

*В.С. Полянин**Казанский государственный университет, Казань  
esk-kostya@yandex.ru*

## **ОФИОЛИТЫ УРАЛО-АЗИАТСКОГО ПОДВИЖНОГО ПОЯСА: ЗАКОНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРНО - ВЕЩЕСТВЕННОЙ И МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ, МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Офиолиты представляют собой парагенетически единую ассоциацию ультраосновных (ультрамафиты дунит-гарцбургитовой формации и входящие в ее состав высокотемпературные метасоматиты дунит-верлит-клинопироксенитовой ассоциации) и основных (высокоизвестковистые низкотитанистые габброиды габбровой и диабаз-габбро-диабазовой, или параллельных даек, формаций; высоко-, умереннотитанистые низко-, умереннокалиевые толеитовые базальты, ассоциирующие с преимущественно глубоководными кремнистыми и терригенными отложениями недифференцированной спилит-диабазовой или натриевых базальтов формации) пород, формирующихся на начальной (рифтогенно-спрединговой) стадии развития подвижных поясов неогена в обстановке господствующего линейного растяжения.

Офиолиты образуют ограниченные разрывными нарушениями различной ориентировки и кинематической принадлежности, обычно изолированные друг от друга геологические тела (офиолитовые массивы) разнообразной формы (удлиненные, реже субизометричные блоки, пластины, линзы и др.) и размера (от долей до десятков пог. км в поперечнике), локализованные среди островодужных, коллизионных и платформенных геологических комплексов. Офиолитовые массивы, как правило, концентрируются вдоль границ (или) в краевых частях крупных региональных тектонических структур («поднятий» и «прогибов», «антиклинориев» и «синклинориев»), реже внутри этих структур, и в совокупности образуют офиолитовые пояса протяженностью в сотни и тысячи пог. км.

После своего становления в рифтогенно-спрединговых структурах офиолиты в ходе дальнейшего развития подвижных поясов попадали в области господства других (островодужного, активных континентальных окраин, коллизионного, платформенного и орогенного эпиплатформенного) геодинамических режимов и подвергались здесь многоактным тектоно-вещественным преобразованиям, связанным с воздействием на геологические тела, сложенные офиолитами, агентов разнофациального регионального, дислокационного, контактового (в зонах термально-вещественного влияния островодужных и коллизионных габбро-гранитоидных масс) метаморфизма и гипергенных процессов, некоторые из которых являлись рудогенными.

Одним из результатов структурно-вещественного преобразования офиолитов является формирование в них месторождений полезных ископаемых.

В пределах Урало-Азиатского подвижного пояса (УАПП) развиты офиолиты рифейского (Урал, Енисейский кряж, Восточный Саян), венд-раннекембрийского (За-

падный Саян, Горный Алтай), ордовикского (Урал, Центральный Казахстан) и средне-, позднепалеозойского (Казахстан, Тянь-Шань, Урал, Забайкальско-Охотский сегмент пояса) возраста (Золов и др., 1981, 1990; Геология..., 1997; Полянин и др., 1983; Полянин, Полянина, 1997).

Офиолиты УАПП вмещают месторождения хромитов с платиноидами, марганца, никеля, кобальта, меди и цинка, ртуты, бериллия, золота, хризотил-, антофиллит- и рожнит-асбестов, талька, магнезита, вермикулита, абразивного корунда, цветных камней (изумруд, жадеит, нефрит, хризолит, демантоид, хризопраз) и ряда других полезных ископаемых (Золов и др., 1981, 1990; Ведерников, Бурд, 1985; Геология..., 1997; Полянин, 1998 и др.).

Проведенный сравнительный историко-геологический анализ авторских данных и литературных материалов по геологическому строению, истории структурно-тектонических и минеральных (в т.ч. рудогенных) преобразований типовых разновозрастных офиолитовых массивов УАПП и вмещающих их геологических комплексов позволил автору определить последовательность формирования и временное положение ведущих типов развитых в офиолитах минеральных парагенезисов (в том числе и рудоносных) в истории геологического развития отдельных регионов и на этой основе разработать общую схему метаморфической и минерагенической эволюции офиолитов УАПП (табл.). В той же таблице зафиксирована авторская реконструкция геологического развития офиолитов УАПП, базирующаяся на основе плейт-тектонической концепции (Добрецов, 1981; Зоненшайн, Кузьмин, 1992; Ковалев, 1978; Митчелл, Гарсон, 1984; Структурная..., 1990; Хаин, Ломизе, 1995 и др.).

Рассмотрение и анализ приведенных в таблице данных показывает, что геологическое развитие, минеральная и минерагеническая эволюция офиолитов УАПП характеризуются единой (общей) направленностью и не зависят от их возраста (времени становления) и региональной принадлежности. При этом конкретные офиолитовые массивы и пояса характеризуются индивидуальными, свойственными каждому из них, особенностями состава, строения, геологического развития и минерагении.

По мнению автора, единая направленность геологического развития офиолитов УАПП, принадлежащих различным регионам и возрастным уровням, обязана своим происхождением и определяется закономерной последовательной сменой в ходе эволюционирования подвижных поясов неогена геодинамических режимов (от внутриконтинентального рифтогенеза до коллизии и платформенной стабилизации), объединяемых в намеченный Дж. Т. Вилсоном (Структур-

ная... (1990) цикл развития палеоокеанических бассейнов.

Частные эволюционные ряды, отражающие историю развития конкретных офиолитовых поясов и массивов, при сохранении общей для офиолитов УАПП направленности и последовательности структурно-вещественных преобразований по сравнению с обобщенным рядом всегда редуцированы и неполны: отдельные члены полного ряда могут иметь в их пределах широкое или локальное развитие, могут не появиться совсем или быть уничтоженными (или трансформированными) более поздними процессами. В результате каждый конкретный офиолитовый комплекс характеризуется свойственными только ему индивидуальными наборами и масштабами проявления минеральных ассоциаций, определяющих реальную его рудоносность (Полянин, Полянина, 1997)

Индивидуальные характеристики офиолитовых массивов и поясов обусловлены, на наш взгляд, следующими факторами:

- конкретным временным рядом геодинамических режимов, в областях господства которых эволюционировали и развиваются в настоящее время офиолиты данного массива и пояса, и иными отклонениями от идеализированной схемы Дж.Т. Вилсона (геодинамический фактор);
- последовательным эволюционированием офиолитов в составе различных структурных элементов рифтогенно-спрединговых и, позднее, -островодужных, коллизионных, платформенных и эпиплатформенных орогенных геодинамических ансамблей (структурный фактор);
- эволюционированием в геологическом времени параметров однотипных геодинамических режимов и, как следствие, возрастной принадлежностью офиолитов (временной фактор).

Одним из наиболее перспективных направлений при разработке теоретических основ и проведении прогнозно-

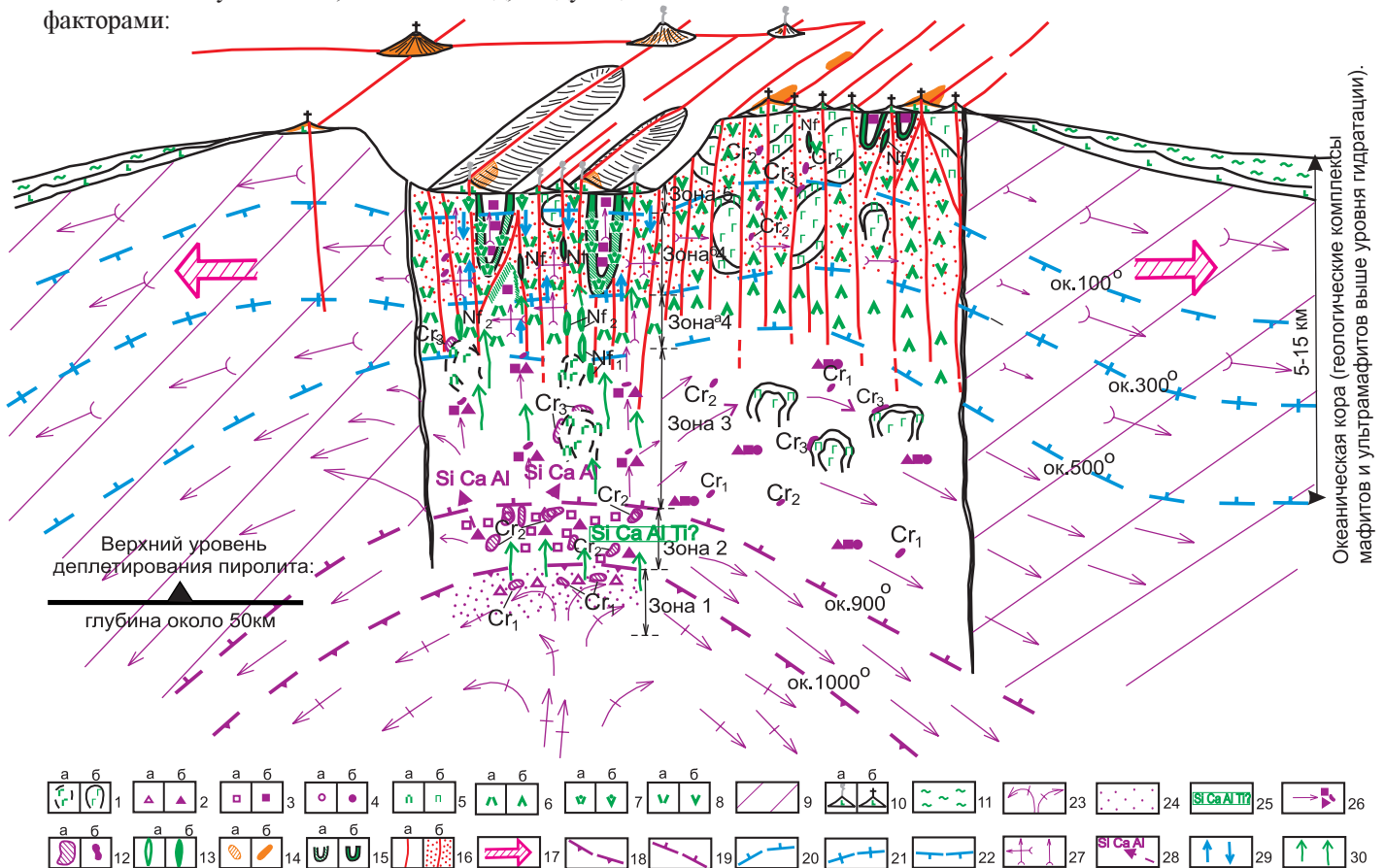


Рис.1. Модель размещения и функционирования рудообразующих систем в рифтогенно-спрединговой структуре межконтинентального или задугового (тыловодужного) бассейна:

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 мелкопелитчатых серпентинитов и лизардитизированных дунитов, гарцбургитов и лерцолитов; 7-лизардит-хризотил-хризотил-лизардитовых серпентинитов по высокомагнезиальным гарцбургитам, с промышленной асбестоносностью; 8-то же с непромышленной асбестоносностью; 9-ультрамафиты и мафиты нерасчлененные (строение как в правом плече рифтовой структуры); 10-толеит-базальтовый (недифференцированных натриевых базальтов, стилит-диабазовый); 11-вулканогенно-осадочный с железомарганцевыми конкрециями; 12-15-рудные тела минеральных месторождений (а-в процессе формирования; б-сформированные): 12-хромитов (Cr<sub>1</sub>-кракинское типа, Cr<sub>2</sub>-кимперсайского типа, Cr<sub>3</sub>-ключевского типа); 13-нефрита (Nf<sub>1</sub>-долизардитовые, формируемые ниже зоны гидратации, Nf<sub>2</sub>-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 пиролита; 25-28-направления и пути перемещения: 25-продуктов деплетирования - базальтовых расплавов (в прямоугольнике-основные выносимые из пиролита компоненты); 26-деплетированных вязко-пластичных масс ультрамафитов и мафитов (сарцбургит-лерцолитовый, дунит-гарцбургитовый, габброидный комплексы, хромитовые руды) в зону гидратации; 27-хрупко-пластичных 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.)

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-асбесты, изумруд, золото, тальк и тальковый камень), платформенного (силикатный никель, пелитоморфный магнетит, хризопраз) и эпиплатформенного орогенеза (ртуть, россыпные месторождения золота, нефрита и др.) геодинамических режимов.

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 её элементами.

В ходе геологического развития подвижных поясов неогей и, в частности, УАПП офиолиты (в роли рудогенерирующей, рудоносной и рудовмещающей формации) 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 рудовмещающим, 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 (Алиева, 1988; Ведерников, 1985; Макеев, 1992; Нечеухин и др., 1990 и др.) сводятся к тому, что, с одной стороны, они полностью учитывают предшествующую рудообразованию и пострудную структурно-вещественную эволюцию мафит-ультрамафитовых комплексов и, с другой, - процессы минерало- и рудообразования в них рассматриваются вне связи с геодинамическими обстановками развития вмещающих офиолиты структурно-вещественных комплексов. Разработанные автором на примере УАПП 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 них 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 реперными (свойственными определенным геодинамическим обстановкам) геологическими формациями.

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: а) дорудные геологические комплексы, минеральные ассоциации и рудные скопления, сформированные до начала функционирования данной рудообразующей системы; б) интратрудные новообразованные геологические комплексы, минеральные ассоциации и рудные скопления, сформированные в период функционирования данной рудообразующей системы; в) предполагаемые рудогенерирующие геологические формации и др. источники вещества и энергии, необходимые для осуществления процессов минерало- и рудогенеза; г) вероятные направления и пути перемещения необходимых для рудообразования потоков энергии и вещества; д) 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 внутриформационного 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. В частности, рудообразующие системы, функционировавшие в формирующихся рифтогенно-спрединговых структурах членах офиолитовой ассоциации, в этот период еще пространственно разобобщенных (Рис. 1), образуют, с одной стороны, одновозрастную 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 (объяс-

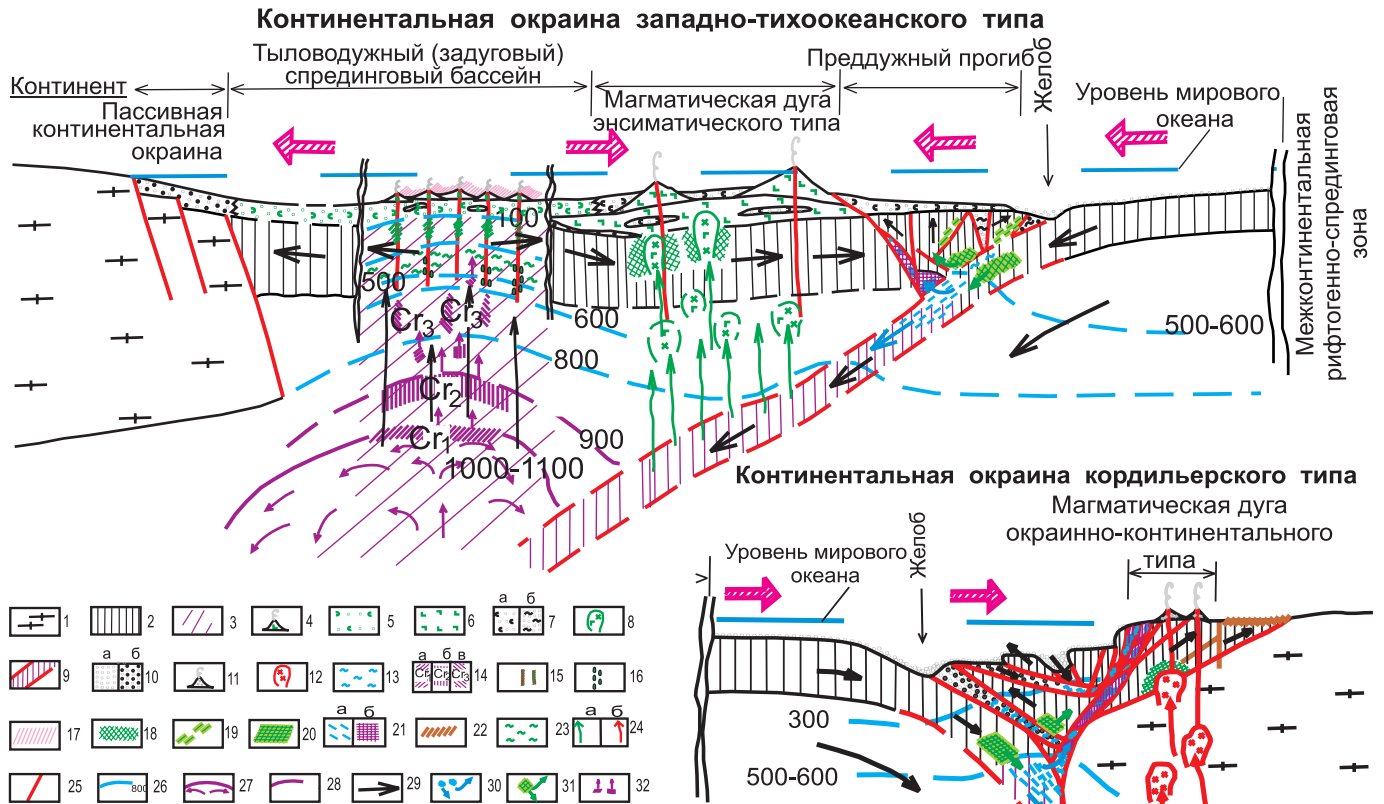


нящей известные геологические факты и закономерности размещения полезных ископаемых в офиолитах, временные ряды структурно-вещественных и минерагенических их преобразований), несут и предсказательную функцию, т.е. позволяют прогнозировать неизвестные геологические факты и определить факторы, ответственные за формирование и сохранность минеральных месторождений, и на их основе сформулировать дополнительные прогнозные предпосылки потенциальной рудоносности офиолитов.

Анализ разработанных моделей дает основание сделать следующие выводы:

1. Ведущими факторами, во многом определяющими особенности структурно-вещественной и минерагенической

эволюции офиолитов в областях функционирования на последовательных стадиях развития подвижных поясов различного типа 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 призмы и др.) островодужных и окраинно-континентальных систем; минерагеническая специализация прорывающих ультрамафиты гранитоидов (геодинамические



**Рис. 2. Модели размещения и функционирования рудообразующих систем в геодинамических обстановках тыловодужных (задуговых) бассейнов, энсиматических и энсиалических (окраинно-континентальных) островных дуг:** 1–2–дородные элементы модели: 1–континентальная кора окраин материков и микроконтинентов; 2–древняя консолидированная океаническая кора с месторождениями хромитов, меди, нефрита и хризотил-асбеста; 3–28–интратидные 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 бонинитами; 7а–осадочно-туфогенный, 7б–осадочный, в т.ч. олистостромовый; 8 –габбро-плагиогранитовый и габбро-диорит-плагиогранитовый; 9–13–геологические комплексы окраинно-континентальных магматических дуг: 9–мафит-ультрамафитовые в зонах субдукции; 10а–осадочные нелифтицированные, 10б– то же лифтицированные; 11–липарит-дацитовый оловосносный; 12–тоналит-гранодиоритовый; 13–апотерригенных глаукофановых сланцев; 14–23–область/зоны функционирования минерало-, рудообразующих систем и формирования минеральных месторождений в офиолитах: 14–хромитов (а–деплетирования мантийного пиролита / хромиты кракинского типа; б–магматогенно-метасоматического преобразования деплетированного рестита / хромиты кимперсайского типа, в–магматогенно-метасоматического преобразования ультрамафитов в экзоконтактах интрузий габбро/хромиты ключевского типа); 15–зон приразломного трещинообразования / хризотил-асбест баженковского типа; 16–метасоматического преобразования ультрамафитов в экзоконтактах даек и массивов габбро / нефрит апоультрамафитового типа; 17–вулканогенно-осадочного рудогенеза / медь кипрского типа; 18–зон вторичной десерпентинизации, оталькования, карбонатизации и лиственизации ультрамафитов в экзоконтактах даек и интрузий гранитоидов / хризотил-асбест баженковского термально-метаморфизованного типа, золото лиственинового типа, тальк и тальковый камень; 19–приразломной деформации тел асбестосных ультрамафитов / хризотил-асбест баженковского 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 мелкопетельчатые 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 перидотит-гарцбургитового комплекса и формирования за счет него дунит-гарцбургитового и дунитового комплексов; 29–31–пострудные элементы модели: направления и пути движения; 29–блоков мафит-ультрамафитового состава; 30–то же, метаморфизованных в условиях глаукофан-сланцевой фации (с месторождениями жадеита); 31–то же с месторождениями хризотил-асбеста борусского типа; 32–то же с месторождениями хромитов.

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 минералогения офиолитов; положение и эволюционирование офиолитов в составе тех или иных структурных элементов (поясе шарьяжей, вулканоплутоническом поясе и др.) коллизионных систем; минералогическая специализация прорывающих офиолиты гранитоидов (коллизионные геодинамические обстанов-

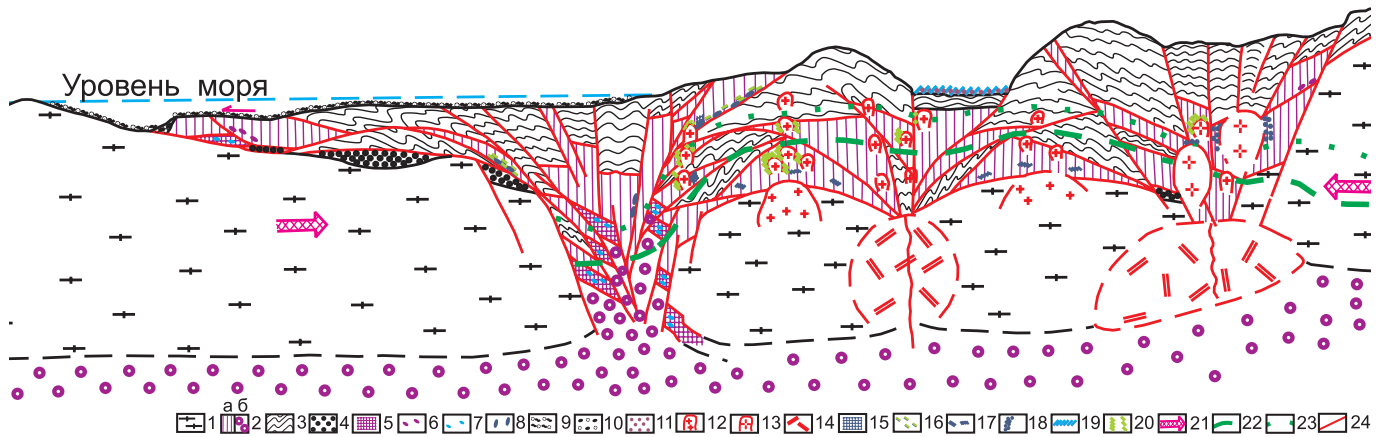
ки); г) типы геоморфологических ландшафтов и климатические условия в областях развития офиолитов; доплатформенная минералогия офиолитов (геодинамическая обстановка эпиколлизионной платформенной стабилизации); д) интенсивность проявления горообразования в областях развития офиолитов, положение их в составе воздымающихся или опускающихся блоков, «стартовая» (к началу стадии) минералогия офиолитов (геодинамическая обстановка эпиплатформенного орогенеза).

2. Главными факторами, определяющими сохранность

Геодинамические обстановки [структурные элементы]	Минеральные ассоциации и минералогия (полезные ископаемые и типы месторождений)												
	Общий эволюционный ряд			Частные эволюционные ряды									
	Ультрамафиты	Габброиды	Вулканиды	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<b>Рифтогенно-спрединговая</b>	Ол, Ол+Эн, Ол+Ди+Эн, Шп (хромиты, кракинский, кемпирсайский)	Хромиты (западно-кемпирсайский)	Аб, Прен+Пумп+Аб+Кв	+	-	-	0	0	-	-	-	-	
	Кп, Кп+Ол, Ол, Шп (хромиты, ключевской)	Амф		+	-	0	0	0	0	-	-	0+	
	ЛизI+Бр+Хрд	Вез, Клх+Ггрос, Пир+Гр, Аб, Ди, Кв+Цо+Ди, Трем (нефрит, родингиты)	Акт+Эп+Хл, Кв+Хл+Пумп, Кв+Карб+Хл+Сер (медь, цинк, кипрский; марганец; яшмы)	-	-	-	0	0	0+	-	-	-	
	Трем (нефрит)			0+	±	+	00	00	+	+	+	+	
	АтгI+Мт			00	-	00	00	00	0	-	-	-	
	ЛизII+ХризI+АтгII+Бр+Мт (хризотил-асбест, баженовский)			00	+	+	0	0	0+	+	+	±	
ХризII+Бр+Мт (хризотил-асбест продольно-волнистый)			00	+	0+	0	0	0+	-	+	-		
<b>Островодужная и активных континентальных окраин:</b> [а - зоны субдукции; б - тектонические покровы в составе магматических дуг; в - складчато-блоковые и шарьяжно-надвиговые аккреционные надсубдукционные зоны]	а) Ол+Эн, Ол+Эн+Ант, Жад, Ол+Атг III+Мт, Атг III+Мт, Аб+Ди+Жад, Жад+Аб (жадеит; хризотил-асбест ломкий)	Омф+Гр, Гр+Амф, Аб+Ди+Жад	Акт+Эп+Аб+Хл+Му+Кв	00	00	00	00	00	+	00	00	0+	
	б) Атг III+Мт, Атг III+Мт+Ол, Тал+Карб (хризотил-асбест ломкий; тальк)			00	+	00	-	00	+	00	00	-	
	в) Атг III+Мт+Ол+Тал+Карб (тальк; хризотил-асбест ломкий; золото)			00	00	+	00	00	00	00	+	00	
	б-в) ХризII+Мт (хризотил-асбест продольно-волокнистый)			Пл+Эп+Акт+Гл, Эп+Гл, Акт+Эп+Хл	-?	+	-	0	0	-	-	+	-
	б) Листвениновая (золото)				00	00	00	00	00	00	00	+	00
<b>Коллизионная:</b> [а - сутурные зоны; б - тектонические покровы в составе вулканоплутонических поясов; в - зоны проявления метаморфизма амфиболитовой фации]	а) ХризII+Мт (хризотил-асбест продольно-волокнистый)	Амф	Акт+Эп+Аб, Эп+Хл+Аб	-?	00	-	0	00	-	-	+	-	
	б) Ол+Атг III+Мт, Атг III+Мт (хризотил-асбест ломкий; хризолит)			00	00	00	0	00	+	00	+	00	
	б) Тал+Акт, Ол+Тал, Пл+Марг+Фл (бериллий, изумруд, мальшевский)	Амф+Би+Кш	Амф+Би+Кш	00	00	00	+	00	00	00	0+	00	
	в) Ант+Ант-а+Тал+Карб+Би (антофиллит-асбест; корунд; тальк)	Гр+Амф	Амф+Гр+Пл, Амф (гранат абразивный)	00	00	00	0	+	00	00	00	00	
<b>Платформенной стабилизации (а) и эпиплатформенного орогенеза (б)</b>	а) Ох+Нон+Кер (железо, никель, кобальт; магнетит; хризопраз)			+	±	+	0	0	0	0	0	0	
	а) Вер (вермикулит, кандыкаринский)			00	00	00	-	-	00	00	00	00	
	б) Кв+Карб, Кв+Гс (ртуть, листвениновый)			00	00	00	00	00	00	00	00	+	

Табл. *Метаморфическая и минералогическая эволюция офиолитов Урало-Азиатского подвижного пояса.*

Примечания к таблице. Минералы: Аб-альбит, Акт-актинолит, Амф-амфибол, Амц-амфибол щелочной, Анк-анкерит, Анд-андрадит, Ант-антофиллит, Ант-а-антофиллит-асбест, АтгI-антгорит поперечно-игольчатый, гребенчатый, АтгII-антгорит микрозернистый, АтгIII-антгорит лейстовидный, беспорядочно-игольчатый, Би-биотит, Бр-брусит, Вез-везувиан, Гем-гематит, Гл-глаукофан, Гс-гидрослюда, Гр-гранат, Грос-гроссулар, Грос-гидрогроссулар, Ди-диопсид, До-доломит, Жад-жадеит, Ка-кальцит, Карб-карбонат, Кер-керолит, Ки-кианит, Клх-клинохлор, Клп-клинопироксен, Клц-клиноцоизит, Корд - кордиерит, Крн-корунд, Кум-куммингтонит, Ки-калципат, Лавс-лавсонит, ЛизI-лизардит мелкопестельчатый, ЛизII-лизардит крупнопестельчатый, крупносекториально-пестельчатый, Мм-монтмориллонит, Мп-моноклинный пироксен, Мт-магнетит, Му-мусковит, Нон-нонтронит, Ол-оливин, Омф-омфациит, Ож-железистые охры (гидрогетит и др.), Пи-пироп, Пир-пироксен, Пл-плагиоклаз, Прен-пренит, Пумп-пумпеллит, Пт-пирит, Ро-роговая обманка, Рп-ромбический пироксен, Сер-серцит, Серп-серпентин, Сил-силлиманит, Спес-спессартит, Ст-ставролит, СуСа-сульфосоли, сульфиды, Тал-тальк, Трем-тремолит, Тур-турмалин, Хал-халцедон, Хл-хлорит, Хрд-хризотилоид, ХризI-хризотил поперечно-перекрещенно-волокнистый породообразующий и хризотил-асбест жильный, ХризII-хризотил продольно-волокнистый, Фе-фенгит, Фл-флогопит, Фу-фуксит, Цо-цоизит, Шп-хромитинелиды, Эн-энстатит, Эп-эпидот. Частные эволюционные ряды. Офиолитовые массивы и поля: 1-Кемпирсайский (Южный Урал, Казахстан); 2-Баженовский (Средний Урал, РФ); 3-Джетыгаринский (Южный Урал, Казахстан); 4-Мальшевское (Средний Урал, РФ); 5-Бугетьсайское (Мугоджары, Казахстан); 6-Борусский; 7-Куртушибинский (Западный Саян, РФ); 8-Остино-Китойский и Харанурский (Восточный Саян, РФ); 9-Чаганузунский (Горный Алтай, РФ). Проявление минеральных ассоциаций: широкое (+-рудносные, - нерудносные, ±-вероятно рудносные), локальное (0+), вероятное широкое проявление и последующее полное уничтожение (0), отсутствие (00), время проявления ассоциации предполагается (?).



**Рис. 3. Модель размещения и функционирования рудообразующих систем в коллизионную стадию подвижных поясов:**  
 1–8–дорудные элементы модели: 1–континентальная кора окраин материков и микроконтинентов; 2а–офиолиты (древняя консолидированная океаническая кора); 2б–подкорковый мантийный субстрат океанической стадии; 3–осадочные и осадочно-вулканогенные комплексы океанической и островодужной стадий; 4–осадочные комплексы пассивных окраин континентов и микроконтинентов; 5–мафит-ультрамафитовые комплексы, преобразованные в зонах субдукции; 6–8–минеральные месторождения доколлизийных стадий: 6–хромитовые; 7–жадеита; 8–хризотил-асбеста; 9–22–интратрудные элементы модели: 9–11– геологические комплексы: 9–осадочные; 10–олистостромовые фронта 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–зона вторичной десерпентинизации, талькования, 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–зона высокоградиентного зонального метаморфизма амфиболитовой фации (антофиллит-асбест сысертско-бузетфисайского типа); 18–экзоконтактов интрузий гранит-лейкогранитовой редкометалловой формации (бериллий, изумруд, александрит); 19–межгорных впадин (родусит-асбест, медь джезказганского типа); 20–экзоконтактов интрузий гранитоидов (тальк, тальковый камень); 21–направления активных тектонических напряжений; 22–верхняя граница зоны метаморфизма амфиболитовой фации; 23–то же эпидот-амфиболитовой фации; 24–разрывные нарушения.

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; в) для платформенной стадии-положение областей развития рудоносных офиолитов в районах с сухим и теплым или холодным климатом; г) для стадии эпиплатформенного орогенеза-положение рудоносных офиолитов в областях проявления слабого или умеренного орогенеза в составе опускающихся блоков.

### Литература

Алиева О.З. Тектоническое скучивание, метаморфизм и асбестоносность ультрабазитов (на примере месторождений Сибири). *Геотектоника*. № 2. 1988. 52-63.  
 Ведерников Н.Н., Бурд Г.И. Альпинотипные ультрамафиты и офиолиты складчатых систем и их минерогенетическая роль. *Формационное расчленение, генезис и металлогения ультрабазитов. Тез. докл.* Свердловск. 1985. 39-40.  
*Геология и минералогия подвижных поясов.* Екатеринбург. Уралгеолком. 1997.  
 Грязнов О.Н. Золоев К.К., Ляхович Э.М. *Картирование рудоносных метасоматитов.* М. Недра. 1994.  
 Добрецов Н.Л. Петрологические модели: паратексис и генезис офиолитов. *Петрология и минералогия земной коры и верхней мантии.* Новосибирск. Наука. 1981. 109-124.  
 Золоев К.К., Рапопорт М.С., Попов Б.А. и др. *Геологическое развитие и металлогения Урала.* М. Недра. 1981.  
 Золоев К.К., Попов Б.А., Рапопорт М.С. и др. *Глубинное строение и металлогения подвижных поясов.* М. Недра. 1990.  
 Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И. *Палеогеодинамика.* Наука. 1992.  
 Ковалев А.А. *Мобилизм и поисковые геологические критерии.* М. Недра. 1978.  
 Макеев А.Б. *Минералогия альпинотипных ультрабазитов Урала.* СПб. Наука. 1992.

Митчелл А., Гарсон М. *Глобальная тектоническая позиция минеральных месторождений.* М. Мир. 1984.  
 Нечухин В.М., Волченко Ю.А., Алимов В.Ю. *Хромитовые системы. Главные рудные геолого-геохимические системы Урала.* М. Наука. 1990. 57-78.  
 Полянин В.С., Полянина Т.А., Филатова Н.А., Корепанова Т.Г. *Геолого-тектоническая эволюция, прогнозные предпосылки и оценка гипербазитов Западного Саяна и Центральной Тувы на хризотил-асбест.* *Геология, методы поисков и разведки месторождений неметаллических полезных ископаемых. Экспресс-информация ВИЭМС.* Вып. 11. М. ВИЭМС. 1983. 9-20.  
 Полянин В.С. Структурно-вещественная эволюция и минерогенетическая классификация офиолитов. *Руды и металлы.* № 6. 1998. 75-87.  
 Полянин В.С. Модели минерало-, рудообразования в офиолитах на последовательных стадиях развития подвижных поясов неогена. *Строение, геодинамика и минерогенетические процессы в литосфере. Мат. конф.* Сыктывкар. 2005. 278-282.  
 Полянин В.С., Полянина Т.А. *Метаморфическая и минерогенетическая эволюция офиолитов (на примере Уральской и Алтае-Саянской областей).* *Магматизм, метаморфизм и глубинное строение Урала.* Ч.1. Екатеринбург. УрО РАН. 1997. 202-209.  
 Полянин В.С., Полянина Т.А. Апоофиолитовые россыпи областей проявления неотектонического эпиплатформенного орогенеза Урало-Азиатского подвижного пояса. *Россыпи и месторождения кор выветривания: факты, проблемы, решения.* Тез. Пермь. Пермский университет. 2005. 231-233.  
 Полянин В.С., Полянина Т.А. Апоофиолитовые коры выветривания Урало-Азиатского подвижного пояса. См. *Россыпи...* 233-235. *Структурная геология и тектоника плит.* Т.3. М. Мир. 1990.  
 Хаин В.Е., Ломизе М.Г. *Геотектоника с основами геодинамики.* М. МГУ. 1995.

**Валерий Сергеевич Полянин**  
 Зав. кафедрой региональной геологии  
 Казанского университета, к.г.-м.н., ст.  
 научный сотрудник. Область научных  
 интересов-геология, история развития и металлогения  
 офиолитов. Автор более 50 научных работ.

