

Тектоника, палеогеодинамика, минералогия Урала

Урал делится на ряд субмеридиональных зон, для каждой из которых характерна своя, особенная минералогия. Чтобы получить правильное объяснение закономерностям (и кажущимся случайностям) в распределении месторождений полезных ископаемых, необходимо понять, что эти тектонические (и минералогические) зоны представляют собой суммарный, кумулятивный эффект наложения результатов многостадийного развития территории, при котором каждая стадия имела собственный структурный и геодинамический план.

В связи с этим, должны быть последовательно решены две главные задачи: 1. Понять современную структуру территории, и прежде всего, учесть аллохтонный характер целого ряда структурных единиц; найти корни этих аллохтонов. Тем самым мы сможем понять, где те или иные геологические комплексы и содержащиеся в них месторождения находились первоначально, в момент их образования и/или окончательной трансформации. 2. После этого, возможно разделить историю Урала на циклы и стадии и проанализировать с геодинамической точки зрения поэтапно и по временным срезам.

Архейско-раннепротерозойские комплексы, сохраняющие некоторые реликты гранулитового метаморфизма, выходят на поверхность только в Тараташском массиве. Им принадлежат лишь небольшие метасоматические кварц-магнетитовые месторождения, внешне похожие на джеспилитовые.

Значительно шире на поверхности и на небольших глубинах, допускающих положительную экономическую оценку перспектив, развиты на Урале месторождения, связанные с рифейскими осадочными, магматическими и метаморфическими комплексами. Расслоенные мафические-ультрамафические интрузии (Сарана, Кушва, Юбрьшка) содержат титаномагнетиты и хромиты, в то время как осадочные комплексы до 15 км мощностью, на Южном Урале, содержат много стратиформных и гидротермальных месторождений, в том числе Саткинские магнетитовые, Бакальские сидеритовые и Суранское флюоритовое. Геодинамиче-

ское развитие территории за этот период времени может быть охарактеризовано как сочетание сравнительно коротких пароксизмов рифтогенеза (около 1600, 1350, 650 млн лет) разделенных значительно более протяженными периодами спокойного погружения. Как результат этого погружения, начальный метаморфизм нижней части разреза (в основном, нижний и средний рифей) оказался достаточным для образования разогретых вод, транспортировавших минерализацию и создававших месторождения.

На севере Урала иной, более разнообразный спектр месторождений и рудопроявлений принадлежит осадочно-вулканогенным комплексам рифей-ранневендского уровня. Эту минерализацию можно увязать с присутствием не только рифтовых комплексов, но также позднерифейских офиолитов и субдукционных, известково-щелочных вулканических образований. Соответственно, здесь развиты серно-медноколчеданный, колчеданно-полиметаллический, медно-скарновый, редкометально-полиметаллический и молибденово-меднопорфировый типы оруденения.

Только в конце протерозоя (поздний венд, 600–550 млн лет) значительная часть территории испытала коллизию, орогению, локальный высокий метаморфизм и формирование складчатого пояса тиманид, одновозрастных с кадомидами. Верхнерифейские и вендские осадки более или менее стерильны в отношении минерализации экономического масштаба.

Развитие уралид соответствует классическому циклу Вильсона и включает эпиконтинентальный рифтогенез в раннем-среднем ордовике, формирование океана с континентальными окраинами (только одна из окраин сохранилась на Урале), развитие зон субдукции и их пререскок в силуре и девоне, частичную коллизию Магнитогорской островной дуги с пассивной континентальной окраиной в позднем девоне, формирование зоны субдукции андского типа в раннем карбоне, континентальную коллизию в период от позднемосковского до пермского времени, с формированием Уральского орогена, включая такие важные минерогенетические структуры как Предуральский краевой прогиб и Главную гранитную ось Урала. Орогеническое развитие завершилось меньшим циклом, начавшимся как рассеянный рифтогенез и формирование угленосных бассейнов в триасе и закончившимся финальной фазой складчатости перед средней юрой.

Минерация ордовикского эпиконтинентального рифтогенеза представлена медистыми песчаниками (Полярный и Приполярный Урал). Некоторые полиметаллические рудные проявления ассоциируются с рифтовыми вулканами; возможно, редкометальные руды в карбонатитах Ильмено-Вишневогорского щелоч-

ного комплекса также являются порождением ордовикской, рифтовой стадии развития и связаны с глубинным плюмом.

Минералогия океана, окружающих его акваторий и вмещаемых им структур значительно более разнообразна и богата, и также зависит от геодинамической ситуации в каждой точке бассейна, в каждый момент геологического времени. В осадочных сериях пассивной окраины шельфовые осадки обладают большим нефте-и газогенерирующим потенциалом, содержат угли, небольшие стратиформные полиметаллические рудопроявления и бокситы. В батинальных комплексах наиболее важны стратиформные баритовые и карбонатно-марганцевые месторождения. Известны проявления фосфоритов. Источник минерализаций в батинальных отложениях – сами осадки. Не исключено, что дополнительная концентрация марганца и бария связана с начальными этапами орогенной (коллизонной) стадии развития бассейна, когда осадки были погружены на большую глубину. Кроме того, марганец дополнительно концентрировался в результате окислительных процессов в зоне гипергенеза. Офиолиты (собственно океанические формации) содержат хромиты, платиноиды, колчеданные руды кипрского типа и золото. Однако это не значит, что формирование всех месторождений этого типа происходило на океанической стадии. Например, концентрации хромитов и части минералов платиноидов являются остаточными продуктами деплетирования мантии: тугоплавкие хромиты и платиноиды осмий-иридиевой группы ассоциируются главным образом с реститами. Но процесс деплетирования был связан не только с океанической обстановкой, но продолжался и на островодужной стадии. С проблемой атрибуции золотоносных месторождений, содержащихся в океанических формациях Главного Уральского глубинного разлома, также связаны определенные сомнения в их сингенетичности океанической стадии. Окончательно месторождения (например, Миндякское) сформировались только на коллизонном этапе. Наконец, наиболее ярким примером многостадийности формирования месторождений являются золотоносные железные шляпы над колчеданными месторождениями, сформировавшиеся в новейшее время.

Большая часть медноколчеданных месторождений Урала ассоциирует с островными дугами. Не останавливаясь на хорошо разработанной системе их классификации, в основу которой положен состав руд, следует подчеркнуть, что этот состав в значительной мере определяется геохимическими особенностями вмещающих вулканических комплексов, которые и являются источником рудного вещества, извлекаемого гидротермами. Так напри-

мер, контрастный риолит-базальтовый комплекс содержит медно-цинковую колчеданную минерализацию уральского типа, в то время как известково-щелочные вулканы дают золото-барит-медно-цинковую сульфидную минерализацию баймакского типа. Эти вулканические комплексы, в свою очередь, являются индикаторами различных стадий геодинамического развития островной дуги. Таким образом, геодинамика определяет тип и состав рудных месторождений опосредованно, через состав вулканических комплексов. Железомарганцевая минерализация в яшмоидах, преимущественно среднедевонского возраста, обязана своим появлением, как и колчеданная, гидротермам, извлекающим рудное вещество из вмещающих пород, но этот тип минерализации, по-видимому, является более низкотемпературным, более удаленным от вулканических центров.

На зрелой стадии развития зон субдукции, в условиях утолщенной коры под влиянием относительно кислых и щелочных интрузий возникают скарно-магнетитовые и медноскарновые, а также меднопорфировые месторождения.

В настоящее время преобладает точка зрения, что массивы Платиноносного пояса на Среднем и Северном Урале возникли на островодужной стадии развития. Особая роль в качестве активного минерализующего фактора придается относительно молодым габбро-норитовым интрузиям этого пояса. В результате их термогеохимического контактового воздействия сформировались ванадий-титаномагнетитовая, сульфидно-платиново-палладиевая, магнетит-апатит-медная (с золотом) минерализации (Качканарское, Первоуральское, Волковское месторождения на Среднем и Северном Урале). Породные ассоциации, сходные с Платиноносной, проявляются, хотя и менее ярко, и в других структурах Урала (например, в Хабаровинском массиве). Титаномагнетитовое Велиховское месторождение в габброидах Сакмарской зоны имеет сходство с Качканарским. В Магнитогорской зоне наличие массивов Платиноносного комплекса можно предполагать по геофизическим данным на глубине.

Окончание активной стадии развития Тагильской островной дуги в конце раннего девона привело к формированию узкого карбонатного шельфа на вулканическом цоколе. Жаркий и влажный приэкваториальный климат, периодические поднятия, близкий вулканизм Магнитогорской зоны субдукции, продукты которого подвергались выветриванию, создали условия для формирования крупнейшего Североуральского бокситоносного района (СУБР).

Позднедевонская коллизия пассивной окраины континента и Магнитогорской островной дуги привела к серьезной пере-

стройке структуры земной коры. Трудно сказать, сопровождалась ли эта стадия формированием месторождений, но она определенно сформировала ниши для некоторых из них (возможно, Миндяк).

За частной коллизией и аккрецией Восточно-Европейского континента последовал перескок зоны субдукции и формирование континентальной окраины андийского типа. Скарно-магнетитовые месторождения Соколово-Сарбайского и Магнитогорского районов, а также медно-магнетитовая скарновая минерализация и серия меднопорфировых месторождений Зауральской зоны составляют металлогеническую характеристику раннекаменноугольного этапа развития. Из неметаллических месторождений весьма характерны угли – как на западном, так и на восточном склоне Урала.

Коллизия типа континент-континент, начавшаяся в московское время, привела к формированию Уральского орогена и Предуральского краевого прогиба. В последнем на определенных этапах накопились большие запасы солей и угля. Сильное погружение нефтематеринских пород способствовало образованию углеводородов и формированию новых нефтяных и газовых месторождений. В Центрально-Уральской зоне это было время формирования альпийских жил с пьезооптическим кварцем, особенно в северных районах Урала. В пределах Главного Уральского разлома и некоторых других сутурных зон это было время завершения метасоматических процессов и окончания формирования золоторудных месторождений. В Восточно-Уральской зоне пермь была временем, когда завершилось формирование Главной гранитной оси Урала. Этот процесс сопровождался гидротермально-метасоматическими явлениями: формированием кварцевых, золоторудных и редкоземельных месторождений.

В конце перми развитие собственно уралид завершается.

Триасовая эпоха характеризовалась образованием углей, особенно на Южном и Среднем Урале и мощным хотя и непоследственным трапповым вулканизмом, предположительно связанным с широчайшим Урало-Сибирским суперплюмом. Имеются не вполне уверенные указания на то, что трапповый вулканизм сопровождался интрузиями лампроитов. В начале юры последняя стадия складчатых деформаций. Древнекиммерийская усложнила структуру Урала в его юго-восточных районах и привела к образованию Пайхойско-Новоземельского складчатого пояса (пайхоид).

Время после формирования уралид/пайхоид может быть разделено на две стадии: платформенную и неотектоническую.

Платформенная стадия развития (юра-палеоген) характеризуется развитием неглубоких угленосных бурогольных бассейнов на Южном и Приполярном Урале. Климатические и тектони-

ческие условия в мелу и палеоцене способствовали также развитию кор выветривания и бокситов, часто захороненных в карстовых депрессиях. Образование крупнейших месторождений палеогеновых осадочных (зачастую оолитовых) железных руд в Зауралье также объясняется процессами выветривания и эрозии. Необходимо отметить также большую роль гипергенеза и в формировании или развитии месторождений ряда других типов (никеленосные коры выветривания, зоны обогащения марганцевых месторождений, золотоносные железные шляпы). Некоторые исследователи считают, что железо накапливалось в результате сноса кор выветривания с западных районов Урала, другие указывают, что источник железа мог быть неподалеку: это месторождения Соколово-Сарбайской группы, которые интенсивно размывались.

Неотектоническая стадия, когда Уральские горы возродились (главным образом, в неогене и квартере) чрезвычайно важна как время формирования россыпей золота и металлов платиновой группы. В дополнение к этому, миоцен на Южном Урале – это время формирования большого количества мелких буроугольных месторождений над карстовыми депрессиями на вершинах соляно-сульфатных куполов Предуральского краевого прогиба.