгутинская металлогеническая область занимает южную часть триас-юрской магматической провинции. Металлогеническую специфику ее определяют самые молодые высокопродуктивные гранитоидные комплексы: чиндагатуйский ($J_1\text{cn}$) гранит-лейкогранитовый с Чиндагатуйским и Калгутинским ареалами, алахинский редкометалльных гранитов ($J_1\text{a}$) и восточно-калгутинский литий-фтористых лейкогранитов ($J_1\text{vk}$). Они классифицируются A_1 - и A_2 – типами.

Всестороннее рассмотрение крупных магмо-рудно-метасоматических систем Горного Алтая и Горной Шории (Синюхинской, Ульменской, Майской, Новофирсовской и других) позволил выявить признаки мантийной природы магматических, метасоматических и рудных образований. Их возникновение связано с процессами плюмтектоники, как результат теплофизической модели нижнемантийной конвекции, генерировавшие крупные мантийные диапиры, в процессе поднятия которых формировались магмо-флюидодинамические системы. Распад последних в верхней литосфере приводил к формированию всех составляющих ингредиентов мантийного вещества, фиксируемых мантийными значениями изотопных отношений стронция, неодима, урана, свинца в магматитах и серы в сульфидах рудных тел. В глубинных магматических очагах и на путях движения магмо-флюидодинамических систем происходило взаимодействие мантийного вещества с коровым материалом. Магматические образования таких систем характеризуются специфическими параметрами флюидного режима, имеющих восстановленный режим, а также несут признаки трансмагматических флюидов.

2. Геодинамическое развитие отдельных блоков земной коры привело к формированию очаговых и линейных магмо-рудно-метасоматических систем с аномальными параметрами флюидного режима рудогенерирующих магматитов (различные окисленность и восстановленность флюидов, повышенные концентрации воды, углекислоты, хлора, бора, фтора), инициированные плюмтектоникой. Связь оруденения и магматизма определяется комплексными петро-геохимическими критериями.

В регионе выделено 12 рудных узлов, 4 рудных зоны и 39 рудных полей (часть из них в ранге прогнозируемых). Ниже приводим описание наиболее представительных металлогенических таксонов ранга рудных узлов и полей.

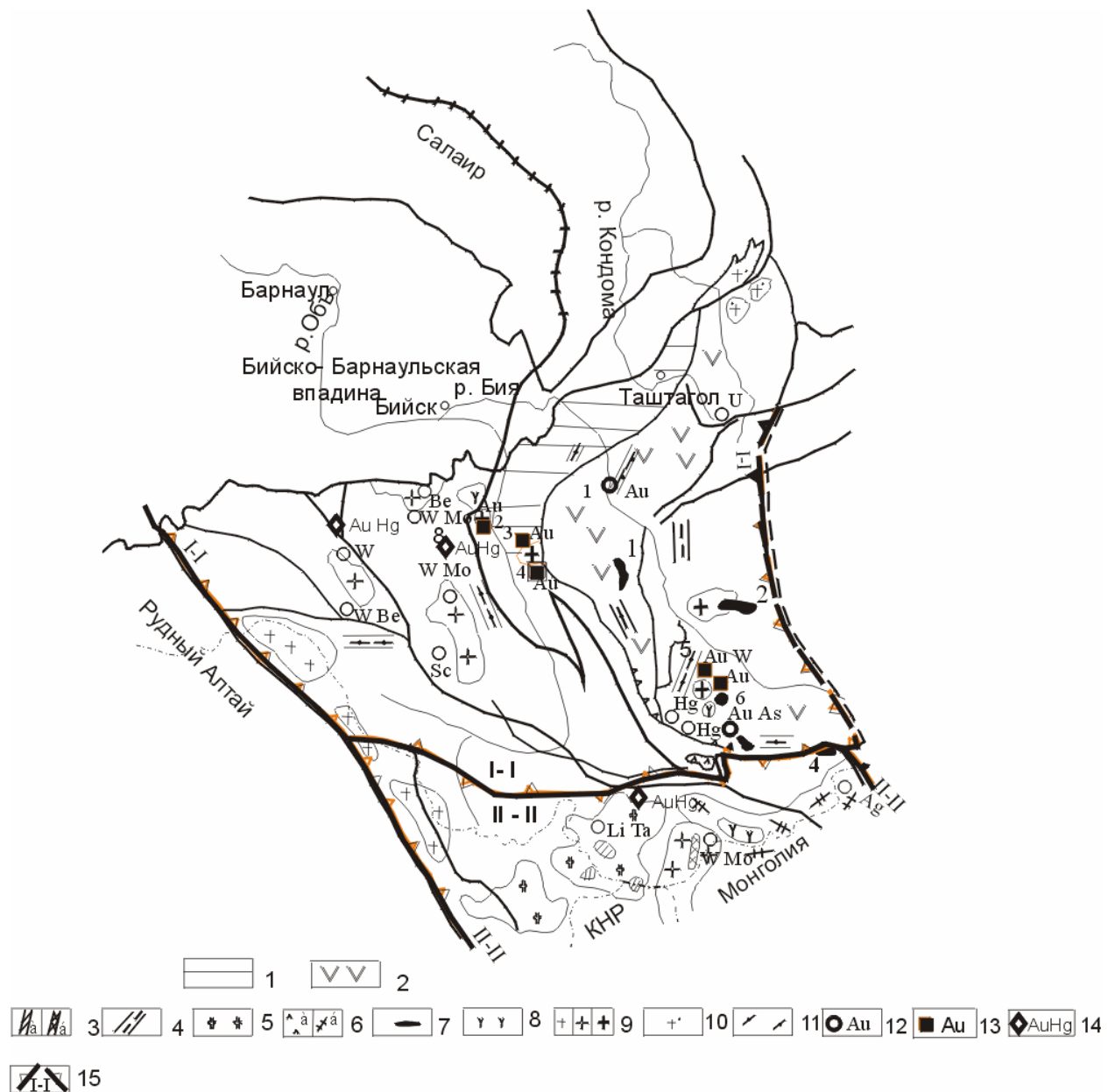


Рис. 3. Схематическая карта золотоносности на этап P_2-J_1

1-венд-кембрийские терригенно-вулканогенные формации, благоприятные для локализации золото-редкометалльного скарнового оруденения; 2- терригенно-вулканогенные формации, благоприятные для локализации жильного и скарнового золото-редкометалльного оруденения; 3- юрские комплексы редкометалльных гранитоидов: а- алахинский редкометалльных сподуменовых гранитов, б- восточно-калгутинский литий-фтористых лейкогранитов; 4- Прителецкий пояс редкометалльных пегматитов (МЗ); 5- чиндагатуйский гранит-лейкогранитовый мезоабиссальный комплекс; 6- юрские автономные щелочно-базитовые комплексы: а- сиенит-габбровый, б- чуйский лампрофировый, с которым связано жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение; 7- мезозойские приразломные впадины: 1- Пыжинская, 2- Яхансоринская, 3- Аржанская, 4- Янтауская; 8- гипабиссальные латитовые комплексы; 9- мезоабиссальные гранитоидные комплексы (Р-Т): а- синюшинский гранодиорит-гранит-лейкогранитовый, б- белокурихинский гранит-лейкогранитовый, в- атуркольский гранитовый, с которыми связано

скарновое золото-редкометалльное и жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение; 10- мезоабиссальный порожинский гранит-лейкогранитовый комплекс; 11- автономный дайковый терехтинский габбро-долеритовый комплекс (Р-Т). Типы оруденения: 12- золото-сульфидно-кварцевое жильное; 13- золото-редкометалльно-скарновое; 14- золото-ртутное; 15- уран-золото-редкометалльное; Месторождения и проявления золота и других металлов (1- Чойское, 2- Золотая, 3- Западный Карагу, 4- Восточный Карагу, 5- Атуркольское, 6- Атбаши, 7- Тошанское, 8- Сухонькое). 16- границы металлогенических областей. Металлогенические таксоны: I-I- золоторудно-редкометалльная Тигирекско-Белокурихинская металлогеническая область; II-II- редкометалльная Алахино-Калгутинская металлогеническая область.

Синюхинский медно-золоторудный узел приурочен к осложняющему субширотному поднятию в пределах Уймено-Лебедского тектонического блока и сложен терригенно-вулканогенными, терригенными, карбонатными рудовмещающими породами. Рудный узел располагается над поднятием поверхности Конрада (до 21 км) и наиболее высоким положением поверхности Мохо в анализируемом рудном районе (до 54 км). По оси поднятия интродировал Синюхинский массив, являвшийся совместно с глубинным магматическим очагом, основным энергетическим источником, в краевых частях которого располагаются золоторудные поля. Южную часть поднятия слагают гранитоиды Саракокшинского массива (ϵ_3), относящегося к габбро-плагиогранитовой серии (с М-типом гранитоидов). По соотношениям изотопов стронция ($\epsilon(\text{Sr})_t=12,0$) и неодима ($\epsilon(\text{Nd})_t=6,74$) граниты близки к преобладающей мантии (PREMA). Синюхинские гранодиориты и тоналиты (D_{1-2}) близки к гранитоидам андезитовой серии, а по соотношениям стронция ($\epsilon(\text{Sr})_t=8,7$) и неодима ($\epsilon(\text{Nd})_t=3,5$) располагаются в промежутке между мантийным источником преобладающей мантии (PREMA) и источником ЕМ II (обогащённой мантии). Вероятно, синюхинские тоналиты близки к смешанному компоненту верхней мантии с верхне коровым континентальным материалом, что подтверждается соотношением изотопов стронция в гранитоидах массива, варьирующих от 0,70513 до 0,70528.

Биотиты Синюхинского массива позволяют относить гранитоиды к I-WC слабо контаминированному типу. Магматизм Синюхинского рудного узла развивался на протяжении от верхнего кембрия до нижнего триаса. С ордовика и до мезозоя регион находился над суперплюмом и Синюхинский рудный узел испытывал его влияние (синюхинский диорит-тоналит-гранодиоритовый (D_{1-2}), чуйский долерит-лампрофировый (T_1) комплексы). Неоднократное формирование интрузий предполагает генерирование полихронного телескопированного оруденения.

Синюхинское рудное поле располагается в надинтрузивной позиции. Сложено вулканогенно-терригенными образованиями усть-семинской свиты, содержащей пакеты и линзы мраморов. Рудовмещающие металлотекты инъецированы роями даек «второго этапа» пёстрого состава: габбро, долеритов, диоритов, гранодиоритов, гранит-порфиров. Рудогенерирующие магматиты интрузива и даек только в рудном поле характеризуются оптимальным

сочетанием параметров флюидного режима с ведущей ролью фугитивности соляной кислоты. Анализ распределения РЗЭ и микроэлементов в дифференциатах Синюхинского массива не противоречит модели фракционирования интрателлурических фаз клинопироксена, роговой обманки, плагиоклаза, осложнявшейся ассимиляцией корового материала, обогащённого рубидием и другими элементами. Давление при формировании габброидов (по соотношению Al_{IV}/Al_{VI} в роговой обманке оценено в $3\div 6 \times 10^2$ МПа, а для гранодиоритов в $0\div 3 \times 10^2$ МПа. Гранитоиды синюхинского комплекса попадают в поле гранитов I-типа слабо контаминированного. Мантийная природа их подтверждается также и соотношением изотопов стронция ($^{87}Sr/^{86}Sr$ - от 0,70513 до 0,70528). Биотиты Синюхинской МРМС отличаются малой глиноземистостью, высокими отношениями Mg/Fe и низкими F/OH . Синюхинские биотиты содержат высокие концентрации Cr , Ni , Co , Mn . Они специализированы на Au (от 5 до 10 мг/т.), Bi (до 400 г/т.), Cu (до 1000 г/т.). Обращает внимание более высокое содержание золота в биотитах из даек. Биотит образует интрателлурическую фазу кристаллизации в породах и несет информацию о первичной мантийной обогащенности источника на указанные элементы. Гранитоиды рудного узла относятся к I-WS типу гранитов Sr - не деплетированному и Y -деплетированному. Формирование таких гранитоидов предполагает верхнемантийный источник. Выплавление подобных магм происходит из источника, обогащенного гранатом (гранатовые перидотиты), что подтверждается их деплетированностью на Y . Следовательно, гранитоиды Синюхинского рудного поля формировались из мантийных струй, игравших решающую роль в становлении магматических образований и оруденения. В составе последнего, помимо Cu , Bi , Au , Ag , присутствуют платиноиды. Флюидный режим гранитоидов определялся доминированием фугитивности HCl над HF , а также повышенными значениями фугитивностей и парциальных давлений таких летучих компонент, как H_2O и CO_2 .

Прогнозируемый **Новофирсовский золоторудный узел** уникален по геофизическим характеристикам и положению основных границ литосферы. Рудный узел приурочен к депрессионной структуре, формировавшейся в обстановке сдвига-раздвиг (структура пул-апарт), выполненной вулканогенными образованиями девонского возраста, прорванными многочисленными субвулканическими малыми интрузиями гранитоидов, а также дайками диоритовых порфиритов, лампрофиров, гранит-порфиритов. Сама структура приурочена к зоне сопряжения разломов СВ и СЗ ориентировки. К северу от проявления Сурич известны дайковые образования, сопровождаемые комплексными аномалиями с бором, что указывает на возможное присутствие в этой части магматитов латитовой серии. Тектонический блок аномален. В глубинном строении блока, отмечается резкое воздымание границы Конрада (до 10 км) и небольшое опускание границы Мохо (от 50 до 52 км). На профиле ГСЗ-МОВЗ «Базальт» (р. Иртыш - р. Неня) просматривается значительная расслоенность литосферы, подчёркиваемая резкой сменой геофизических характеристик по разрезу.

Потенциальное *Суричское рудное поле* этого узла сопряжено с резко градиентной зоной (ΔT от +800 до –200 нТл) и приурочено к краевой части крупного воздымания изолиний продольных скоростей (V_p) и изолиний плотности (G). Отмеченному воздыманию отвечает, вероятно, поднятие мантийного астенолита, дериватом которого являются расслоенные габброидные интрузии Харловского рудного узла с оруденением Fe, Ti, V. А эпитермальное золото-серебряное и жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение прогнозируемого Суричского рудного поля локализуется в краевой части этого воздымания геофизических параметров и к резко градиентной зоне. Гранодиориты усть-беловского комплекса из этого тектонического блока в координатах $\epsilon Sr - \epsilon Nd$ тяготеют к хондритовому резервуару, приближаясь к источнику EM II. Давление, при котором происходила кристаллизация кварцевых диоритовых порфиров курьинского порфирового комплекса, составляло не более 3 МПа (по соотношению Al^{VI}/Al^{IV} в биотите). Температура кристаллизации осциллировала незначительно - от 530 до 540°C. Флюидный режим порфировой магматической системы был оптимален для генерации золото-серебряного оруденения. На фоне высокой восстановленности флюидов ($K_{вос} = 0,66-0,70$) летучесть кислорода во флюидах была низкой ($\lg f O_2$ менялась от –12,1 до –12,6) (табл.1), отношение фугитивностей HF к HCl также весьма низкое (–3,4 до –3,7). Последнее обстоятельство указывает на относительно высокую летучесть и активность во флюидах HCl (по сравнению с HF), комплексы которой обеспечивали перенос золота в постмагматических растворах. Высокая восстановленность флюидов была благоприятной для растворимости в них серы в виде HS^- , способствовавшей образованию сульфидов, селекционировавших химические элементы из растворов.

Таблица 1

Некоторые параметры флюидного режима МРМС

МРМС, породы	T°C	$\lg f O_2$	$f H_2O$	pH_2O	pCO_2	$K_{вос}$	$\frac{pH_2O+pCO_2}{pH_2O}$
<i>Медно-золото-порфировые системы</i>							
Кульбичская, гранит-порфиры	810	-4,0	901	990	1410	0,13	2,42
Чуриная, граносиенит-порфиры, кварцевые монцодиориты	520	-14,0	1100	1250	1850	0,23	2,48
	540	-12,5	1550	1700	2300	0,22	2,35
<i>Эпитермальные золото-серебряные системы</i>							
Майско-Семёновская, гранит-порфиры кварцевые сиенит- порфиры	530	-11,6	760	920	1080	0,19	2,17
	530	-13,8	1120	1200	1800	0,19	2,50
Новофирсовская, гранит-порфиры, кварцевые сиенит- порфиры	540	-12,1	760	930	1170	0,70	2,26
	530	-12,6	950	1200	1970	0,66	3,64

Примечание: $T^{\circ}C$ – температура кристаллизации; $\lg fO_2$ – логарифм фугитивности кислорода; fH_2O – фугитивность воды; pH_2O , pCO_2 – парциальное давление воды и уголекислоты; $K_{\text{восст}}$ – коэффициент восстановленности флюидов. Фугитивности и парциальные давления даны в барах.

Устанавливается закономерное увеличение концентраций ряда элементов-примесей в магматогенном пирите от средних пород к кислым: сурьмы, бора, золота, мышьяка, серебра, молибдена и снижение – цинка, кобальта, никеля, ванадия, хрома. Следовательно, в поздних дериватах промежуточного магматического очага происходило накопление золота, серебра и других элементов, когда осуществлялось выплавление из него наиболее фельзических фаз.

Для медно-молибден-золото-порфировых месторождений и проявлений устанавливается чёткая связь с окраинами тектонических блоков, подвергшиеся океанизации с разуплотнением астеносферного слоя при формировании вулcano-плутонических построек кольцевого типа (ринг-структур Плотбищенской, Бешпельтирской, Андобинской, Аинской, Чойской, Чуриной МРМС) в верхней литосфере с «монцитонитовым трендом» (Кувацкий, Байгольский ареалы порфировых субвулканических комплексов). Блоки такого рода обычно совмещены с зонами крупных градиентов Δg (в редукции Буге) и совпадают, или соседствуют с наложенными впадинами (Чарышская, Ануйская, Уйменская, Лебедская), или более мелкими депрессиями (Суричская, Ужлепская, Чойская и другие). Концентрации золота в породах варьируют от 3 до 14 мг/т. Наиболее высокие концентрации золота (11, 14 мг/т) характерны для даек кварцевых монцитонит-порфиров и кварцевых диорит-порфиров. Ещё более высокие концентрации золота наблюдаются в магматогенном пирите. При этом максимальные содержания золота и меди приурочены к пиритам дайковых образований монцитонитового и диоритового рядов (0,8-0,11 г/т).

3. В регионе проявлена зональность оруденения и сопровождающих метасоматитов разного масштаба: от региональной до зональности месторождений и рудных тел. Зональность регионального масштаба выражается в региональной связи с развитием крупных геоблоков – продуктов глубинного мантийно-корового взаимодействия и коровыми процессами. Локальная зональность связана со структурами земной коры и развитием конкретных МРМС, сопровождающихся околорудными метасоматитами и ореольными геохимическими полями концентрирования.

В пределах Горного Алтая и Горной Шории устанавливается зональность оруденения различных порядков: от региональной металлогенической до зональности рудных тел.

Региональная зональность базируется на крупных геоблоках, являющихся продуктами мантийно-корового взаимодействия, характеризуются различными особенностями глубинного строения, различными мощностями гранито-метаморфического, базито-метаморфического слоёв и земной коры. Она наиболее контрастно проявлена для герцинского и мезозойского этапов

развития региона. В герцинском этапе были сформированы две металлогенические зоны, приуроченные к крупным тектоническим блокам первого порядка: Северо-Алтайско-Горно-Шорская и Южно-Алтайская (рис.4).

В первой получило развитие золото-медно-скарновое (Синюхинский эталон), золото-скарновое, жильное золото-сульфидно-кварцевое, медно-молибден-золото-порфировое, золото-серебряное, медно-золото-порфировое, золото-порфировое оруденение. Преобладающее развитие в ней получили гранитоиды андезитового типа, обнаруживающие признаки мантийного состава (I- типы гранитоидов). Превалирующие региональные метасоматиты: пропилиты, березиты. Их формирование связано с деятельностью долгоживущих зон эндогенного тепломассопотока, связанного с развитием самого тектонического блока. Начало их формирования следует относить к системам разломов контролировавших впоследствии положение вулcano-плутонических поясов в Уйменском, Лебедском, Чарышском, Ануском прогибах и конкретных вулcano-плутонических центров и ареалов. Формирование региональных метасоматитов продолжалось и в период активной магматической деятельности и после её завершения.

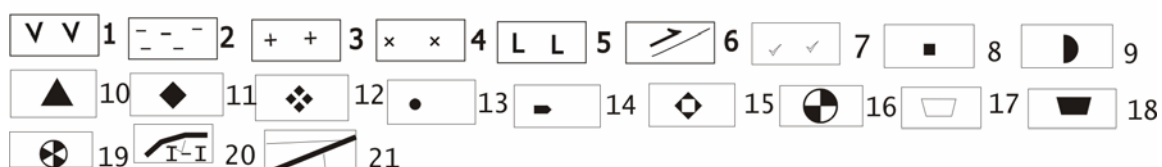


Рис. 4. Схематическая региональная зональность западной части Алтае-Саянской складчатой области на ордовикско-нижнепермский этап (О-Р₁)

21- крупные геоблоки, определяющие региональную зональность. Остальные условные на рис. 2.

Региональные геохимические поля этого этапа характеризуются ведущей ролью мышьяка, меди, золота, свинца, цинка, олова. Они составляют своеобразный повышенный «фон» концентраций элементов халькофильного профиля. Дефицитная группа элементов включает стронций, молибден, цирконий, итербий, фосфор, скандий, серебро, титан, ниобий, литий, бор, никель.

В Южно-Алтайской металлогенической области преобладает вулканогенно-осадочное марганцевое, железорудное оруденение, а золото-медно-скарновое и жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение имеют подчинённое значение. В этой зоне преобладают гранитоиды А- типа, а коллизионные гранитоиды I- типа, с которыми связано золотое оруденение не получили широкого распространения. Для зоны характерен региональный пропилитовый тип метасоматитов. Геохимические поля регионального масштаба этой зоны характеризуются аномальными значениями железа, марганца, ванадия, хрома, цинка, бора, иттрия, фосфора. Дефицитный баланс составляют стронций и свинец. Некоторые месторождения этой области, сопровождающиеся пропилитами, содержат промышленные концентрации золота.

В мезозойском этапе только на юге Горного Алтая (Алахинско-Калгутинская металлогеническая область) получило развитие редкометальное вольфрам-молибденовое и уран-золото-редкометальное, а также оруденение Li, Be, Ta, Nb. На севере Горного Алтая (Тигирекско-Белокурихинская металлогеническая область) наблюдается ртутное, золото-ртутное, скарновое золото-редкометальное, жильное золото-сульфидно-кварцевое. Региональные метасоматиты в Тигирекско-Белокурихинской металлогенической области представлены пропилитами и фельдшпатолитами, реже аргиллизитами. Региональное геохимическое поле этой зоны включает вольфрам, ванадий, молибден, цинк, барий, редко - бериллий. Дефицитная ассоциация включает титан, цирконий, скандий, медь, иттрий, итербий.

Зональность рудных районов наиболее отчётливо наблюдается в Ануйско-Песчанском и Уйменском таксонах. Она проявляется в связи с различным по глубинности и составу генерирующим магматизмом, развитым в этих районах и ассоциирующим оруденением. Так, в Ануйско-Песчанском рудном районе на северо-западе получило развитие золото-медно-скарновое с полиметаллами оруденение Солонешенского рудного узла, связанное с гранитоидами мезоабиссального топольнинского комплекса (гранитоиды относятся к I-типу, обнаруживающие нормальный известково-щелочной состав). На юго-востоке этого района получил развитие субвулканический кувашский порфировый комплекс, классифицируемый I- типом гранитов повышенной щёлочности, относящийся к латитовой серии. С этим комплексом связано медно-молибден-порфировое, медно-порфировое, стратиформное

гидротермально-метасоматическое медно-полиметаллическое, жильное золото-сульфидно-кварцевое и медно-золото-порфировое оруденение Бешпельтирского рудного узла. На восточной периферии рудного района развито Au-Hg оруденение с сурьмой.

Зональность ранга рудного узла проявляется относительно массивов гранитоидов, выступавших в роли генератора металлоносных флюидов и энергетического источника. В каждом рудном узле прослеживается определённая специфика проявления зональности.

Так в Синюхинском рудном узле в эпицентре зональности располагается рудогенерирующий одноименный массив, а по его периферии располагаются рудные поля: Синюхинское, Ашпанакское, Ишинское. Последние проявлены только там, где дериваты массива и дайковые образования характеризуются аномальными значениями флюидного режима, структурно приурочиваясь к области контакта генерирующего гранитоидного массива. В центре массива и на остальной его площади параметры флюидного режима характеризуются фоновыми значениями. В рудном узле проявлены зональные метасоматиты: в центре (в районе выходов диоритов-гранодиоритов) фельдшпатолиты, кварциты, а вдоль разломов - березиты, на периферии развиты скарны, кварц-альбит-турмалиновые метасоматиты, отвечающие рудным полям и потенциальным рудным полям. В центре массива получили развитие жильные золото-кварцевые, кварц-халькопиритовые проявления, а по периферии – преимущественно золото-медно-скарновые месторождения и проявления

В Солонешенском рудном узле зональность проявлена относительно наиболее дифференцированного ареала топольнинского комплекса и имеет вектор зональности в северо-западном направлении со сменой оруденения в плане $Au \rightarrow Au$, $Cu \rightarrow Cu$, $Pb, Zn, Au \rightarrow Pb, Zn$. Этой смене оруденения соответствует в этом же направлении изменение флюидного режима генерирующего магматизма от сильно восстановленного с большими величинами фугитивности HCl к сильно окисленному состоянию расплавов с редуцированной ролью HCl и повышенной CO_2 . От центра к периферии намечается смена метасоматитов: скарнов, березитов, калишпатитов, альбититов на пропилитовые и аргиллизитовые.

Зональность рудных полей. Этот тип зональности наблюдается на многих рудных полях и является одним из важных критериев прогнозной оценки оруденения, а также выделения перспективных участков в пределах рассматриваемых таксонов.

Зональность Ульменского рудного поля проявляется относительно максимума проявления различных дифференциатов ульменского комплекса (участок Центральный). Здесь отмечены дайки гранодиоритов и сиенитов, которые не встречаются на остальных участках Ульменской МРМС. На Центральном участке максимально развиты магнезиальные и известковистые биметасоматические скарны, а на периферии рудного поля преобладают инфильтрационные известковистые скарны. В составе последних также отмечаются неоднородности зонального распределения. На Центральном участке в максимальных количествах отмечены датолит, данбурит и аксинит,

которые совершенно отсутствуют на Берёзовско-Макарьевском, Северном, Каменном, Первом. Зональность метасоматитов в рудном поле также отражает уровень эродированности гидротермально-метасоматической колонны в целом. Центральный участок отличается максимальной распространённостью скарновых метасоматитов различного состава (более эродирован), а на периферии МРМС появляются вторичные кварциты и значительный удельный вес приобретают пропилиты и березиты (менее эродированы). Зональная АСГП ранга рудного поля характеризуется максимально аномальными концентрациями меди, серебра, висмута, золота, мышьяка, бора, где и сконцентрированы наиболее перспективные проявления и рудные тела.

Аномальные структуры геохимических полей всех типов и подтипов золото-серебряного оруденения весьма специфичны и характеризуются индивидуальными чертами набора главных и второстепенных химических элементов в зонах этих структур, рисунками эллипсоида изменчивости в главных осях, значениями факторных нагрузок.

Наибольшими перспективами среди золото-серебрянных объектов обладают АСГП с минимальным набором элементов максимальных концентраций в зоне ядерного концентрирования и наиболее высокой кислотностью среды рудообразования и сопутствующих метасоматитов (Суричская, Майско-Семёновская).

Зональность месторождений и рудных тел. Определяется локальными структурами земной коры. Показательна зональность на Файфановском участке Синюхинского рудного поля. Здесь минералогическая и геохимическая зональность в строении рудного тела проявлены относительно узла сочленения Сквозного и Западного разломов. Относительно фокуса зональности в плоскости стратиформного золото-медно-скарнового рудного тела отмечается закономерное положение в пространстве максимумов развития парагенетических ассоциаций скарновых, жильных и сульфидных минералов.

Вблизи фокуса зональности проявились наиболее высокотемпературные и наиболее полно проявленные парагенезисы раннего скарнового этапа (пироксен-гранатовый, с высоким содержанием пироксена (до 20%), а гранат с высоким андрадитовым миналом-30-40%), гистерогенных метасоматических изменений скарнов с образованием ортоклаз-кварц-эпидотовых, волластонит-ферробустамитовых ассоциаций. Только здесь встречен парагенезис кварца 2 генерации с пирротинном, халькопиритом и низкопробным медистым золотом первой генерации. Широкое развитие в эпицентре зональности получил парагенезис мелонита, алтаита, тетрадимита и высокопробного золота 2 генерации. На удалении от фокуса зональности (на восточной выклинке рудного тела) в составе пироксен-гранатовой ассоциации гранат характеризуется содержанием андрадитовой молекулы в пределах 10-25%. Значительно снижается роль пироксена (1-5%) в этом парагенезисе. А в ортоклаз-кварц-эпидотовом парагенезисе резко уменьшается количество ортоклаза. Только на восточной выклинке рудного тела встречен парагенезис кварца 4 генерации со сфалеритом, галенитом и золотом 3 генерации. Пироксен доминирует на западной, северной и восточной выклинках рудного тела,

волластонит присутствует в наибольших количествах на северном и восточном флангах. Сульфидная минерализация также закономерно распространена относительно эпицентра. Борнит, халькозин и халькопирит максимально развиты вблизи последнего, сфалерит - на южной, галенит - на восточной, тетраэдрит, пирит всех трёх генераций и арсенопирит - на северной выклинках рудного тела. Закономерно меняются типоморфные особенности гранатов и пироксенов, максимумов развития концентраций золота, меди, серебра, молибдена в плоскости рудного тела, положение различных сульфидов и генераций золота. Тренд изменения тяжёлого изотопа серы относительно фокуса зональности меняется от +3.1 до -2.6, указывая на некоторое фракционирование изотопов серы по мере удаления от флюидоподводящего канала (рис.5).

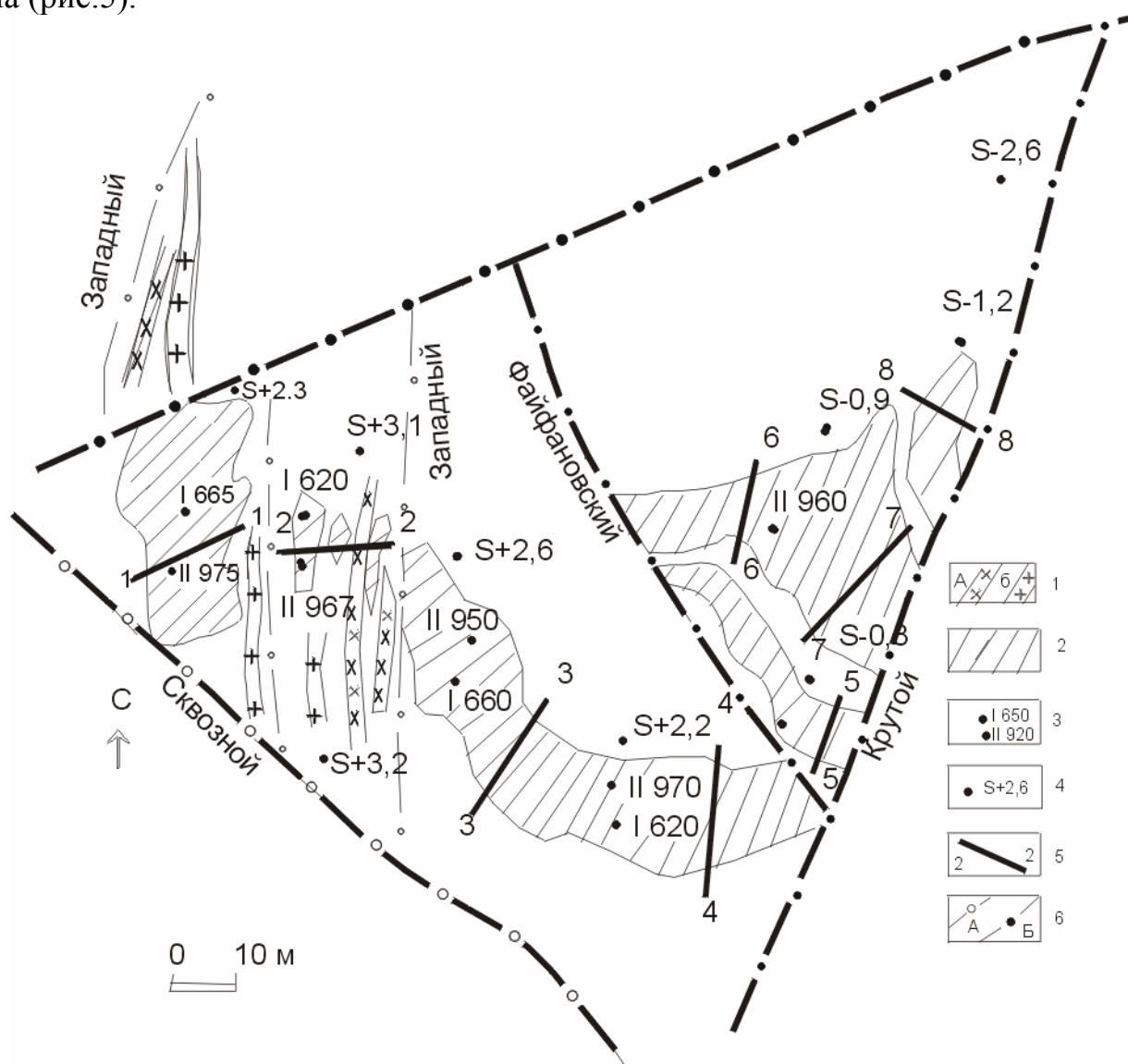


Рис. 5. Распределение пробности золота и изотопов серы в сульфидах рудных тел №№ 1 и 2 Файфеновского месторождения

1-дайки: а- диоритов, б- гранитоидов синюхинского комплекса; 2- рудные тела золото-медно-скарновой формации; 3- проба золота; 4- значения тяжёлого изотопа серы; 5- линии геохимических разрезов; 6- разломы: а- флюидоподводящие, б- прочие.

Только вблизи последнего получила широкое распространение ранняя, более высокотемпературная и низкопробная (600-650‰) генерация золота. Основная же высокопробная генерация золота распространена повсеместно и даёт небольшие флуктуации пробности в плане рудного тела. Самая поздняя третья генерация получила распространение на выклинках золоторудного тела, где в нём значительную роль приобретают сфалерит и галенит. Золото третьей генерации встречается в кварце четвёртой генерации стебельчатой микроструктуры. Описанный парагенезис сформировался в заключительную стадию рудного этапа и характеризуется низкими температурами кристаллизации минералов (180-150°C). Указанная зональность может классифицироваться стадийной.

Пространственное положение максимумов развития металлов в ряду золото-серебро-медь-висмут-молибден-сурьма от подводящего канала по латерали может расцениваться как зональность I типа (по А.А. Маракушеву), где с переходом от внутренних зон к внешним металлы сменяют друг друга в последовательности нарастания их щелочных свойств (Маракушев, 1972).

Выявлены 2 типа зональности рудных тел Синюхинского месторождения относительно эпицентров зональности: сходящаяся и расходящаяся. Рудные тела с прямой зональностью относительно эпицентров зональности (когда флюидоподводящий разлом был единым при формировании ранних скарновых парагенезисов, пневматолито-гидротермальных ассоциаций и наложенного золото-сульфидного гидротермального этапа), характеризуются более концентрированным и масштабным оруденением. Таким образом, локальная зональность оруденения, метасоматитов и ореольных геохимических полей концентрирования, сопровождающих рудные тела и месторождения, обусловлена развитием коровых локальных структур и физико-химическими процессами, протекающими в них.

4. Разработана карта золотоносности, отражающая все типы золотого оруденения региона – золото-черносланцевое, эпитемальное золото-серебряное, золото-ртутное, медно-золото-порфировое, золото-сульфидно-кварцевое, золото-медно-скарновое, на основе которых выявлены региональные и локальные поисковые признаки и критерии для выделения рудных полей и узлов и оценки прогнозных ресурсов золота категорий P_1 , P_2 и P_3 .

В регионе проявлены многочисленные типы золотого оруденения, но наибольшими перспективами обладают золото-черносланцевый, золото-серебряный, золото-ртутный, медно-золото-порфировый, золото-медно-скарновый.

Золото-черносланцевый тип. Распространён на месторождении Лог №26 Топольнинского рудного поля. В зоне минерализации этого месторождения выделены 5 рудных тел мощностями от 0,9 до 16,3 м и протяжённостями по простиранию от 62 до 300 м., по падению более 50 м. Как правило, они локализируются в контактах даек долеритов и диоритов. Прожилково-вкрапленное оруденение в рудных телах выражено в виде прожилков, гнёзд линзочек кварц-карбонатного состава, реже жил кварца

мощностью до 10 см. Сульфиды представлены пиритом, халькопиритом, арсенопиритом, реже пирротином, халькозином, галенитом, тетрадимитом, висмутином. Концентрации сульфидов варьируют от 0,5 до 2%. Свободное золото тонкое (0,001-0,005 мм), редкие зёрна достигают размера 0,3×0,5 мм. Формы выделений: октаэдрические кристаллы и их сростки, крючковатые, комковидные, пластинчатые, дендритовые. Проба золота 890-980‰. Элементы-примеси представлены (%): серебром (1,91-2,11), медью (0,01-0,02), висмутом (0,02-0,04). Концентрации золота в рудах колеблются от 0,2 до 120 г/т. Средние содержания золота в рудных телах от 1 до 7,25 г/т. Связанное золото присутствует в сульфидах и тетрадимите.

За пределами ороговикования преобладающие тёмно-серые до чёрных алевролиты камышенской свиты содержат органический материал ($C_{орг}$ от 0,3 до 3%) и тонкорассеянную вкрапленность пирита глобулярного строения, реже метакристаллы пирита II генерации размером до 1,5 мм., а также метаморфогенные прожилки кварца мощностью 1-2 мм с вкрапленностью пирита III генерации. Органическое вещество в алевролитах и сланцах относится к сапропелевому типу.

Пирит на месторождении представлен несколькими генерациями. Наиболее ранняя из них образована фрамбоидальным пиритом. Индивидуальные фрамбоиды имеют размеры 20-60 микрон. Чаше встречаются кластер-фрамбоидальные скопления лепёшковидной формы размерами 150-280 микрон. Микроструктура фрамбоидов относится к среднеупорядоченному композиционному типу с разноразмерными глобулитами. Во всех случаях фрамбоидальный пирит имеет недостаток серы относительно стехиометрии соотношений Fe и S в его формуле. Он также характеризуется самыми низкими значениями ТЭДС (от – 40 до + 70 мкВ/град) и относится к n- типу проводимости. Величина $\delta^{34}S$ составляет +10,76‰. Вероятно увеличение в составе серы концентраций тяжёлого изотопа происходило за счёт сульфатов морской воды.

Золото-черносланцевое оруденение получило развитие также в пределах прогнозируемых Кубанского, Баранчинского рудных полей, Караторбок-Карымского, Сокпанды-Чичкитерекского рудных узлов.

Золото-серебряный тип изучен в пределах Суричского рудного поля. Две наиболее крупные зоны минерализации субмеридиональной ориентировки проявления Сурич представлены дроблёными вулканитами и их туфами, интенсивно аргиллизированными, пронизанными разно ориентированными прожилками и гнёздами кварцевого, кварц-адулярового состава, а также халцедоновидного кварца и халцедона, образующими штокверк. Мощности зон от 10 до 18м, протяжённости по простиранию более 200 м. Местами отмечаются кварциты с тонкой рассеянной вкрапленностью сульфидов. Сульфидная минерализация локализуется в аргиллизитах и в жильных образованиях и представлена пиритом, реже галенитом, арсенопиритом, сфалеритом, халькопиритом, самородным золотом, аргентитом, герсдорфитом, валлериитом, пирротином. Содержания золота в зоне варьируют от 0,1 до 90

г/т. (в среднем 3,3 г/т), серебра от 3 до 250 г/т. Среднее отношение в рудах $\text{Au:Ag}=1:20$. Температура гомогенизации газовой-жидких включений в кварце, содержащем золото, составляет 180-210°C. Общая солёность включений низкая (1,3-3,1‰ в экв. NaCl). В их составе преобладают CO_2 и HCl. В небольших количествах определены N_2 и H_3BO_3 . Содержания золота в пирите колеблются от 3,1 до 12,4 г/т.

Аналогичные очаговые вулканоплутонические структуры с эпitherмальным золото-серебряным оруденением распространены в прогнозируемых Майско-Семёновском, Богучакском рудных полях, Аинском золоторудном узле, а также в районах Саганы, Сороту, Коно, Пыжи, Каменушке.

Золото-ртутное оруденение (типа Карлин) установлено на месторождении лога Сухонького, где в ртутных рудах установлено золото до 34,5 г/т. При этом повышенные содержания золота также установлены: на Черемшанском месторождении в брекчированных окварцованных породах – 0,01 – 0,4 г/т. На месторождении „Новом“ в зоне мощностью от 2 до 12 м содержание золота достигает 0,8 – 2 г/т, а зона минерализации локализуется в терригенно-карбонатном разрезе барагашской свиты (D_1), где известняки чередуются с известковистыми алевролитами. На месторождении «Новом» в карьере опробован фрагмент зоны минерализации, представленной флюидо-эксплозивными брекчиями среди пород существенно органично-обломочных известняков девонского возраста. Породы интенсивно окварцованы вплоть до образования джаспероидов. Замещение карбонатных пород происходит в виде гнёзд, округлых выделений размерами от 0,4 см до 3 см в поперечнике. Кварц нередко ассоциирует с диккитом, хлоритом и новообразованным кальцитом. Повсеместно на участках замещения известняков отмечается «рисовидный» кварц, имеющий удлинённую форму, - весьма характерный признак джаспероидов Урала (Ауэрбаховский золоторудный район), Запада США, Алданского щита, где проявлено золото-ртутное оруденение. Часто отмечается метасоматический халцедоновидный кварц, образующий округлые выделения с характерным радиально-лучистым строением. Содержания золота в «рисовидном» кварце (Новое) варьируют от 0,01 до 0,2 г/т, а в халцедоновидном – от 0,03 до 0,4 г/т.

Золото-ртутное оруденение зафиксировано в прогнозируемых Сибирячихинской, Сиинской золото-ртутнорудных зонах, Козульском, Едиганском, Куюссском, Карасукско-Архиповском, Каракольском и других золото-ртутных рудных полях.

Медно-молибден-золото-порфировый тип оруденения получил развитие на Кульбичском месторождении, приуроченом к массиву порфировых гранитоидов. Штокверк кварцевых жил с молибденитом, халькопиритом, гематитом, магнетитом ассоциирует с дайковым порфировым комплексом и распространён на 2-3 км в длину при ширине 400-600 м. В окварцованных и калишпатизированных гранит-порфирах вблизи даек содержания золота также резко возрастают от 0,2 до 14,4 г/т. Штокверк сложен четырьмя генерациями

кварцевых, кварцево-кальцитовых и кварц-баритовых жилок мощностью от долей мм до 1-5 см. В контактах жилок проявлены калиевый полевой шпат и биотит. Оруденение приурочено к двум полосам окварцевания. Одна из них проходит по правому борту долины р. Кульбич, другая – в 1,5 км северо-восточнее по водоразделу рек Саразан – Юля – Кульбич, параллельно первой. Обе полосы сопровождаются широкими ореолами пропилитов. В рудах определены следующие минералы: молибденит, халькопирит, золото, пирит, сфалерит, галенит, шеелит, вольфрамит, самородная медь, гематит, магнетит, тетрадимит, киноварь, псиломелан, борнит, халькозин, флюорит, барит. Золото тесно ассоциирует с кварцем 3 генерации, характеризующимся стебельчатыми выделениями размерами 0,1- 0,5 мм и тетрадимитом. Кварц 3 имеет обильные первичные газовой-жидкие включения, гомогенизация которых происходила при температурах 220-250°C. Золото представлено одной генерацией. Золотины имеют высокую пробу (970-980‰). В качестве примесей в нём определены медь, теллур и висмут.

Содержание золота в штокверках Северной и Южной полос от 0,05 до 14,4 г/т. В Западной части месторождения в пределах вышеуказанных полос окварцевания выделены 3 рудных тела мощностью от 3,5 до 14,9 м и протяжённостью 150 м. Содержание золота варьируют от 0,1 до 2,7 г/т. В зоне окисления установлены куприт, тенорит, молибденит, лимонит, малахит, азурит, медная чернь, охры молибдена и железа. Запасы молибдена категории C_1 -157,6 т при среднем содержании молибдена 0,04-0,06 %, и запасы окисленных руд 64,1 т, при среднем содержании молибдена окисленного 0,13 %. Запасы меди составляют 1250,9 т при среднем содержании 0,5-0,7%. Прогнозные ресурсы золота категории P_1 оценены в 15 т.

Помимо указанных районов медно-золото-порфировое оруденение распространено в пределах Головинско-Плотбищенского, Некрасовского, Верхне-Кызылтобракского, Чикетаманского рудных полей.

Золото-медно-скарновый тип оруденения наиболее изучен в пределах Синюхинского рудного поля. Скарны образовались в контактах контрастных по составу пород: карбонатных и алюмосиликатных. Они классифицируются известковистыми инфильтрационными с наложенным золото-сульфидным оруденением. По вертикали оруденение распространено на нескольких уровнях. Вертикальный размах оруденения в рудном поле превышает 1 км. Скарны формировались в несколько стадий. Наблюдается несколько генераций гранатов, пироксенов, волластонитов. Преобладают маложелезистый диопсид ($Gd=3,8-13,5$) и гранат с варьирующим гранитовым миналом.

Рудные тела в скарнах образуют залежи, гнёзда, ленты, рудные столбы. Мощности рудных тел от 1 до 20 м, протяжённости по простиранию от 10 до 400 м, по падению от 5 до 200м. Средние содержания золота в рудных телах варьируют от 3,9 до 36,7 г/т.

Наложённая золото-сульфидная минерализация включает пирит, золото и халькопирит нескольких генераций, борнит, халькозин. Самородное золото образует плёнки, пластинки, неправильные зёрна, редко кристаллики октаэдрического габитуса. Размеры выделений от 0,01 до 8 мм. Ранняя

генерация выявлена в Первом рудном теле Файфановского месторождения, где оно ассоциирует с пирротинном и халькопиритом 1. Пробность медистого золота 1 генерации 620-650‰. Вторая высокопробная генерация (920-999‰) ассоциирует с борнитом, халькозином, тетрадимитом, алтаитом. В полиметаллической ассоциации с халькопиритом 3, сфалеритом, галенитом обнаружена третья генерация средней пробности (890-910‰). Инверсионным вольтамперометрическим анализом (Коробейников, Ворошилов, 1997) высокие концентрации платиноидов, достигающие промышленных значений, определены в скарнах с борнитом и борнит-халькозиновой руде. Ещё более высокие содержания платиноидов обнаружены во флотоконcentратах (от 4,4 до 54 г/т Pt и от 5,5 до 40 г/т Pd).

Соотношения изотопов серы в сульфидах варьируют от $-3,1$ до $+3,1$, указывающие на однородный источник серы. В наиболее крупных рудных залежах величина $\delta^{34}\text{S}$ близка к метеоритному стандарту, а в мелких происходит увеличение содержаний тяжёлого изотопа.

Температуры кристаллизации минералов первой и второй стадий скарнового этапа дают широкий диапазон от 320 до 700°C . Гомогенизация газовой-жидких включений в кварце наложенной золото-сульфидной минерализации происходила при $240-190^\circ\text{C}$. На фоне снижения температур кристаллизации от ранних этапов к поздним менялся состав включений. Вначале это были рассолы с солёностью, превышавшей предел насыщения (более 26 вес. % NaCl) с дочерними минералами (сильвин, халькопирит, CaCl), а на заключительных стадиях солёность маточных растворов не превышала 3,5 вес. % NaCl.

Запасы золота Синюхинского месторождения категорий C_{1+2} – 33,7 т (+16 тонн извлечённого металла) и меди категории C_2 – 28,3 тыс.т подсчитаны на известных месторождениях, занимающих площадь 13 км^2 . Прогнозные ресурсы золота категории P_1 оценены в 32,2 т.

Аналогичные очаговые структуры с золото-медно-скарновым оруденением, связанные с гранитоидами коллизионного типа, распространены в Ульменском, Мурзинском, Оюкском, Усть-Беловском, Топольнинском рудных полях.

Поисковые критерии для различных типов оруденения разработаны на основе анализа карт золотоносности масштабов от 1:200 000 до 1:2500 000 на большом фактическом материале и дифференцированы на региональные и локальные.

Региональные критерии. Важнейшее значение для золото-сульфидно-черносланцевого типа оруденения имеет фемический тип субстрата земной коры, где выделяются дериваты офиолитового дунит-гарцбургитового сеглебирского комплекса (ϵ_1) и низкотитанистых метабазальтов манжерокской свиты (ϵ_1), характерных для обстановок океанического спрединга (Сиинско-Коуринский рудный узел). Аналогичная ассоциация черносланцевых разрезов, вмещающих золотое оруденение, с офиолитами наблюдается в Сокпанды-Чичкитерекском золоторудном узле. Рудовмещающий углеродисто-

карбонатно-черносланцевый металлотект имеет тектонические контакты с вышеупомянутыми образованиями. Он формировался в узком приразломном прогибе. Сингенетическое сульфидонакопление с рассеянной благороднометалльной минерализацией происходило в локальных палеовпадинах с сероводородным заражением.

Для эпитептермального золото-серебряного оруденения важнейшее значение имеют вулcano-тектонические постройки центрального типа в районах распространения вулcano-плутонических поясов (Алтае-Северо-Саянского, Алтае-Минусинского), фемо-сиалический тип субстрата, наличие субвулканических образований порфирового типа.

Золото-порфировое оруденение контролируется кольцевыми вулканическими постройками с субвулканическими интрузиями, расположенными в крупных вулcanoгенных прогибах Уйменском и Лебедском. Максимум распространения таких построек тяготеет к зоне Бийского глубинного разлома. Вулканические постройки непосредственно располагаются в узлах пересечений разно ориентированных разломов. В магнитных полях вулканические постройки центрального типа тяготеют к периферии магнитных максимумов.

Золото-медно-скарновое оруденение располагается в области крупных поднятий и их склонов (Бийского, Катунского, Мрасского и других), где проявились крупные интрузии гранитоидов I- типов. Рудные поля локализуются в краевых частях интрузий, характеризующихся оптимальным сочетанием параметров флюидного режима и ведущей роли комплексов хлора.

Геофизические предпосылки локализации различных типов оруденения имеют свои специфические особенности. В целом Синюхинское, Чойское, Ульменское, Ишинское рудные поля располагаются между локальными аномалиями Δg . При этом более высокое гравитационное поле напряженностью 6-8 мГал на участках рудных полей обусловлено: а) наличием диоритов, габброидов имеющих самые высокие значения плотности (2,93-29,5 г/см³); б) существованием в некоторых рудных полях магмоподводящих каналов, в области которых породы характеризуются повышенными значениями гравитационного и магнитного полей. Здесь же проявлены и насыщенные рой даек пестрого петрографического состава, среди которых значительный «удельный вес» составляют долериты и диориты. В других частях рудных полей гравитационное поле понижено до 3,5-4 мГал.

Региональные поисковые предпосылки жильного золото-сульфидно-кварцевого оруденения сводятся, преимущественно, к рудоконтролирующей роли крупных сдвиговых зон разломов и массивов гранитоидов I – типов.

Локальные критерии. Золото-сульфидное оруденение в углеродисто-карбонатно-терригенных разрезах контролируется зонами трещиноватости и разломами, оперяющими крупные дизъюнктивы. Наиболее благоприятные обстановки локализации оруденения сосредоточены в узлах сопряжения таких зон трещиноватости с благоприятными литологическими предпосылками (повышенные углеродистость и карбонатность пород). Зоны повышенной трещиноватости сопровождаются комплексами даек, претерпевшими

интенсивный метасоматоз (пропилитизация, лиственитизация, березитизация). Минералогические признаки включают наличие мышьяковистого пирита и игольчатого арсенопирита, а также большое количество генераций сульфидов. Наиболее информативные геофизические предпосылки – наличие достаточно интенсивных аномалий ВП и ЕП.

Золото-порфировый тип оруденения контролируется порфировыми дайками монцонитов, сиенитов, максимально флюидизированных и сопровождающихся фельдшпатолитами. Метасоматиты, как правило, имеют зональное строение с обширными полями пропилитов и аргиллизитов по периферии и фельдшпатолитами, березитами в непосредственной близости к рудным телам. Часто флюидо-эксплозивные брекчии являются рудными телами и, таким образом, они приобретают исключительное поисковое значение, особенно, в местах вулканических центров. На некоторых объектах важное поисковое значение приобретают кварц-серицит-хлорит-турмалиновые березитоиды (Чакпундобэ, Байгол, Чуря). Геохимические поисковые признаки довольно стандартны: высоко интенсивные комплексные аномалии золота, молибдена, мышьяка, меди, бора, бария, а также зональные аномальные структуры геохимических полей. Наиболее важные поисковые минералогические признаки включают повышенную сульфидизацию и турмалинизацию дроблённых пород и особенно флюидо-эксплозивных брекчий.

Наиболее отчетливая пространственная и парагенетическая связь Синюхинского дайкового комплекса и золото-медно-скарнового оруденения в одноименном рудном поле проявляется в том, что скарнирование мраморов интенсивней проявлено именно на участках обильного развития даек указанного комплекса. Наложенное на скарны золото-медно-сульфидное оруденение также пространственно связано с этими же дайками. Биотиты гранодиорит-порфиров и гранит-порфиров этого комплекса несут аномальные концентрации золота, меди, серебра, висмута.

Структурный контроль для различных типов оруденения проявляется по разному и дифференцируется по своей значимости. Для золото-медно-скарнового оруденения важнейшую роль играют участки антиклинальных перегибов, сопровождающихся структурами отслоения, и, в меньшей мере, флексурных изгибов пластов известняков. Для жильного золото-сульфидно-кварцевого оруденения ведущую рудоподводящую и рудолокализирующую роль играли сбросы, сбросо-сдвиги и взбросо-сдвиги субмеридиональной и сопряженной с ней СЗ ориентировки.

Среда рудоотложения играла решающую роль для различных типов оруденения. Так для золото-медно-скарнового типа определяющее значение имели контакты контрастных литологических разностей карбонатных и алюмосиликатных пород, составивших благоприятные условия для скарнирования. Жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение предпочтительно локализуется в гранитоидах и вулканогенно-осадочных породах, что является отражением их физико-механических особенностей. Эпитермальное золото-серебряное оруденение локализуется в вулканогенных

образованиях. Золото-ртутное оруденение в карбонатных породах располагается в интенсивно окварцованных разностях среди джаспероидов с повышенным первоначальным содержанием $C_{орг}$.

Геохимические признаки имеют важнейшее значение при поисках различных типов оруденения. Так для золото-медно-скарнового оруденения характерны нелинейные (близкие к изометричным) АСГП с золотом, медью, висмутом, серебром в зонах ядерного концентрирования. Для жильного золото-сульфидно-кварцевого оруденения такие АСГП менее характерны, а ведущими для них являются линейные АСГП с таким же элементным составом зон ядерного концентрирования и четкой приуроченностью к зонам сдвиговых нарушений. Примечательно, что наиболее крупные по запасам рудные тела и с наиболее концентрированным оруденением: а) имеют сравнительно небольшие размеры в плане; б) такие рудные тела характеризуются сложным строением АСГП с несколькими ярусами зон ядерного концентрирования и приуроченностью наиболее крупного рудного тела к зоне ядерного концентрирования первого порядка; в) такие рудные тела имеют АСГП с мощными и широкими зонами выноса (транзита) рудообразующих элементов.

Промышленное золото-медно-скарновое оруденение приурочено к участкам с пониженным намагничением – от 500 до 3000×10^{-6} ед. СГС. Такие значения спектромагнитной шкалы характерны для ареалов гидротермально измененных пород, претерпевших разуплотнение с понижением характеристик намагниченности. Скарновые залежи создают значения магнитного спектра шкалы от -300 нТл до $+700$ нТл.

Жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение сопровождается аномалиями ВП, вызванными пиритовыми линзами и обилием других сульфидов.

5. По степени перспективности выделены прогнозные площади различной очерёдности: 1 очереди – фланги Синюхинского, Ашпанакского, Чойского, Суричского, Майско-Семёновского, Сарасинского и других рудных полей и узлов; 2 очереди – Карасукско-Архиповское, Козульское рудные поля, Сибирячихинская, Каяшканская золото-ртутно рудные зоны; 3 очереди – Бащелакский, Джелсайский, Атуркольский рудные узлы.

В соответствии с выделенными металлогеническими таксонами и разработанными поисковыми критериями составлены карты прогноза разных масштабов (1:200000-1:2500000) и выполнена оценка прогнозных ресурсов золота различных категорий (P_1 , P_2 и P_3). Обоснованы приоритетность и очерёдность проведения поисковых, оценочных и разведочных работ на перспективных площадях. Прогнозные ресурсы и металлогенические таксоны по степени перспективности и очерёдности проведения работ разделены на 3 очереди: *1 очередь* - экономически эффективные прогнозные ресурсы для текущего развития сырьевых баз действующих предприятий, создания новых сырьевых баз высококонъюнктурных ГПТ золотого оруденения (фланги действующего Синюхинского рудника, Ашпанакское, Чойское рудные поля, а также объекты золото-черносланцевого (Топольнинский, Каянчино-Устюбинский, Сокпанды-Чичкитерекский рудные узлы и другие), золото-

серебряного оруденения (Ново-Фирсовский, Майский рудные узлы), прогнозируемое Богучакское рудное поле и другие), тонкодисперсного золото-ртутного оруденения (прогнозируемое Сарасинское золоторудное поле); 2 *очередь* – экономически эффективные прогнозные ресурсы для формирования резервных объектов минерального сырья в среднесрочной перспективе (до 2010г) объекты медно-золото-порфирового (Бешпельтирский, Байгольский и другие рудные узлы) и золото-ртутного типов (прогнозируемые Карасукско-Архиповское, Козульское, и другие прогнозируемые рудные поля, прогнозируемые Сибирячихинская и Каяшканская золото-ртутнорудные зоны); 3 *очередь* - прогнозные ресурсы для перспективного планирования развития минерально-сырьевой базы (объекты жильного золото-сульфидно-кварцевого (Башчелакский, Джелсайский и другие рудные узлы, некоторые медно-золото-скарновые, а также золото-колчеданные барит-полиметаллические, скарновые золото-редкометалльные типы (Атуркольский рудный узел, прогнозируемые рудные поля Карагу, Тавдушинское).

Заключение.

Проанализировано глубинное строение региона с привлечением геофизических данных, позволивших реставрировать блоково-расслоенный стиль строения литосферы. Выделены тектонические блоки первого порядка, отличающиеся активностью процессов, протекавших в астеносфере и верхней мантии и характеризующиеся различным строением верхней литосферы. В различных типах блоков проявлены свои петрогенетические типы гранитоидов со свойственными им параметрами флюидного режима, металлогенической специализацией и типоморфными золоторудными месторождениями. В целом на уровне мантии регион отнесён к мозаично-блоковой астеногенали, осложнённой серией линейных регмагеналей, существенно различающиеся проявлениями типов золотого оруденения. Металлогеническое районирование учитывает особенности глубинного строения выделенных блоков.

Впервые обосновано распространение и важное практическое значение для региона таких типов оруденения как золото-сульфидного в углеродисто-терригенных толщах, медно-золото-порфирового, золото-ртутного и золото-серебряного эпитермального. Важная роль в формировании золотого оруденения отводится плюмтектонике, генерировавшей магмо-флюидодинамические системы, распад которых в верхних горизонтах литосферы обеспечивал формирование золоторудных объектов.

Золотое оруденение связано с долгоживущими глубинными очагами с неоднократным подтоком новых порций трансмагматических флюидов, базальтоидной магмы, её дифференциации, последующей контаминации корового материала на путях движения расплавов и значительного его обводнения. Только высокие концентрации водной фазы и обилие других летучих компонентов (хлора, фтора, бора, углекислоты) могли обеспечивать селекционирование металлов и золота из расплавов и их транспортировку в зоны рудоотложения. Впервые для региона составлена металлогеническая карта, учитывающая весь перечисленный комплекс факторов общегеологического характера, а также данные по насыщенности гранитоидных магм летучими

компонентами, областей развития трансмагматических флюидов мантийной природы, игравших важную роль в становлении золотого оруденения. Карта прогноза отражает перспективы региона не только на известные типы оруденения, но и не традиционные.

На основании изложенных данных можно рекомендовать оформление и получение лицензионных материалов на проведение поисковых и разведочных работ по следующим первоочередным объектам:

- Топольнинское и Баранчинское рудные поля – для оценочных работ на золото-черносланцевое оруденение в терригенно-черносланцевых образованиях девона;
- Прогнозируемые Ново-Фирсовский, Майский рудные узлы, а также Богучакское рудное поле для проведения поисковых и оценочных работ на эпитермальный золото-серебряный тип оруденения;
- Юго-западный фланг Синюхинского рудного поля для проведения разведочных работ на золото-медно-скарновое и жильное золото-сульфидно-кварцевое оруденение; участок Чир для оценки золото-кварцевого штокверкового типа оруденения;
- Прогнозируемое Сарасинское золото-ртутное поле, перспективное на обнаружение промышленного токондисперсного золото-ртутного оруденения в поднадвиговой позиции Каимского аллохтона, а также в джаспероидах по флюидо-эксплозивным брекчиям.

Список опубликованных работ по теме диссертации.

Монографии

1. Корреляция магматических и метаморфических комплексов Западной части Алтае-Саянской складчатой области (соавторы: С.П. Шокальский, Г.А. Бабин, А.Г. Владимиров, С.М. Борисов, Н.И. Гусев и др.). Новосибирск: Издательство СО РАН, Филиал «Гео», 2000, 187 с.

2. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000. Изд. 2-е. Серия Алтайская. Лист М-45-III (Чемал). Объяснительная записка (соавторы: Ю.А. Туркин, С.И. Федак, Г.Г. Русанов, Л.П. Карабицина, Н.В. Николенко). СПб: изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2001, 194 с.

3. Схемы межрегиональной корреляции магматических и метаморфических комплексов Алтае-Саянской складчатой области и Енисейского кряжа (Соавторы: Берзин Н.А., Ножкин А.Д., Хомичёв В.Л и др.). Новосибирск: СНИИГГиМС, 2002, 178 с.

4. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. Томск, Изд-во STT, 2003, 308 с.

Статьи

5. Интрузивный магматизм Синюхинского золоторудного узла // Геология и геофизика, -1994.- №11.- С.28-40.

6. Металлогения эндогенного оруденения золота Горного Алтая // Золото Алтая - история и современность. Барнаул, -1995.- С. 141-146.

7. Рудные и окорудные метасоматиты Синюхинского рудного поля // Новые данные о геологии и полезных ископаемых западной части Алтае-Саянской

- области. Материалы научно-практической конференции. Новокузнецк, -1995.- С.299-301.
- 8.Карта флюидного режима золотогенерирующих рудно-магматических систем Горного Алтая // Историческая и современная картография в развитии Алтайского региона. Материалы научно-практической конференции. Барнаул, - 1997.- С.147-149.
- 9.Перспективы Горного Алтая на волластонитовое сырье // Разведка и охрана недр, 1997. - №4, - С.12-15.
10. Волластонит Синюхинского месторождения // Отечественная геология,- 1997. - №12, - С.14-19.
- 11.Золото-генерирующие рудно-магматические системы Горного Алтая// Руды и металлы, -1998. - №2, - С.67-78 (соавтор Н.И. Гусев).
- 12.Геология и золото-медно-скарновое оруденение Синюхинского рудного поля в Горном Алтае. Там же, - С.79-90.
- 13.Геологическое строение Чойского рудного поля Горного Алтая. Там же, - С.90-100.
- 14.Геология и золотоносность Топольнинского рудного поля Горного Алтая. Там же,- С. 100-109 (соавтор Н.П. Бедарев).
- 15.Флюидный режим редкометалльных гранитоидов Горного Алтая// Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Материалы научно-практической конференции. Томск, -1998.- Т.3.- С.194-197.
- 16.Использование ГИС ПАРК для прогноза полезных ископаемых в Алтайском крае // ГИС для оптимизации природопользования в целях устойчивого развития территорий. Материалы международной конференции. Барнаул, - 1998. - С.566-567 (соавторы Е.А. Киселев, Г.А. Поважук, О.В. Первухин).
- 17.Металлогения Горного Алтая и перспективы обнаружения нетрадиционных типов оруденения // Минерально-сырьевая база Республики Алтай: состояние и перспективы развития (материалы регионального совещания). -Горно-Алтайск, -1998.- С.16-18.
- 18.Технология прогнозирования золотого оруденения Горного Алтая в ГИС ПАРК // Компьютерное обеспечение работ по созданию Государственной геологической карты Российской Федерации. Материалы 5-го Всероссийского совещания-семинара. - Ессентуки, - 1998, - С.105-108 (соавт. О.В. Первухин).
- 19.Типы гранитоидов, флюидный режим и прогноз оруденения с использованием компьютерных технологий. Там же, - С.108- 110 (соавторы Г.А. Поважук, О.В. Первухин).
- 20.Золоторудные металлогенические таксоны Горного Алтая. Проблемы металлогении юга Западной Сибири // Материалы научно-практической конференции. Томск, -1999.- С.31-34 (соавтор О.В. Первухин).
- 21.Металлогения Горного Алтая и перспективы обнаружения нетрадиционных типов оруденения // Материалы научно-практической конференции. - Кемерово-Новокузнецк, -1999. - С.198-203.
- 22.Флюидный режим золотогенерирующих рудно-магматических систем Горного Алтая. Там же, - С.203- 206.

23. Золото-медно-скарновое оруденение Ульменского рудного поля и его перспективы. Там же, - С.207-209 (соавтор. С.И. Федак).
24. Комплексирование дистанционных методов для прогноза эндогенного оруденения Горного Алтая средствами ГИС ПАРК // Геологическое картографирование и прогнозно-металлогеническая оценка территорий средствами компьютерных технологий. Материалы VI Всероссийского совещания-семинара. Красноярск, - 1999. - С. 154-157 (соавторы. Г.А. Поважук, О.В. Первухин).
25. Геохимия и флюидный режим золотого оруденения Горного Алтая // Сб.: "Золото Сибири: геология, геохимия, технология, экономика". Тезисы докладов первого Сибирского Симпозиума «Золото Сибири». Красноярск, - 1999, - С.37-38.
26. Металлогенические таксоны редкометалльного оруденения Горного Алтая // Материалы региональной научно-практической конференции "300 лет горно-геологической службе России: история горнорудного дела, геологическое строение и полезные ископаемые Алтая ". Барнаул: Изд-во Алт. Гос. Ун-та, - 2000, - С. 331-335.
27. Геохимия и флюидный режим генерирующего магматизма и золотого оруденения Горного Алтая. Там же, - С.303-306.
28. Перспективы минерально-сырьевой базы северо-восточной части Горного Алтая. Итоги и перспективы геологического изучения Горного Алтая. // Материалы научно-практической конференции, посвящённой 300-летию геологической службы России и 50-летию образования геологического предприятия "Алтай-Гео". Горно-Алтайск: Горно-Алтайское книжное издательство. 2000, -С.61-67.
29. Геодинамика и металлогения мезозойского этапа Горного Алтая // Проблемы геодинамики и минерализации Южной Сибири. Томск, - 2000, -С.53-61.
30. Петрогенетические типы гранитоидов Горного Алтая и связанное с ними оруденение // Материалы региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. Т.1, Томск, -2000, - С.55-57.
31. Петрология золотогенерирующих гранитоидов Сибирского перикратонного металлогенического пояса. Там же, - С.57-59.
33. Петрогенетические типы гранитоидов юга Сибири и связанное с ними оруденение. // Геологическая служба и минерально-сырьевая база России на пороге XXI века. Тезисы докладов Всероссийского съезда геологов и научно-практическая геологическая конференция. Том 1, Спб.: изд-во ВСЕГЕИ, - 2000, - С.75-77 (соавторы М.Е. Будникова, О.Н. Колонакова).
33. Геолого-генетическая модель Синюхинского золото-медно-скарнового месторождения. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. // Материалы научной конференции. Томск: изд-во ТПУ, -2000, - С.104-108.
34. Типизация гранитоидов по составу биотита. // Материалы 2 Всероссийского петрографического совещания «Петрография на рубеже XXI века». Сыктывкар, - 2000, т.2, - С.267-270 (соавтор Е.А. Гусев).
35. Петрология золотогенерирующих гранитоидов. Там же, - С.265-267.

36. Некоторые петрохимические особенности золотоносных гранитоидов Алтае-Саянской складчатой области. // Руды и металлы, - 2000, №5, - С. 25-32 (соавтор Е.А. Гусев).
37. Поиски нетрадиционных типов золотого оруденения в Салаире, Горной Шории и Горном Алтае. Тезисы докладов 2-ой Международной конференции и выставки: «Драгоценные металлы и камни – проблемы добычи и извлечения из руд, песков и вторичного сырья». Иркутск, - 2001, - С.24-26 (соавтор В.В. Данилов)
38. Петрогенетические типы и флюидный режим палеозойских гранитоидов Большого Кавказа // Отечественная геология, - 2001, №2, - С.42-48 (соавтор П.П. Кузубов).
39. Петрофациальные типы палеозойских песчаников Горного Алтая и Горной Шории и геодинамическая обстановка их формирования // Материалы Международной научно-технической конференции «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства». Томск, - 2001, - С.22-26 (соавторы М.Е. Будникова, О.Н. Колонакова).
40. Петрология и рудоносность гранитоидов Турочакского массива (северо-восток Горного Алтая). Там же, - С.39-41 (соавтор О.В. Первухин).
41. Эксгальационно-осадочный рудогенез в разрезах кембрия и девона Горного Алтая, Салаира и Горной Шории. Там же, - С. 211-214 (соавтор В.А. Рожченко).
42. Природа Алтае-Минусинского вулcano-плутонического пояса (по данным геохимических и U-Pb геохронологических исследований гранитоидов) // Материалы научно-практической конференции: Актуальные вопросы геологии и минерализации Юга Сибири. Новосибирск, -2001, - С.231-242. (соавторы С.Н. Руднев, Н.Н. Крук, С.П. Шокальский, А.Б. Котов, Е.Б. Сальникова, О.А. Левченков).
43. Золото-платинометалльное эксгальационно-осадочное оруденение в разрезах кембрия Горного Алтая, Салаира и Горной Шории // Алмазы, золото и платиноиды Красноярского края. Сборник научных трудов. Красноярск, - 2000, - С.128-130.
44. Типы и геохимия золоторудных месторождений Горного Алтая и Горной Шории // Материалы второго международного симпозиума «Золото Сибири». Красноярск, - 2001, - С. 42-43.
45. Новые данные по геологии и геохимии Чойского золото-теллуридного месторождения (Горный Алтай). Там же, - С. 165-166 (соавторы Т.Б. Монид, В.В. Данилов).
46. Петрология и рудоносность анорогенных гранитоидов Горного Алтая // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Томск, - 2001, - С.133-137 (соавтор О.В. Первухин).
47. Петрогенетическая модель генерации Синюхинского интрузивного массива (Горный Алтай). Там же, - с. 35-40 (соавтор О.В. Первухин).
49. Девонские осадочно-вулканогенные формации Горного Алтая и Горной Шории и их рудоносность // Материалы научно-практической конференции «Формационный анализ в геологических исследованиях». Томск, - 2002, - С. 43-44.

49. Комплексное ГИС-моделирование при прогнозно-металлогенических исследованиях в северо-восточной части Республики Алтай // Сборник научных трудов. Вып. 2. «Новые информационные технологии в науке и образовании». Горно-Алтайск, - 2002, - С. 3-11 (соавтор В.В. Данилов).
50. Прогнозно-геохимический блок геохимической основы (ГХО-1000) Государственной геологической карты Российской Федерации листа М-45 // Там же, - С. 11-20 (соавторы Л.П. Карабицина, О.В. Первухин).
51. Трансформная континентальная окраина западной части Алтае-Саянской складчатой области и её металлогения // Тектоника и металлогения Центральной и Северо-Восточной Азии: Тез. Докл. Международ. Конф. Новосибирск, - 2002, - С. 80-81.
52. Петрология медно-золотогенерирующих порфировых комплексов Горного Алтая и Горной Шории // Петрология магматических и метаморфических комплексов. Вып.3. Материалы научной конференции. Томск, ЦНТИ, -2002, - С.50-56.
53. Мантийный магматизм и типизация золоторудных узлов Горного Алтая и Горной Шории // Вестник Томского государственного университета. Проблемы геологии и географии Сибири, №3. Томск, - 2003, - С.228-230.
54. Флюоритовое оруденение северной части Горного Алтая. Там же, - С.231-233 (соавтор В.В. Данилов).
55. Флюидный режим и рудоносность Майской магмо-рудно-метасоматической системы в Горной Шории // Современные проблемы формационного анализа, петрология и рудоносность магматических образований. Новосибирск, - 2003, - С.93-94.
56. Петрология Харловского расслоенного интрузива в Горном Алтае // там же, - С.90-91.
57. Роль мантийных процессов в минерации верхней литосферы (на примере Рудного, Горного Алтая, Салаира и Горной Шории). Там же, - С.91-93.
58. Глубинное строение и металлогения Рудного, Горного Алтая, Салаира и Горной Шории // Строение литосферы и геодинамика. Иркутск, -2003, - С. 88-90.
59. ГИС-атлас. Алтайский край. Пакет оперативной геологической информации. Санкт-Петербург. - 2002, - 20 с. (соавторы С.И. Федак, Ю.А. Туркин, В.А. Кривчиков).
60. ГИС-атлас. Республика Алтай. Пакет оперативной геологической информации. Санкт-Петербург. - 2002, - 20 с. (соавторы С.И. Федак, Ю.А. Туркин, В.А. Кривчиков).
61. Аномальные структуры геохимических полей эпитермального золото-серебряного оруденения Горного Алтая и юга Горной Шории // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири. Томск, - 2003, - С. 151-153.
62. Мантийный магматизм и золотое оруденение в блоке «Металлогения» ГИС-атласа Республики Алтай // Геоэкология Алтае-Саянской горной страны. Ежегодный Международный сборник научных статей. Вып.1. -Горно-Алтайск: РИО ГАГУ, 2004, - С. 58-62 (соавтор Д.В. Данилов).

63. Металлогения и прогнозная оценка месторождений полезных ископаемых Алтайского края //Актуальные вопросы геологического изучения недр и воспроизводства минерально-сырьевой базы Алтайского края (тезисы краевой конференции). Барнаул, - 2004, - С. 57-62.
64. Пералюминиевые гранитоиды Горного Алтая: петрология и их рудоносность // Бюллетень: Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая. Горно-Алтайск, 2004, №1, -С.33-35.
64. Петрология флюидный режим и оруденение Харловского расслоенного массива // Там же, -С. 35-38 (соавтор Нечина О.В.).
65. Эпитермальное оруденение благородных металлов Горного Алтая и Горной Шории // Известия Томского политехнического университета.- Томск. –2005. №3 . – Том . 308, -С. 32-35.
- 66.Петрология редкометалльных магмо-рудно-метасоматических систем Горного Алтая // Известия Томского политехнического университета.- Томск. – 2005. №4 . – Том . 308, - С. 43-47.
67. Минералого-геохимические особенности медно-золото-порфирового оруденения Горного Алтая и Горной Шории // Материалы третьего международного симпозиума «Золото Сибири и Дальнего Востока: геология, геохимия, технология, экономика, экология». Улан-Удэ, - 2004, - С. 63-65.
68. Золото-ртутный тип оруденения Горного Алтая // Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая. Горно-Алтайск, 2004, № 2, -С. 53-56 (соавтор П.Ф. Селин).
69. Особенности золото-черносланцевого оруденения Горного Алтая // Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая. Горно-Алтайск, 2004, № 2, - С.39-41 (соавтор А.Н. Пономарёв).
70. Петрология и рудоносность Сеглебирской офиолитовой ассоциации (Северо-Восточная часть Горного Алтая и юг Горной Шории) // Петрология магматических и метаморфических комплексов, Томск, 2004, вып.4 , -С. 130-133 (соавторы А.И. Чернышов, Р.О Гринёв).
71. Перспективы Северо-Восточной части Горного Алтая на марганцевое оруденение // Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая. Горно-Алтайск, 2004, №2, -С.16-18.
72. Типоморфизм и типохимизм самородного золота Синюхинского рудного поля // Там же, -С.19-22.
73. Магмо-флюидодинамическая концепция эндогенного рудообразования на примере Горного Алтая и других регионов //Региональная геология и металлогения, 2005, № 23, -С. 119-129 (соавтор Н.И. Гусев).
74. Адакиты междуречья Коура-Мунжа (юг Горной Шории, северо-восток Республики Алтай) // Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая. Горно-Алтайск, 2005, № 1, -С. 44-48 (соавтор Н.И. Гусев).

75. Обоснование магмо-флюидодинамической концепции эндогенного рудообразования на примере Алтая и соседних регионов // Там же, -С. 36-44.
76. 32 Международный геологический конгресс: проблемы золотого оруденения // Там же, - С.5-10 (соавторы Н.И. Гусев, В.В. Шкиль, Н.П. Бедарев, С.И. Фкдак).
77. Золото Сибири и Дальнего Востока // Там же, -С.15-17 (соавторы В.В. Шкиль, Н.П. Бедарев).
78. The types and tectonic environment of the few granite bodies of Gornyi Altai // 4-th International Symposium on Geodinamic evolution of Paleoasian Ocean. Novosibirsk, - 1993,- P.76-77.
79. Anomalous structures of geochemical fields of Inskoi Gold-Ore knot (North-Eastern Gornyi Altai) // 4-th Joint International Simposium on Exploration Geochemistry. Irkutsk,- 1994. - P. 84-85.
80. Paleozoic Geodinamic and metellogeny of West Altai-Sajan folded area // Материалы II Всероссийского совещания:"Металлогения, нефтегазоносность и геодинамика Северо-Азиатского кратона и разновозрастных орогенных поясов его обрамления". Иркутск, - 1998. -С. 227.
81. Middle Paleozoic granitoid magmatism in Gornaja Shoria and eastern Altai, Russia (U – Pb age data and geochemical distinctive features). // Continental Growth in the Phanerozoic (Evidence from Central Asia): Abstracts of the Third Workshop. Novosibirsk, - 2001, Russia, Novosibirsk: Publishing House of SB RAS. Department "Geo", - p. 90 – 91 (co-authors S.N. Rudnev, N.N. Kruk, S.P. Shokalsky, A.B. Kotov, E.B. Salnikova, O.A. Levchenkov).