

# ГЕОЛОГИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК (553.24 + 553.3) : 553.078

*О. Н. Грязнов*

## МЕТАСОМАТИЗМ И РУДООБРАЗОВАНИЕ (Проблемы уральской геологии)

Учение о метасоматизме развилось на сегодня в самостоятельное направление геологической науки. Базируясь на законах специфического петрогенезиса, оно теснейшим образом связано с теорией рудообразования, имея практический выход в закономерности размещения эндогенных месторождений, их прогнозирование, поиски и оценку. Различные аспекты интегральной проблемы «Метасоматизм и рудообразование» являлись предметом детального обсуждения на всесоюзных, республиканских и региональных совещаниях в течение последних 30 лет. Итоги развития учения свидетельствуют о его неоспоримой актуальности, большом теоретическом и прикладном значении.

В учении о метасоматизме существуют различные школы, отражающие разные подходы в исследовании его отдельных направлений. Главные из них — геологическое, минералого-петрографическое, геохимическое и физико-химическое. Уральские геологи — приверженцы геологического подхода (в совокупности с минералого-петрографическим и геохимическим) в изучении метасоматических образований путем их картирования в различных масштабах, исследования связей рудоносных метасоматических формаций с магматизмом и метаморфизмом, генетических и пространственных соотношений метасоматитов, выявления рядов эндогенных формаций; прикладное значение исследований — прогнозная оценка рудных районов, полей и месторождений на основе метасоматической зональности.

Не касаясь многих аспектов учения, остановлюсь лишь на некоторых, получивших наибольшее развитие в школе метасоматистов Уральского горного института.

**Принципы и методы изучения метасоматических образований.** Методика полевого и камерального изучения метасоматитов определяет получение объективной информации об их временных, пространственных и генетических соотношениях с геологическими процессами, необходимой для построения моделей развития метасоматических процессов и в конечном счете процессов рудообразования.

Первичная документация естественных и искусственных обнажений, кернов буровых скважин, построение детальных (1 : 500 — 1 : 1000) раз-



резов по профилям горно-буровых работ осуществляется практически всеми исследователями метасоматических образований рудных и нерудных месторождений. Реже составляются погоризонтные планы (1:200—1:500), детальные планы (1:1000) и карты поверхности (1:2000—1:10000). Опыт картирования метасоматических образований в масштабах 1:50000—1:200000 пока ограничен. Картирование формаций рудоносных метасоматитов осуществляется в Уральском горном институте, ЦНИГРИ, ИГЕМе, КазИМСе, Институте геологии и геохимии УрО РАН, Институте геологии БашНЦ УрО РАН, Институте геологических наук АН Казахстана, ряде производственных организаций Урала, Сибири, Дальнего Востока, Казахстана и Средней Азии. Применительно к так называемым региональным метасоматическим формациям эти работы проводятся во ВСЕГЕИ.

Многолетний опыт изучения рудоносных метасоматитов месторождений радиоактивных, редких, цветных и благородных металлов в различных регионах Урало-Монгольского подвижного пояса, их картирования в масштабах 1:2000—1:10000—1:50000 (1:25000)—1:200000 позволили разработать основные принципы и методику изучения эпигенетических образований [3]. В исследовании этих вопросов совместно с автором в различные годы участвовали Ю. А. Дворников, В. Н. Ослоповских, В. И. Чесноков, Л. Я. Берг, В. В. Григорьев, В. А. Елохин, И. Г. Перминов.

Основные принципы изучения и картирования рудоносных метасоматитов включают: генетический подход к выделению, изучению и картированию метасоматитов; фациально-формационный анализ метасоматитов; метасоматическую (фациальную, формационную, полиформационную; локальную, площадную, региональную) зональность; отражение уровней организации вещества в процессе изучения и картирования метасоматитов; полноту выделения и картографического отражения эпигенетических образований; выбор объектов изучения и их соответствия масштабу работ; комплексное изучение свойств и полей метасоматических пород и формаций; количественную оценку геологической информации.

Методика изучения и картирования рудоносных метасоматитов предусматривает: изучение эталонных объектов; первичную документацию естественных обнажений, горных и буровых выработок; соблюдение плотности наблюдений и опробования; минералого-петрографические, петрохимические, геохимические и петрофизические исследования; построение разрезов по профилям горно-буровых работ, погоризонтных планов, составление карт масштабов 1:2000—1:10000—1:50000 (1:25000)—1:200000.

Внедрение в практику геологоразведочных работ таких понятий, как «ореол» и «кареал» применительно к рудоносным метасоматическим образованиям (минералам, породам, фациям, формациям, семействам и группам формаций), позволяет картировать их практически в любом масштабе. Это подтверждается опытом изучения и картирования рудоносных метасоматитов в Уральском горном институте на примерах эндогенных месторождений, рудных полей и районов Северного Тянь-Шаня и Мугоджар (1:1000—1:2000—1:10000), Южного Зауралья (1:25000), Центральной и Восточной Сибири (1:2000—1:50000), Приполярного (1:50000) и Полярного (1:5000—1:200000) Урала. Первым опытом таких работ в Уральской геологической экспедиции Уралгеолкома явилось издание методических рекомендаций по картированию рудоносных метасоматических образований Урала [3], а на их основе — составление Схематической карты распространения рудоносных метасоматических формаций и метаморфизма средней части Восточно-Уральского поднятия в масштабе 1:200000 [1].



Карты рудоносных метасоматических образований различных масштабов позволяют выявлять закономерности формирования и размещения в геологических структурах месторождений многообразных полезных ископаемых, осуществлять обоснованный прогноз и оценку перспективности конкретных площадей на те или иные виды минерального сырья.

**Метасоматизм и рудообразование.** Вопрос о взаимосвязи оруденения и гидротермального изменения пород является принципиальным, поскольку он определяет генетические, временные и пространственные соотношения оруденения и «околорудного» метасоматоза, условия рудоотложения и, в конечном счете, закономерности размещения месторождений. «Отнимите метасоматические изменения боковых пород и мало что останется от гидротермального рудоотложения», — так образно определил роль метасоматических процессов преобразования вмещающих пород Н. И. Наконник. Действительно, гидротермальные метасоматиты наиболее полно характеризуют гидротермальный процесс в целом, оруденение же в пространстве и времени фиксирует лишь его фрагмент, отражая продукты рудных стадий, занимающие часть объема метасоматически измененных пород. Вместе с тем каждая метасоматическая формация характеризуется определенной металлогенической специализацией [2, 4, 7].

Отражением генетических взаимосвязей геологических, метасоматических и рудных формаций, условий образования рудоносных метасоматитов могут служить классификации метасоматических формаций. Анализ основных классификаций приведен в работе [2]. Наиболее популярна сегодня классификация В. А. Жарикова и Б. И. Омеляненко [4], охватывающая известные типы метасоматических образований. Наряду с такой классификацией несомненна потребность в разработке систематики главных типов рудоносных метасоматических формаций. Ассоциации рудоносных (околорудных) пород эндогенных месторождений могут быть объединены в три класса и ряд групп метасоматических формаций, характеризующихся конкретными геологическими и физико-химическими условиями образования, связью с магматизмом или метаморфизмом, устойчивым вещественным составом, определенной геохимической и металлогенической специализацией:

А. Магматогенные формации. Среди них выделены:

1) плутоногенные формации, включающие постинтрузивные контактовые формации — магнезиальных скарнов, известковых скарнов, фенитовая, постмагматические формации — полевошпатовых метасоматитов, альбититовая апогранитная, грейзеновая, кварц-турмалин-хлоритовых метасоматитов, серпентинитовая, щелочных полевошпатовых метасоматитов, альбититовая апомиаскитовая, уралитовая;

2) плутоногенно-вулканогенные постмагматические формации — пропилитовая, оксеталитовая, лиственит-березитовая, гумбеитовая, эйситовая, гидрослюдистых метасоматитов, аргиллизитовая, карбонатитовая;

3) вулканогенные послемагматические формации — аргиллизитовая сольфатарно-фумарольная, вторичных кварцитов, кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов.

Б. Метаморфогенные формации, включающие:

1) формации, связанные с сиалическим плутонометаморфизмом и сопряженным зональным региональным метаморфизмом подвижных поясов — мусковит-полевошпатовых метасоматитов, гематит-магнетит-кварцевая, кианит (силлиманит)-мусковит-кварцевая, антофиллитовая, рутил-кварцевая, родонитовая, тальк-магнезитовая, кварцево-жильная хрусталеносная, углеродистых метасоматитов, кварц-слюдистых метасоматитов;

2) формации, связанные с ультраметаморфизмом и гранитизацией в



структурах щитов — магнезиальных скарнов, калий-натриевых (кварц-альбит-микроклиновых) метасоматитов (квальмитов), калиевых метасоматитов (микроклинитовая), натриевых метасоматитов (альбититовая).

В. Полигенные формации — железо-магнезиальных карбонатных метасоматитов.

Описание рудоносных метасоматических формаций с различной детальностью приведено в монографических работах Н. И. и М. Б. Бородаевских (1947), Д. С. Коржинского (1948, 1953), Н. Н. Курека с соавторами (1954), В. А. Жарикова (1959, 1963), Н. И. Наковника (1964, 1968), В. А. Жарикова и Б. И. Омеляненко (1965), В. П. Федорчука (1969), Д. В. Рундквиста, В. К. Денисенко, И. Г. Павловой (1971), В. Г. Кушева (1972), Ю. В. Казицына (1972), Г. Т. Волостных (1972), В. Л. Русинова (1972, 1989), М. М. Василевского (1973), Л. И. Шабынина (1973), А. М. Дымкина и В. М. Щербак (1973), Д. В. Рундквиста, И. Г. Павловой (1974, 1981), И. П. Щербаня (1975), В. Н. Сазонова (1975, 1984), Е. М. Еськовой (1976), Б. И. Омеляненко (1978), К. В. Подлесского (1979), А. И. Грабежева (1981), В. Б. Чекваидзе (1981), Л. И. Шабынина, Н. Н. Перцева, И. А. Зотова (1984), О. Н. Грязнова (1992) и др.

Метасоматическая формация может выступать в двух значениях — абстрактном и конкретном. Абстрактная формация — это формационный тип, охватывающий все разнообразие условий и признаков, не привязанных к месту и времени в геологической истории. Конкретная метасоматическая формация характеризует устойчивую ассоциацию метасоматических пород, генетически связанную с определенной геологической формацией, занимающую конкретное место в пространстве и времени, геохимически и металлогенически специализированную на определенный тип минерализации. Так, лиственит-березитовый формационный тип отличается достаточно широкими генетическими связями с магматическими формациями разных стадий развития геосинклинально-складчатых областей при довольно широком наборе сопряженной минерализации (золото, полиметаллы, уран, сурьма, ртуть, горный хрусталь и др.). Конкретная лиственит-березитовая формация характеризуется генетическими связями с одной геологической формацией и металлогенически специализирована на одну рудную формацию. Примером может служить лиственит-березитовая формация Сусанско-Асбестовской зоны региональных разломов (на границе Восточно-Уральского поднятия и одноименного прогиба Среднего Урала), генетически связанная с кривчанским комплексом гранодиорит-адамеллит-гранитной формации раннего — среднего карбона и специализированная на жильный тип золото-сульфидно-кварцевой минерализации.

В складчатых поясах уральского типа сложная и длительная история геологического развития региональных структур приводит к образованию полигенных и полихронных месторождений и их сообществ (рудных формаций). Таковы глубоко метаморфизованные объекты сульфидной медно-никелевой формации в рифейских гипербазитах и сланцевых комплексах северной части Сысертско-Ильменогорского мегантиклинория (глубоко метаморфизованные комплексы фундамента); элизионно-метаморфогенно- и магматогенно-метасоматические сидеритовые и магнезитовые формации в железо-магнезиальных карбонатных метасоматитах миогеосинклинальных комплексов рифея Башкирского антиклинория; метаморфизованные медно-цинковоколчеданные месторождения среднеуральского типа в кварц-хлорит-серицитовых сланцевых зонах; колчеданные месторождения Весеннее и 50-летия Октября в Северных Мугоджарах, представляющие последовательное совмещение рифтогенно-геосинклинальных медных руд в кварц-хлорит-серици-



товых метасоматитах, позднегеосинклинальной свинцово-цинковой минерализации в оксеталитах и позднеорогенной редкометалльно-молибденовой минерализации в аргиллизитах.

Нередко сложные (подчас полигенные и полихронные) объекты формируются разными процессами в пределах одного этапа тектономагматического цикла в однотипных или близких эндогенных режимах. К их числу принадлежат титано-магнетитовые месторождения (раннемагматические и флюидно-метасоматические процессы), телескопированные колчеданные месторождения (гидротермально-осадочные и гидротермально-метасоматические процессы); скарновые магнетитовые (вулканогенно-осадочные и вулканогенно-гидротермальные с наложенными плутоногенными гидротермально-метасоматическими); скарновые золоторудные, редкометалльные месторождения (скарны с наложенными процессами кислотного выщелачивания); редкометалльные месторождения в последовательно совмещенных щелочных метасоматитах Вишневых гор (полевошпатовых — альбитовых — карбонатитовых) и др.

Особый тип сложных объектов образуется в рядах сопряженных рудных формаций полигенных и полихронных рудных полей и месторождений. В рудных полях Сусанско-Асбестовской зоны глубинных разломов зафиксировано последовательное развитие пегматитовой редкометалльной — альбититовой редкометалльной — грейзеновой вольфрам-молибденовой — лиственит-березитовой золото-сульфидно-кварцевой и аргиллизитовой редкометалльно-молибденовой рудных формаций. Домбаровский рудный район характеризуется развитием медноколчеданной — оксеталитовой свинцово-цинковой — грейзеновой молибденовой — аргиллизитовой редкометалльно-молибденовой рудных формаций. Этот перечень примеров может быть продолжен.

Выявление и изучение рудных формаций, типогенной рудно-метасоматической зональности имеет важное значение при прогнозно-металлогенических исследованиях и перспективной оценке рудных районов, полей и месторождений.

**Закономерности размещения рудоносных метасоматических образований** определяются эволюцией тектонического режима, геологических структур, магматизма и метаморфизма в истории развития земной коры.

В геологической истории фанерозойских подвижных поясов рудоносные метасоматические формации образуют закономерные ряды с магматическими, метаморфическими и рудными формациями в региональных структурах. Определенным этапам эволюции региональных структур свойственны типоморфные семейства рудоносных формаций, обуславливающие их металлогеническую специализацию [2].

В метаморфических комплексах блоков фундамента реставрируются рудоносные формации (кианит-мусковит-кварцевая, андалузитовая, железистых кварцитов), связанные с процессами послегранитизационного пороодо- и рудообразования в ареальных вулкано-тектонических структурах, и глубоко преобразованные метасоматиты уралитовой формации с реликтами медно-никелевой минерализации протогеосинклинальных зеленокаменных поясов. Комплексы рифейско-кембрийских и фанерозойских геосинклинально-складчатых областей характеризуются ассоциациями близких формационных типов метасоматитов адекватных режимов при редуцированном наборе байкальских формаций. Вместе с тем только в миогеосинклинальных рифеидах установлены полигенные железо-магнезиальные карбонатные метасоматиты. Наибольшей полнотой и разнообразием отличаются фанерозойские формации, свойственные рифтогенному, ранне-позднегеосинклинальному (эв- и миогеосинклинальному), ранне- и позднеорогенному режимам и режиму тектономагматической активизации консолидированных структур.



Послеинтрузивные контактовые формации образуются на большинстве стадий геосинклинального цикла в различных геолого-структурных обстановках и характеризуются сидерофильной, халькофильной и реже литофильной металлогенической специализацией. Послемагматический гидротермальный метасоматоз отличается широким разнообразием геологических обстановок проявления и металлогении. Плутогенные формации обусловлены эволюцией рифтогенных (уралитовая, серпентинитовая), позднегеосинклинальных (уралитовая, оксеталитовая, лиственит-березитовая), орогенных (серпентинитовая, полевошпатовых метасоматитов, оксеталитовая, лиственит-березитовая, гумбенитовая, альбититовая, грейзеновая, кварц-турмалин-хлоритовых метасоматитов и др.) и активизационных структур, сопровождавшихся кислым, средним, реже щелочным и основным магматизмом. Вулканогенные формации распространены в комплексах, главным образом, начальных (кварц-хлорит-серпентитовых метасоматитов, пропилитовая) и конечных (лиственит-березитовая, эйситовая, вторичных кварцитов, аргиллизитовая), реже средних (пропилитовая, оксеталитовая) стадий развития геосинклинально-складчатых сооружений. Метаморфогенно-метасоматические формации антиклинорных зон подчинены развитию гнейсово-мигматитовых комплексов (ГМК) с их полифациальным метаморфизмом.

Особое место в металлогении Уральского складчатого пояса занимают рудоносные метасоматические формации зон тектоно-магматической активизации — автономного эндогенного режима завершающего этапа эволюции геосинклинально-складчатых областей после их стабилизации при переходе в платформу. Тектоно-магматическая активизация уверенно фиксируется в позднепалеозойский — мезозойский этап. Ранняя стадия активизации (поздняя пермь — ранний триас) выразилась в образовании региональных разломов и подновлении древних разрывов в структурно-вещественных комплексах доуралид Центрально-Уральского поднятия и глубоко метаморфизованных комплексах микроконтинентов и срединных массивов эвгеосинклинальной области восточного склона. Она сопровождается развитием щелочного, щелочно-базальтоидного и гранитного магматизма с высокотемпературной редкометальной металлогенией литофильного и литофильно-халькофильного профиля. С ней связано развитие щелочных полевошпатовых метасоматитов (Nb, Ta, Zr), апомиаскитовых альбититов (Ta, Nb, TR), карбонатитов (Nb, Ta, TR, Zr, P, флогопит-вермикулит), апогранитных альбититов (Ta, Nb, TR, Th, U), грейзенов (Mo, W, Be, драгоценные камни). Поздняя стадия (средний триас — юра) проявилась в образовании наложенных вулканогенно-молассовых впадин в структурах восточного склона и Зауралья, подновлении разломов складчатого фундамента и комплексов доуралид. С этим периодом коррелируется низкотемпературная гидротермальная минерализация в гидрослюдистых метасоматитах (U, Pb, Ba, Cu), сольфатарно-фумарольных аргиллизитах (бентонит) и гидротермальных аргиллизитах (Au, U, Mo, W, F, Hg).

С зонами тектоно-магматической активизации связаны перспективы открытия месторождений новых для Урала промышленных типов золото-аргиллизитовой (в т. ч. джаспероидной), вольфрам-молибденовой штокверково-грейзеновой, уран-молибденовой аргиллизитовой и уран-гидрослюдистой формаций, обнаружения своеобразных для региона редкометально-редкоземельных месторождений в карбонатитах, щелочных полевошпатовых метасоматитах и альбититах, выявления низкотемпературных месторождений бериллия, вольфрама, ртути, сурьмы, флюорита, цеолитов и др.

Региональная дифференциация рудоносных метасоматических формаций подвижных поясов, их распределение в региональных структу-



рах формируют металлогенические зоны фемического, сиало-фемического, фемически-салического и салического профилей.

Метаморфогенные рудоносные метасоматиты докембрийских щитов связаны с процессами палингено-метасоматического (магнезиальные скарны с комплексным оруденением и редкометалльные кварциты) и послегранитизационного (редкометалльные и ураноносные щелочные полевошпатовые метасоматиты) породо- и рудообразования в зонах региональных разломов.

**Метасоматическая зональность.** Закономерные изменения относительно рудных тел и месторождений состава минеральных ассоциаций в ходе рудно-метасоматических процессов позволяют решать прогнозные и поисково-разведочные задачи. Проявление в рудоносных структурах монофацальной, моно- и полиформационной метасоматической зональности, реализуемой в образовании соответствующих ореолов и ареалов, обуславливает развитие локальной, площадной и региональной метасоматической зональности [2].

Локальная зональность известных типов эндогенных месторождений изучена достаточно хорошо. Ведущие типы метасоматитов воспроизведены экспериментально [5]. Они составляют базовую информацию при изучении и раскрытии площадной и региональной зональности.

Площадная зональность проявляется как полиформационная зональность эндогенных месторождений, рудных полей и районов. Ее выявление и изучение осуществляется путем различного масштаба картирования рудоносных площадей (1:2000—1:10000 для месторождений, 1:10000—1:25000 для рудных полей и 1:25000—1:50000 для рудных районов). Зональность месторождений (особенно если она познается через локальную зональность рудных тел) привлекает большее внимание исследователей. Метасоматическая зональность более крупных по площади минерагенических подразделений не стала еще предметом постоянного и пристального изучения. Основными сдерживающими факторами, по-видимому, являются: недостаточная теоретическая проработка вопроса, разногласия в принципах и методических подходах, отсутствие инструктивных документов, определенная трудоемкость работ. Вместе с тем именно этот вид зональности имеет огромное значение в перспективной оценке территорий.

Коллективный опыт уральских геологов позволил сделать первые обобщения по типизации метасоматической зональности рудоносных площадей различных геологических обстановок формирования [2]. В их основу положены результаты изучения метасоматической зональности месторождений и рудных полей колчеданной минерализации (М. Б. Бородаевская, А. И. Кривцов, В. П. Логинов, В. А. Прокин, В. Ф. Рудницкий, А. А. Иванов, А. Г. Злотник-Хоткевич, О. Н. Грязнов, В. И. Чесноков, Л. Я. Берг и др.), медно- и молибденово-медно-порфировой минерализации (Е. И. Костеров, А. К. Тимергазина, Л. Н. Ромашова, А. И. Грабежев, В. А. Елохин, Ю. А. Дворников, О. Н. Грязнов и др.), скарновой (Д. С. Коржинский, В. А. Жариков, А. М. Дымкин, К. В. Подлесский и др.), грейзеновой (Д. В. Рундквист, П. В. Покровский, А. И. Грабежев, О. Н. Грязнов, И. И. Шевкунов, В. А. Елохин, Ю. А. Дворников, Л. Я. Берг и др.), редкометалльно-редкоземельной (Е. М. Еськова, А. Г. Жабин, Б. М. Роненсон, В. Я. Левин, А. И. Грабежев, О. Н. Грязнов, Ю. А. Дворников и др.) минерализации; месторождений и рудных полей с низкотемпературной урановой (О. Н. Грязнов, В. И. Чесноков, Л. Я. Берг, В. В. Григорьев, А. Б. Макаров и др.), золотой (Н. И. Бородаевский, Р. О. Берзон, В. Н. Сазонов, А. И. Грабежев, О. Н. Грязнов, С. Н. Вахрушев, К. П. Савельева, Д. А. Костромин и др.), медной и полиметаллической (В. В. Григорьев, В. И. Чесноков, В. А. Елохин) минерализации; зональности полигенных рудных



полей и месторождений (О. Н. Грязнов, В. И. Чесноков, Л. Я. Берг); зональности рудных и нерудных месторождений гнейсово-мигматитовых комплексов (И. Ф. Романович, К. К. Золотов, В. Б. Болтыров, А. Е. Карякин, В. А. Смирнова, В. Н. Огородников, Е. П. Мельников, О. Н. Грязнов, В. Н. Сазонов, М. Б. Аринштейн, А. И. Грабежев, В. Н. Рябков и др.).

Региональная метасоматическая зональность исследована слабо. Ее изучение практически только начинается. Первые результаты получены при картировании рудоносных метасоматических формаций в масштабе 1:200000 Полярно-Уральского мегантиклинория и средней части Восточно-Уральского поднятия. Зональность северного фланга Уральского складчатого пояса рассмотрена в работе [6]. Обобщенная схема региональной метаморфической и магматической зональности в поперечном сечении Среднего Урала имеет вид [1]: симатический (фемический) плутонометаморфизм габбро-гипербазитовых комплексов Платиноносного пояса — зеленокаменный метаморфизм уровня зеленосланцевой фации осадочно-вулканогенных комплексов Тагило-Магнитогорского прогиба и синклинорных структур II порядка Урало-Тобольской геантиклинали с наложенным зеленосланцевым метаморфизмом — сиалический плутонометаморфизм и гранитоидный плутонизм антиклинорных зон — зеленокаменный метаморфизм уровня зеленосланцевой — пренит-пумпеллитовой фации и начальный метаморфизм цеолитовой фации вулканогенно-осадочных ассоциаций Алапаевско-Теченского мегасинклинория с локальным проявлением зеленосланцевого метаморфизма. Эта картина усложняется наложением сиалического плутонометаморфизма на симатический, зеленокаменные и зеленосланцевые комплексы прибортовых частей синклинорных структур, линейным развитием дислокационного метаморфизма на уровне фации зеленых сланцев в тектонически напряженных зонах Серовско-Маукского, Пийско-Петрокаменского и Сусанско-Асбестовского глубинных разломов.

С метаморфической и магматической зональностью связана региональная метасоматическая зональность. Метаморфогенно-метасоматической зональности ГМК подчинено размещение рудоносных метасоматических формаций, обусловленных сиалическим плутонометаморфизмом. От гнейсового ядра к сланцевому обрамлению они располагаются в отмеченной в классификации последовательности. Магматогенно-метасоматическая зональность отличается более сложной картиной. Внутренние части антиклинорных зон с гранитоидными плутонами характеризуются развитием полевошпатовых метасоматитов, альбититов, карбонатитов с наложенной аргиллизацией. Граничные разломы антиклинорных и синклинорных структур контролируют распространение грейзеновой, лиственит-березитовой, серпентинитовой и аргиллизитовой формаций. Краевым частям синклинорных зон свойственно образование уралитовой, пропилитовой и лиственит-березитовой формаций. Внутренние структуры прогибов контролируют развитие пропилитовой, кварц-хлорит-серицитовых метасоматитов, оксеталитовой, лиственит-березитовой и аргиллизитовой формаций.

На основе анализа региональной метасоматической и метаморфической зональности, металлогенической специализации метасоматических формаций, критериев рудоносности метасоматитов могут быть намечены пути прогнозной оценки территорий на некоторые виды эндогенных полезных ископаемых.

Проявление региональной метасоматической зональности обусловлено закономерной эволюцией в геологической истории региональных структур магматизма, метаморфизма, магматогенно- и метаморфогенно-метасоматических явлений, сменой градиентов Р, Т и С во времени



и пространстве. Метасоматическая зональность региональных структур во многом определяет металлогеническую зональность, хоть ей и не тождественна.

**Прикладное значение рудоносных метасоматитов.** Гидротермально-измененные окологрудные породы уже давно являются надежными поисковыми признаками эндогенных месторождений. Накопленный на сегодня опыт позволяет использовать рудоносные метасоматиты для решения широкого круга прикладных задач [2].

1. Знание положения оруденения в полиформационной (полифациальной) метасоматической зональности, оптимальной последовательности развития (наложения) фаций и формаций в контролирующих структурах для полихронного оруденения промышленного масштаба имеет принципиальное значение в перспективной оценке объектов. Создание эталонных моделей зональности различных типов полигенных и полихронных месторождений — одна из важнейших прогностно-поисковых задач.

2. Оценка ореолов и ареалов гидротермально измененных «окологрудных» пород при поисках скрытого и слабопроявленного оруденения может быть осуществлена с помощью критериев рудоносности метасоматитов. Значение последних целесообразно ограничить критериями разрабовки ореолов метасоматитов на рудные и безрудные. Критерии же непосредственной оценки рудоносных ореолов по масштабу оруденения, глубине залегания рудных тел, эрозионному срезу очерчивают широкий круг самостоятельных вопросов, в своей совокупности определяющих прогнозную оценку рудоносных площадей. Уровень изученности этих вопросов позволяет лишь обозначить некоторые геологоструктурные, минералого-петрографические, геохимические и геофизические критерии.

3. Прогнозная оценка рудных районов, полей и месторождений может быть осуществлена: 1) путем непосредственного использования гидротермально-метасоматической зональности без прямого учета других факторов; 2) путем использования рудоносных метасоматических формаций в комплексной методике количественного прогнозирования. При поисках скрытого и слабопроявленного оруденения по гидротермально-метасоматическим признакам целесообразно последовательное решение следующих вопросов: 1) выяснение генетического типа изучаемого объекта; 2) оценка относительной глубины эрозионного среза рудоносных блоков, рудовмещающих структур и рудных тел; 3) оценки масштабов прогнозируемого оруденения. Эти задачи могут быть реализованы путем сопоставления гидротермально-метасоматической зональности испытуемых и эталонных объектов по ряду признаков и критериев [2]. В комплексной методике количественного прогнозирования рудоносные метасоматические формации используются в качестве поисковых признаков минерализации, критериев классификации рудных формаций, при оценке масштабов рудных объектов, категоризации прогнозных ресурсов и при подсчете прогнозных ресурсов [8].

Дальнейшие исследования по проблеме «Метасоматизм и рудообразование» целесообразно сосредоточить на следующих основных направлениях: 1) унификация понятий и терминов, разработка оптимальной номенклатуры и классификации рудоносных метасоматитов; 2) изучение и систематизация на формационной основе метасоматических пород новых и слабоизученных типов рудных и нерудных месторождений, выявление новых видов минерального сырья в метасоматитах; 3) экспериментальное изучение метасоматических колонок всех известных типов рудоносных метасоматитов, условий образования рудосопровождающих метасоматитов; 4) изучение радиологического возраста метасоматитов; 5) выявление оптимальных критериев генетической связи



рудоносных метасоматитов с магматическими комплексами, геологическими типами и фациями метаморфизма; 6) исследование геохимической и металлогенической специализации метасоматических формаций; 7) выявление и изучение критериев рудоносности метасоматитов геолого-промышленных типов месторождений и критериев прогнозирования рудоносных метасоматических формаций; 8) разработка теории и методики прогноза труднооткрываемого оруденения на основе гидротермально-метасоматической зональности рудных районов, полей и месторождений; 9) активное внедрение в практику геологоразведочных работ всех этапов и стадий обязательного составления карт распространения ореолов и ареалов рудоносных метасоматических образований соответствующих масштабов.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грязнов О. Н. Схематическая карта распространения рудоносных метасоматических формаций и метаморфизма средней части Восточно-Уральского поднятия. Масштаб 1 : 200000.— Свердловск: ПГО «Уралгеология», 1989.
2. Грязнов О. Н. Рудоносные метасоматические формации складчатых поясов.— М.: Недра, 1992.—253 с.
3. Грязнов О. Н., Ляхович Э. М. Картирование рудоносных метасоматических образований Урала: Методические рекомендации.— Свердловск: ПГО «Уралгеология», 1989.—144 с.
4. Жариков В. А., Омеляненко Б. И. Классификация метасоматитов // Метасоматизм и рудообразование.— М.: Наука, 1978.— С. 9—28.
5. Зарайский Г. П. Зональность и условия образования метасоматических пород.— М.: Наука, 1989.—344 с.
6. Метасоматическая зональность восточного склона Полярного Урала / О. Н. Грязнов, В. И. Чесноков, В. В. Григорьев и др. // Метасоматизм и рудообразование.— М.: Наука, 1984.— С. 198—209.
7. Рудоносность и геологические формации структур земной коры / Под ред. Д. В. Рундквиста.— Л.: Недра, 1981.—423 с.
8. Эндеогенные рудоносные и рудные формации полярного сектора Центрально-Уральского поднятия и перспективы их освоения / О. Н. Грязнов, В. В. Бабенко, В. И. Чесноков и др. // Магматизм и руд. полез. ископаемые Европ. Сев.-Вост. СССР: Тр. 10 Геол. конфер. Коми АССР.— Сыктывкар, 1988.— С. 22—28.

УДК 553.041

*В. В. Бабенко*

#### РУДНЫЕ МЕГАОБЛАСТИ И НЕЛИНЕЙНЫЙ ХАРАКТЕР МЕТАЛЛОГЕНИИ В ГОРНОЙ ЧАСТИ ПОЛЯРНОГО УРАЛА

Земная кора в пределах горной части Полярного Урала испытала полициклическое развитие. В байкальский тектоно-магматический цикл здесь имел место эвгеосинклинальный цикл (криптоэвгеосинклинальный по О. Н. Грязнову и В. А. Душину) [2, 3], возникшие структуры были названы А. М. Маревичевым [4] ранними уралидами. В каледоно-герцинский цикл здесь развивался многоэосинклинальный [2, 3] режим, который привел к образованию поздних уралид [4].

В результате анализа условий размещения рудных полей и районов эндогенной минерализации в горной части Полярного Урала описаны (рис. 1) ряд рудных областей. Они приурочены к четырем поперечным геосинклинали тектоническим блокам. Эти блоки разделены глубинными разломами северо-западного простирания, выделенными В. А. Душиным, Г. А. Гревцовым, и хорошо подтверждаются гравиметровыми и магнитометрическими данными, обработанными сотрудниками геофи-