

ОСОБЕННОСТИ МЕТАЛЛОГЕНИИ ПОЛИАККРЕЦИОННОЙ АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ОРОГЕННОЙ ОБЛАСТИ

Э.Г. Дистанов, А.С. Борисенко, А.А. Оболенский, В.И. Сотников, В.И. Лебедев*

Институт геологии и минералогии СО РАН, 630090, Новосибирск, просп. Коптюга, 3, Россия

**Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
667007, Кызыл, ул. Интернациональная, 117-а, Россия*

Выполнен общий металлогенический анализ и металлогеническое районирование территории Алтае-Саянской орогенной области (АСОО) с позиций современных представлений тектоники литосферных плит и глубинной геодинамики. Алтае-Саянская область представляет собой типичный пример полиаккреционной орогенной системы, сформировавшейся в процессе длительного развития Палеоазиатского океана. Выделены главные металлогенические пояса, установлены характерные для них рудные формации (модельные типы месторождений), их возрастные характеристики и геодинамические обстановки формирования. Всего выделено и изучено 48 металлогенических поясов, включающих 450 месторождений семидесяти рудных формаций. Охарактеризованы металлогенические пояса для четырех временных периодов (металлогенических эпох), отвечающих определенным циклам геодинамических событий формирования полиаккреционной орогенной области: рифей—венд (1200—620 млн лет); венд—силур (620—410 млн лет); девон—ранний карбон (410—320 млн лет); поздняя пермь—триас (260—205 млн лет). Выявлены характерные геодинамические обстановки формирования различных типов продуктивных рудообразующих систем. Показана определяющая роль в металлогенической эволюции АСОО многоактного формирования разновозрастных активных континентальных окраин и островодужных систем в рифее—венде, раннем (V—S) и среднем (D—C₁) палеозое.

Для посторогенного этапа развития АСОО наиболее рудопродуктивным является триасовый период. Геодинамические и металлогенические события этого периода определяются процессами тектоно-термальной активизации на периферии Сибирского пермотриасового суперплума в межблоковых зонах орогенного коллажа. Характерно проявление крупных сдвиговых движений по границам плит и блоков, формирование приразломных прогибов и грабенов, развитие рифтогенных структур с проявлением анорогенного гранитоидного магматизма в виде щелочных и субщелочных редкометаллических гранитов, а также щелочно-базальтоидного магматизма.

Установлена важная роль транспрессионных обстановок (косой субдукции) и плюмового магматизма в формировании мантийных и мантийно-коровых рудообразующих систем. Для среднепалеозойского и мезозойского этапов получены новые геохронологические данные и проведена пространственная и временная корреляция формирования главных типов месторождений ртути, золота и редких металлов.

Металлогения, террейновый анализ, рудные месторождения, геодинамические обстановки.

METALLOGENY OF THE POLYACCRETIONARY ALTAI-SAYAN OROGENIC AREA

E.G. Distanov, A.S. Borisenko, A.A. Obolensky, V.I. Sotnikov, and V.I. Lebedev

A general metallogenic analysis and metallogenic zoning of the Altai-Sayan orogenic area (ASOA) were carried out in terms of the modern plate tectonics and mantle geodynamics concepts. The Altai-Sayan folded area is an example of a polyaccretionary orogenic system resulted from the long evolution of the Paleoasian ocean. The main metallogenic belts have been recognized, in which typical ore associations (model types of mineral deposits) and their ages and geodynamic settings of formation have been established. A total of 48 metallogenic belts including 450 mineral deposits of 70 model types were studied. These belts are related to four time spans (metallogeny epochs) corresponding to the cycles of geodynamic processes that led to the formation of the polyaccretionary orogenic area: Riphean-Vendian (1200—620 Ma); Vendian-Silurian (620—410 Ma); Devonian-Early Carboniferous (410—320 Ma); and Late Permian-Triassic (260—205 Ma). Study was also given to typical geodynamic settings in which ore-forming productive systems originated. It is shown that the metallogenic evolution of the ASOA was determined mainly by the multistage formation of active continental margins and island-arc systems in the Riphean-Vendian and Early (V—S) and Middle (D—C₁) Paleozoic.

At the postorogenic stage, the ASOA evolution was the most productive in the Triassic. The geodynamic and metallogenic events in this period were determined by the tectonothermal activity on the periphery of the Permo-Triassic Siberian superplume in the interblock zones of the orogenic collage, which led to serious shifts along the plate and block boundaries, the formation of near-fault troughs and grabens, appearance of rift structures, and development of anorogenic granitoid magmatism (manifested as alkali and subalkalic rare-metal granites) and alkali-basaltoid magmatism.

Transpression settings (oblique subduction) and plume magmatism are shown to have played a key role in the formation of mantle and mantle-crustal ore-forming systems. For the Middle Paleozoic and Mesozoic stages, new geochronological evidence has been obtained, and spatial and temporal correlations for the formation of the main types of mercury, gold, and rare-metal deposits have been made.

Metallogeny, terrane analysis, ore deposits, geodynamic settings

ВВЕДЕНИЕ

Применение идей плитной тектоники и глубинной геодинамики для решения основных вопросов зарождения и развития рудообразующих систем, а также факторов, определяющих их высокую рудопродуктивность, является в последнее время одним из базовых направлений в теории рудообразования и металлогении. Одной из актуальных задач исследований в этом направлении является разработка принципов металлогенического анализа полиаккреционных (или полициклических) орогенных поясов с неоднократной сменой геодинамических режимов их формирования. Алтае-Саянская область представляет собой типичный пример полиаккреционной орогенной системы, сформировавшейся в процессе длительного развития Палеоазиатского океана и последующих внутриплитных процессов. В то же время эта территория, включая Енисейский кряж, является одной из важнейших рудных провинций юга Сибири и содержит более 450 рудных месторождений, в том числе около 60 крупных и 20 уникальных по запасам.

В основе металлогенического анализа областей длительного многоэтапного развития с неоднократной сменой геодинамических режимов формирования структур земной коры лежат принципы геостратиграфической металлогении — на фоне общей тектонической и геодинамической эволюции региона поэтапное рассмотрение геодинамических обстановок, условий формирования и закономерностей размещения различных типов минеральных месторождений (рудных формаций), рудных комплексов и металлогенических ассоциаций, выявление главных факторов формирования высокопродуктивных рудообразующих систем, металлогенических поясов, крупных и уникальных месторождений.

Принимая во внимание большую роль в подобных исследованиях палеогеодинамических и палеометаллогенических реконструкций, основанных на положениях тектоники плит и глубинной геодинамики, возможно, целесообразно было бы придать этому вполне сформировавшемуся как по теоретической базе, так и по методам исследований направлению в металлогении самостоятельное понятие „геодинамическая металлогения“ (geodynamical metallogeny).

Методической основой геодинамической металлогении являются:

— Палеогеодинамический террейновый анализ изучаемой территории. Подготовка специализированной картографической основы с выделением разнотипных и разновозрастных геодинамических комплексов и главных структурных элементов земной коры в современном выражении.

— Подготовка специализированной базы данных месторождений. Рудно-формационный анализ месторождений и проявлений полезных ископаемых. Построение и идентификация геолого-генетических моделей рудообразующих систем для основных типов месторождений региона. Сбор и уточнение геохронологических данных о времени формирования месторождений.

— Выделение металлогенических поясов по основным временным интервалам геодинамической эволюции и металлогенической активности (металлогеническим эпохам). Определение главных рудообразующих факторов и тектонических элементов, контролирующих металлогенические пояса.

— Палеогеодинамические и палеометаллогенические реконструкции металлогенических поясов на время их формирования. Описание геодинамических обстановок формирования главных типов рудных месторождений, высокопродуктивных рудообразующих систем и металлогенических поясов.

— Решение прогнозно-металлогенических и ревизионных задач, рассмотрение возможностей выявления новых рудных районов и новых продуктивных типов месторождений.

В мировой практике это направление активно начало развиваться в середине 80-х годов после выхода в свет ряда работ зарубежных ученых [Новая глобальная тектоника 1974; и др.] и постановки проблемы на 24-м международном геологическом конгрессе в Монреале (Канада) в 1972 г. и IV международном симпозиуме IAGOD в Варне (Болгария) в 1974 г. Знаковыми в этом отношении явились работы П.В. Гайлда [Guild, 1972, 1977], монографии Л.П. Зоненшайна, М.И. Кузьмина и В.М. Моралева [1976], А.А. Ковалева [1978], А. Митчелла и М. Гарсона [Mitchell, Garson, 1981]. К середине 90-х годов уже стало очевидным, что мобилизм, „тектоника плит“, является господствующей теорией в геотектонике. Появилась обширная литература по этому вопросу, совершившая грандиозный переворот во взглядах геологов на тектоническую историю регионов, условия формирования и закономерности размещения минеральных месторождений. Однако потребовалось еще длительное время для адаптации геологов к новой парадигме, проверки новых идей на практике, анализа и обобщения с новых позиций огромного фактического материала геологических наблюдений в конкретных рудных провинциях. Переход металлогении на позиции новой глобальной тектоники открыл широкие возможности для корреляции геологических процессов в связи с латеральной геодинамикой литосферных плит, для новых интерпретаций факторов формирования рудообразующих систем и их геодинамической обусловленности, понимания природы мантийных и коровых источников рудного вещества.

Для евроазиатского континента особое значение имели теоретические разработки большого коллектива геологов по международному проекту IGCP-238 „Геодинамическая эволюция Палеоазиатского океана“, выполненные под руководством Р. Колмана, Н.Л. Добрецова и Сяо Ксучанга [Научные результаты..., 1994]. Вышли в свет „Геодинамическая карта СССР и сопредельных территорий“ м-ба 1:2 500 000

[1988] и крупное исследование Л.П. Зоненшайна, М.И. Кузьмина и Л.М. Натапова по тектонике литосферных плит территории СССР на русском и английском языках [Зоненшайн и др., 1990; Zonenshain et al., 1990]. Важную роль в решении многих теоретических проблем глубинной геодинамики и их приложению к вопросам рудообразования и металлогении сыграли обобщающие работы Н.Л. Добрецова и А.Г. Кирдяшкина [Dobretsov, Kirdyashkin, 1998; Добрецов и др., 2001].

Для фундаментального обобщения материалов по геодинамике и металлогении территорий Северо-Восточной Азии и прилегающих территорий Тихоокеанского кольца в 1988 и 1996 годах один за другим по инициативе Академии наук России и Геологической службы США стартовали два международных проекта: „Металлогения и тектоника Российского Дальнего Востока, Аляски и Канадских Кордильер“ и „Минеральные ресурсы, тектоника и металлогения Северо-Восточной Азии“ с участием геологов России, США, Канады, Японии, Южной Кореи, Китая и Монголии. Инициаторами и руководителями проектов были У.Дж. Ноклеберг, Л.М. Парфенов, А.И. Ханчук, М.И. Кузьмин. С российской стороны в работах принимали участие практически все институты геологического профиля Сибирского и Дальневосточного отделений РАН. Работы охватили территорию от Западной Сибири и Восточного Казахстана до островов Тихого океана. На всю территорию были составлены новая геодинамическая террейновая карта м-ба 1:5 000 000, карты месторождений полезных ископаемых и карты металлогенических поясов по возрастным срезам. Был подготовлен банк данных месторождений, выполнены описания металлогенических поясов и модельных типов месторождений, сделаны палеогеодинамические и палеометаллогенические реконструкции по основным временным срезам. В процессе работ отработывалась методика проведения исследований, основанная на новых принципах геодинамической металлогении. Подобные исследования для такой обширной территории проводились впервые в мировой практике. Ими были охвачены регионы с принципиально отличной геодинамической историей формирования земной коры: сложные террейновые коллажи северо-востока России; орогенные области современных и древних активных континентальных окраин трансформного типа; полиаккреционные орогены Центрально-Азиатского складчатого пояса; рудоносные структуры кратонов, перикратонных опусканий и древних кратонных блоков; области внутриплитной тектономагматической активизации, в том числе плюмового магматизма и т. д. Исследования в области рудно-формационного анализа и моделирования рудообразующих систем, которые активно проводились в течение последних десятилетий в России, Канаде, США и других странах, явились хорошей основой для новой металлогенической систематики месторождений, отражающей их состав, генетические особенности, связь с геологическими процессами и тип рудообразующих систем. Результаты этих работ обсуждались на ряде международных совещаний, публиковались в многочисленных печатных работах, а также и в электронном виде издательством Геологической службы США. В 2001 г. была опубликована под редакцией Л.М. Парфенова и М.И. Кузьмина коллективная монография „Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия)“, осветившая большую часть результатов исследований по территории северо-востока России, а в 2005 г. вышла из печати итоговая книга по первому проекту [Nokleberg et al., 2005]. Подготовлена к изданию итоговая книга по второму проекту. Большая часть этой работы, посвященная геодинамике и металлогении западной части Северо-Азиатского кратона, складчатых структур его обрамления и теоретическим вопросам, подготовлена работниками Института геологии и минералогии СО РАН. Подобные исследования в мировой геологической науке в настоящее время считаются крайне актуальными. На территории Европы работает аналогичный проект „Геодинамика и рудные месторождения Европы“ (GEODE) (руководитель проф. Д. Бландел, Лондонский университет). Начаты работы по международному проекту „Оценка глобальных минеральных ресурсов“ (GMRAP).

Одной из актуальных и сложных задач развития теории металлогении с позиций тектоники литосферных плит является металлогенический анализ полиаккреционных орогенных поясов, связанных с длительным полициклическим (циклы Бертрана) развитием палеоокеанов [Хаин, 1992]. Алтае-Саянская орогенная область, представляющая собой юго-западное складчатое обрамление Северо-Азиатского кратона, является типичным примером полиаккреционной орогенной системы. Впервые широкое обобщение по металлогении Алтае-Саянской провинции как полициклической складчатой области, но с доминировавших в то время фиксистских позиций тектоники геосинклиналей было сделано В.А. Кузнецовым [1967]. Оно было выполнено с применением рудно-формационного анализа и методов геостратиграфической металлогении — последовательного, поэтапного рассмотрения тектонических, магматических и связанных с ними рудообразующих процессов. Труды В.А. Кузнецова сохраняют большую значимость и на современном этапе, когда произошла смена геологической парадигмы и одним из главных направлений в теории рудообразования и металлогении является приложение идей тектоники плит и глубинной геодинамики для решения основных вопросов формирования рудообразующих систем и закономерностей размещения рудных месторождений.

МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОКРАИН АСОО

Алтае-Саянская орогенная область (АСОО) и соответствующая ей металлогеническая провинция являются частью глобального Центрально-Азиатского орогенного пояса, который сформировался в процессе длительного развития Палеоазиатского океана и его континентальных окраин, а также последующих внутриплитных процессов [Дистанов, Оболенский, 1994; Оболенский и др., 1999; Добрецов, 2003]. В эволюции процессов рудообразования АСОО отмечается определенная направленность. Ранний этап ее металлогенического развития связан с заложением Палеоазиатского океана и деструктивными процессами на окраине Сибирского кратона в раннем рифее. Далее существенное значение для металлогении имела последовательная аккреция разновозрастных островных дуг и формирование активных континентальных окраин в раннем и среднем палеозое. Формирование разновозрастных активных континентальных окраин и их металлогения соответствуют проявлению последовательных циклов Бертрана в эволюции Палеоазиатского океана. Эти периоды по времени и содержанию отвечают общепринятому понятию „металлогеническая эпоха“. События каждого подобного цикла могут разделяться на этапы: доаккреционный (субдукционный), аккреционно-коллизийный и постааккреционный. Посторогенные этапы металлогенического развития были связаны с внутриплитной геодинамикой, обусловленной проявлениями Сибирского пермотриасового суперплюма, межблоковых сдвиговых движений и внутриплитного рифтогенеза, сопровождаемых мантийными и мантийно-коровыми рудообразующими системами [Добрецов, Верниковский, 2001; Борисенко и др., 2005].

Неопротерозойская (рифей—венд, 1200—620 млн лет) континентальная окраина Северо-Азиатского кратона. Образование неопротерозойской (R—V) континентальной окраины юго-запада Северо-Азиатского кратона происходило на ранней стадии дробления Пангеи и заложения Палеоазиатского океана [Хаин, Божко, 1988; Dobretsov et al., 1995]. Особенностью, определившей стиль металлогенического развития рифейской окраины кратона, было формирование ее в два этапа. На раннем этапе (R₁₋₂) в режиме растяжения и дивергенции континентальных блоков произошло формирование пассивной континентальной окраины с элементами окраинно-континентального рифтогенеза; на позднем этапе (R₃—V), в режиме конвергенции, субдукционных процессов и аккреции, произошло формирование активной континентальной окраины. Н.Л. Добрецовым и др. [1985] для Северного Забайкалья и Восточного Саяна, В.Е. Хаиным и др. [1993] для Енисейского кряжа и других районов установлено наличие по периферии Сибирского кратона от Таймыра через Енисейский кряж и Восточный Саян до Байкальского нагорья рифейского офиолитового пояса, что свидетельствует о существовании в конце рифея (конвергентный этап) активной субдукционной континентальной окраины. Об этом говорят как обдуцированные офиолитовые покровы, так и реликты примитивных островодужных систем на Енисейском кряже (Исаковская, Предивинская зоны) и в Байкало-Витимской зоне.

В итоге, характерными особенностями рифейской окраины кратона явились:

— формирование пояса крупных перикратонных опусканий — краевых седиментационных бассейнов с элементами синхронного рифтогенеза и высокой эндогенной активностью (Енисейское, Присянское, Байкало-Патомское и др.);

— формирование по периферии кратона рифейского офиолитового пояса, относительно слабое развитие островодужных систем и переход перикратонных прогибов на субдукционно-аккреционной стадии в позицию задуговых бассейнов;

— по крайней мере двухэтапное формирование коллизийных гранитоидов: 1) в процессе ранней коллизии островных дуг и кратонных блоков (микроконтинентов) (R₃) и 2) на главном коллизийно-орогенном этапе (V) [Vernikovskiy et al., 2003; Верниковский, Верниковская, 2006];

— формирование на границе кратона и орогенной области серии глубоких разломов с существенно сдвиговой составляющей (Приенисейский, Главный разлом Восточного Саяна и др.), в значительной мере определявших природу окраинно-континентальных аккреционных призм, мантийно-корового магматизма и метаморфизма;

— формирование на постааккреционном этапе (V) шельфовых комплексов существенно карбонатных пород, перекрывающих древние кратонные террейны, с которыми связан ряд типов месторождений осадочного генезиса.

Одним из наиболее значительных ранних событий в геодинамическом и металлогеническом развитии региона было формирование трансрегионального Южно-Сибирского перикратонного металлогенического пояса [Дистанов, Оболенский, 1994; Пономарев и др., 1996]. Система краевых структур Сибирской платформы, включающая пояс перикратонных прогибов, авлакогенов, рифтов, краевых и трансформных разломов, создающих блоковую структуру фундамента, была выделена и описана как характерный элемент древней платформы Е.В. Павловским [1959], Ю.А. Косыгиным, И.В. Лучицким [1964] и детально изучается до последнего времени многими исследователями, в том числе в связи с проблемами нефтегазоносности [Сурков и др., 1996; Башарин и др., 1996]. С образованием краевых структур кратона на

ранней стадии раскрытия Палеоазиатского океана в среднем рифее связано формирование целой серии высокопродуктивных металлогенических поясов и рудных районов. Образование континентальной окраины связано с широким развитием в рифее мантийных плюмовых процессов и рифтогенным дроблением суперконтинента Пангея [Сурков и др., 1991]. Особенностью дивергентной стадии этого периода было формирование по периферии кратона серии активно погружавшихся перикратонных прогибов с высокой эндогенной активностью и подводной гидротермальной деятельностью. Это была не совсем типичная пассивная континентальная окраина, как это ранее трактовалось во многих тектонических построениях. Подобного рода краевые прогибы с большими мощностями терригенно-карбонатных турбидитов и локальными проявлениями вулканизма преимущественно рифтогенного и межблокового характера, очевидно, необходимо относить к типу высокопродуктивных в металлогеническом отношении эндогенно-активных бассейнов с так называемым „синхронным рифтогенезом“ [Щеглов, 1997] и рассматривать их как особый класс морей, сформировавшихся в режиме активного рифтогенеза. Все это привело к формированию крупных стратиформных месторождений свинца и цинка, железа, марганца и обогащению черносланцевых толщ золотом и другими элементами. Последующие аккреционные процессы завершились формированием регионального рудоносного офиолитового пояса [Хаин и др., 1993] и образованием ряда промышленно важных типов метаморфогенно-гидротермальных месторождений золота, сурьмы и др.

В структурной позиции наиболее крупных и высокопродуктивных в металлогеническом отношении перикратонных прогибов на юге Сибирской платформы — Енисейском и Байкало-Патомском отмечается интересная особенность. Они сформировались на основе трехлучевых сочленений рифтов. Напротив же этих прогибов находятся отделившиеся от платформы и затем причленившиеся к ней в позднем рифее — венде блоки крупных микроконтинентов — Верхнекетско-Хакасский в приенисейской части Западно-Сибирской плиты и Баргузино-Витимский в Прибайкалье. Отмечается относительно слабое развитие островодужных систем (Исаковский аллохтон, Предивинская зона, реликтовые блоки в аккреционном коллаже Восточного Саяна).

В эволюции рифейского осадочного бассейна Енисейского кряжа выделяются два последовательных этапа — раннесреднерифейский сухопитский (1450—1100 ± 50 млн лет), соответствующий дивергентной (рифтовой) стадии развития окраины, и среднепозднерифейский тунгусикский (1100—850 ± 50 млн лет), соответствующий конвергентной (островодужной) стадии [Неклюдов, 1995]. С проявлением мантийного вулканизма первого этапа связано формирование первичных рудных концентраций золота, сурьмы, вольфрама [Бергер и др., 1991]. Тунгусикский бассейн развивался унаследованно на Сухопитском и сочетал в себе элементы троговых зон и островных дуг с проявлением дифференцированного мантийнокорового вулканизма. С ним связано образование большинства колчеданных, колчеданно-полиметаллических и свинцово-цинковых месторождений Енисейского кряжа, а также железомарганцевые месторождения. Золотые и вольфрам-золото-сурьмяные месторождения (Верхнеенашиминский, Удерецкий, Раздольнинский рудные узлы) образуют четко выраженный субмеридиональный рудный пояс непосредственно к востоку от Центрального поднятия (антиклинория), вдоль сочленения его с Ангаро-Питским синклинием. В последнее время для большинства крупных золоторудных и золото-сурьмяных месторождений Енисейского кряжа преобладает модель многоактного полигенного осадочно-метаморфогенно-гидротермального генезиса [Ли, Шохина, 1978; Генкин и др., 1994; Неклюдов, 1995].

Все известные месторождения свинца и цинка локализованы в полиметаллическом поясе Енисейского кряжа в троговой зоне Тунгусикского бассейна к западу от Центрального поднятия (Большепитский синклиний), сохранявшей унаследованный с сухопитского времени тектонический режим растяжения и прогибания и характеризующейся застойными условиями седиментации и локальной вулканической деятельностью металипарит-андезит-базальтовой ассоциации [Пономарев, Забиров, 1988]. Основная масса полиметаллических проявлений тяготеет к южной наиболее опущенной части синклиния (Ангарский рудный район), где преимущественное развитие получили гидротермально-осадочные пирит-пирротин-сфалерит-галенитовые руды, залегающие согласно с вмещающими их терригенно-карбонатными породами (Горевское и др.), и прожилково-вкрапленные галенит-сфалеритовые руды в хемогенных и водорослевых известняках и доломитах (Морянихинское, Меркурихинское, Крутое и др.). В формировании рудообразующих систем уникального Горевского месторождения свинца и цинка [Кузнецов и др., 1990] важную роль имело, очевидно, сопряжение межблоковых глубинных разломов северо-западного простирания с поперечной структурой межплитного Иркинеевского разлома, лежащего в основе формирования Иркинеевско-Ванаварского авлакогена.

В целом для краевых структур платформы характерна поясовая металлогеническая зональность и направленность металлогенических процессов во времени в зависимости от смены геодинамических обстановок [Геология и металлогения..., 1985]. Особенно четко латеральная зональность проявлена на Енисейском кряже (с запада на восток): Приенисейская зона с Fe, Cr, Mn, Cu, Zn оруденением; Вороговско-Ангарская — Pb, Zn; Центральная — Au, Sb, W; Ангаро-Питская — Fe. На коллизионном этапе формиро-

вания структур Енисейского кряжа с позднерифейскими гранитами и щелочными метасоматитами связано редкометалльное W, Mo, Be, Nb, REE оруденение Татарско-Тырадинского металлогенического пояса.

Вдоль юго-западного обрамления Северо-Азиатского кратона существенное влияние на характер эндогенных процессов оказывало формирование серии глубинных разломов с существенной сдвиговой составляющей (Приенисейский, Главный разлом Восточного Саяна и др.), с которыми пространственно связаны Ti-Fe месторождения в габброидах позднерифейского возраста Лысанского и Присаянского металлогенических поясов и Белозиминское месторождение Ta-Nb-REE карбонатитов.

Для неопротерозойского (рифей—венд) периода развития Палеоазиатского океана и краевых структур Северо-Азиатского кратона на территории АСОО выделяются следующие основные геодинамические обстановки формирования высокопродуктивных металлогенических поясов (табл. 1):

1 — окраинно-континентальные перикратонные прогибы, рифты и авлакогены с высокой эндогенной активностью;

2 — аккреционные призмы с фрагментами комплексов океанической коры, островных дуг, задуговых бассейнов и эпикратонных рифтогенных трогов;

3 — кратонные метаморфические террейны (включая внутриблоковые грабеновые субтеррейны);

4 — окраинно-континентальные сдвиговые зоны с аккреционными клиньями (трансформные окраины кратона);

5 — окраинно-континентальные пояса коллизионных гранитоидов;

6 — перекрывающие карбонатные комплексы континентальных склонов на окраинах кратона и микроконтинентов;

7 — остаточные терригенные краевые бассейны.

Раннепалеозойская (венд—силур, 620—410 млн лет) активная континентальная окраина Сибирского палеоконтинента. Раннепалеозойский этап развития Центрально-Азиатского подвижного пояса сыграл наиболее значимую роль в формировании земной коры в пределах Алтае-Саянской орогенной области. В позднем венде—раннем кембрии после завершения байкальского орогенеза начался новый этап тектонического развития Палеоазиатского океана, равнозначный циклу Бертраана [Хаин, 1992; Хаин, Сеславинский, 1991], что выразилось в новом импульсе его раскрытия, формировании раннепалеозойской активной континентальной окраины и последующих аккреционно-коллизионных процессах. Характерными особенностями геодинамической эволюции этого периода на юго-западной окраине Сибирского палеоконтинента (в современных координатах) были:

— широкое развитие островодужных систем, субдукционно-аккреционных зон и окраинно-континентальных магматических дуг, положение которых в значительной степени определялось границами древних блоков и микроконтинентов;

— формирование на коллизионном этапе региональных транспрессионных сдвиговых структур, контролирующих ареалы мантийно-корового магматизма рудоносных габбро-гранитоидных серий, прорывающих вулканогенно-осадочные и турбидитовые отложения;

— проявление вдоль сдвиговых границ древних блоков постколлизионных (анорогенных) гранит-лейкогранитовых и субщелочных редкометалльных гранитных интрузий.

Обстановки формирования высокопродуктивных рудообразующих систем и металлогенических поясов этого времени определялись широким развитием вулканических островных дуг, субдукционно-аккреционных зон и окраинно-континентальных магматических поясов. Комплексы островных дуг, к которым отнесены собственно магматические дуги, отложения преддуговых и задуговых бассейнов, занимают значительные площади в современной структуре АСОО. Островодужные комплексы венд-кембрийского возраста сформировались в пределах Кузнецко-Тувинской островодужной системы, которая возникла перед докембрийскими микроконтинентами после аккреции их к Сибирскому кратону [Берзин, Кунгурцев, 1996]. Фрагменты ее в современной структуре отмечаются в Северо-Западной Монголии, Горном Алтае, Салаире, Кузнецком Алатау, Туве и Западном Саяне. В связи с последующими горизонтальными движениями фрагменты островных дуг утратили первичные латеральные связи со смежными структурами, что затрудняет расшифровку их строения и развития. Выделяются ранние (венд—нижний кембрий) и поздние (нижний—верхний кембрий) островодужные комплексы. С комплексами островных дуг связано формирование вулканогенных колчеданно-полиметаллических месторождений (Улугуйский рудный пояс, месторождение Кызыл-Таштыг [Кузбный и др., 2001]), вулканогенно-осадочных и скарновых железорудных (Западный Саян, Горная Шория, Кузнецкий Алатау), а также вулканогенно-осадочных месторождений марганца (Дурновское, Салаирский кряж; Усинское и Мазульское в Кузнецком Алатау). В пределах Хемчикско-Куртушибинского офиолитового пояса Тувы сформировались крупные месторождения хризотил-асбеста (Актоврак, Саянское).

На коллизионном этапе произошло формирование региональных правосторонних сдвиговых структур, контролирующих ареалы мантийно-корового магматизма рудоносных габбро-гранитоидных серий, прорывающих вулканогенно-осадочные и турбидитовые отложения [Берзин, 2003]. С ними связаны крупные золото-сульфидно-кварцевые и золото-скарновые месторождения Кузнецкого Алатау и Вос-

Таблица 1. Геодинамические обстановки формирования металлогенических поясов АСОО и краевых структур западного обрамления Северо-Азиатского кратона в неопротерозое (рифей—венд, 1200—620 млн лет)

Рудная формация	Пример месторождения
Окраинно-континентальные перикратонные прогибы, рифты и авлакогены	
<i>Металлогенические пояса: Центрально-Енисейский (ЦЕ), Вороговско-Ангарский (ВА), Ангаро-Питский (АП)</i>	
Au в черных сланцах	Олимпиадинское , Енашиминское
Au-кварцевая метаморфогенно-гидротермальная	Советское , Эльдорадо
Au-Sb-метаморфогенно-гидротермальная	Удереysкое, Раздольнинское
Pb-Zn-гидротермально-осадочная (SEDEX-типе)	Горевское
Pb-Zn-стратиформная в карбонатных толщах	Морянихинское
Fe-гематитовая осадочная	Ишимбинское, Удоронговское, Нижнеангарское
Fe-скарновая	Енашиминское 2, Полкан гора
Аккреционные призмы с фрагментами комплексов океанической коры, островных дуг, задуговых бассейнов и эпикратонных рифтогенных трогов	
<i>Металлогенические пояса: Исаковский (ИС), Боксон-Китойский (БК)</i>	
Zn-Pb-Cu-колчеданно-полиметаллическая вулканогенная гидротермальная (VNMS)	Хариузахинское
Mn-вулканогенно-осадочная (и кор выветривания)	Порожинское , Моховое
Fe железистых кварцитов	Исаковское
Au в черных сланцах	Зун-Холбинское
Au-сульфидно-кварцевая жильная	Ондольтой
Au-порфировая	Таинское
Нефелиновая магматическая	Ботогольское
Бокситовая осадочная	Боксонское
Хризотил-асбестовая в серпентинитах	Ильчирское
Кратонные метаморфические террейны (включая грабеновые субтеррейны)	
<i>Металлогенические пояса: Канский (КН), Присаянский (ПС)</i>	
Au-сульфидно-кварцевая жильная	Кузеевское, Богунаевское
Li-Sn Be-пегматитовая	Баргинское
Mo-W-Be-грейзеновая	Канское
PЗЭ (\pm Ta, Nb, Fe)-карбонатитовая	Белозиминское
Ti-Fe-магматическая в габброидах	Жидойское
Алмазных кимберлитов	Онотское
Тальк-магнезитовая метасоматическая	Ингашиное
Окраинно-континентальные сдвиговые зоны с аккреционными клиньями (трансформные окраины кратонов)	
<i>Металлогенические пояса: Лысанский (ЛС)</i>	
Ti-Fe магматическая в габброидах	Лысанское , Кедранское
Окраинно-континентальные пояса коллизионных гранитоидов	
<i>Металлогенические пояса: Татарско-Тырадинский (ТТ)</i>	
Li-Sn-Be-пегматитовая	Енашиминское I
Mo-W-Be-грейзеновая	Оленья гора
W-Mo-скарновая	Ильинское
Ta, Nb, REE в щелочных метасоматитах	Татарское
Перекрывающие карбонатные комплексы континентальных склонов на окраинах кратона и микроконтинентов	
<i>Металлогенические пояса: Мрасский (МР), Беллыкский (БЕ)</i>	
Фосфоритовая осадочная	Белкинское, Тамалыкское, Сейбинское
Фосфоритовая кор выветривания	Телекское
Баритовая осадочная	Мартюхинское, Сорминское, Толченское
Остаточные краевые терригенно-карбонатные бассейны	
<i>Металлогенические пояса: Игарский (ИГ), Бедобинский (БД)</i>	
Медистые песчаники	Гравийское , Сухаринское, Куришское, Бедобинское

Примечание. Здесь и далее полужирным шрифтом выделены крупные и уникальные месторождения.

точной Тувы. Золото-скарновые (Натальевское, Лебедское и др.) и золото-сульфидно-кварцевые месторождения (Центральное, Бериккуль, Комсомольское, Коммунар, Саралинское) связаны с гранитоидами мартайгинского и лебедского комплексов ($\text{C}_2 - \text{O}$); железорудные скарновые месторождения Тельбесского рудного района приурочены к гранитоидам тельбесского комплекса ($\text{O}_2 - \text{S}_1$), а медно-молибденовые скарновые, шеелитовые скарновые и магнетитовые скарновые месторождения — к уленьтуимскому комплексу гранитоидов повышенной щелочности ($\text{O}_2 - \text{S}_1$) [Кузнецов и др., 1971; Алабин, Калинин, 1999].

В сдвиговых зонах трансформной окраины кратона в Восточном Саяне в это время были сформированы Ti-Fe месторождения в габброидах (Ийский пояс). Вдоль западной границы Сангиленского блока Тувино-Монгольского микроконтинента образовался Тастыгский металлогенический пояс с крупным месторождением редкоземельных литиевых пегматитов. Формирование пояса связывается с интрузиями анорогенного гранит-лейкогранитового пегматитового комплекса силурийского возраста в обстановке трансформной окраины микроконтинента. Такое сочетание проявления сугубо мантийных и мантийно-корковых рудообразующих систем является характерной чертой транспрессионных (коллизивно-сдвиговых) геодинамических обстановок.

Для раннепалеозойского (V—S) периода формирования структур земной коры западной окраины Сибирского палеоконтинента наиболее благоприятными геодинамическими обстановками для формирования высокопродуктивных рудообразующих систем были (рис. 1, табл. 2):

- островные дуги и задуговые бассейны;
- аккреционные клинья с фрагментами океанической коры, островных дуг и задуговых бассейнов;
- окраинно-континентальные сдвиговые зоны с аккреционными клиньями (трансформные окраины кратона);

Таблица 2. Геодинамические обстановки формирования металлогенических поясов Алтае-Саянской орогенной области в раннем палеозое (венд—силур, 620—410 млн лет)

Рудная формация	Пример месторождения
Островные дуги и задуговые бассейны	
<i>Металлогенические пояса: Тайдон-Кондомский (ТК), Северо-Саянский (СС), Улугуйский (УО)</i>	
Fe-магнетитовая скарновая	Таштагол, Шерегеш, Казское, Ампалыкское, Анзасское, Абаканское
Mn-вулканогенно-осадочная	Усинское
Cu самородной меди (тип оз. Верхнего)	Тайметское
Cu-Zn-колчеданная гидротермально-осадочная (кипрский тип)	Маинское
Zn-Pb-Cu-колчеданно-полиметаллическая вулканогенная гидротермальная (VHMS)	Кызыл-Таштыг
Аккреционные клинья с фрагментами океанической коры, островных дуг и задуговых бассейнов	
<i>Металлогенические пояса: Хемчик-Куртушибинский (ХК)</i>	
Хризотил-асбестовая в серпентинитах	Актоврак, Саянское
Окраинно-континентальные сдвиговые зоны с аккреционными клиньями (трансформные окраины кратона)	
<i>Металлогенические пояса: Ийский (ИЙ)</i>	
Ti-Fe магматическая в габброидах	Верхнейское
Коллиззионные габбро-гранитоидные плутонические пояса	
<i>Металлогенические пояса: Мартайгинский (МТ), Киялых-Узеньский (КУ), Кизир-Казырский (КК), Ондумский (ОН)</i>	
Au-сульфидно-кварцевая березитовая	Бериккульское, Гавриловское, Саралинское, Коммунар
Au-скарновая	Синюхинское, Натальевское, Ольховское, Тардан
Золото-теллуридно-ртутная	Юзиское
Cu-скарновая	Киялых-Узень
Fe-скарновая	Самсон, Табратское, Ирбинское
W-Мо-скарновая	Туим, Балыксинское
Mo-W-Be-грейзеновая	Туртек
Fe-оксидная вулканогенно-осадочная	Белокитатское
Постколлиззионные (анорогенные) гранит-лейкограниты и субщелочные граниты	
<i>Металлогенические пояса: Тастыгский (ТТ)</i>	
Li, Sn, Be-пегматитовая	Тастыгское, Кара-Адыр
Ta, Nb, REE в щелочных метасоматитах	Арысканское

— коллизионные габбро-гранитоидные плутонические пояса, накладывающиеся на вулканогенно-осадочные и турбидитовые толщи континентальной окраины;

— постколлизионные (анорогенные) гранит-лейкограниты и субщелочные граниты.

Металлогения среднепалеозойской активной континентальной окраины Сибирского палеоконтинента (D—C₁, 410—320 млн лет). Герцинская металлогеническая эпоха явилась одной из значимых в эволюции процессов рудообразования на территории Алтае-Саянской оргогенной области. Со среднепалеозойским (D—C₁, 410—320 млн лет) периодом связано формирование активной континентальной окраины на юго-западе Сибирского палеоконтинента. Эндогенные процессы магмо- и рудообразования охватили широкую территорию от Рудного Алтая до краевых структур Сибирской платформы. Характерными чертами герцинской континентальной окраины Сибирского палеоконтинента на площади Алтае-Саянской орогенной области являются:

— формирование ее на гетерогенном фундаменте раннепалеозойской складчато-блоковой системы;

— косой транспрессионный характер субдукционно-аккреционных процессов, что привело к широкому проявлению сдвиговых движений [Буслов и др., 2000, 2003];

— широкие поля развития тыловых рифтогенных бассейнов (Минусинский, Кузнецкий, Тувинский и др.) и обрамляющих их вулканоплутонических поясов с сопутствующей рудной минерализацией.

По палеогеодинамическим реконструкциям [Елкин и др., 1994] среднепалеозойский Иртыш-Зайсанский океанический бассейн развивался унаследованно от ордовика и силура. Особенно четко герцинская континентальная окраина проявилась в структурах Рудного и Горного Алтая. Территория Рудного Алтая в среднем палеозое представляла собой энсиалическую вулканическую островную дугу кордильерского типа, развивавшуюся на фундаменте ордовик-силурийской пассивной континентальной окраины [Ротараш и др., 1982]. Крайне-континентальный вулканический пояс Горного Алтая, отделенный от Рудного Алтая Белоубинско-Маймырской зоной задугового прогиба и Северо-Восточной зоной смятия, сформировался на сиалическом блоке Алтае-Монгольского микроконтинента.

В структурах Рудного и Горного Алтая четко проявилась металлогеническая зональность, обусловленная различными геодинамическими обстановками формирования эндогенных рудообразующих систем. Отмечается петрохимическая зональность вулканитов смежных блоков Рудного и Горного Алтая и их различная металлогеническая специализация [Гаськов и др., 1999]. Для Рудного Алтая характерно развитие известково-щелочных вулканитов базальт-риолитовой контрастной формации с антидромным развитием и преобладанием кислых разностей пород. С ними связаны колчеданно-полиметаллические и барит-полиметаллические (с золотом и серебром) месторождения Рудно-Алтайского металлогенического пояса. Исследование закономерностей размещения месторождений и рудных полей северо-западной части Рудного Алтая подтверждают их приуроченность к центрам вулканической активности базальт-риолитовой контрастной формации с антидромным трендом развития. Формирование полиметаллических месторождений происходило преимущественно в субмаринных обстановках малоглубинного вулканического шельфа по модели придонного (subsea-floor) отложения рудных залежей путем метасоматоза и выполнения полостей отслоения (флюидоразрыва) слаблитифицированных осадков в зоне вскипания поднимающихся высоконагретых флюидов [Дистанов, Гаськов, 1999]. Антидромный тренд развития вулканизма отразился и на составе сопутствующей рудной минерализации. С ранними проявлениями существенно кислого вулканизма эйфель-живетского возраста связаны золото-серебро-барит-полиметаллические месторождения (Зареченское, Змеиногорское и др.). С риолит-дацитовыми и базальт-андезитовыми дифференциатами живет-франского вулканизма коррелируются широко развитые в регионе месторождения колчеданно-полиметаллического типа (Юбилейное, Корбалихинское, Рубцовское и др.). Уникальная рудопродуктивность Рудно-Алтайского полиметаллического пояса определяется, очевидно, особенностями геодинамического развития энсиалической островодужной системы на мощной аккрецированной толще терригенно-карбонатных отложений шельфа пассивной континентальной окраины ордовик-силурийского возраста. В этом отношении намечается определенное сходство его с Иберийским колчеданно-полиметаллическим поясом и рудным районом Батерст на севере Аппалачей.

Вулканиты Коргонской и Холзунской зон Горного Алтая представлены субщелочной базальт-андезит-риолитовой формацией с гомодромной направленностью развития, эпиконтинентальными субэаральными и мелководными обстановками проявления. С ними связаны вулканогенно-осадочные, в том числе впоследствии скарнированные, железорудные и железомарганцевые месторождения. В Чарышско-Инском блоке Горного Алтая, представляющем собой особую структурно-формационную зону (субтеррейн) с развитием девонских рифтогенных комплексов на основе карбонатно-терригенных толщ ордовика—силура, проявлена золоторудная минерализация и титано-магнетитовое оруденение в расчлененных габброидах.

Салаирский кряж, представляющий в основе островодужную систему раннепалеозойского возраста, в среднем палеозое испытал влияние процессов, связанных с развитием герцинской активной континентальной окраины. Они выразились в проявлении базитового магматизма в форме дайковых поясов и малых интрузий и кислого порфирирового магматизма. С этим этапом связано формирование золото-барит-

полиметаллических месторождений Салаирского рудного поля и кварцево-золоторудного оруденения. Существенную роль в размещении оруденения играли сдвиговые зоны интенсивного расщепления и поперечные зоны разломов [Дистанов, 1977].

Значительным рудным потенциалом обладают, очевидно, широко распространенные на территории АСОО тыловодужные бассейны девон-раннекарбонного возраста и обрамляющие их вулканоплутонические пояса. До последнего времени они оценивались с фиксированных позиций как межгорные впадины, сформировавшиеся в субплатформенный этап развития региона. Характерными чертами геологического развития этих структур являются:

- формирование их на складчато-блоковом фундаменте каледонид АСОО;

- широкое проявление вулканических процессов и интрузивных комагматов на ранней рифтогенной стадии развития прогибов и малоглубинных терригенных отложений, в том числе красноцветных и угленосных фаций, на поздних стадиях накопления осадков;

- повышенная щелочность как основных, так и кислых разностей вулканических образований вплоть до высокощелочных пород — нефелиновых долеритов, фонолитов, нефелинитов, а также широкое развитие интрузивных комагматов вулканоплутонических комплексов от габброноритов до щелочных и биотитовых гранитов и щелочных пород типа тералит-сиенитов, уртитов, нефелиновых сиенитов и др. [Луцицкий, 1960; Левченко, Грайзер, 1965];

- рифтогенный стиль развития этих прогибов в условиях тыловодужного рассеянного спрединга на ранних стадиях их формирования и рамповый стиль деформаций и обжимания их складчатых сооружениями на аккреционно-коллизивной (орогенной) стадии [Моссаковский, 1963].

Чрезвычайно интенсивное проявление эффузивной деятельности в пределах Минусинского прогиба в раннедевонское и эйфельское время сопровождалось процессами интрузивного магматизма как сугубо мантийного, так и мантийно-корового характера. Характерной особенностью металлогении этого этапа является образование двух рудоносных вулканоплутонических серий: порфировой и базальтоидной. С порфировой рудоносной формацией связаны многочисленные проявления меди различных типов, контактово-метасоматические месторождения железа, полиметаллические и редкометалльные рудопроявления. С базальтоидными интрузиями связаны ортомагматические месторождения железа, титана, фосфора и ванадия, контактово-метасоматические месторождения железа, жильные гидротермальные месторождения меди, никеля, кобальта [Левченко, 1974].

В тыловодужной обстановке в обрамлении Минусинской впадины с девонским порфирическим магматизмом, наложенным на ранние гранитоидные плутоны, связано крупномасштабное медно-молибден-порфирическое оруденение (месторождения Сорское, Ипчульское, Агаскырское). Подобное длительное унаследованное развитие рудоносных гранитоидно-порфирических систем является характерной особенностью медно-молибден-порфирических рудных узлов, определяющей большие масштабы оруденения [Дистанов и др., 1998].

Большой практический интерес имеют массивы нефелиновых пород, известные в Кузнецком Алатау (Кия-Шалтырский ареал) и на юго-востоке Тувы в нагорье Сангилен (Баян-Кольский ареал). По времени формирования и петрохимическим особенностям многие авторы их считают близкими комагматами щелочных пород тыловодужных бассейнов. В данном случае, плюмовая природа „горячих точек“ имеет, очевидно, астеносферную верхнемантийную природу и те же геодинамические основания, что и формирование депрессионных структур в тылу конвергентных субдукционных континентальных окраин. Этим же объясняется и специфический „мантийно-коровый“ профиль металлогении энсиалических тыловодужных бассейнов [Guild, 1977].

В развитии среднепалеозойской активной континентальной окраины можно выделить следующие наиболее рудопродуктивные геодинамические обстановки и металлогенические пояса (рис. 2, табл. 3):

- островные дуги и задуговые бассейны с вулканогенными колчеданно-полиметаллическими месторождениями (Рудно-Алтайский пояс);

- вулканоплутонические пояса активных континентальных окраин с вулканогенно-осадочными Fe и Fe-Mn, магматическими Ti-Fe (+V), Fe-скарновыми и полиметаллическими гидротермально-метасоматическими месторождениями (Коргон-Холзунский, Салаирский, Тейский пояса);

- тыловодужные рифтогенные депрессии и обрамляющие их вулканоплутонические пояса с Cu-Mo-порфирическими, W-Mo-Be-грейзеновыми, Pb-Zn-Ag-метасоматическими, эпитептермальными Au-Ag и Au-Hg, баритовыми и флюоритовыми жильными месторождениями, и Ta-Nb-PЗЭ оруденением в щелочных метасоматитах (Сорский, Чапсордагский, Агульский, Кижинский-Хемский пояса);

- ареалы щелочного магматизма горячих точек с нефелиновыми магматическими месторождениями (Баян-Кольский, Кия-Шалтырский пояса);

- зоны сдвиговых перемещений трансформных континентальных окраин с редкометалльным Sn-W оруденением (Телецко-Башкаусско-Хархиринская зона), а также с габбро-гранитными сериями с золотой минерализацией и расслоенными габброидными интрузиями с Ti-Fe оруденением (Северо-Алтайский золоторудный пояс);

Таблица 3. Геодинамические обстановки формирования металлогенических поясов Алтае-Саянской орогенной области в среднем палеозое (D—C₁, 410—320 млн лет)

Рудная формация	Пример месторождения
Островные дуги и задуговые бассейны	
<i>Металлогенические пояса: Рудно-Алтайский (РА), Ширгайтинский (ШР)</i>	
Zn-Pb-Cu-колчеданно-полиметаллическая вулканогенная гидротермальная (VHMS)	Корбалихинское , Рубцовское, Степное, Таловское, Зареченское
Pb-Zn-гидротермально-осадочная (SEDEX)	Ширгайтинское
Au-сульфидно-кварцевая березитовая	Секисовское (Вост. Казахстан)
Вулканоплутонические пояса активных континентальных окраин	
<i>Металлогенические пояса: Коргон-Холзунский (КР), Салаирский (СЛ), Тейский (ТЕ)</i>	
Fe-оксидная вулканогенно-осадочная	Холзунское , Калгутинское, Чиланское
Fe-магнетитовая скарновая	Инское , Белорецкое, Тейское, Изыхольское, Абагаское
Ti-Fe-магматическая в габброидах	Харловское , Патыньское, Куль-Тайга
Полиметаллическая Pb-Zn-Ag-метасоматическая в карбонатных толщах	Усть-Чагырское
Барит-полиметаллическая Pb-Zn-Au-гидротермально-метасоматическая в алюмосиликатных толщах	Салаирское
Колчеданно-полиметаллическая Pb-Zn-Cu-вулканогенная гидротермальная (VHMS)	Урское
Cu-Au-порфировая	Каменушинское
Au-кварцевая жильная	Салаирское р.п.
Тыловодужные рифтогенные депрессии и сопровождающие их вулканоплутонические пояса	
<i>Металлогенические пояса: Сорский (СО), Чапсордагский (ЧД), Агульский (АГ), Кижиги-Хемский (КХ)</i>	
Mo-порфировая	Сорское , Ипчуйское, Агаскырское
Cu-Mo-порфировая	Агульское , Джетское, Аксугское
Mo-W-Ве-грейзеновая	Радуга, Казырское
Полиметаллическая Pb-Zn-Ag-метасоматическая в карбонатных толщах	Карасугское, Игр-Гол
Pb-Zn-скарновая	Юлия Свинцовая
Ag-Sb-жильная	Тибикское
Флюоритовая гидротермальная	Журское
Баритовая гидротермальная	Чапсордаг, Таптан-Туразы
Самородной меди (тип оз. Верхнего)	Ворошиловское, Коксинское
Медистые песчаники	Тустужульское, Печишенское
Щелочной магматизм в горячих точках	
<i>Металлогенические пояса: Кия-Шалтырский (КШ), Баян-Кольский (БК)</i>	
Нефелиновая магматическая	Баян-Кольское , Тоскульское, Кия-Шалтырское, Горячегорское
Зоны сдвиговых перемещений трансформных континентальных окраин, сопровождаемые коллизионным гранитоидным, порфировым и базитовым магматизмом	
<i>Металлогенические пояса: Северо-Алтайский (СА), Талицко-Башкаузско-Хархириинский (ТБХ)</i>	
Au-Cu-скарновая	Караминское, Топольнинское, Чойское
Au-сульфидно-кварцевая	Бащелакское
Cu-Mo-(Au)-порфировая	Кульбич
Sn-W-грейзеновая	Юстыдское, Балыктинское, Турген (Монголия)
Cu-Co-W-гидротермальная	Каракульское
Окраинно-континентальные терригенно-карбонатные бассейны	
<i>Металлогенические пояса: Бердско-Майский (БМ)</i>	
Бокситовая осадочная	Бердско-Майское, Обуховское

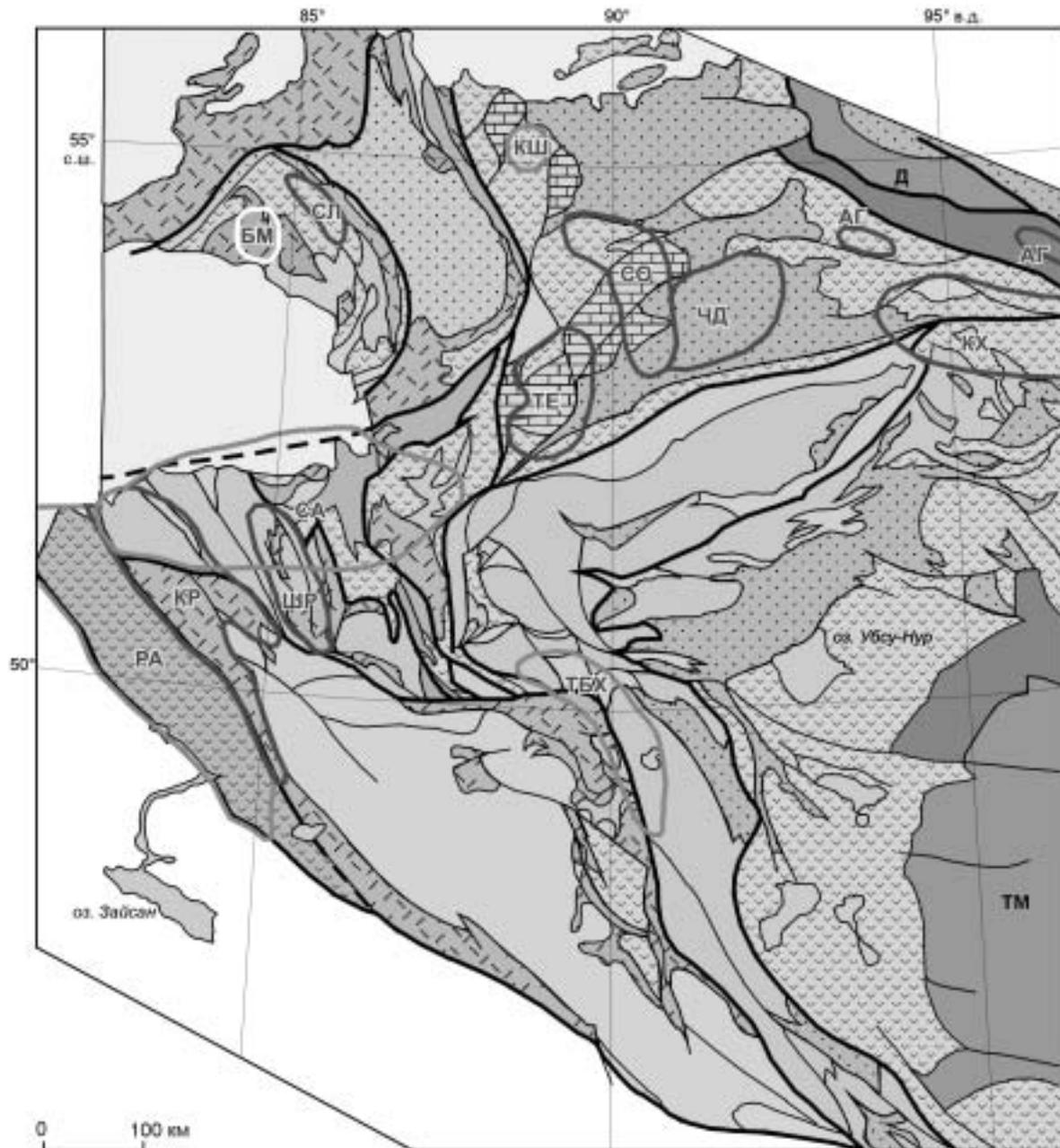


Рис. 2. Схема размещения среднепалеозойских (D—C₁) металлогенических поясов в структурах Алтае-Саянской орогенной области (структурно-геодинамическая основа по [Добрецов и др., 2001]).

Металлогенические пояса: РА — Рудно-Алтайский, ШР — Ширгайтинский, КР — Коргон-Холзунский, СЛ — Салаирский, ТЕ — Тейский, СО — Сорский, ЧД — Чапсордагский, АГ — Агульский, КХ — Кизи-Хемский, КШ — Кия-Шалтырский, СА — Северо-Алтайский, ТБХ — Телецко-Башкаусско-Хархириинский, БМ — Бердско-Майский. Ост. усл. обозн. см. на рис. 1.

— окраинно-континентальные терригенно-карбонатные бассейны с месторождениями осадочных бокситов (Бердско-Майский пояс).

Ведущими типами эндогенных рудообразующих систем в этот период были вулканогенные корово-мантийные гидротермальные системы, гранитоидные и порфировые с комбинированными источниками рудного вещества, ортомагматические базальтоидные и щелочные существенно мантийные системы.

Позднепалеозойско-раннемезозойский этап внутриплитной тектонотермальной активизации (P₂—T, 260—205 млн лет). Металлогения рассматриваемого периода в основном определяется развитием траппового и ассоциирующего щелочно-ультраосновного и гранитоидного магматизма, связанного с проявлением Сибирского пермотриасового суперплюма на Сибирской платформе и в обрамляющих

складчатых областях [Добрецов, 2003]. Близкоодновозрастные с плюмом гранитоиды, развитые в участках с утолщенной литосферой и корой в результате предшествующих коллизионных событий, представлены образованиями А-типа [Борисенко и др., 2006]. В северо-западной части Северо-Азиатского кратона — области наиболее интенсивного проявления плюмового магматизма, с трапповым и щелочно-ультраосновным магматизмом связано формирование месторождений: Cu-Ni-ЭПГ сульфидных магматических, самородной меди, исландского шпата, Fe-скарново-гидротермальных (ангаро-илимского типа), графитовых метаморфических, Fe-Ti (\pm Ta, Nb, P) карбонатитов, PЗЭ (\pm Ta, Nb, Fe) карбонатитов, флогопит-карбонатитовых. В Норильском металлогеническом поясе и на Таймыре с ассоциирующими гранитоидами А-типа связано Cu-Mo-порфиоровое, W-Mo грейзеновое и скарновое, а также полиметаллическое оруденение.

Для этого этапа развития собственно Алтае-Саянской орогенной области наиболее рудопродуктивным является триасовый период. Геодинамические и металлогенические события этого периода определяются:

— процессами тектонотермальной активизации на периферии Сибирского пермотриасового суперплюма в межблоковых зонах орогенного коллажа в форме гранит-лейкогранитовых и субщелочных редкометалльных комплексов;

— процессами внутриплитного рифтогенеза и межблоковых сдвигово-надвиговых движений с базальтоидным и щелочно-базальтоидным магматизмом.

Проявлению интенсивных сдвиговых движений по крупным разломам сопутствовало формирование сопряженных с ними локальных структур „пассивного“ рифтинга типа „pull-apart“, а также крупных региональных надвиговых структур [Добрецов и др., 1995, Берзин, Кунгурцев, 1996], контролирующих размещение анорогенных гранитоидных комплексов, дайковых поясов базитов и щелочных базитов. Для этого времени характерно развитие редкометалльной минерализации с формированием Mo-W, Sn-W грейзеновых, эпитеpmальных Au-Hg месторождений в Горном Алтае, Туве, Томь-Колыванской складчатой зоне; Ta-Nb-Li месторождений в щелочных метасоматитах и пегматитах в Туве и Горном Алтае и Cu-Mo-порфиорового оруденения в Северной и Центральной Монголии. В этот же период в западной части АСОО, судя по последним результатам ^{40}Ar - ^{39}Ar датирования, проявилось As-Ni-Co, Ag-Sb, Hg и Au-Hg оруденение, которое контролируется рифтогенно-сдвиговыми структурами триасового возраста. С этой металлогенической эпохой связано формирование таких важнейших рудоносных структур, как Кузнецко-Алтайский ртутный пояс, Делюно-Юстыдская серебро-сурьмяная зона, Тувинский ртутный пояс, Хову-Аксинский Ni-Co рудный узел.

С анорогенными гранитами связано формирование Калгутинского рудного узла на юге Горного Алтая с W-Mo-Be грейзеновыми штокверковыми и кварцево-жильными месторождениями, и Улуг-Танзекского металлогенического пояса с Sn-W грейзеновыми Ta-Nb-REE месторождениями в щелочных метасоматитах.

В последнее время для многих гранитоидных плутонов региона на основании изучения изотопных систем U-Pb, Rb-Sr, ^{40}Ar - ^{39}Ar получены радиологические данные возраста, которые конкретизируют взаимоотношение рудной редкометалльной минерализации и гранитов и позволяют сделать вывод о полихронности редкометалльного оруденения, связанного с гранитоидным магматизмом различных геодинамических обстановок — коллизионной и внутриплитного рифтогенеза, сопряженного со сдвигами.

Получены дополнительные данные по возрасту Mo-W-Be оруденения Калгутинского пояса [Борисенко и др., 2004, 2006]: ^{40}Ar - ^{39}Ar возраст гранит-порфиров 218 \pm 1 млн лет; даек онгонитов, калгутитов и гранит-порфиров — 202,4 \pm 0,8—204 \pm 7,8 млн лет; Re-Os возраст молибденита из грейзенизированных гранит-порфиров „молибденового штока“ определен в 220 \pm 1 млн лет, а возраст молибденита из кварц-молибденит-вольфрамитовой жилы — 218 \pm 1 и 208,7 \pm 1,9 млн лет. Таким образом, Re-Os и ^{40}Ar - ^{39}Ar датировки достаточно хорошо согласуются между собой. Очевидно, что возраст Калгутинского гранитного массива древнее 200 млн лет и с учетом обособленности во времени двух слагающих его комплексов определяется в 225—230 млн лет. Этот интервал хорошо согласуется с Rb-Sr датировкой 228 \pm 5,4 млн лет, что в геохронологической шкале соответствует позднему триасу. К этому же возрастному интервалу относятся редкометалльные Mo-W месторождения Чиндагатуйское (юг Алтая) и Уланульское (Западная Монголия). Для гранит-порфиров Уланульского массива определен ^{40}Ar - ^{39}Ar возраст, равный 215 \pm 3,6 млн лет.

В надвиговых структурах в ассоциации с дайковыми комплексами щелочных базальтоидов локализованы Sb-Hg и Hg месторождения карбонатно-киноварного листовитового и барит-киноварного типов, в зонах дробления — Ag-Sb жильные эпитеpmальные месторождения. Возраст ртутного оруденения Алтая, по данным Ar-Ar метода, составляет 234,4 \pm 1,3 млн лет (месторождение Кок-Узек), 231 \pm

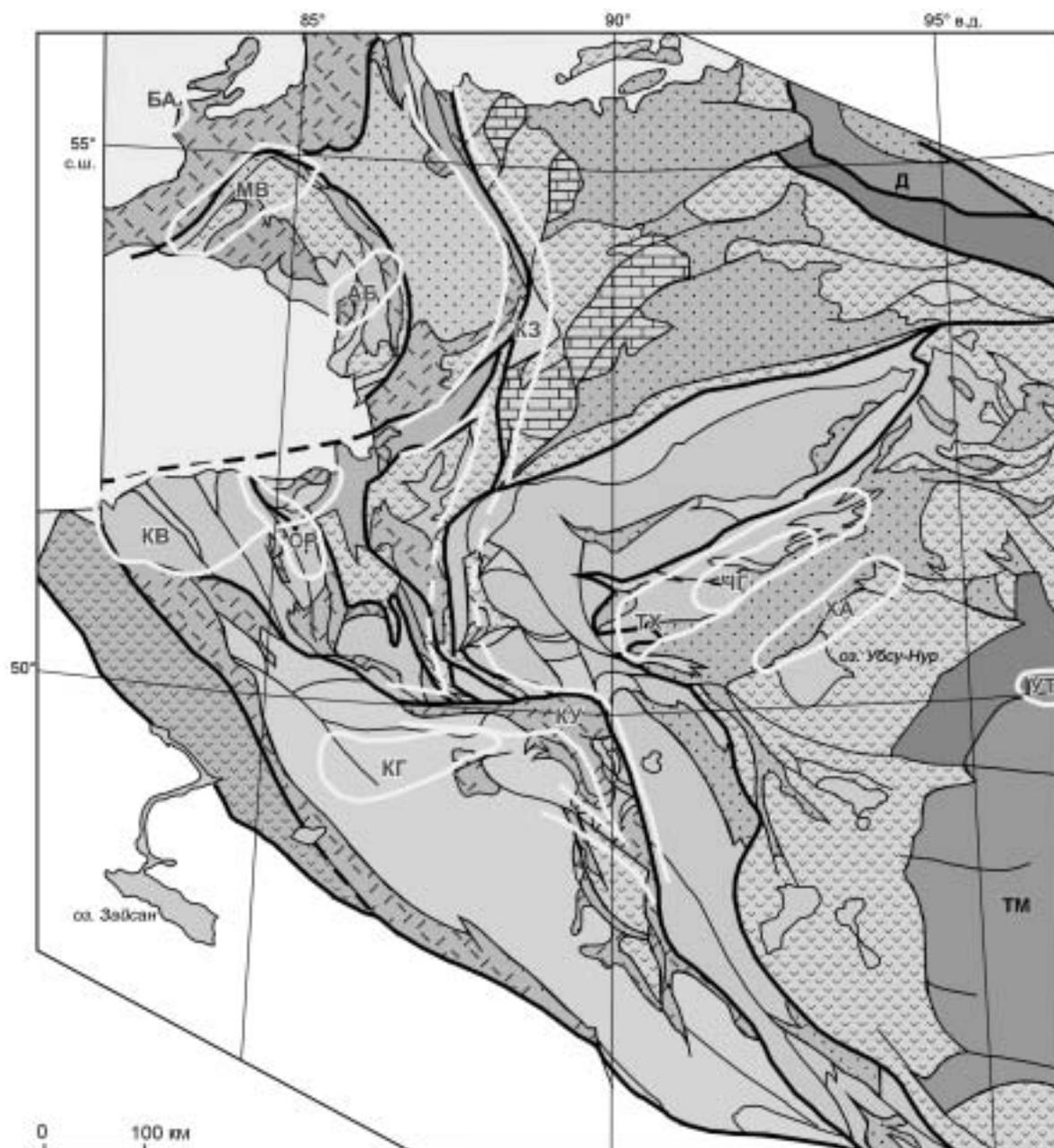


Рис. 3. Схема размещения позднепалеозойско-раннемезозойских (P_2 —Т) металлогенических поясов в структурах Алтае-Саянской орогенной области (структурно-геодинамическая основа по [Добрецов и др., 2001]).

Металлогенические пояса: БА — Барлакский, КВ — Колыванский, КГ — Калгутинский, УТ — Улуг-Танзекский, ТХ — Терлигхайский, ЧГ — Чергакский, ХА — Хову-Аксинский, КУ — Курайский, КЗ — Кузнецкий, МВ — Мавринский, АБ — Аламбайский, СР — Сарасинский. Ост. усл. обозн. см. на рис. 1.

$\pm 1,3$ млн лет (месторождение Тюте), а для Чазадырского ртутного месторождения в Туве $227 \pm \pm 16,3$ млн лет [Борисенко и др., 2006 б].

Выделяются следующие главные геодинамические обстановки локализации металлогенических поясов на посторогенном этапе развития АСОО (рис. 3, табл. 4):

— металлогенические пояса в связи с проявлениями внутриплитного анорогенного гранитоидного магматизма.

— металлогенические пояса в связи со структурами внутриплитного рифтогенеза и сдвигово-надвиговых дислокаций с проявлениями базальтоидного и щелочно-базальтоидного магматизма.

Таблица 4. Геодинамические обстановки формирования металлогенических поясов АССО в пермо-триасе (260—205 млн лет)

Рудная формация	Пример месторождения
Постколлизийные (анорогенные) лейкограниты и щелочные граниты	
<i>Металлогенические пояса: Барлакский (БА), Кольванский (КВ), Калгутинский (КГ), Улуг-Танзекский (УТ), Зашихинский (ЗШ)</i>	
Sn-W-грейзеновая	Кольванское II, Ачитнурское
W-Mo-Be-грейзеновая	Кольванское I, Калгутинское , Урзарсайское
Be-скарновая	Белорецкое
Ta- Nb- P3Э в щелочных метасоматитах	Улуг-Танзек , Верхнекундусское, Зашихинское
Ta- Li-онгонитовая	Алахинское
Внутриплитный рифтогенез и межблоковые сдвиговые дислокации с базальтоидным и щелочно-базальтоидным магматизмом	
<i>Металлогенические пояса: Чергакский (ЧГ), Хараджувский (ХД), Хову-Аксинский (ХА), Курайский (КУ), Кузнецкий (КЗ), Мавринский (МВ), Терлигхайский (ТХ)</i>	
Ni-Co-арсенидная	Хову-Аксинское, Чергак, Асхатиин-Гол (Со)
Сурьмяно-ртутная	Акташское, Пезас, Мавринское, Чаган-Узунское, Белоосиповское, Терлигхайское
Ag-Sb-сульфосольная	Асхат , Озерное

ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЦЕССОВ РУДООБРАЗОВАНИЯ В СВЯЗИ С ГЕОДИНАМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ АСОО

В металлогенической эволюции разновозрастных континентальных окраин полиаккреционной Алтае-Саянской области, образование которой связано с длительным развитием Палеоазиатского океана, наблюдается определенная направленность и изменчивость.

Образование рифейской континентальной окраины связано с широким развитием мантийных плюмовых процессов и рифтогенным дроблением суперконтинента Пангеи. Особенностью этого этапа является формирование по периферии кратона серии активно погружавшихся перикратонных прогибов с высокой эндогенной активностью и подводной гидротермальной деятельностью. Это привело к формированию крупных стратиформных месторождений цветных металлов, железа, марганца, обогащению черносланцевых толщ золотом и другими элементами. Последующие аккреционные процессы завершились формированием регионального рудоносного офиолитового пояса и образованием ряда промышленно важных типов метаморфогенно-гидротермальных месторождений (Au, Au-Sb и др.).

Раннепалеозойская (V—S) континентальная окраина проявилась в широком развитии вулканических островных дуг, окраинно-континентальных вулканоплутонических поясов и поясов сдвигово-коллизийных габбро-гранитоидных серий. Важную роль в геодинамике этого периода играют древние кратонные блоки (микроконтиненты). Для этого периода характерно формирование месторождений: Ti-Fe магматических, Fe-скарновых, Au-скарновых, Au-сульфидно-кварцевых гидротермальных, вулканогенных колчеданно-полиметаллических, хризотил-асбестовых в серпентинитах.

Среднепалеозойская континентальная окраина является типичной активной окраиной трансформного типа с косою субдукцией. Широкое развитие получили окраинно-континентальные сдвиговые зоны и сопряженные с ними поперечные надсубдукционные разломы с элементами растяжения. Они явились важными рудоконтролирующими структурами. Островодужные системы формировались на сиалическом основании предшествующей (O—S) пассивной континентальной окраины, что явилось важным фактором их высокой рудопродуктивности. На блоковом фундаменте предшествующих каледонид широкое развитие получили тыловодужные рифтогенные прогибы и сопровождающие их вулканоплутонические пояса. Все это привело к формированию широкого спектра месторождений цветных металлов, железа, титана, алюминия, молибдена, вольфрама, золота и др.

Среднепалеозойские аккреционно-коллизийные процессы завершились закрытием Палеоазиатского океана и общей кратонизацией. Необходимо отметить, что в истории развития Палеоазиатского океана и формирования Центрально-Азиатского орогенного пояса каждому последующему этапу аккреции предшествовали стадии дивергенции, релаксации напряжений, локального континентального рифтогенеза, металлогеническую роль которых необходимо изучить более детально.

Выполненные в последние годы геохронологические исследования обширной группы месторождений, связанных с процессами мезозойского внутриплитного магматизма, межблоковых дислокаций и рифтогенеза позволили выделить как наиболее продуктивный металлогенический этап — P₂—T (260—205 млн лет). Исследование петрологии, геодинамики и зональности проявления пермотриасового внутриплитного плюмового магматизма как в пределах Сибирской платформы, так и на ее периферии, в орогенных поясах обрамления, в том числе, в Алтае-Саянской складчатой области, позволяет по-новому

оценить перспективы связанной с этими процессами рудной минерализации. В первую очередь это относится к месторождениям сульфидной Cu-Ni-PGE, Cu-Mo-порфировой, Sn-W-редкометалльной, эпitherмальной Au-Hg и Ag-Sb сульфосольной рудных формаций [Добрецов и др., 2005; Борисенко и др., 1992, 2006а; Владимиров и др., 2006].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Суммируя приведенные данные по эволюции тектонического и металлогенического развития полиаккреционной Алтае-Саянской орогенной области, можно отметить довольно четкую корреляцию формирования основных типов мантийных и мантийно-коровых рудообразующих систем (и соответствующих им рудных формаций) с характерными геодинамическими обстановками их зарождения и функционирования. В металлогеническом анализе с позиций тектоники литосферных плит рудно-формационный анализ и построение геолого-генетических моделей рудных формаций (модельных типов месторождений) приобретают особое значение для понимания обстановок зарождения рудообразующих систем и факторов, определяющих их высокую рудопродуктивность. Работы последних лет по геодинамике и металлогении Центрально-Азиатского орогенного пояса показали, что многие рудные формации и рудные комплексы можно считать индикаторными для определенных геодинамических обстановок. Размещение металлогенических поясов и зон определяется их связью с конкретными структурно-вещественными геодинамическими комплексами. Работы в этом направлении имеют большое значение для теории рудообразования и металлогенического прогнозирования, в том числе и новых типов месторождений. Представляется целесообразным закрепить в теории металлогении понятие „геодинамическая металлогения“ как весьма эффективное на современном этапе направление металлогенических исследований с позиций тектоники литосферных плит и глубинной геодинамики.

Характерной особенностью полиаккреционных орогенных систем является повторяемость ряда геодинамических обстановок разновозрастных континентальных окраин и соответствующих им рудных формаций. Вместе с тем наблюдается поэтапное усложнение строения земной коры складчатой области с проявлением индивидуальных особенностей формирования отдельных континентальных окраин и их рудоносности.

Наиболее продуктивными в металлогеническом отношении геодинамическими процессами при формировании разновозрастных континентальных окраин полиаккреционной Алтае-Саянской орогенной области являются:

1. Формирование системы краевых структур по периферии Северо-Азиатского кратона на дивергентном и конвергентном этапах эволюции неопротерозойской континентальной окраины (перикратонные прогибы и краевые рифты с высокой эндогенной активностью).
2. Энциалические островные дуги, в частности „кордильерского“ типа, формировавшиеся на основании предшествующих пассивных континентальных окраин (Рудно-Алтайский полиметаллический пояс).
3. Среднепалеозойские (герцинские) вулканоплутонические пояса и тыловодужные бассейны на гетерогенном фундаменте ранних каледонид.

Важную роль в формировании высокопродуктивных мантийных и мантийно-коровых рудообразующих систем играли процессы косой субдукции и сдвиговые движения с развитием трансформных континентальных окраин. Это нашло отражение в формировании металлогенических поясов Восточного Саяна, Рудного Алтая и Салаирского кряжа. В размещении крупных рудных узлов активных континентальных окраин отмечается большая роль поперечных надсубдукционных и межблоковых зон разломов.

Для посторогенного позднепалеозойско-раннемезозойского этапа геодинамические и металлогенические события в АСОО в значительной мере определяются процессами тектонотермальной активизации по периферии Сибирского пермотриасового суперплюма. Процессы рудообразования связаны с проявлениями внутриплитного рифтогенеза, крупных сдвиговых движений, формированием приразломных прогибов и грабенов, и сопутствующим анорогенным магматизмом щелочных и субщелочных редкометалльных гранитов и проявлениями дайкового щелочно-базальтоидного магматизма. С этой металлогенической эпохой связано формирование таких важнейших рудоносных структур, как Кузнецко-Алтайский ртутный пояс, Делюно-Юстыдский Ag-Sb пояс, Тувинский ртутный пояс, Убсунур-Баянкольский Ni-Co пояс, и Улуг-Танзекский Ta-Nb и Калгутинский W-Mo рудные узлы.

Авторы выражают благодарность руководителям международного проекта „Минеральные ресурсы, тектоника и металлогения Северо-Восточной Азии“ У. Дж. Ноклебергу, Л.М. Парфенову, М.И. Кузьмину, А.И. Ханчуку и другим членам проекта за плодотворное сотрудничество.

Работа выполнена при поддержке интеграционных проектов СО РАН № 6.7.6. и 6.11, грантов РФФИ № 02-05-64792, Ведущих научных школ РФ № НШ 4933.2006.5, Минобрнауки РФ, РНП. 2.1.1.1840, РНП. 2.1.1.702.

ЛИТЕРАТУРА

Алабин Л.В., Калинин Ю.А. Металлогения золота Кузнецкого Алатау. Новосибирск, Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ СО РАН, 1999, 237 с.

Башарин А.К., Беляев С.Ю., Конторович А.Э. Тектоническая история Енисей-Байкитского региона // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (4), с. 23—38.

Бергер В.И., Неклюдов А.И. Литолого-фациальная зональность и распределение сурьмы и золота в породах сухопитской серии (Енисейский кряж) // Геохимические исследования для решения задач региональной геологии. Л., ВСЕГЕИ, 1991, с. 87—95.

Берзин Н.А. Геодинамическая и кинематическая эволюция юго-западной окраины Сибирского континента в среднем—позднем палеозое // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту): Материалы научного совещания (Иркутск, 20—23 октября 2003 г.). Иркутск, Изд-во Института географии СО РАН, 2003, с. 24—27.

Берзин Н.А., Кунгурцев Л.В. Геодинамическая интерпретация геологических комплексов Алтае-Саянской области // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (1), с. 63—81.

Борисенко А.С., Павлова Г.Г., Оболенский А.А., Лебедев В.И., Бедарев Н.П., Боровиков А.А., Дышук М.Ю., Комда А.Я., Морцев Н.К. Серебро-сурьмяная рудная формация. Ч. 1: Геология, минералогия, эндогенная зональность оруденения. Новосибирск, Наука, 1992, 189 с.

Борисенко А.С., Оболенский А.А., Говердовский В.А., Пономарчук В.А. Возрастные рубежи формирования редкометалльного оруденения Западной Монголии и юго-востока Алтая // Геодинамическая эволюция литосферы Центрально-Азиатского подвижного пояса (от океана к континенту), Т. 1: Материалы научного совещания (Иркутск, 19—22 октября 2004 г.). Иркутск, Изд-во Института географии СО РАН, 2004, с. 43—46.

Борисенко А.С., Сотников В.И., Изох А.Э., Поляков Г.В., Оболенский А.А. Пермотриасовое оруденение Азии и его связь с проявлением плюмового магматизма // Геология и геофизика, 2006 а, т. 47 (1), с. 166—182.

Борисенко А.С., Наумов Е.А., Оболенский А.А. Типы золото-ртутных месторождений и условия их образования // Геология и геофизика, 2006 б, т. 47 (3), с. 342—354.

Буслов М.М., Фудживара И., Сафонова И.Ю., Окада Ш., Семаков Н.Н. Строение и эволюция зоны сочленения террейнов Рудного и Горного Алтая // Геология и геофизика, 2000, т. 41 (3), с. 383—397.

Буслов М.М., Ватанабе Т., Смирнова Л.В., Фудживара И., Ивата К., де Гаве И., Семаков Н.Н., Травин А.В., Кирьянова А.П., Кох Д.А. Роль сдвигов в позднепалеозойско-раннемезозойской тектонике и геодинамике Алтае-Саянской и Восточно-Казахстанской складчатых областей // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1—2), с. 49—75.

Владимиров А.Г., Борисенко А.С., Шокальский С.П., Бабин Г.А., Говердовский В.А., Оболенский А.А., Крук Н.Н., Полянский О.П., Владимиров В.Г., Руднев С.Н. Пермотриасовые деформации, осадконакопление и магматизм Алтайской коллизионной системы: корреляция, геодинамическая интерпретация и прогнозная металлогения // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении (Тезисы докл. Междунар. совещ., г. Новосибирск, 10—12 апр., 2006 г.). Новосибирск, Академическое изд-во „Гео“, 2006, с. 50—52.

Верниковский В.А., Верниковская А.Е. Тектоника и эволюция гранитоидного магматизма Енисейского кряжа // Геология и геофизика, 2006, т. 47 (1), с. 35—52.

Гаськов И.В., Дистанов Э.Г., Калугин И.А., Тикун Ю.В. Металлогеническая специализация и петрохимические особенности девонского вулканизма Рудного и Горного Алтая // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (5), с. 703—715.

Генкин А.Д., Лопатин В.А., Савельев Р.А., Сафонов Ю.Г., Сергеев Н.Б., Керзин А.Л., Цепин А.И., Альштутц А., Афанасьев З.Б., Вагнер Ф., Иванова Г.Ф. Золотые руды месторождения Олимпиада (Енисейский кряж, Сибирь) // Геология рудных месторождений, 1994, т. 36, № 2, с. 111—137.

Геодинамическая карта СССР и прилегающих акваторий. М-б 1:2 500 000 / Под ред. Л.П. Зоненшайна, Н.В. Межеловского, Л.М. Натапова. М., Мин-во геологии СССР, Геологическое объединение по региональному изучению геологического строения территорий страны (Аэрогеология), 1988, 17 листов.

Геология и металлогения Енисейского рудного пояса / Под ред. Г.Н. Бровкова, Л.В. Ли, М.Л. Шермана. Красноярск, КНИИГГиМС, 1985, 291 с.

Дистанов Э.Г. Колчеданно-полиметаллические месторождения Сибири. Новосибирск, Наука, 1977, 351 с.

Дистанов Э.Г., Оболенский А.А. Металлогеническое развитие Центрально-Азиатского подвижного пояса в связи с его геодинамической эволюцией // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7—8), с. 252—269.

Дистанов Э.Г., Гаськов И.В. Эволюция процессов рудообразования и закономерности размещения полиметаллических месторождений северо-западной части Рудного Алтая // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (11), с. 1655—1667.

Дистанов Э.Г., Сотников В.И., Оболенский А.А., Борисенко А.С., Берзина А.П., Ковалев К.Р. Главные факторы формирования крупных и уникальных месторождений мантийно-коровых рудообразующих систем (на примере Сибири) // Геология и геофизика, 1998, т. 39 (7), с. 870—881.

Добрецов Н.Л. Эволюция структур Урала, Казахстана, Тянь-Шаня и Алтае-Саянской области в Урало-Монгольском складчатом поясе (Палеоазиатский океан) // Геология и геофизика, 2003, т. 44 (1—2), с. 5—27.

Добрецов Н.Л. Крупнейшие магматические провинции Азии (250 млн лет): сибирские и эмейшаньские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды // Геология и геофизика, 2005, т. 46 (9), с. 870—890.

Добрецов Н.Л., Конников Э.Г., Медведев В.И., Склярков Е.В. Офиолиты и олистостромы Восточного Саяна // Рифейско-нижнепалеозойские офиолиты Северной Евразии. Новосибирск, Наука, 1985, с. 35—57.

Добрецов Н.Л., Берзин Н.А., Буслев М.М., Ермиков В.Д. Общие проблемы эволюции Алтайского региона и взаимоотношения между строением фундамента и развитием неотектонической структуры // Геология и геофизика, 1995, т. 36 (10), с. 5—19.

Добрецов Н.Л., Верниковский В.А. Мантийные плюмы и их геологические проявления // Смирновский сборник, 2001. М., Изд-во Моск. ун-та, 2001, с. 46—69.

Добрецов Н.Л., Кирдяшкин А.Г., Кирдяшкин А.А. Глубинная геодинамика. 2-е изд., доп. и перераб. Новосибирск, Изд-во СО РАН, филиал „Гео“, 2001, 409 с.

Добрецов Н.Л., Владимиров А.Г., Крук Н.Н. Пермотрисасовый магматизм Алтае-Саянской складчатой области как отражение Сибирского суперплюма // Докл. РАН, 2005, т. 400, № 4, с. 505—509.

Елкин Е.А., Сенников Н.В., Буслев М.М., Язиков А.Ю., Грацианова Р.Т., Бахарев Н.К. Палеогеографические реконструкции западной части Алтае-Саянской области в ордовике, силуре и девоне и их геодинамическая интерпретация // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7—8), с. 118—144.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Моралев В.М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. М., Недра, 1976, 231 с.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натапов Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР: в 2-х кн. М., Недра, 1990, кн. 1, 328 с.; кн. 2, 333 с.

Ковалев А.А. Мобилизм и поисковые геологические критерии. М., Недра, 1978, 287 с.

Косыгин Ю.А., Лучицкий И.В. Структуры ограничения древних платформ // Геология и геофизика, 1961 (10), с. 41—49.

Кузбный В.С., Макаров В.А., Калеев Е.А., Дистанов Э.Г., Ковалев К.Р., Бухаров Н.С., Глазнов С.П., Чупахин Л.М. Кызыл-Таштыгский колчеданно-полиметаллический рудный узел Восточной Тувы. Красноярск, Красноярское отделение Всероссийского минералогического общества РАН, 2001, 292 с.

Кузнецов В.А. Алтае-Саянская металлогеническая провинция и некоторые вопросы металлогении полициклических складчатых областей // Закономерности размещения полезных ископаемых. Т. 8. М., Наука, 1967, с. 273—303.

Кузнецов В.В., Пономарев В.Г., Акимцев В.А., Бабкин Е.С., Конкин В.Д., Кузнецова Т.П., Сараев С.В. Горевское свинцово-цинковое месторождение // Геология рудных месторождений, 1990, № 5, с. 3—18.

Кузнецов Ю.А., Богнибов В.И., Дистанова А.Н., Сергеева Е.С. Раннепалеозойская гранитоидная формация Кузнецкого Алатау. М., Наука, 1971, 352 с.

Левченко С.В. Доплатформенная металлогения Кузнецко-Минусинского рудного района. Новосибирск, Наука, 1974, 192 с.

Левченко С.В., Грайзер М.И. Некоторые литологические особенности формирования девонских и нижнекаменноугольных отложений юга Красноярского края // Металлогения девона и нижнего карбона межгорных впадин Алтае-Саянской складчатой области. М., Наука, 1965, с. 3—16.

Ли Л.В., Шохина О.В. О соотношении кварцевых сегрегаций и кварцево-рудных образований на Советском месторождении // Геология и закономерности эндогенного оруденения западного обрамления Сибирской платформы. Новосибирск, СНИИГГиМС, 1978, с. 54—60.

Лучицкий И.В. Вулканизм и тектоника девонских впадин Минусинского прогиба. М., Изд-во АН СССР, 1960, 274 с.

Моссаковский А.А. Тектоническое развитие Минусинских впадин и их горного обрамления в докембрии и палеозое. М., Госгеолтехиздат, 1963, 216 с.

Научные результаты проекта 283 „Геодинамическая эволюция Палеоазиатского океана“ // Геология и геофизика, 1994, т. 35 (7—8), 271 с.

Неклюдов А.Г. Закономерности размещения золотого и золото-сурьмяного оруденения в рифейских осадочных бассейнах Енисейского кряжа: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. СПб., ВСЕГЕИ, 1995, 24 с.

Новая глобальная тектоника / Под ред. Л.П. Зоненшайна, А.А. Ковалева. М., Мир, 1974, 471 с.

Оболенский А.А., Берзин Н.А., Дистанов Э.Г., Сотников В.И. Металлогения Центрально-Азиатского орогенного пояса // Геология и геофизика, 1999, т. 40 (11), с. 1588—1604.

Павловский Е.В. Зоны перикратонных опусканий — платформенные структуры первого порядка // Изв. АН СССР, Сер. геол., 1959, № 12, с. 3—10.

Пономарев В.Г., Забиров Ю.А. Поисковые признаки и оценочные критерии свинцово-цинкового оруденения Енисейского кряжа. Новосибирск, Наука, 1988, 141 с.

Пономарев В.Г., Дистанов Э.Г., Баулина М.В. Основные тенденции металлогенического развития окраинно-континентальных структур Сибирской платформы в позднем протерозое // Металлогения складчатых систем с позиций тектоники плит. Екатеринбург, УрО РАН, 1996, с. 90—97.

Ротараш И.А., Самыгин С.Г., Гредюшко Е.А., Кейльман Г.А., Милеев В.С., Перфильев А.С. Девонская активная континентальная окраина на Юго-Западном Алтае // Геотектоника, 1982, № 1, с. 44—59.

Сурков В.С., Коробейников В.П., Жеро О.Г. Проявление глобальных тектонических событий рифея и фанерозоя в Сибири // Науч.-техн. информ. сб. ВИЭМС. М., МГП „Геоинформмарк“, 1991, вып. 10—11, с. 45—54.

Сурков В.С., Коробейников В.П., Крылов С.В., Гришин М.П., Краевский Б.Г., Ларичев А.И. Геодинамические и седиментационные условия формирования рифейских нефтегазоносных комплексов на западной окраине Сибирского палеоконтинента // Геология и геофизика, 1996, т. 37 (8), с. 154—165.

Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия) / Под ред. Н.М. Парфенова, М.И. Кузьмина. М., МАИК „Наука/Интерпериодика“, 2001, 571 с.

Хаин В.Е. Циклы Вильсона и циклы Бертраана // Докл. РАН, 1992, т. 325, № 3, с. 555—559.

Хаин В.Е., Божко Н.А. Историческая геотектоника. Докембрий. М., Наука, 1988, 382 с.

Хаин В.Е., Сеславинский К.Б. Историческая геотектоника. Палеозой. М., Недра, 1991, 398 с.

Хаин В.Е., Волобуев М.И., Хаин Е.В. Рифейский офиолитовый пояс западной периферии Сибирского кратона // Вест. МГУ, серия 4. Геология, 1993, № 4, с. 22—29.

Щеглов А.Д. Синхронный рифтогенез и оруденение // Геология рудных месторождений, 1997, т. 39, № 2, с. 115—126.

Dobretsov N.L., Berzin N.A., Buslov M.M. Opening and tectonic evolution of the Paleo-Asian ocean // Intern. Geol. Rev., 1995, v. 37, p. 335—360.

Dobretsov N.L., Kirdyashkin A.G. Deep-level geodynamics. Rotterdam, Brookfield, A.A. Balkema Publishers, 1998, 328 p.

Guild P.W. Metallogeny and the new global tectonics // 24th Intern. Geol. Congr., Montreal, Repts., Sec. 4, 1972, p. 17—24.

Guild P.W. Application of global tectonic theory to metallogenic studies // 4th Symposium of the IAGOD, Varna, 1974, V. 2. Problems of ore deposition. Sofia, Bulgarian Acad. of Sci., 1977, p. 425—434.

Mitchell A.G., Garson M.S. Mineral deposits and global tectonic settings. A subsidiary of Harcourt Brace Jovanovich Publishers, London—New York—Toronto—Sydney—San Francisco, 1981, 495 p.

Nokleberg W.J., Bundtzen T.K., Eremin R.A., Ratkin V.V., Dawson K.M., Shpikerman V.I., Goryachev N.A., Byalobzhesky S.G., Frolov Yu.F., Khanchuk A.I., Koch R.D., Monger J.W.H., Pozdeev A.I., Rozenblum I.S., Rodionov S.M., Parfenov L.M., Scotese Ch.R., Sidorov A.A. Metallogenesis and tectonics of the Russian Far East, Alaska, and Canadian Cordillera. USGS, Reston, Virginia, Professional paper 1697, 2005, 397 p.

Vernikovskiy V.A., Vernikovskaya A.E., Kotov A.B., Salnikova E.B., Kovach V.P. Neoproterozoic accretionary and collisional events on the western margin of the Siberian craton: new geological and geochronological evidence from the Yenisey Ridge // Tectonophysics, 2003, v. 375, № 1—4, p. 147—168.

Zonenshain L.P., Kuzmin M.I., Natapov L.M. Geology of the USSR: a plate tectonic synthesis. Washington, DC, Amer. Geophys. Union, Geodynamic Monograph, 1990, v. 21, 242 p.

*Поступила в редакцию
23 июня 2006 г.*