

## РЕГИОНАЛЬНАЯ И ИСТОРИЧЕСКАЯ МИНЕРАГЕНИЯ ОФИОЛИТОВ

В статье дана количественная оценка минерагических характеристик офиолитов, принадлежащих различным планетарным подвижным поясам и возрастным уровням. Установлены глобальные и региональные тренды изменения в геологическом времени масштабов и интенсивности проявления в офиолитах однотипных процессов рудогенеза.

Вопросы, связанные с выявлением глобальных и региональных закономерностей пространственного распределения рудных концентраций в целом (**региональная минерагения**) и связанных с офиолитами – в частности, постоянно привлекали внимание геологов – металлогенистов. Изучению региональной минерагении подвижных поясов посвящены работы Г.А. Твалчрелидзе, К.К. Золоева с соавторами, В.Н. Козеренко и др.

Одной из важнейших проблем **исторической минерагении** офиолитов является проблема эволюционирования во времени рудообразующих процессов, ведущих к формированию в них однотипных (принадлежащих одному и тому же геолого-промышленному и рудно-формационному типу) минеральных месторождений. Различным аспектам общей проблемы эволюционирования процессов рудообразования в геологической истории посвящены работы Ю.А. Билибина, В.И. Смирнова, Н.Л. Добрецова, В.С. Домарева, К.К. Золоева, М.С. Контаря, М.Б. Бородаевской, А.И. Кривцова, Д.И. Горжевского, Г.А. Твалчрелидзе, В.Н. Козеренко, А. Митчелла, М. Гарсона и др., применительно к процессам рудогенеза в офиолитах – Ю.А. Билибина, К.К. Золоева, М.С. Контаря, Н.В. Павлова, И.И. Григорьевой-Чупрыниной, В.С. Полянина и др. Однако, до настоящего времени **количественная оценка минерагических характеристик офиолитов**, принадлежащих различным планетарным подвижным поясам и возрастным уровням, не проведена, тенденции их изменения в геологическом времени не определены.

Наиболее информативными показателями, дающими возможность количественно оценить масштабы проявления, сравнить и определить направленность и динамику эволюционирования процессов рудогенеза в офиолитах отдельных подвижных поясов и Земного шара в целом, в геологическом времени являются следующие характеристики офиолитов, входящих в состав последовательно сформированных структурно-вещественных комплексов земной коры и подвижных поясов:

1. Минерагическая специализация (наличие в офиолитах данного возрастного уровня и/или региональной принадлежности промышленных месторождений определенных рудно-формационных и геолого-промышленных типов, их размеры и качественные характеристики руд) является качественным показателем характера рудоносности офиолитов.

2. Минерагический потенциал (общие запасы/сумма запасов и достоверных прогнозных ресурсов полезных ископаемых по геолого-промышленным типам месторождений) – количественный показатель масштабов проявления процессов рудогенеза в офиолитах, принадлежащих изучаемому поясу, региону и/или возрастному уровню.

3. Удельная рудоносность/продуктивность (отношение

величины минерагического потенциала полезного ископаемого к площади вмещающих его геологических комплексов, например, альпинотипных ультрамафитов, или временному отрезку его формирования) – мера интенсивности проявления процессов рудогенеза в офиолитах исследуемого пояса, региона и/или возраста.

Подвижные пояса неогей Земного шара полициклически в своем развитии и поэтому вмещают офиолитовые комплексы, принадлежащие нескольким последовательным этапам развития Земли (Рис. 1).

В пределах **Урало-Азиатского подвижного пояса**, занимающего область, заключенную между Восточно-Европейской, Сибирской, Таримской и Китайско – Корейской платформами и «срезаемую» более молодыми геологическими структурами Средиземноморского (на юго-западе) и Тихоокеанского (на востоке) поясов, известны офиолиты рифейского (Таймыр, Енисейский Кряж, Восточный Саян, Средневитимская область), венд-раннекембрийского (Алтае-Саянская область, Центральный Казахстан), раннепалеозойского (Урал, Казахстан), среднепалеозойского (Южный Тянь-Шань, Урал) возраста. Среди мафит-ультрамафитовых комплексов подвижных поясов офиолиты Урало-Азиатского (а в его контурах – Уральского сегмента) занимают особое место как по разнообразию сконцентрированных в них рудно-формационных типов минеральных месторождений, так и по качественным показателям их руд и высоким величинам минерагических характеристик многих полезных ископаемых. Они вмещают уникальные и крупные по запасам месторождения высоко-, среднесортных руд металлургических и химических хромитов (Донская группа месторождений в Кимперсайском массиве), нормального и ломкого хризотил-асбеста (Баженовское и др. месторождения, Средний и Южный Урал), изумруда (поле «Изумрудные копи», Средний Урал), кобальт-никелевых силикатных руд (Бурыктальское месторождение, Южный Урал), нефрита (Восточно-Саянская группа месторождений: Оспинское и др.), золота (Березовское рудное поле), а также многочисленные рядовые месторождения как отмеченных видов минерального сырья, так и жадеита (Полярный Урал и Западный Саян), меди (Ивановское и др. на Южном Урале), ртути (Горный Алтай), антофиллит-асбеста (Средний Урал), режикит-асбеста (Средний Урал), демантоида (Средний и Южный Урал) и др.

**Средиземноморский подвижный пояс** протягивается от Пиренеев через Восточный Атлас, Северные Апеннины, Альпы, Карпаты, Эллииды, Черноморско-Анатолийскую зону, Кавказ, Туркестано-Иранский и Афгано-Пакистанский сегменты к Гималаям и складчатым структурам Бирмы и Индонезии. Он находится в соприкосновении: на западе – с Атлантическим подвижным поясом, на юге – с Аф-

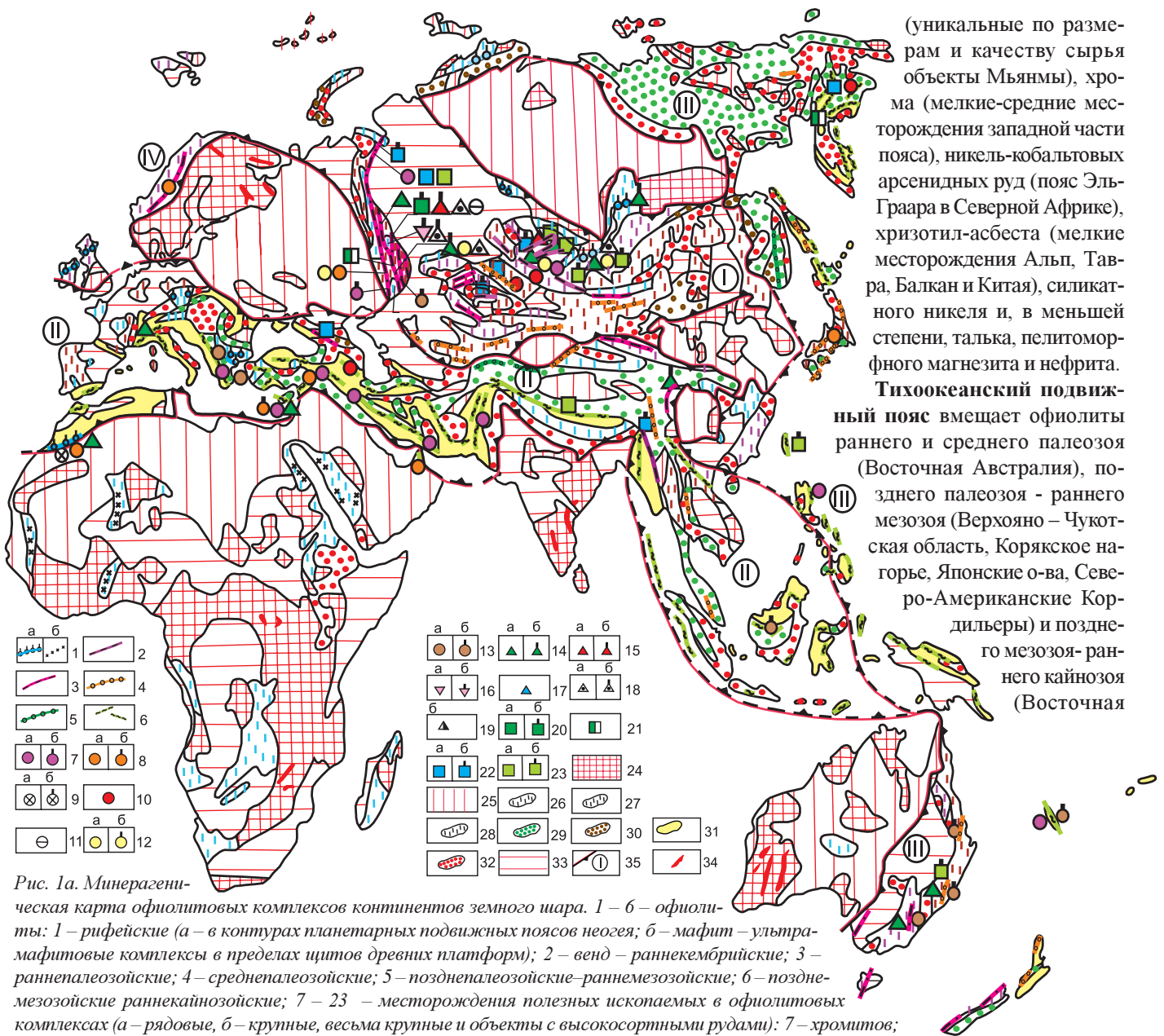


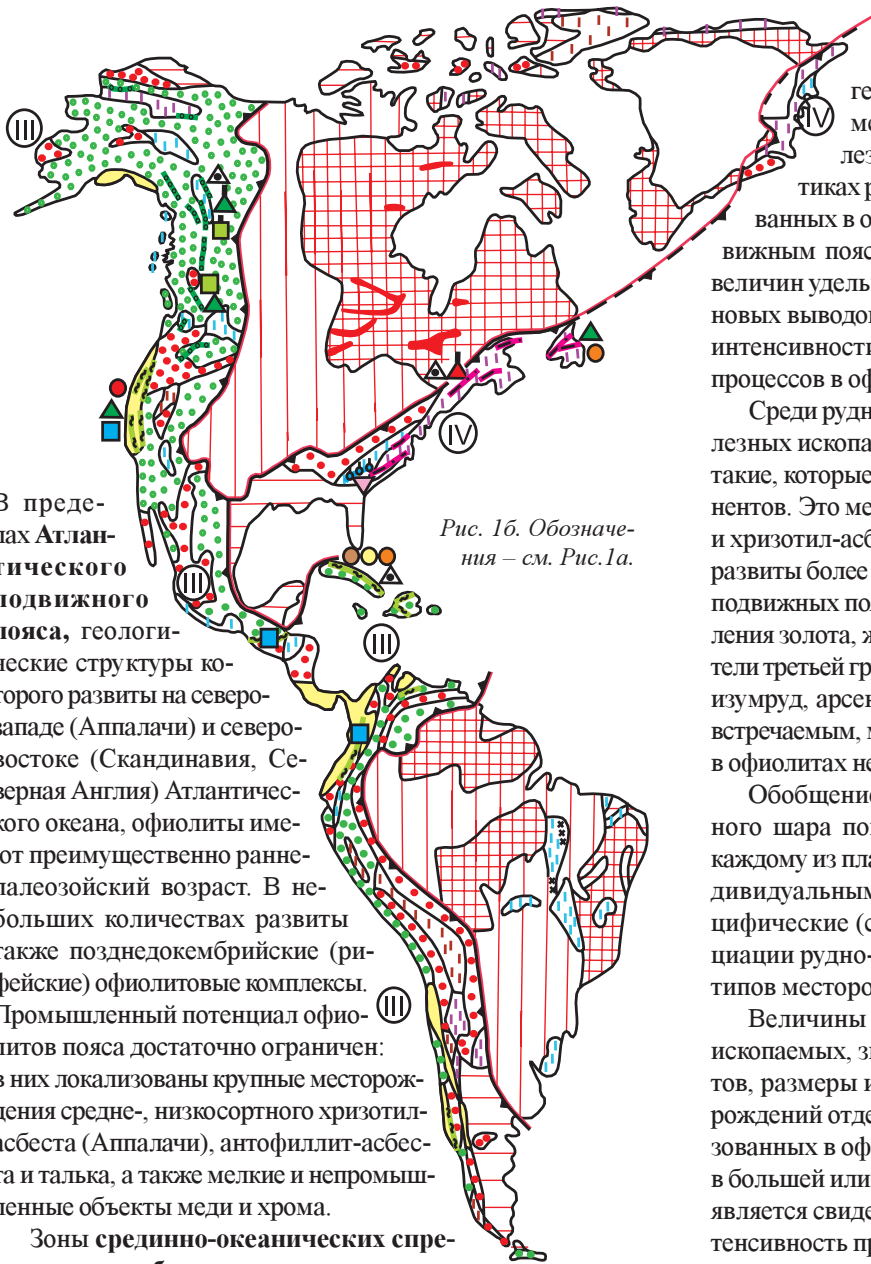
Рис. 1а. Минерагеническая карта офиолитовых комплексов континентов земного шара. 1 – 6 – офиолиты: 1 – рифейские (а – в контурах планетарных подвижных поясов неогена; б – мафит – ультрамафитовые комплексы в пределах щитов древних платформ); 2 – венд – раннекембрийские; 3 – раннепалеозойские; 4 – среднепалеозойские; 5 – позднепалеозойские – раннемезозойские; 6 – позднемезозойские раннекайнозойские; 7 – 23 – месторождения полезных ископаемых в офиолитовых комплексах (а – рядовые, б – крупные, весьма крупные и объекты с высокосортными рудами): 7 – хромитов; 8 – меди – цинка (кипрский тип); 9 – никеля, кобальта (арсенидный тип); 10 – ртути (лиственитовый тип); 11 – берил-баженковский термально-метаморфизованный тип; 12 – золота; 13 – никеля, кобальта (силикатный тип); 14 – хризотил – асбеста (баженковский и баженковский термально-метаморфизованный тип); 16 – антофиллит-асбеста; 17 – режикит-асбеста; 18 – талька и талькового камня (апоультрамафитовый тип); 19 – магнетита пелитоморфного; 20 – изумруда; 21 – демантоида; 22 – жадеита; 23 – нефрита; 24 – щиты древних платформ, краевые и срединные массивы подвижных поясов, сложенные дорифейскими комплексами; 25 – плиты древних платформ, фанерозойский чехол дорифейских структур в подвижных поясах; 26 – 32 – геологические комплексы подвижных поясов неогена (выделяются по возрасту заключительной складчатости, гранитизации и метаморфизма): 26 – позднепротерозойские; 27 – каледонские; 28 – герцинские; 29 – раннемезозойские; 30 – позднемезозойско-раннекайнозойские; 31 – позднекайнозойские; 32 – фанерозойские орогенные комплексы нерасчлененные; 33 – плиты молодых платформ; 34 – дорифейские зеленокаменные пояса; 35 – границы подвижных поясов неогена (I – Урало – Азиатского; II – Средиземноморского; III – Тихоокеанского; IV – Атлантического).

(уникальные по размерам и качеству сырья объекты Мьянмы), хрома (мелкие-средние месторождения западной части пояса), никель-кобальтовых арсенидных руд (пояс Эль-Граара в Северной Африке), хризотил-асбеста (мелкие месторождения Альп, Тавра, Балкан и Китая), силикатного никеля и, в меньшей степени, талька, пелитоморфного магнетита и нефрита.

**Тихоокеанский подвижный пояс** вмещает офиолиты раннего и среднего палеозоя (Восточная Австралия), позднего палеозоя – раннего мезозоя (Верхояно – Чукотская область, Корякское нагорье, Японские о-ва, Северо-Американские Кордильеры) и позднего мезозоя – раннего кайнозоя (Восточная

Камчатка). Последние развиты по внутреннему периметру всего Тихоокеанского кольца. По сравнению с Урало-Азиатским офиолиты Тихоокеанского пояса отличаются значительно более низкой продуктивностью. В них сконцентрированы, в основном, мелкие и средние промышленные месторождения металлургических и огнеупорных хромитов (о-в Лусон, Филиппины; о-в Новая Каледония и др.); ртути, золота, хризотил-асбеста и поделочного жадеита (Пояс Береговых Хребтов на западном побережье США); золота, хризотил-асбеста, талька и нефрита (Канадские Кордильеры); колчеданной меди и поделочного жадеита (Японские о-ва), ювелирного нефрита (о-в Тайвань) и демантоида (Корякское нагорье) и др.

риканской, Аравийской, Индостанской платформами, на севере – с Восточно-Европейской, Таримской, Китайско-Корейской платформами и Урало-Азиатским поясом, на юго-востоке – с Тихоокеанским подвижным поясом. В его контурах наиболее широко проявлены мезозойские (Альпы, Малый Кавказ, Гималаи, Юго-Восточная Азия) офиолиты, меньшим распространением пользуются офиолиты более ранних возрастных уровней: рифейские (Юго-Западное Средиземноморье), нерасчлененные позднерифейские – раннепалеозойские (Бирманский пояс), среднепалеозойские (Большой Кавказ, южное обрамление Таримской и Китайско-Корейской платформ). Минерагенический облик офиолитов пояса определяется месторождениями жадеита

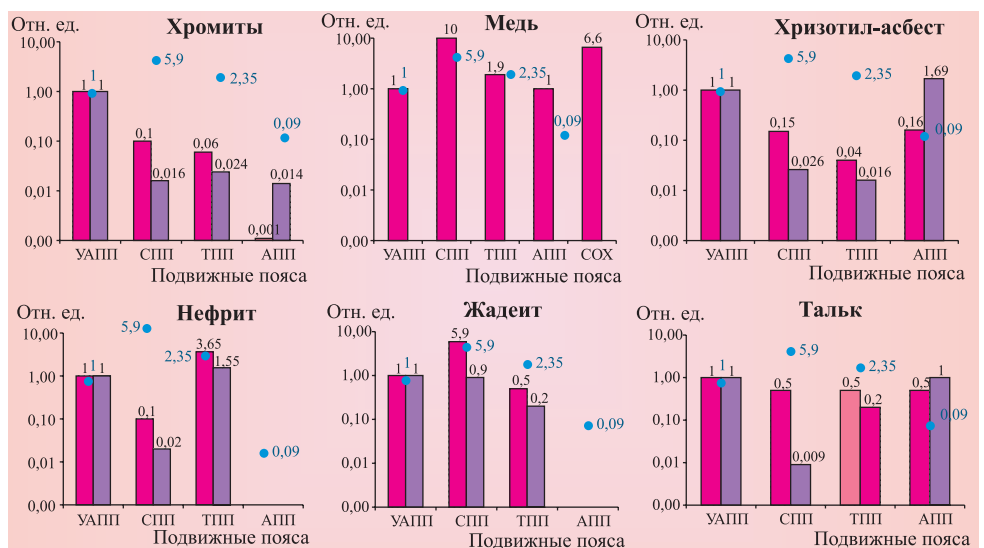


В пределах Атлантического подвижного пояса, геологические структуры которого развиты на северо-западе (Аппалачи) и северо-востоке (Скандинавия, Северная Англия) Атлантического океана, офиолиты имеют преимущественно раннепалеозойский возраст. В небольших количествах развиты также позднедокембрийские (рифейские) офиолитовые комплексы. Промышленный потенциал офиолитов пояса достаточно ограничен: в них локализованы крупные месторождения средне-, низкосортного хризотил-асбеста (Аппалачи), антофиллит-асбеста и талька, а также мелкие и непромышленные объекты меди и хрома.

Зоны срединно-океанических спрединговых хребтов и задуговых спрединговых бассейнов являются областью проявления наиболее молодых (позднекайнозойских) офиолитов. Минерагения позднекайнозойских мафит-ультрамафитовых комплексов названных структур, изученных несравненно слабее локализованных на континентах, определяется, прежде всего, наличием в них крупных месторождений меди-цинка и скопления марганцевых руд.

Рис. 2. Сравнение величин минерагенических потенциалов (левые столбцы), масштабов проявления ультрамафитов (жирные точки) и удельной рудоносности (правые столбцы) офиолитов планетарных подвижных поясов (УАПП-Урало-Азиатского; СПП-Средиземноморского; ТПП-Тихоокеанского; АПП-Атлантического; СОХ-мировой системы срединноокеанических хребтов). Масштаб логарифмический. За единицу приняты минерагенические характеристик офиолитов УАПП.

Рис. 1б. Обозначения – см. Рис. 1а.



Проведенная автором систематизация больших массивов информации о минерагенических потенциалах металлических и неметаллических (включая цветные камни) полезных ископаемых, качественных характеристиках руд минеральных месторождений, локализованных в офиолитах, принадлежащих различным подвижным поясам и возрастным уровням, оценка по ним величин удельной продуктивности позволили сделать ряд новых выводов об их минерагенической специализации и интенсивности проявления однотипных рудообразующих процессов в офиолитах, кратко охарактеризованных ниже.

Среди рудно-формационных типов месторождений полезных ископаемых офиолитового семейства выделяются такие, которые известны во всех подвижных поясах континентов. Это месторождения хромитов, ртути, антофиллит-хризотил-асбестов, талька. Другие типы месторождений развиты более локально и отмечаются в офиолитах не всех подвижных поясов. К ним относятся промышленные скопления золота, жадеита, демантоида. И, наконец, представители третьей группы полезных ископаемых (режикит-асбест, изумруд, арсенидный кобальт) относятся к эпизодически встречаемым, месторождения которых локализованы лишь в офиолитах некоторых подвижных поясов.

Обобщение данных о рудоносности офиолитов Земного шара показывает, что офиолиты, принадлежащие каждому из планетарных подвижных поясов, обладают индивидуальным минерагеническим обликом, вмещающая специфические (свойственные только данному поясу) ассоциации рудно-формационных и геолого-промышленных типов месторождений полезных ископаемых.

Величины минерагенических потенциалов полезных ископаемых, значения удельной продуктивности офиолитов, размеры и качественные характеристики руд месторождений отдельных видов минерального сырья, локализованных в офиолитах различных поясов, не одинаковы и в большей или меньшей степени различаются (Рис. 2). Это является свидетельством того, что общие масштабы и интенсивность проявления сходных (однотипных, т.е. приводящих к формированию минеральных месторождений, принадлежащих одному и тому же рудно-формационному и геолого-промышленному типу) процессов рудообразования в офиолитах, индивидуальны для каждого из планетарных подвижных поясов. Так процессы промышленно-

го хромонакопления, режикито-, золото- и изумрудообразования наиболее интенсивно проявлены в офиолитах Урало-Азиатского пояса, процессы формирования скоплений ювелирного нефрита – в Тихоокеанском, нормального хризотил-асбеста – в Атлантическом.

Проблема общности и особенностей проявления процессов рудогенеза в разновозрастных офиолитах, локализованных в различных подвижных поясах Земного шара, до настоящего времени не рассматривалась в геологической литературе. Автором установлено, что общей особенностью, объединяющей офиолиты рифейского возраста, является локализация в них месторождений хризотил-асбеста, талька, нефрита и полное отсутствие даже проявлений жадеита (Рис. 1). Минерагенической спецификой рифейских офиолитов Урало-Азиатского подвижного пояса, отличающих их от разновозрастных офиолитов Средиземноморского и других поясов, является присутствие в них месторождений ювелирного нефрита (Восточный Саян), изумруда (Средний Урал), золота (Восточный Саян) и отсутствие промышленных скоплений никель-кобальтовых арсенидных руд, а также – меди и цинка кипрского типа. Минерагенический облик офиолитов венда – раннего кембрия определяется локализацией в них месторождений хризотил-асбеста, талька, ювелирного жадеита и отсутствием промышленных объектов меди и цинка кипрского типа. При этом венд – раннекембрийские офиолиты Урало – Азиатского пояса по сравнению с развитыми в Средиземноморском вмещают неизвестные в контурах последнего месторождения хромитов (Западная Тува), ртути (Курайский хребет на Горном Алтае), золота (Западная Тува), ювелирного и поделочного нефрита (Западный Саян, Джида) и демантоида (Западный Саян). Раннепалеозойские офиолиты всех подвижных поясов специализированы на хризотил-асбест и тальк. Офиолиты Урало-Азиатского пояса, принадлежащие данному возрастному уровню, вмещают неизвестные в других поясах уникальные крупные месторождения хромитов (Южный Урал), золота, изумруда (Средний Урал), никель-кобальтовых силикатных руд (Южный Урал), хризопраза (Центральный Казахстан), ломкого хризотил-асбеста и режикит-асбеста (Средний Урал), в то время как разновозрастные офиолиты Средиземноморского, Тихоокеанского и Атлантического поясов характеризуются иной (значительно менее разнообразной) минерагенической специализацией. Офиолиты среднего палеозоя, развитые в Урало-Азиатском и Тихоокеанском поясах, характеризуются самой низкой среди других офиолитовых комплексов континентов продуктивностью. Они вмещают промышленные месторождения ртути (Чарский пояс), ювелирного нефрита (Большой серпентинитовый пояс Восточной Австралии), мелкие месторождения и проявления хромитов (Восточная Австралия), жадеита (Чарский пояс) и хризотил-асбеста. Позднепалеозойские – раннемезозойские офиолиты вмещают месторождения хризотил-асбеста и талька. Специфической особенностью офиолитов Тихоокеанского пояса, принадлежащих данному возрастному уровню, является локализация в них мелких месторождений хромитов, меди (Японские о-ва) и ювелирного нефрита (Канадские Кордильеры, о-в Новая Зеландия). Офиолиты позднего мезозоя – раннего кайнозоя вмещают месторождения хромитов, меди-цинка, ртути, хризотил-асбеста, талька и нефрита. При этом, если локализованные в различных подвижных поясах промышленные скопления одних полезных ископаемых (медь, цинк,

нефрит) отличаются по размерам и/или качественным характеристикам руд, то другие виды (хромиты, хризотил-асбест) демонстрирует близость как названных характеристик, так и величин, сконцентрированных в офиолитах данного возрастного уровня минерагенических потенциалов и удельной продуктивности вмещающих их ультрамафитов вне зависимости от региональной принадлежности офиолитов. Позднекайнозойские офиолиты специализированы на медь-цинк и марганец.

Таким образом, разновозрастные офиолиты, принадлежащие различным подвижным поясам, обладают как общими (свойственными всем поясам, вмещающим офиолиты данного возрастного уровня), так и индивидуальными (присущими отдельным поясам) минерагеническими чертами.

Среди полезных ископаемых, локализованных в составляющих офиолитовую ассоциацию комплексах пород, выделено две группы, по-разному распределенные в офиолитах разного возраста: а) группа сквозных (транзитных) полезных ископаемых, месторождения которых известны в офиолитах всех или большинства возрастных уровней (хромиты, медь, хризотил-асбест, тальк, нефрит, жадеит); б) группа эпизодически встречаемых полезных ископаемых, промышленные скопления которых локализованы в офиолитах одного или двух возрастных уровней (арсенидный кобальт, антофиллит-асбест, режикит-асбест, изумруд, демантоид).

Установленные глобальные тенденции изменения масштабов, интенсивности и других особенностей проявления однотипных процессов рудогенеза в последовательном возрастном ряду офиолитов (от наиболее древних рифейских до кайнозойских), полностью (Урало-Азиатский пояс) или частично (Тихоокеанский пояс) совпадающие с аналогичными региональными эволюционными трендами, индивидуальны для каждого из процессов формирования промышленных типов месторождений полезных ископаемых и состоят в следующем (Рис. 3):

– **хромиты** (кимперсайский тип) – в волнообразном изменении масштабов (максимумы – в офиолитах  $PZ_1$  и  $MZ_2 - KZ_1$ ), интенсивности (максимум – в офиолитах  $PZ_1$ ) проявления процессов промышленного хромонакопления, размеров месторождений (наиболее крупные – в офиолитах  $PZ_1$ ) и резком снижении интенсивности хромонакопления в офиолитах, начиная со среднего палеозоя;

– **медь, цинк** (кипрский тип) – в последовательном увеличении масштабов и интенсивности медь-, цинконакопления, сопровождающемся увеличением размеров месторождений и улучшением качественных (общее содержание металлов в рудах) характеристик руд;

– **хризотил-асбест** (баженовский тип) – в последовательном уменьшении интенсивности проявления процессов промышленного асбестообразования в ультрамафитах, сопровождающемся постепенным ухудшением качественных (общее содержание в рудах волокна хризотил-асбеста и текстильных его сортов) характеристик руд;

– **тальк** (апоультрамафитовый тип) в постепенном и скачкообразном (например, в офиолитах среднего палеозоя по сравнению с раннепалеозойскими) уменьшении интенсивности проявления процессов формирования скоплений талькового камня в ультрамафитах;

– **изумруд** (слюдитовый тип), **хризолит** (апоультрамафитовый тип), **антофиллит-асбест** (сысертско-бугетьсайский тип) – в проявлении процессов формирования промышленных скоплений изумруда и хризолита в офиолитах

7 декабря 2006 г. исполняется 60 лет со дня рождения и 35 лет научной и педагогической деятельности

**МИХАИЛУ ДАВЫДОВИЧУ ХУТОРСКОМУ**

доктору геол.-мин. наук, профессору, Заслуженному деятелю науки РФ, академику РАН, Зам. директора Геологического института РАН, заведующему кафедрой и зав. лабораторией, Председателю Научного совета РАН по проблемам геотермии, специалисту в области геотермии, геодинамики, моделирования геолого-геофизических процессов, автору более 160 монографий и статей.

Поздравляем замечательного ученого, внесшего неоценимый вклад в фундаментальную науку, желаем здоровья, творческих успехов и счастья на долгие годы!

по возрасту не моложе раннепалеозойских, антофиллит-асбеста, предположительно, не моложе рифейских;

– нефрит (апоультрамафитовый тип) – в волнообразном изменении масштабов и интенсивности проявления процессов нефритообразования при резком снижении величины этой характеристики в палеозойских офиолитах по сравнению с рифейскими и позднемезозойскими – раннекайнозойскими по сравнению с позднепалеозойскими – раннемезозойскими; качественные показатели камня (наличие и содержание ювелирных его разновидностей) в разновозрастных офиолитах остаются стабильно высокими;

– жадеит (апоофиолитовый тип) – в скачкообразном, начиная со среднепалеозойских офиолитов, снижении интенсивности проявления процессов промышленного жадеитообразования, сопровождающейся резким ухудшени-

нии в течение неогей масштабов, интенсивности проявления однотипных процессов промышленного минералообразования, количественных параметров и качественных характеристик руд промышленных скоплений полезных ископаемых, сформированных в последовательные эпохи рудогенеза (этапы тектоно-магматического развития Земли), и определяется, вероятно, с одной стороны, общей глобальной эволюцией сходных геодинамических режимов и обстановок и связанных с их функционированием рудогенных процессов минералообразования и, с другой, – региональными особенностями их (обстановок) проявления и металлогенической специализацией глобальных литосферных блоков. В частности, установленные мировые и региональные тренды изменения в геологическом времени масштабов и интенсивности проявления процессов рудогене-

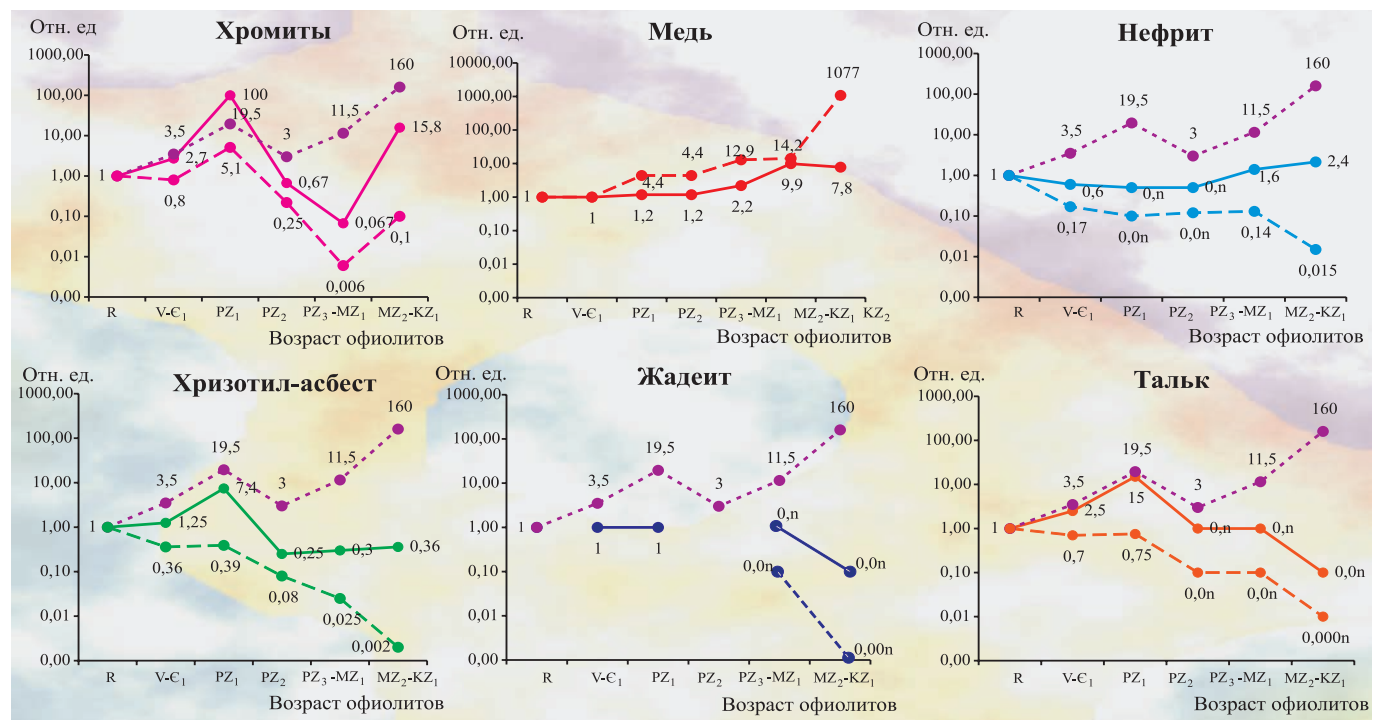


Рис. 3. Мировые эволюционные тренды изменения минерагенических потенциалов (сплошные линии), масштабов проявления ультрамафитов (точечные линии) и удельной продуктивности (пунктирные линии) офиолитов в геологическом времени. По верт. оси – масштаб логарифмический. За единицу приняты минерагенические характеристики офиолитов рифея.

ем качественных (отсутствие ювелирных разновидностей камня) показателей жадеита; при этом метаморфические преобразования офиолитов, приводящие к формированию промышленных скоплений ювелирного жадеита, имеют возраст не моложе позднепалеозойского.

Глобальная эволюция рудогенеза в офиолитах Земного шара в геологическом времени выражается, таким образом, в последовательном необратимо-направленном изме-

за, сопровождавших становление офиолитов в рифтогенно-спрединговую стадию развития подвижных поясов (месторождения хромитов, колчеданной меди кипрского типа, хризотил-асбеста баженовского типа, нефрита апоультрамафитового типа), могут быть непротиворечиво объяснены, исходя из представлений о постепенном уменьшении в течение неогей средних скоростей спрединга и движения литосферных плит (Сорохтин, Ушаков, 1976; Семенов, 1998).