

УДК 553.2(001.57)+551.242.31

**МОДЕЛИ РУДООБРАЗОВАНИЯ В ОФИОЛИТАХ
НА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ СТАДИЯХ РАЗВИТИЯ
ПОДВИЖНЫХ ПОЯСОВ НЕОГЕЯ**

В.С. Полянин

Аннотация

На основе систематизации литературных и авторских данных по геологическому строению и истории структурно-вещественных (в том числе рудогенных) преобразований офиолитов и вмещающих их геологических комплексов разработаны оригинальные модели размещения и функционирования рудообразующих систем в офиолитах для областей господства рифтогенно-спредингового, островодужного (энсиматических дуг и активных континентальных окраин) и коллизионного геодинамических режимов.

Одним из наиболее перспективных направлений при разработке теоретических основ и проведении прогнозно-минерагенических исследований офиолитов является создание моделей геологических обстановок формирования минеральных месторождений и функционирования рудообразующих систем, их генерирующих.

Важность проведения подобных исследований применительно к офиолитовым комплексам определяется тем, что минеральные месторождения в составляющих офиолитовую ассоциацию комплексах пород формировались как в процессе их становления (хромиты, медь, марганец, нормальный хризотил-асбест, нефрит), так и позднее, когда офиолиты попадали в области господства островодужного и активных континентальных окраин (жадеит, ломкий и продольно-волокнистый хризотил-асбест, изумруд, золото, тальк и тальковый камень), платформенного (силикатный никель, пелитоморфный магnezит, хризопраз) и эпиплатформенного орогенеза (ртуть, россыпные месторождения золота, нефрита и др.) геодинамических режимов [1, 2].

В соответствии с определением Д.В. Рундквиста рудообразующая система – это физическая система (геологическое пространство – В.П.), объединяющая источник вещества, пути его перемещения и места локализации оруденения, которые являются ведущими ее элементами.

В ходе геологического развития подвижных поясов неогей офиолиты (в роли рудогенерирующей, рудоносной и рудовмещающей формаций) входили в состав различных рудообразующих систем, обмениваясь с окружающими породами энергией и веществом. Участвующие в процессе рудогенеза и формирования различных типов месторождений полезных ископаемых геологические формации офиолитовой ассоциации всегда являются рудовмещающими, а для

большинства видов сырья также и рудоносными, реже члены офиолитовой ассоциации выступают в качестве рудогенерирующих формаций.

Основные недостатки разработанных в 1980–1990 гг. моделей формирования месторождений полезных ископаемых в офиолитах [3–7] сводятся к тому, что, с одной стороны, они не полностью учитывают пострудную структурно-вещественную эволюцию ультрамафит-мафитовых комплексов, предшествующую рудообразованию, и, с другой стороны, процессы минерало- и рудообразования в них рассматриваются вне связи с геодинамическими обстановками и развитием вмещающих офиолиты структурно-вещественных комплексов. Разработанные автором геологические модели размещения и функционирования минерало- и рудообразующих систем (далее – модели), элементами которых являются офиолиты, для областей господства отмеченных, последовательно проявленных геодинамических обстановок базируются на установленных фактах (и, естественно, основанных на их интерпретациях, предположениях и представлениях), отражающих современное тектоническое положение и вещественный состав рудоносных и безрудных офиолитовых комплексов, строение и условия локализации в них минеральных месторождений, последовательность, предполагаемые геодинамические, структурные и физико-химические условия формирования в офиолитах минеральных месторождений и рудовмещающих метасоматитов, пространственные и временные взаимоотношения их друг с другом и с реперными (свойственными определенным геодинамическим обстановкам) геологическими формациями [1–9].

По времени появления в истории развития подвижных поясов и по геодинамическим режимам, господствовавшим в областях их функционирования, рудообразующие системы, элементами которых являлись офиолиты, подразделены автором на 6 групп: 1) рифтогенно-спрединговую (океанических рифтов); 2) островодужную энсиматическую (энсиматических островных дуг); 3) островодужную энсиалическую (активных континентальных окраин); 4) коллизионную; 5) платформенную и 6) эпиплатформенную орогенную. В свою очередь, по глубинности проявления процессов рудогенеза (рудообразующих процессов), термодинамическим параметрам, минерагенической специализации и предполагаемой локализации в период рудогенеза в определенных структурных элементах литосферы в составе названных групп выделены отдельные виды рудообразующих систем.

Основными элементами разработанных моделей являются:

– дорудные геологические комплексы, минеральные ассоциации и рудные скопления, сформированные до начала функционирования данной рудообразующей системы;

– интрудные (новообразованные) геологические комплексы, минеральные ассоциации и рудные скопления, сформированные в период функционирования данной рудообразующей системы;

– предполагаемые рудогенерирующие геологические формации и другие источники вещества и энергии, необходимые для осуществления процессов минерало- и рудогенеза;

– вероятные направления и пути перемещения необходимых для рудообразования потоков энергии и вещества;

– изолинии определяющих функционирование рудообразующей системы термодинамических характеристик (температура, давление, фации метаморфизма и др.), контуры полей устойчивости реперных минералов и др.

На рис. 1–3 приведены графические структурно-вещественные (формационного и внутрiformационного уровней) модели размещения и геологических обстановок формирования в офиолитах месторождений неметаллических (и сопутствующих им металлических) полезных ископаемых ведущих геолого-промышленных типов в областях проявления рифтогенно-спредингового (рис. 1), островодужного (рис. 2) и коллизионного (рис. 3) геодинамических режимов и функционирования в их контурах разнотипных и разноглубинных рудообразующих систем. Эти модели фиксируют пространственное и временное положение ведущих элементов минерало- и рудообразующих систем, существовавшее в названные периоды и, частично, позднее времени формирования тех или иных типов (или групп типов) минеральных месторождений. Нетрудно заметить, в частности, что рудообразующие системы, функционировавшие при формировании в рифтогенно-спрединговых структурах членов офиолитовой ассоциации, в этот период еще пространственно разобобщенных (рис. 1), образуют, с одной стороны, разновозрастную колонну (вертикальный ряд одновременно существовавших систем) и, с другой – временной ряд, в котором каждая расположенная выше по разрезу рудообразующая система (за исключением последней) является более поздней по времени существования по сравнению с более глубинными. При этом матрицей каждой менее глубинной (и более молодой) рудообразующей системы являются продукты функционирования системы, расположенной ниже (и более древней).

Разработанные модели, кроме объяснительной (объясняющей известные геологические факты и закономерности размещения полезных ископаемых в офиолитах, временные ряды структурно-вещественных и минерагенических их преобразований), несут и предсказательную функцию, т. е. позволяют прогнозировать неизвестные геологические факты и формулировать факторы, определяющие формирование и сохранность минеральных месторождений, и на их основе – дополнительные прогнозные предпосылки потенциальной рудоносности офиолитов.

Выводы

Анализ разработанных моделей позволил сформулировать следующие выводы.

1. Ведущими факторами, во многом определяющими особенности структурно-вещественной и минерагенической эволюции офиолитов в областях функционирования на последовательных стадиях развития подвижных поясов разнотипных рудообразующих систем, являются: а) скорость спрединга, определяющая степень деплетирования мантийного пиролита по мере его продвижения из глубинных зон к поверхности, характер и интенсивность проявления трещинообразования в ультрамафитах и др. (рифтогенно-спрединговая геодинамическая обстановка); б) положение и развитие офиолитов в составе определенных структурных элементов (зоны субдукции, аккреционные призм и др.) островодужных и окраинно-континентальных систем; минерагеническая спе-

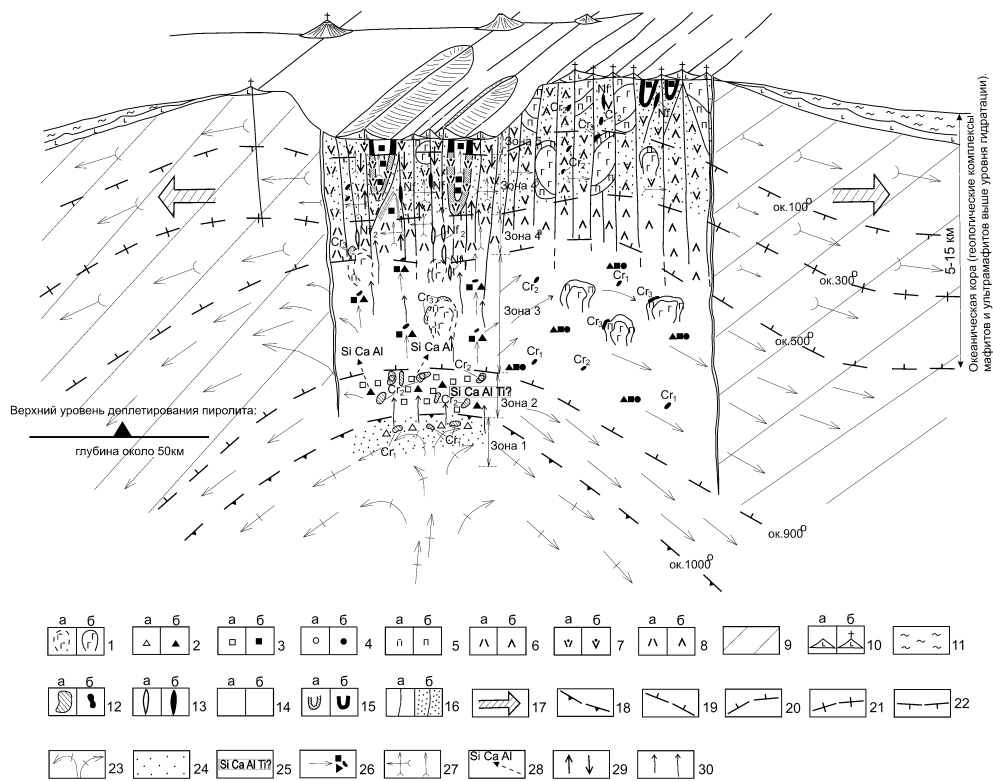


Рис. 1. Модель размещения и функционирования рудообразующих систем в рифтогенно-спрединговой структуре межконтинентального или задугового (тыловодужного) бассейна:

1–11 – геологические комплексы (а – в процессе формирования, б – сформированные): 1 – габброидный; 2 – лерцолит-гарцбургитовый; 3 – дунит-гарцбургитовый; 4 – дунитовый; 5 – дунит-клинопироксенитовый; 6 – лизардитовых мелкопетельчатых серпентинитов и лизардитизированных дунитов, гарцбургитов и лерцолитов; 7 – лизардит-хризотилитовых и антигорит-хризотил-лизардитовых серпентинитов по высокомагнезиальным гарцбургитам, с промышленной асбестоспособностью; 8 – то же с не промышленной асбестоспособностью; 9 – ультрамафиты и мафиты нерасчлененные (строение как в правом плече рифтовой структуры); 10 – толеит-базальтовый (недифференцированных натриевых базальтов, спилит-диабазовый); 11 – вулканогенно-осадочный с железо-марганцевыми конкрециями; 12–15 – рудные тела минеральных месторождений (а – в процессе формирования; б – сформированные): 12 – хромитов (Cr₁ – кракинского типа, Cr₂ – кимперсайского типа, Cr₃ – ключевского типа); 13 – нефрита (Nf₁ – долизардитовые, формируемые ниже зоны гидратации, Nf₂ – постлизардитовые, формируемые в зоне гидратации, Nf – сформированные); 14 – медных руд кипрского типа; 15 – хризотил-асбеста баженковского типа; 16 – разрывные нарушения (а – крупноамплитудные, выполненные дайками габброидов, б – приразломные зоны трещиноватости хрупкого разрушения); 17 – направления тектонических напряжений; 18–22 – границы: 18 – астеносферы; 19 – верхняя граница области магматогенно-метасоматической дифференциации лерцолит-гарцбургитового комплекса и формирования за счет него дунит-гарцбургитового и дунитового комплексов; 20 – нижний уровень гидратации ультрамафитов и мафитов; 21 – нижняя граница устойчивости хризотила; 22 – верхняя граница зоны гидратации ультрамафитов; 23 – конвекционные течения в астеносфере; 24 – область частичного плавления и деплетирования мантийного пиrolита; 25–28 – направления и пути перемещения: 25 – продуктов деплетирования – базальтовых расплавов (в прямоугольнике – основные выносимые из пиrolита компоненты); 26 – деплетированных вязко-пластичных масс ультрамафитов и мафитов (гарцбургит-лерцолитовый, дунит-гарцбургитовый, габброидный комплексы, хромитовые руды) в зону гидратации; 27 – хрупкопластичных масс гидратированных ультрамафитов; 28 – химических компонентов (Si, Ca, Al, Pt, Os, Ir) в процессе формирования дунит-гарцбургитового комплекса; 29 – пути циркуляции метеорных и морских вод; 30 – пути движения мантийных флюидов (водород и др.)

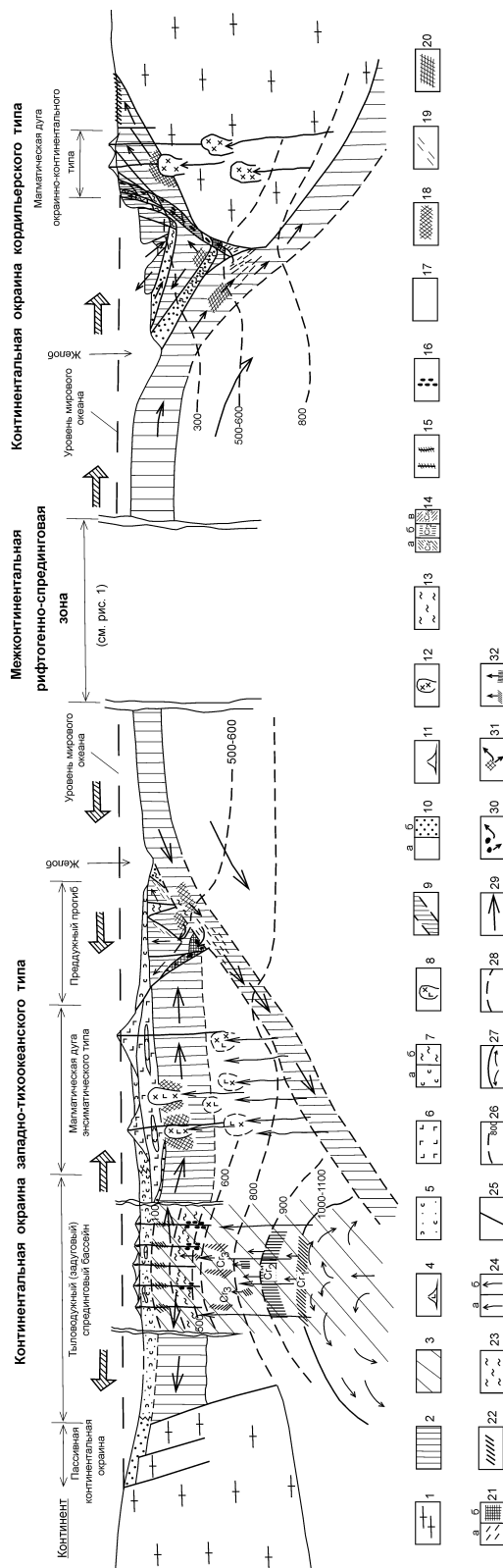


Рис. 2. Модели размещения и функционирования рудообразующих систем в геодинамических обстановках тыловодужных (задуговых) бассейнов, энсиматических и энсиалических (океанно-континентальных) островных дуг.

1-2 – дорудные элементы модели; 1 – континентальная кора окраины материков и микроконтинентов; 2 – древняя консолидированная океаническая кора с месторождениями хромитов, меди, нефрита и хризотил-асбеста; 3-28 – интравудные элементы модели; 3-5 – геологические комплексы тыловодужных бассейнов на океанической коре; 3 – мафит-ультрамафитовые; 4 – базальтоидные; 5 – осадочно-туфогенные и осадочные; 6-8 – геологические комплексы энсиматических островных дуг; 6 – липарит-базальтовый и др. с бонингитами; 7а – осадочно-туфогенный; 7б – осадочный, в т. ч. олистостромовый; 8 – габбро-плагитогранитовый и габбро-диорит-плагитогранитовый; 9-13 – геологические комплексы океанно-континентальных магматических дуг; 9 – мафит-ультрамафитовые в зонах субдукции; 10а – осадочные нелигифицированные; 10б – то же лигифицированные; 11 – липарит-дацитовый оловяносный; 12 – тоналит-гранодиоритовый; 13 – апотерригенных глаукофановых сланцев; 14-23 – области/зоны функционирования минерало-, рудообразующих систем и формирования минеральных месторождений в офиолитах; 14 – хромитов (а – деплетированная мантийного пиролита / хромиты краквинского типа; б – магматогенно-метасоматического преобразования деплетированного рестила / хромиты киперсайского типа, в – магматогенно-метасоматического преобразования ультрамафитов в экзоконтактах интрузий габбро / хромиты ключевского типа); 15 – зона приразломного трещинообразования / хризотил-асбест базеновского типа; 16 – метасоматического преобразования ультрамафитов в экзоконтактах даек и массивов габбро / нефрит алультрамафитового типа; 17 – вулканогенно-осадочного рудогенеза / мель кипрского типа; зона вторичной десерпентинизации, оталькования, карбонатизации и лиственитизации ультрамафитов в экзоконтактах даек и интрузий гранитоидов / хризотил-асбест базеновского термально-метаморфизованного типа, золото лиственитового типа, тальк и тальковый камень; 19 – приразломной деформации тел асбестосных ультрамафитов / хризотил-асбест базеновского динамометаморфизованного типа; 20 – верхних приповерхностных частей зон субдукции океанической коры / хризотил-асбест борусского типа; 21 – глубинных частей зон субдукции (а) и глубинной обдукции (б) океанической коры / жадеит апоофиолитового типа; 22 – кор выветривания силикатного типа на ультрамафитах / железо, никель, кобальт, хризопраз силикатных кор выветривания; 23 – начальной гидратации ультрамафитов / лизардитовые мелкопелетчатые серпентиниты безрудные; 24 – пути транспортировки минерало- и рудогенерирующих расплавов (а – базальтового состава, б – известково-щелочных); 25 – разрывные нарушения; 26 – геоизотермы; 27 – верхняя граница области частичного плавления и деплетирования мантийного пиролита; 28 – верхняя граница области магматогенно-метасоматической дифференциации лердолит-гарбуритового комплекса и формирования за счет него лунит-гарбуритового и дунилитового комплексов; 29-31 – пострунные элементы модели: направления и пути движения; 29 – блоков мафит-ультрамафитового состава; 30 – то же, метаморфизованных в условиях глаукофансланцевой фации; 29-31 – пострунные элементы жадеита; 31 – то же с месторождениями хризотил-асбеста борусского типа; 32 – то же с месторождениями хромитов

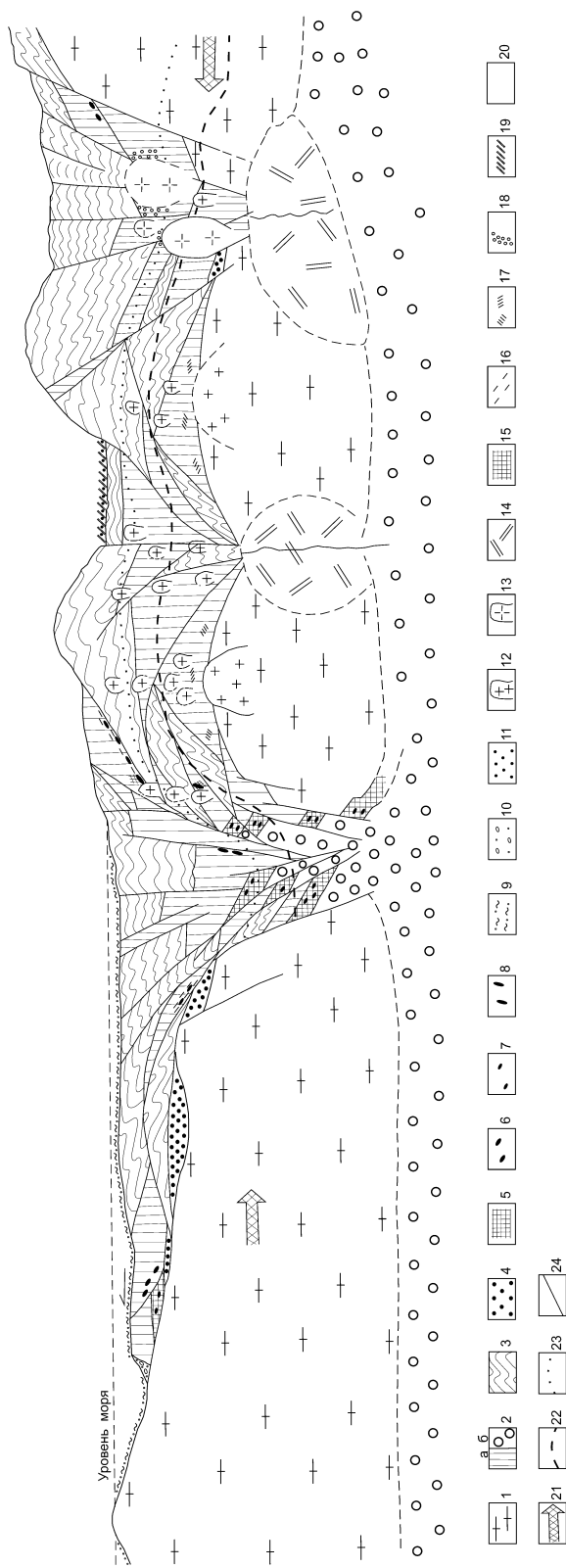


Рис. 3. Модель размещения и функционирования рудообразующих систем в коллизонную стадию подвижных поясов:

1-8 – дорудные элементы модели: 1 – континентальная кора окраин материков и микроконтинентов; 2а – офиолиты (древняя консолидированная океаническая кора); 2б – подкоровый мантийный субстрат океанической стадии; 3 – осадочные и осадочно-вулканогенные комплексы океанической и островодужной стадий; 4 – осадочные комплексы пассивных окраин континентов и микроконтинентов; 5 – мафит-ультрама-фитовые комплексы, преобразованные в зонах субдукции; 6-8 – минеральные месторождения доколлизонных стадий: 6 – хромитов; 7 – жадеита; 8 – хризотил-асбеста; 9-22 – интравудные элементы модели: 9-11 – геологические комплексы: 9 – осадочные; 10 – олистостромые фронты надвигов; 11 – осадочные красноцветные; 12-13 – гранитоидные: 12 – гранит-гранодиоритовая формация; 13 – гранит-лейкогранитовая формация; 14 – новообразованная континентальная кора; 15-20 – области функционирования минерало-, рудообразующих систем и формирования минеральных месторождений в офиолитовых и других комплексах: 15 – зон вторичной десерпентинизации, оталькования, карбонатизации и лиственитизации ультрамафитов (хризотил-асбест баженовского термально-метаморфизованного типа, тальковый камень, золото); 16 – приразломной деформации тел асбестоносных ультрамафитов (хризотил-асбест баженовского динамометаморфизованного типа); 17 – зон высокоградентного зонального метаморфизма амфиболитовой фации (антофиллит-асбест сысертско-бугетьсайского типа); 18 – экзоконтактов интрузий гранит-лейкогранитовой редкометалловой формации (бериллий, изумруд, александрит); 19 – межгорных впадин (родунит-асбест, медь джеказганского типа); 20 – экзоконтактов интрузий гранитоидов (талык, тальковый камень); 21 – направления активных тектонических напряжений; 22 – верхняя граница зоны метаморфизма амфиболитовой фации; 23 – то же эпидиот-амфиболитовой фации; 24 – разрывные нарушения

специализация прорывающих ультрамафиты гранитоидов (геодинамические обстановки энсиматических островных дуг и окраинно-континентальная); в) «стартовые» (к началу стадии) структурная позиция (межконтинентальные или задуговые спрединговые бассейны, аккреционные призмы внешних невулканических дуг и др.) и минерагения офиолитов; положение и эволюционирование офиолитов в составе тех или иных структурных элементов (поясе шарьяжей, вулcano-плутоническом поясе и др.) коллизионных систем; минерагеническая специализация прорывающих офиолиты гранитоидов (коллизионные геодинамические обстановки).

2. Главными факторами, определяющими сохранность месторождений, сформированных в периоды, предшествующие данной стадии развития подвижных поясов, являются: а) для островодужной стадии – положение рудовмещающих (хром, медь, хризотил-асбест и др.) офиолитов в составе амагматических аккреционных призм островодужных систем; б) для коллизионной стадии – положение рудовмещающих (хром, медь, хризотил-асбест) офиолитов в областях шарьирования океанических блоков-пластин на пассивные окраины палеоконтинентов и палеомикроконтинентов.

Summary

V.S. Polyinin. Models of ore creation in ophiolites on sequent stages of evolution of mobile belts from late proterozoic to now.

Based on the systematization of author's and literature data on geological feature and history of structural-material (including and ore-forming) transformations of ophiolites and containing of them geological complexes. The original models of distribution and operation of ore-forming systems in ophiolites for regions where predominate rifting, island arc, active continental borderland and collisional geodynamics regimes.

Литература

1. Глубинное строение и металлогения подвижных поясов // К.К. Золоев, Б.А. Попов, М.С. Рапопорт и др. – М.: Недра, 1990. – 191 с.
2. Полянин В.С. Структурно-вещественная эволюция и минерагеническая классификация офиолитов // Руды и металлы. – 1998. – № 6. – С. 75–87.
3. Алиева О.З. Тектоническое скучивание, метаморфизм и асбестоносность ультрабазитов (на примере месторождений Сибири) // Геотектоника. – 1988. – № 2. – С. 52–63.
4. Грязнов О.Н., Золоев К.К., Ляхович Э.М. Картирование рудоносных метасоматитов. – М.: Недра, 1994. – 271 с.
5. Макеев А.Б. Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала. – СПб.: Наука, 1992. – 197 с.
6. Митчелл А., Гарсон М. Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
7. Нечухин В.М., Волченко Ю.А., Алимов В.Ю. Хромитовые системы // Главные рудные геолого-геохимические системы Урала. – М.: Наука, 1990. – С. 57–78.
8. Зоненшайн Л.П., Кузьмин Н.И. Палеогеодинамика. – М.: Наука, 1992. – 192 с.

-
9. *Ковалев А.А.* Мобилизм и поисковые геологические критерии. – М.: Недра, 1978. – 287 с.

Поступила в редакцию
02.11.05

Полянин Валерий Сергеевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, заведующий кафедрой региональной геологии Казанского государственного университета.