

ISBN 5-9273-1003-6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

ТРУДЫ

Издаются с 2001 года

ВЫПУСК 83

А.Д. Савко, Л.Т. Шевырёв

ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ МИНЕРАГЕНИИ



Воронеж, 2014

ISBN 5-9273-1003-6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

ТРУДЫ

Издаются с 2001 года

ВЫПУСК 83

А.Д. Савко, Л.Т. Шевырёв

ОСНОВЫ ИСТОРИЧЕСКОЙ МИНЕРАГЕНИИ

Воронеж, 2014

Савко А.Д.

Труды научно-исследовательского института геологии Воронежского государственного университета. Вып. 83. А.Д. Савко, Л.Т. Шевырëв. Основы исторической минерации. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2014. — 358 с., рис. 247.

Настоящее издание является сокращенным обобщением результатов многолетних работ авторов в области исторической минерации и может быть использовано в качестве учебного пособия для магистров всех специальностей направления «Геология». Во введении изложены цель и задачи исторической минерации, нового раздела Учения о полезных ископаемых, разработанного на геологическом факультете ВГУ, даны представления об историко-минерационном анализе как частной разновидности историко-геологического метода. В первых девяти главах современный фактологический материал, касающийся хронологических аспектов формирования месторождений полезных ископаемых эндогенного и экзогенного типов, рассмотрен в рамках девяти историко-минерационных этапов: архейского, раннепротерозойского, позднепротерозойского, раннепалеозойского (каледонского), среднедевонско-раннекаменноугольного (раннегерцинского), среднекаменноугольного-средне-триасового (позднегерцинского), поздне-триасово-юрского (киммерийского), мелового (раннеальпийского), кайнозойского (позднеальпийского). Охарактеризованы около 250 разновозрастных историко-минерационных провинций Мира. Глава 10 посвящена общим закономерностям рудообразования в истории Земли. Показано, что каждый из историко-минерационных этапов отмечен появлением специфических видов полезных ископаемых, а разное их сочетание характеризует переменчивое энергетическое состояние земных недр. Рассмотрены первые результаты и возможные перспективы научного и практического применения концепции исторической минерации.

Помимо основного назначения в качестве учебного пособия, книга может быть полезна широкому кругу специалистов, занимающихся прогнозированием месторождений рудного и нерудного минерального сырья, в том числе его остродефицитных видов.

Ключевые слова: месторождения эндогенные и гипергенные, генетические типы, докембрий, архей, протерозой, палеозой, мезозой, кайнозой, кратоны, подвижные пояса

УДК 553

ISBN 5-9273-1003-6

Savko A.D.

Proceedings of the Science-and-Research Institute of Geology of the Voronezh State University. Issue 83. A. D. Savko & L. T. Shevyrev. Fundamentals of Historical Minerageny. Voronezh: Voronezh State University, 2014. — 358 p., 247 fig.

The fascicle is the succinct generalization of the many years long work of authors results in the field of Historical Minerageny; it's available as text-book for masters of all specializations in direction "Geology". In "Introduction" its purpose and targets are formulated as a new scientific section of the Doctrine for the Mineral Resources being elaborated in the geological faculty of VSU. It's considered to be an intrinsic compound part of the historic-geologic method. The first nine chapters characterize the upgraded material facts upon formation of the mineral resources endogenous and supergene deposits in constrains of the historical-mineragenical stages as follows: Archean, Early Proterozoic, Riphean, Early Paleozoic (Caledonian), Middle Devonian-Serpukhovian age of Early Carboniferous (Early Hercynian), Bashkirian age of Middle Carboniferous-Middle Triassic (Late Hercynian), Late Triassic-Jurassic (Kimmerian), Cretaceous (Early Alpine), Cenozoic (Late Alpine). 250 about historical-mineragenical provinces of all ages in Earth's history are expounded in brief. Each from nine historical-mineragenical stages is specified with displays of the mineral deposits as reflection of especial energetic states of Earth entrails. Their different combinations characterize the alternative states of the energetic circumstances of the entrails in while. The "Conclusion" is devoted to the first results and probable perspectives for science and practice of the Historical Minerageny

Text-book besides its educative target is addressed to the wide circle of proficients in prospection of the ore and non-ore raw materials deposits, including their sharply deficient kinds too.

Key words: deposits of endogenous and supergene types, genetic types, Precambrian, Archean, Proterozoic, Paleozoic, Mesozoic, Cenozoic, cratons, mobile belts.

А.Д. Савко, Л.Т. Шевырëв, 2014

ISBN 5-9273-1003-6 © Воронежский государственный университет, 2014

ISBN 5-9273-1003-6 © Воронежский государственный университет, 2014

Оглавление

	Стр.
Введение.....	5
Глава 1. Архейский этап.....	8
1.1. Гипогенный минерагенез.....	8
1.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	13
1.3. Гипергенный минерагенез.....	14
1.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	25
Глава 2. Раннепротерозойский этап.....	28
2.1. Гипогенный минерагенез.....	28
2.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	35
2.3. Гипергенный минерагенез.....	36
2.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	50
Глава 3. Позднепротерозойский этап.....	52
3.1. Гипогенный минерагенез.....	52
3.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	64
3.3. Гипергенный минерагенез.....	65
3.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	78
Глава 4. Раннепалеозойский (каледонский) этап.....	80
4.1. Гипогенный минерагенез.....	80
4.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	91
4.3. Гипергенный минерагенез.....	94
4.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	108
Глава 5. Девонско-раннекаменноугольный (раннегерцинский) этап.....	110
5.1. Гипогенный минерагенез.....	110
5.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	125
5.3. Гипергенный минерагенез.....	127
5.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	137
Глава 6. Среднекаменноугольный-раннетриасовый (позднегерцинский) этап.....	139
6.1. Гипогенный минерагенез.....	139
6.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	159
6.3. Гипергенный минерагенез.....	160
6.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	179
Глава 7. Раннемезозойский (киммерийский) этап.....	183
7.1. Гипогенный минерагенез.....	186
7.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	202
7.3. Гипергенный минерагенез.....	207
7.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	219
Глава 8. Меловой (раннеальпийский этап).....	223
8.1. Гипогенный минерагенез.....	223
8.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	244
8.3. Гипергенный минерагенез.....	248
8.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	268
Глава 9. Кайнозойский (позднеальпийский) этап.....	270
9.1. Гипогенный минерагенез.....	270
9.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза.....	290
9.3. Гипергенный минерагенез.....	294
9.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза.....	332
Глава 10.....	338
10.1. Общие соображения.....	339
10.2. Развитие рудогенеза в истории Земли.....	342
10.3. Эволюция рудогенеза в фанерозое.....	347
10.4. О связях эндогенных и экзогенных факторов в формировании месторождений.....	348
Заключение.....	355
Рекомендованная литература.....	358

Введение

Историческая минерагения – наука о становлении месторождений различных видов минерального сырья в истории Земли. Историко-минерагенический анализ геологического прошлого континентов – частный вариант историко-геологического метода, делающего геологию наукой. Он имеет собственную специфику: пристальное внимание к временным, хронологическим аспектам формирования рудных и нерудных аккумуляций полезного для человека вещества. Сам термин «историческая минерагения» впервые введен авторами настоящей работы.

Учение о полезных ископаемых развивается во благо человечеству более двух с половиной тысячелетий. Именно металлогенисты устами шотландского исследователя руд и минералов Джеймса Хаттона (Геттона) в восемнадцатом веке сформулировали мудрую истину: «В истории Земли не заметно начала и нет признака конца». В таком случае, интересно подумать о том, в какой точке своего развития находится наша Планета. И что это такое, «развитие», применительно к косной материи.

По Владимиру Ивановичу Смирнову, на рубеже девятнадцатого и двадцатого веков в Учении о полезных ископаемых произошло обособление ряда национальных школ, направлений, подходов, секторов. В каждом из них очень заметен вклад отечественных ученых: самого В.И. Смирнова, С.С. Смирнова, А.Г. Бетехтина, Д.В. Рундквиста (генезис и моделирование рудных процессов), Ю.А. Билибина, Н.А. Шило (россыпи), П.М. Татаринова (нерудное минеральное сырьё), А.С. Соколова, А.В. Пустовалова, Н.М. Страхова, И.И. Гинзбурга, А.Л. Яншина, Б.М. Михайлова (осадочные рудные месторождения), Н.В. Вассоевича, И.И. Губкина, М.Ф. Мирчинка (каустобиолиты) и многих других.

Эти и многие другие отечественные и зарубежные работы явились основой для оформления в составе Учения о полезных ископаемых направления, посвященного хронологическим аспектам эндогенного и экзогенного рудогенеза, которое могло бы именоваться исторической минерагенией. Её *предмет* – минерагения в истории Земли, *цели* – установление особенностей размещения во времени и пространстве полезных ископаемых, их эволюции в истории Земли, как для отдельных видов месторождений, так и для историко-минерагенических провинций и рудоносных структур. Будь таковая цель единственной, следовало бы говорить об исторической минерагении как о сугубо прикладной дисциплине. Между тем, самоценна и важна вторая её цель – увидеть в истории и характеристиках месторождений концентрированное выражение сущности геологического процесса для временных интервалов, в которые те формировались. Не прикладное, но фундаментальное, исследование. Использование рудных и нерудных аккумуляций для этого вполне реально.

В рамках рассматриваемого направления учения о полезных ископаемых оказываются общие эволюционные, пространственные и геоструктурные условия рудогенеза. Для достижения обеих целей необходимо решение ряда задач:

- 1 – получение палеонтологических, стратиграфических, радиологических свидетельств для дробной возрастной привязки событий минерагенеза;
- 2 – выделение историко-минерагенических провинций для этапов минерагенеза;
- 3 – расшифровка эволюционного тренда и этапности становления рудных и нерудных полезных ископаемых, оценка вклада каждого минерагенического этапа в этот процесс;
- 4 – установление истории рудоносных структур как отражения глубинных и приповерхностных энергетических обстановок недр (практическое приложение исторической минерагении).

Первая задача. В отечественных работах по металлогении и нерудным полезным ископаемым, даже совсем новых, недостаточное внимание уделяется *хронологическим аспектам* формирования месторождений. Картографический материал часто используется без учета хронологии месторождений (распространены карты типа "свинцово-цинковые месторождения Мира", без хронологической привязки). Это не способствует выработки у студентов и других читателей вкуса к основному и единственному методу геологии – историко-геологическому. Между тем мировая минерагения стремительно обновляет фактологическую базу. Благодаря усилиям естествоиспытателей, вооруженных, прежде всего, новыми поисковыми идеями, мы узнаем о месторождениях все новых и новых типов. В базе данных авторов сконцентрирована геохронологическая информация о примерно 5 тыс. опорных объектов (Л.Т. Шевырёв, А.Д. Савко, 2012). За рубежом временные характеристики рудообразования широко представлены в публикациях Peter Laznicka (2006), около 3 тыс. рудных объектов; Mike de Wit (2010), 6,5 тыс. кимберлитовых тел; Dwight C. Bradley et David L. Leach (2010), месторождения типа долины реки Миссисипи, Ian B. Lambert et al (1992) месторождения протерозоя.

При создании специфической базы данных с акцентом на хронологические аспекты рудогенеза приходится учитывать многоэтапность формирования многих рудных объектов («предыстории» месторождений в терминологии Д.В. Рундквиста), длительностью до миллиарда и более лет. Геохронологическая информация, в т.ч. для многих ключевых рудных объектов, неоднозначна. Так для месторождений сухоложского типа близ Байкала первичные концентрации золота связаны с черносланцевыми толщами рифея, а окончательное формирование приходится на герцинский этап в

связи с внедрением гранитоидов и перераспределением благородного металла с образованием его промышленных содержаний. Следовательно, формирование месторождений растянулось на сотни миллионов лет. Ещё более разительный пример связан с марганцевыми месторождениями Южной Африки и Бразилии. Повышенные концентрации Мп в силикатах приурочены к гондитам неогархей и палеопротерозоя, а промышленные месторождения оксидов этого металла - к кайнозойской коре выветривания на этих гондитах. В каждом минерогеническом этапе можно обнаружить месторождения: 1 – с завершённым рудогенезом; 2 – вступившие в стадию прерудной подготовки; 3 – находящиеся в стадии активного формирования; 4 – находящиеся в стадии перераспределения рудного вещества в результате тектоно-термального воздействия. Подобные стадии проходят и каждый генетический тип эндогенных и экзогенных месторождений. Пример первых – медно-никелевое с платиноидами оруденение в расслоенных интрузиях базитов-гипербазитов, вторых – полосчатые железистые формации.

Помимо определения возраста формирования полезных ископаемых важное значение и, в первую очередь, для составления минерогенических карт имеет внутри и межрегиональная *корреляция* месторождений по времени их образования. Синхронизация геологических событий в истории Земли (трансгрессивных, регрессивных эпизодов, эпох растяжения, сжатия, гранитоидного магматизма, рифтогенеза, повышенной тектонической активности, мощного корообразования, а значит, и связанного с ними эндогенного и экзогенного рудогенеза) одна из труднейших задач современной геологии. Придти к ответу на вопрос, находятся ли эпохи рифтогенеза в противофазе с эпохами усиления интенсивности и деформаций сжатия (так допускал Е.Е.Милановский) или же они одновременны (В.Е.Хаин, А.Н.Балуховский) возможно, если опереться в межконтинентальных корреляциях на стратиграфические и радиологические данные, датирующие события на уровнях слоя (этапа VII порядка, по С.В. Тихомирову, привязка событий с точностью в первые сотни тысяч лет). Эту мысль формулировал А.П. Карпинский, выразивший надежду, о скором времени, «когда местные дислокации будут связаны с универсальными и через посредство последних между собою; ...господствующие в науке искусственные геохронологические группировки уступят место естественным». Спустя более века приходится констатировать, мы бесконечно далеки от достижения этой цели, хотя и движемся к ней медленно и трудно. Крайне важно знать на всех континентах коррелянты осадочных толщ и синхронных с ними интрузий до «слоя», или «горизонта», но ныне мы не уверены в правильности сопоставления даже интервалов разреза, отвечающим ярусам.

Вторая задача - выделение и характеристика для каждого историко-минерогенического этапа историко-минерогенических провинций (ИМП). Так предлагается именовать "площади континентов и океанических бассейнов Земли с массовыми проявлениями аккумуляций рудного или нерудного вещества, сформировавшихся в определенный историко-минерогенический этап". Акцент на хронологическую сторону рудообразования отличает ИМП от традиционного определения минерогенических мегапровинций. Последние обычно определяются (В.В. Авдонин и др., 2005) как "геологические структуры первого порядка площадью несколько млн кв. км, расположенных на платформах или океанических бассейнах и сформировавшихся в течение нескольких геологических эр". Минерогенические провинции там же рассматриваются как изометрические участки "земной коры крупных размеров (десятки тыс. квадратных километров) определенного периода и типа тектонического и металлогенического развития с характерными для него геологическими и рудными (одной-двумя) формациями и ассоциациями месторождений полезных ископаемых". Для каждого этапа и типа минерогенеза выделены историко-минерогенические провинции, т.е. компактные площади распространения разновозрастных месторождений на континентах Земли. Таким образом, историко-минерогенические провинции (эндогенные месторождения) оказываются площадями экспозиции (выброса) энергии и вещества из земных глубин в конкретные этапы рудогенеза. Но что же тогда характеризуют историко-минерогенические провинции экзогенного рудогенеза? Обычно это площади тектонической стабилизации, наименее дифференцированных, мало контрастных тектонических движений, существовавших во временные интервалы с оптимальными климатическими условиями.

Что касается *третьей задачи* – эволюции минерогенеза во времени, то она может рассматриваться в двух аспектах: 1-эволюция отдельных видов минерального сырья в истории Земли, 2-эволюция ассоциаций различных видов полезных ископаемых от этапа к этапу. И если первый аспект освещен довольно детально в многочисленных работах ряда авторов, о чем сказано выше, то второй, предполагающий рассмотрение историко-минерогенических провинций по выделенным этапам, - довольно слабо. Их нами выделяется 9 - архейский, раннепротерозойский, рифейский, раннепалеозойский (каледонский), среднедевонско-раннекаменноугольный (раннегерцинский), среднекаменноугольный-среднетриасовый (позднегерцинский), познетриасово-юрский (киммерийский), меловой (раннеальпийский), кайнозойский (позднеальпийский). Они отвечают естественным этапам развития Земли.

Основы эволюции эндогенного рудообразования заложены в работах В.И. Смирнова, продолжены в трудах О.А. Богатикова и др., (1987), А.М. Дымкина, В.М. Чайки, (1992) К.Д. Беляева с

соавторами (1996), Г.И. Беневольского с соавторами (1996), В.И. Старостина (2012), А.В. Ткачева (2012) и ряда других авторов. В трудах этих ученых приведены схемы эволюции практически для всех видов рудных полезных ископаемых. Что касается поэтапной эволюции ассоциаций различных видов рудного и нерудного сырья в истории Земли, то она по мегаэтапам (четырем) приведена в работе А.В. Ткачева, а в наиболее полном виде рассмотрена в трехтомнике «Историческая минерагения» (Н.Н. Зинчук, А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, 2005, 2007, 2008) и десяти выпусках «Историко-минерагенические провинции Мира» (А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев, 2012, 2013). Основные особенности эволюции многих видов гипергенных полезных ископаемых освещены в в 70-80 годы прошлого века, в частности, схемы для бокситового, железного и марганцевого рудонакопления (Б.М Михайлов и др., 1984), разработанные в это время и сохранившие актуальность до наших дней. С тех пор другими авторами в такие схемы вносятся дополнения и изменения. Курс «Эволюция геологических процессов и внешних геосфер в истории Земли» с крупными разделами по эволюции эндогенного и гипергенного рудогенеза преподается в Воронежском университете. Широко известны и часто цитируются разделы лекций, читаемые в МГУ профессором В.И. Старостиным (2012) и посвященные эволюционной металлогении.

Решение *четвертой задачи* при изучении геологической истории по историко-минерагеническим провинциям позволяет проследить особенности «минерагенических трансгрессий и регрессий», прокатившихся во времени через определенные территории. Этими терминами авторы характеризуют распространение за пределы платформ типичных для них месторождений (калийные соли, медистые песчаники, кимберлиты, карбонатиты и т.д.), либо появление в краевых частях эндогенных рудных образований, типичных для подвижных поясов. Кроме того, историко-минерагенический анализ позволяет выделять тектонические структуры, благоприятные для формирования определенных видов полезных ископаемых, что представляет практическое значение данного курса.

Все минерагенические события привязаны к стреле геологического времени. Геологическое время вполне соответствует своему древнему аллегорическому изображению – мчащейся только вперед колеснице, запряженной двумя оленями и управляемой (!) седоком. В философии учение о времени («закономерная координация сменяющих друг друга явлений») обычно рассматривают совместно с учением о пространстве, признавая, впрочем, что у этих категорий есть и собственные свойства. Пространство многомерно, все его измерения равноценны. Время – однонаправленно. Можно предположить: геологическое время это Длительность – необходимая, направленная исключительно в будущее, проявленная в необратимых изменениях естественного земного вещества. Оно даёт возможность глубинным расплавам - расслоиться, потокам эффузивов – остыть, минералам – кристаллизоваться, гидротермам поздних генераций – изменить состав прежних рудных залежей, переместить вынесенные из недр химические элементы. И хотя роль гравитации и законов термодинамики велика, но – без длительности (времени) у них нет шансов реализоваться. Иными словами, чтобы тот же гравитационный эффект проявился, например, при формировании россыпей, или донных залежей Cu-Ni руд, нужно... подождать. Азовские волны восстановили Анабарскую стрелку, пески которой были вывезены на бетонные заводы, но, чтобы волны намыли из донных глин сотни тысяч тонн песчинок понадобилось ... Время. В данном случае, десятилетия.

Историческая минерагения тесно связана с другими разделами Учения о полезных ископаемых и прочими из комплекса геологических наук – металлогенией, геологией нерудных полезных ископаемых, геотектоникой, исторической геологией, литологией. Авторы рассматривают настоящую работу как информационный материал о распространении в Море основных видов минерального сырья, посвященный острой потребности геологической практики и учебного процесса в продукции минерагенической картографии, пособии учебном и справочном. Чтобы геолог-практик и студент могли увидеть реальную фактологическую основу теоретических построений прогнозного характера, распространенных в литературе.

В представленной книге характеризуются минерагенические особенности каждого этапа, с использованием историко-минерагенических карт. Книга позволит специалистам ориентироваться в распределении минерально-сырьевых ресурсов различных типов на континентах Земли, подсказать какие-то собственные пути в великом состязании за источники вещества, необходимого для повышения качества жизни в России. Настоящая работа предназначена в качестве основного пособия для курса «Историческая минерагения» для магистров специальности «Геология».

Глава 1. Архейский этап

Минерагеническую продуктивность архея считают не столь большой, с "достаточно ограниченным набором полезных ископаемых". Но это не так: сведения о строении архейских образований удается получить лишь для 12% площади континентов, или 2-3% поверхности Земли, тогда как, например, кайнозойские толщи распространены повсеместно. При сопоставлении минерагенической продуктивности архейского и кайнозойского этапов уже на основе критерия ареальных соотношений для первого вполне уместен повышающий коэффициент 8,5-50. И это – без учета мощного влияния эрозионного фактора на сохранность древнейших залежей из-за длительности и давности архея. Рудные аккумуляции архея реликтовые, удивительные уже тем, что дошли до наших дней. Они характеризуются разнообразием минеральных составов, в некоторых регионах – многочисленностью, высокой плотностью размещения. Архейский комплекс полезных ископаемых не обнаруживает черт примитивизма, инициальности ("начальности"), но выглядит результатом очень длительного предшествующего развития, материальных свидетельств которого на Земле не сохранилось. Допуская длительную предысторию для месторождений неогей из естественного человеческого стремления видеть начало ("плясать от печки") мы отказываем в том же не менее сложно устроенным и многообразным архейским рудным аккумуляциям.

Масштабны свидетельства архейского гипергенного минерагенеза. В разрезах огромны скопления джеспилитов, марганцевых руд - гондитов, высокоглиноземистых пород, известны первично россыпные аккумуляции минералов титана и циркония, золота. Более половины добываемого Au происходит именно из архейских толщ. Непревзойденной по масштабам золото-урановой аккумуляцией остаётся Витватерсранд. Основная масса его россыпного золота сконцентрирована в отложениях архейской Central Rand Group, датированной 2894-2780 млн лет (Крупные..., 2006).. Здесь же обратим внимание на факт: вмещающие золотоносные "риффы" подразделения архейского нижнего отдела системы Витватерсранд не содержат алмазов. Последние появляются только в отложениях верхней части нижнепротерозойской эонотемы. Подобное как нельзя лучше согласуется с отсутствием на континентах Земли архейских алмазоносных пород и их "аналогов-антагонистов" карбонатитов. Нижнеархейские корундиты южноафриканского Намакваленда и холодниканской свиты иенгринской серии Алданского щита считают перекристаллизованными архейскими бокситами.

1.1. Гипогенный минерагенез

Эндеогенные месторождения архея (рис. 1.1), как и более поздние, по геодинамическим условиям формирования явно относятся к возникшим в обстановках растяжения (связанные с коматиитовыми сериями, прочими базитами-ультрабазитами) и сжатия (ассоциирующие с гранитоидным магматизмом). Архейские магматические циклы построены одинаково. Их начинали толеитовые ассоциации (коматииты, толеитовые базальты и андезиты), весьма обогащенные сидерофильными и халькофильными Fe_2O_3 , MgO , Ni , Cr , Co , V , Zn , Cu . Завершение каждого полного цикла в конце палеоархея, в мезоархее и неоархее привело к появлению континентальной коры. Толеиты палеоархея содержали больше высокзарядных с крупными ионами Nb , Ta , Hf , Th , Zr , Ti и легких лантаноидов. Толеиты сменялись известково-щелочными вулканитами (базальты, андезиты, дациты, риолиты) и тоналит-трондьемит-гранодиоритами, с литофильными U , Th , Rb , Sr , Li , Be , Sc , Nb , La , Pb . В конце циклов образовались массивы гранитоидов, с большим количеством мантийных и коровых элементов. В позднем мезоархее впервые появились (2,95 млрд лет назад) магматиты санукитоидной серии (дифференцированные диорит-гранодиориты). Это связывают с глубинной эволюцией мантийного вещества, первичного источника полезных компонентов всех ранних месторождений. Позднее гигантские эндогенные месторождения Cr , Cu , Ni , МПГ Бушвельда и Великой Дайки формировались за счет пер рудного вещества, поднявшегося из центра Земли после появления в конце архея земного ядра.

Алмазы

Появились в недрах около 3,8 млрд лет назад. На поверхность Земли они впервые поступили с дайками лампрофиров, датированных 2680-2670 млн лет. Типовой объект – субпровинция Вава в составе пров. Сьюпериа, юго-запад Онтарио. Это пока единственная площадь, где известны столь древние алмазоносные породы. На востоке Австралии россыпные алмазы содержат сульфидные включения, датированные 2,4-3,4 млрд лет (Re-Os).

Хромиты

Наиболее древние их залежи на Земле выявлены в поясе Исуа на юге Гренландии (3,65 млрд лет). Немного моложе они на площади Селукве в Зимбабве (3,5 млрд лет), а также, возможно, в районах Андриамена на Мадагаскаре (30 месторождений), Лаго (Сьерра Леоне). Основной объект США **Стиллуотер** на юге штата Монтана, по одним данным, имеет возраст 2,8-2,7, по другим, – 3,2 млрд лет. В индийском штате Орисса ультрамафитовый комплекс с хромитами **Сукинда** (3,12 млрд лет), помимо Cr , содержит Ni , Co , Pt . Отрабатывают залежи Сукинда, Наусахи, Саурабил. Около 3 млрд лет назад появился промышленный объект Фискенессет в анартозитах Южной Гренландии.

Медно-никелевые объекты

Наиболее древние Cu-Ni промышленные рудные залежи встречаются на юге Африки: **Бон Аккорд**, пров. Мрумаланга (б. Тансвааль), **Персеверенс** (лежачие стенки серпентинитовых силлов) в Зимбабве, сформировавшиеся 3,7 млрд лет назад. Там же в Зимбабве обогащены никелем и гнейсы, лежащие ниже

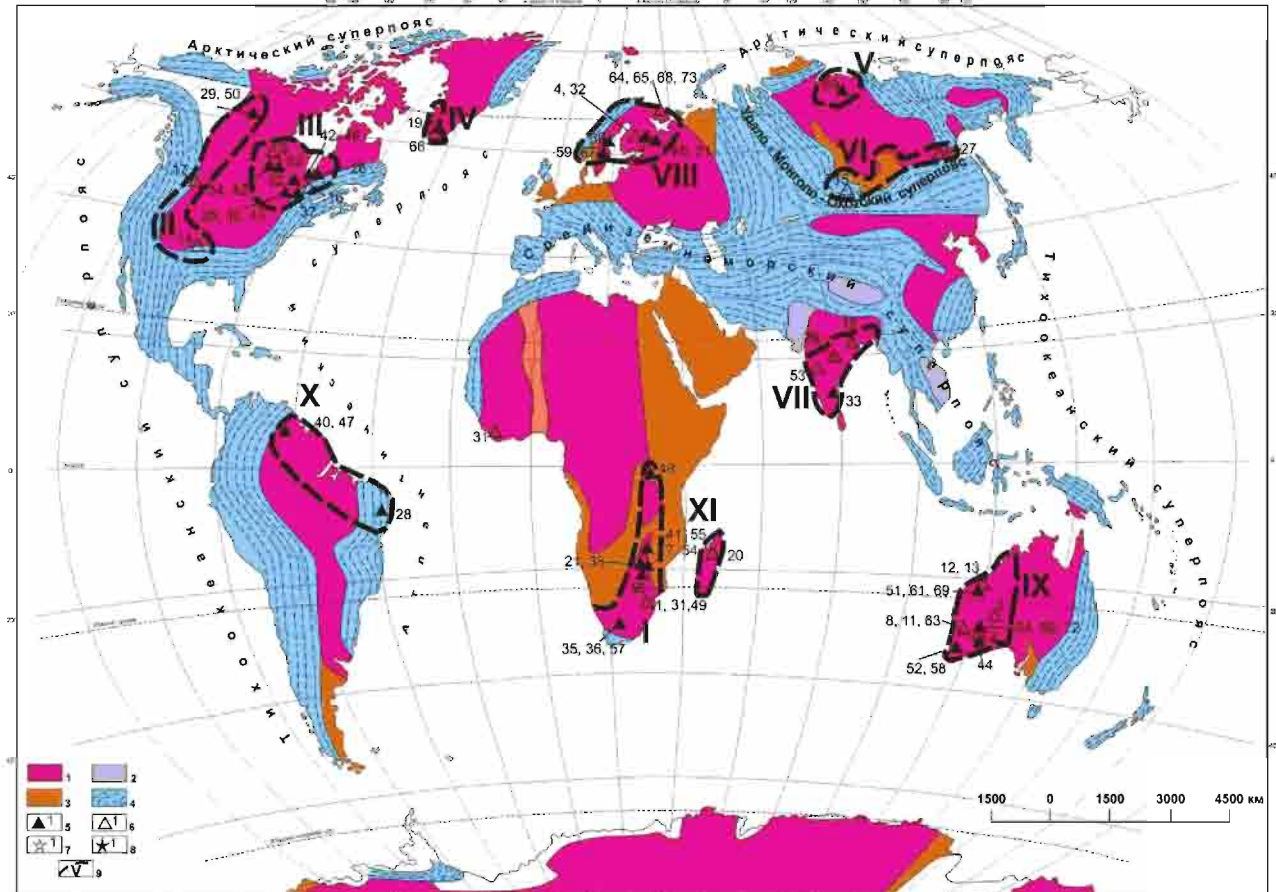


Рис. 1.1. Эндогенные месторождения, сформировавшиеся на континентах Земли в архее (ранее 2,5 млрд лет назад). С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицированной. Условные обозначения ко всем минерагеническим картам (эндогенные и экзогенные полезные ископаемые): 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогей, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5-9 – эндогенные и экзогенные месторождения и проявления, в т.ч. связанные: 5 – с преимущественно коллизионными процессами – скарновые, гидротермальные). На картах, посвященных экзогенному рудогенезу – все месторождения, кроме бокситов, 6 – с процессами дилатансии, преимущественно основным вулканизмом (источники рудных компонентов в верхах мантии и низах коры, руды медно-никелевые, медно-молибденовые порфировые и т.д.), 7- 8 – мантийными источниками (7 – карбонатиты, 8 – кимберлиты, 9 – граница и номер ИМП: I – Трансваальско-Зимбабвийская, II – Западная Перилаврентийская, III – Абитибби, IV – Юго-западной-Гренландии, V – Анабарская, VI – Саянско-Алданская, VII – Индостан, VIII – Скандинавско-Карельская, IX – Западно-Австралийская; X – Гвианско-Восточнобразильская, XI – Мадагаскарская. Архейские месторождения и проявления, в т.ч.:

I – никелевые, медно-никелевые, платинометалльные, в связи с расслоенными интрузиями базитов-ультрабазитов, коматиитами: 1 – Бон Аккорд. Никелевое; 2 – Камбалда. Сульфидное Cu-Ni с МПГ (иридиевая специализация); 3 – Агнью. Никелевое в коматиитах; – Коталахти. Cu-Ni в гнейсах; 5 – Лак дез'Иль. Сульфидное медно-никелевое; 6 – Сьерра Леоне, Леон-Либерийский щит. Многочисленные платиноносные массивы ультрабазитов и анортозитов; 7 – Персеверенс. Никеленозное в серпентинитовых силлах; 8 – Вальтер Вильямс. Коматииты с платинометалльной минерализацией; 9 – Ягвинда Брук. Платинометалльное в коматиитах; 10 – Уиндимурра. МПГ в габбро-норитах; 11 – Маунт. Cu-Ni с Со в коматиитах; 12 – Мунни-Мунни, Маунт Шолл, Андевор. Сульфидные Cu-Ni с Со и платиноидами в расслоенных мафитах-ультрамафитах; 13 – Спарговилл, Скотия, Маунт-Стюарт. Cu-Ni в связи с коматиитами; 14 – Уачита. Cu-Ni в

расслоенной интрузии мафитов-ультрамафитов; 15 – **Саянская** Си-МППГ провинция. Сульфидно-никелевая и платиноидная минерализация в связи с массивами ультрабазитов зеленокаменных поясов;

II – хромитовые: 16 – **Думонт**. Хромитовое стратиформное в перидотитах; 17 – **Стиллуотер**. Группа месторождений в анортозитах; 18 – **Сукинда**. Хромитовое в ультрамафитах одноименной зоны с прочими месторождениями **Наусахи**, **Саурабил**; 19 – **Фискенессет**. Стратиформное хромитов в анортозитовом массиве; 20 – **Андриамена**, рудное поле. Около 30 объектов; 21 – **Селукве**;

III – колчеданные медные, полиметаллические, медно-молибденовые порфировые: 22 – **Кидд-Крик**. Медно-цинковое колчеданное, с серебром; 23 – **Оутокумпу**. Золотоносные колчеданно-полиметаллические; 24 – **Калгурли**. Колчеданно-полиметаллическое с Au; 25 – **Хоурн**. Вулканогенно-колчеданное, с Au; 26 – **Чебугамо-Селбе**, рудный район. **Селбе** и другие золотоносные медно-полиметаллические колчеданные; 27 – **Маланжканд**. Си-Мо порфировое;

IV – титаномагнетитовые, магнетитовые: 27 – **Ковактинская** и др. интрузии метагаббро, метаперидотитов с сульфидами; 28 – **Руу Жакаре**, V-Fe руды,

V – золоторудные: 29 – **Йеллоунайф**. Рудное поле с золото-сульфидно-кварцевыми месторождениями **Джидант Йеллоунайф**, **Кон**, **Рикон**, **Негус**, **Кристорм**, **Птармиган**, **Барвиш**; 30 – **Холлинджер**. Сульфидно-анкерит-кварцевое; 31 – **Барбертон**. Тысячи мелких и средних месторождений, связанных с коматиитами и гранитизацией (**Глоб Феникс**, **Хантерс Роуд**, **Дамба-Иниати**, **Трожен** и др.); 32 – **Сааттопора**. Сульфидно-кварцевое золото-медное; 33 – **Колар**. Золото-кварцевые тела, сульфидизированные толеиты и т.д.; 34 – **Хемло**, **Тек-Корона**, **Гео**, **Дуайон**, **Буске**, **Домогами**, **Джералтон**, **Доум**. Золоторудные, полиметаллические; 35 – **Стеенкампе-Крааль**. Кварцево-жильное с монацитом; 36 – **Карагас**. Кварцево-жильное с ксенотимом, монацитом; 37 – **Сигма Ламак**. Золоторудное турмалин-кварцевое; 38 – **Гатума**, золоторудная площадь. Штокверковые, кварцево-жильные, малосульфидные **Дални**, **Голден Валли**, **Венайс**; 39 – **Энэстон**. Золото-кварцитовое; 40 – **Эль Калье**. Золото-кварцевое в турмалин-пиритовых метасоматитах; 41 – **Кам Мотор**. Золото-сульфидно-кварцевое в метабазах и граувакках; 42 – **Доум**. Золоторудное штокверковое в метасоматитах; 43 – **Мак-Интайр**. Золоторудное жильное гидротермальное в кварцитах; 44 – **Норсмен-Уилуна**. Кварцевожильные **Леонора**, **Грейт Боулдер**, **Кью**, **Уилуна**, **Инуин**, **Мэрис Файндт**, **Радио**, **Копперхед**, **Пилот**, **Хоупс Хилл**, **Три Бойс**, **Southern Cross**, **Фрейзерс**, **Юпитер**, **Грин Моунтин**, **Левитан**, **Мэй Куин**, **Пальмерс Файнд**, **Комет Джаколетти**, **Марвелл Лох**, **Маунт Куин**, **Невория**, **Грейт Виктория**, **Эдвардс Файнд**; 45 – **Ред Лейк** (рудный район). Золотокварцитовые **Пикл Кроу**, **Сентрал Патрисия**; 46 – **Кёркленд Лейк**. Кварцево-жильные в метасоматитах; 47 – **Барима**, **Омай**, **Питерс Майн** и др. Кварцево-жильные; 48 – **Шеба**, **Фалью**. Аустратиформные в туфах коматиитовых потоков и в субвулканических образованиях коматиит-базальтовой формации; 49 – **Гейта**, **Бульянхулу**. Кварцево-жильные в расланцеванных метаморфитах;

VI – пегматитовые, ассоциирующие с щелочными массивами, скарновые: 50 – **Йеллоунайф**, рудная провинция. Редкометалльные (танталовые) пегматиты месторождения **Тор Лейк** и др.; 51 – **Уоджина**. Пегматитовое редкометалльное; 52 – **Гринбушес**. Пегматитовое редкометалльное (танталовое); 53 – **Кадавал**. Пегматитовое редкометалльное; 54-56 (21-23) – месторождения редкометалльных пегматитов катархейского **Зимбабвийско-Трансваальского** (Себаквийско-Булавайского) пояса Африки, в т.ч.: 54 – **Солсбери**, 55 – **Лимпопо**, **Литаба**, хребет **Мурчисона**; 56 – **Бикита**; 57 – **Книдес-Вест**. Пегматитовое с ортитом, бериллом в архейских гранулитах; 58 – **Муллиела**. Пегматитовое танталовое; 59 – **Иттерби**. Пегматитовое с TR; 60 – **Котуйкан-Монхоольская** зона. Мусковитовые жилы и пегматоиды проявления **Водораздельное** и др., флогопитовые **Монхоло-Туондахское**, **Стаапахское**, **Хаптасынахское**; 61 – **Уоджина** (рудное поле). Редкометалльное пегматитовое; 62 – **Берник-Лейк**. Пегматитовое с Be, Li, Ta-Nb минерализацией; 63 – **Маунт Динс**. Пегматитовое, Ta; 64 – **Колмозерское**. Пегматитовое танталовое и литиевое; 65 – **Полмостундровское**. Пегматитовое, с минералами Ta и Li; 66 – **Игалико**. Тантало-ниобиевое, в связи с дайковым комплексом; 67 – **Бастнез**, Швеция. Скарновое редкоземельное (церий); 68 – **Сахарйокское**. Циркониево-редкоземельное, в связи с кольцевым щелочным комплексом; 69 – **Коппин Гэп**. Мо, жильно-штокверковое; 70 – **Лобаш**. Мо; 71 – **Пеллепах**. Молибденовое; 72 – **Маунт Мьюлджин**. Wo-Mo в скарнах и кварцево-жильном штокверке, меньше, в грейзенах; 73 – **Патчемварек**. Редкометалльное, в связи с пегматитами и метасоматитами. серии Фиг Три с возрастом 3,7 млрд лет). На кратонах Пилбара и Йилгарн сульфидные Cu-Ni скопления ассоциируют с коматиитами (**Маунт-Кейт**, **Камбалда**) или расслоенными мафит-ультрамафитами (**Мунни-Мунни**, **Маунт-Шолл**).

С архейскими коматиитами связаны крупные финские месторождения **Хиетахарью**, **Пеура-ахо**, **Кауннинлампи**, **Арола**. Минеральной особенностью коматиитов является присутствие самородного никеля в небольшом месторождении **Кауниинваара**. Бразильское сульфидно-никелевое месторождение **Боа Виста** открыто в 1964 г. в архейских расслоенных коматиитах. Это первый известный объект подобного типа Южной Америки. В пров. Онтарио Канады аккумуляции **Лак дез'**

Иль и **Маратон** локализованы в массивах ультрабазитов-базитов (2736 ± 28 млн лет). Они схожи с никеленосными образованиями Кингашского интрузивного комплекса (AR_3) «Саянской Ni-Pt-носной провинции» Красноярского края и Иркутской области (116 ареалов, более ста массивов). В архее появились обширные интрузивные тела **Великой Дайки** Зимбабве (2530 млрд лет), **Фёдорово-Панского** массива Мурманской области (габбро, 2516 ± 35 млн лет), но рудоносными они стали только в раннем протерозое.

Медноколчеданные, медно-молибденовые порфировые объекты

В архейском террейне на востоке страны находится единственное молибденовое месторождение Финляндии **Мётсваара** – неоархейские штокверки из кварцевых жил, минерализованные шир-зоны. Re-Os даты для крупночешуйчатого молибденита 2,69 млрд лет, мелкочешуйчатого – 2,57 млрд лет. Крупные архейские колчеданные с медью месторождения **Парандовское** и **Хаутоваара** встречены в Карелии. На СВ и ЮЗ Карельского кратона известно около 20 позднеархейских объектов – Cu-Mo-порфировых и золото-полиметаллических. Среди них: **Лобаш-1**, групп **Пяяваара (Ширкояраи, Муштаоя)**, **Костомукша (Восточное, Кургелампи)**, **Идель (Парандово, Кочкома)**, **Южно-Сегозерской (Бергаул, Петель-Губа)**, **Хаутаваара (Центральное-Хаутоваара)**, **Северного Приладожской (Ялонваара, Соанваара, Хатуноя)**, **Кадилампи** и т.д. Для двух пиритов и двух молибденитов объекта **Лобаш** установлены вариации возрастов от 1,7 до 2,6 млрд лет. Re-Os возраст молибденитов – 2677 ± 12 млн лет. Руды **Лобаша** появились в связи со становлением массива верхнеархейских плагиогранитов, но подверглись влиянию процессов метасоматоза на рубеже около 1,7 млрд лет.

В Китае к типу Куроко, или Алтайскому относят Zn-Pb-Cu вулканогенные стратиформные массивные сульфиды **Хонгтоушань** среди пород архейской группы Аньшань.

Золоторудные объекты

Этот благородный металл распространен среди архейских образований всех платформ Земли. На юге Африки, Зимбабве, наиболее типичные объекты: **Дални** – штокверк с карбонат-кварц-сульфидной минерализацией в зоне расщеливания эффузивов системы Булавайо, 3,5-3,0 млрд лет; **Голден-Валли** – архейская кварцевая жила с богатым золотом и небольшим содержанием сульфидов; **Венайс** – сульфиды и шеелит в расщелированных лавах и туфах архея. Интересно **Готик** в Зимбабве – золото-сурьмяное, из которого добыты одна тонна Au и 377 тонн Sb. В ЮАР, хребет Барбертон, в 1960-1970- гг. отработывали около 4 тыс. объектов золота, ассоциирующих с коматиитами AR.

Архейский зеленокаменный пояс **Иеллоунайф** на северо-востоке Канады дал около 500 т золота из орогенных месторождений мирового класса. Возраст оруденения принимают 2,6 млрд лет. Отмечено, плутон Райэн Лэйк с датой 2675 млн лет и ассоциирующие дайки кварц-полевошпатовых порфиров содержат больше золота чем наименее измененные рудовмещающие основные вулканы. На юге Канады, пров. Онтарио, чрезвычайно интересны по минеральному составу золото-молиб-дено-вые, со ртутью и прочими летучими, месторождения района **Хемло** в архейском суперпоясе Абитиб. Местные фельзиты преобразованы в кварц-серицитовые сланцы, иногда минерализованные. Присутствуют граувакки с дометаморфическим возрастом более 2,8 млрд лет. Минерализованы толеиты и туфы, местами превращенные в кварц-серицитовые сланцы, микроклиновые метасоматиты и т.д..

В Финляндии орогенными золоторудными с возрастом 2,7 млрд лет считаются месторождения **Валкеасуо, Хоско**.

В Бразилии, штат Пара, около 2,57 млрд лет назад сформировались многочисленные объекты Fe-оксидной-Cu-Au «провинции Каражас» – **Игарпе-Баия-Аламайо, Соссега, Кристалино** и др. Они связаны с гранитами и локализованы среди метавулканогенно-осадочных толщ (2,76 млрд лет).

В Индии на востоке щита Карнатака богатую золотоносную минерализацию, в т.ч. и в коматиитах, три тысячи лет отработывают на объекте **Колар**. По данным изотопии Nd и O, отложение металла происходило в сингенетичных залежах при участии субмаринных эксгалянтов. Золото рудных столбов – из углекислых растворов зон гранитизации с возрастом 2,6 млрд лет.

В Западной Австралии типичным и очень крупным является **Калгурли** в архейском зеленокаменном макропоясе Норсмен-Уилкна на юго-востоке блока Йилгарн. Оруденение ассоциирует с гидротермально измененными толеитами, датированными 2,7 млрд лет, и базальт-долеритовыми силлами. Рудные залежи приурочены к коматиитам. Их около 300 мощностью от 0,6-1,0 м до 24 м. Вмещающие породы (первично - амфиболиты) осветлены, лиственизированы, что выражено в развитии серицита, кварца, карбоната. Золото присутствует не только в базальтах Паринга, но и долеритах силла Голден Мэйл, черных туффовых сланцев кровли базальтов. Возраст мусковита из пегматитовых жил, прорывающих нижние части рудоносных зон, -3180 млн лет (Rb/Sr), изотопия свинцов говорит о рудогенезе на рубеже около 2,9 млрд лет. Главные ресурсы золота находятся в пирите (80%, 31-33 г/т), а остальные – в теллуридах. Это и есть причина для отнесения месторождения к золото-теллуридной формации колчеданно-полиметаллического типа. Руды вкрапленные сульфидные, собственно кварцевых жил немного. Содержания в залежах Au –12-14 г/т, Pb – до 20%, Ag –200 г/т и более. Месторождение дало 90% добычи серебра в стране –700-800

т и ежегодно обеспечивает половину ее добычи. С 1893 г. до 1962 г. здесь добыли 1033,45 т Au, причем в недрах еще оставалось 94 т. Во всех архейских зеленокаменных поясах блока Йилгарн распределение золоторудных залежей обычно подчиняется стратиграфическому, а не структурному контролю, рис. 1.2. В макропоясе Норсмен-Уилуна присутствуют также золоторудные объекты **Леонора, Грейт-Боулдер, Кью**. Суперпояс состоит из серии поясов. Один из них – **Саутерн Кросс-Буллфрэг, или Йилгарн**. Золотоносность связана с кварцевыми жилками, содержащими пирротин, но также пирит, арсенопирит. В разрезах наблюдаются обогащенные Au рудные столбы. В мезокайнозое по архейским рудным объектам развился латеритный покров с промышленным Au. Таково на кратоне Йилгарн **Боддингтон**, Au-Cu объект с ресурсами 820 т Au, 800 тыс. т Cu, заметными содержаниями Mo (рис. 1.3). Ядерную часть гидротермальной системы представляют аккумуляции Au, Cu, Mo, W, Bi. Периферическая часть – обогащение Pb, Zn, Ag. Самая ранняя минерализация (кварц-альбит-молибденит-мусковит-биотит-клиноцоизит-халькопиритовые жилы) ассоциирует с кремнеземис-то-биотитовыми изменениями. Молибденит датирован 2,7 млрд лет, Re-Os. Вторая и основная стадия представлена: 1 – кварц-альбит-молибденит-мусковит-биотит-флюорит-клиноцоизит-халькопиритовыми жилами; 2 – клиноцоизит-сульфид-кварц-биотитовым прожилкованием; 3 – актинолит-сульфид-кварцевыми, карбонат-хлорит-сульфидными, сульфидными жилами с которыми связаны богатые содержания компонентов. Возраст стадии 2625-2615 млн лет, Re-Os, т.е. тот же, что и у молибденитов из монцогранитов Урахмин. Это позволяет связать оруденение с интрузиями монцогранитов: золото поступало в обе стадии минерализации на уровнях 2700 млн лет и 2612 млн лет, но богатые руды более поздние.

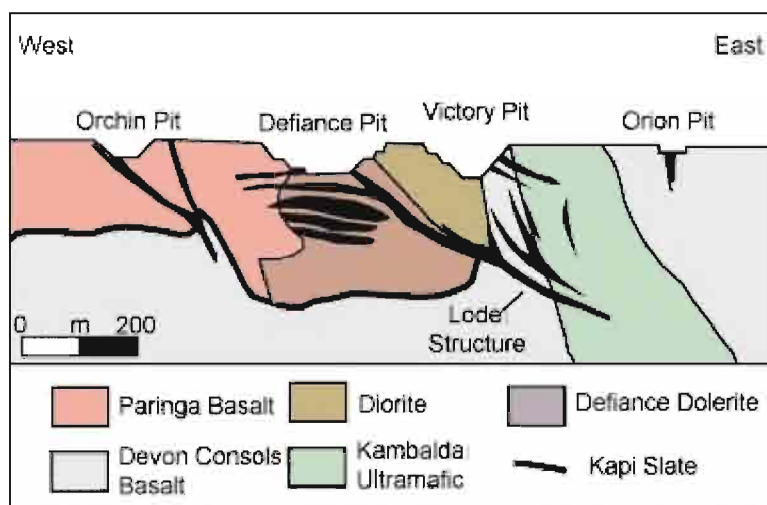


Рис. 1.2. В архейских зеленокаменных поясах блока Йилгарн, Западная Австралия, распределение золоторудных залежей подчиняется преимущественно стратиграфическому, но не структурному контролю. Пример месторождения Сен Ив у г. Камбалда, на площади которого золоторудные тела явно по большей мере согласны с границами стратиграфических и петрографических разностей. Месторождение Сен Ив в 1980-1993 гг. дало более 62 т Au и 167 т Au сохранилось в недрах
<http://volcano.oregonstate.edu> /oldro

ot/education/minerals/pics/golddives.jpg



Рис. 1.3. Карьер архейского Au-Cu месторождения Боддингтон, с ресурсами 820 т золота (более 26 млн унций) на площади распространения

Свинцово-цинковое оруденение

На Канадском щите известны 84 полиметаллических месторождения, залежи которых возникли в позднем архее. Среди них **Норанда** (2,7 млрд лет), **Тимминс** (2717 млн лет). В рудах преобладает цинк. На объектах **Батерст-Слейв** и **Кидд-Крик** соотношение $\text{Cu}:\text{Zn}:\text{Pb} = 1:3:0,1$. В Индии, округ **Удайпур** штата Раджастан, архейскими считают колчеданно-полиметаллические аккумуляции, выявленные среди графитосодержащих слюдяных и гранат-ставролит-кианит-биотитовых сланцев.

Редкометалльно-редкоземельные пегматиты.

В Канаде на объекте **Берник-Лейк** отрабатывают пегматитовую жилу **Танко** с датой 2,64 млрд лет, рис. 1.4. Древнейшие пегматиты представлены в **Зимбабвийско-Трансваальском** (Себакийско-Булавайском) поясе Африки. Среди них месторождения со средними датами 2,65 млрд лет **Солсбери**, **Лимпопо**, **Литаба**, хребет **Мурчисона**, содержащие берилл, литиевые минералы, поллучит $\text{Cs}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$. Позднеархейские (2,65 млрд лет, 4 образца лепидолита, Rb-Sr) пегматиты

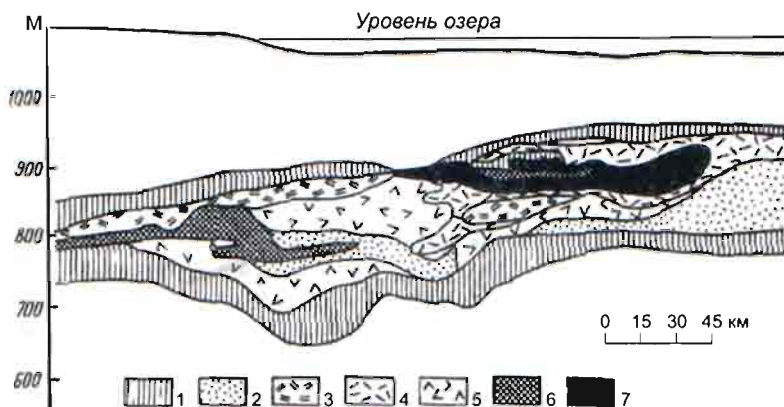


Рис. 1.4 Архейское (?) пегматитовое тело Танко с бериллиевой, литиевой, тантал-ниобиевой минерализацией, другие в пегматитовом поле Берник-Лейк, Ма-нитоба, Канада. По П. Черный и Р. Фергюсону, из (Беляев и др., 1996, с. 13, рис. 3). Зоны: 1 – альбит-кварцевая-микроклин-новая, 2 – мелкозернистых кварца-

альбититов, 3 – микроклин-альбит-кварц-сподуменовая, 4 – сподумен-кварц-амбли-гонитовая (с петалитом), 5 – микроклин-альбит-кварцевая с танталовой минерализацией, 6 – кварцевая, 7 – поллучитовая.

Бикита (рис. 1.5), архейский зеленокаменный пояс Форт Мэрчисон, Зимбабве, содержат минералы Li , Be , TR , Sn .

На западе Австралии, кратон Пилбара, известны тантало-ниобиевые, с бериллом и касситеритом пегматиты **Уоджина** – две группы архейских (2,83 млрд лет) пегматитовых жил. В интервале 3,0-2,9 млрд лет сформировалась наиболее практически значимая вторая группа, главная пегматитовая жила с танталитом, уоджинитом (Ta , Nb , Mn , Sn , Fe) $_2\text{O}_4$, бериллом, касситеритом. С гранитоидами AR_3 связывают **Гринбушес**, возникшее в неоархее (2,57 млрд лет). Его пегматиты содержат танталит, микролит $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F}, \text{O})$, касситерит

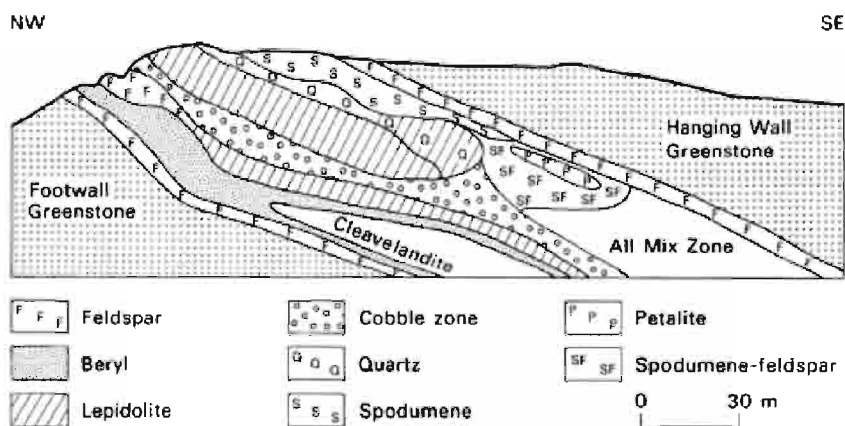


Рис. 1.5. Строение архейского (2360-2630 млн лет) пегматитового тела Бикита, зеленокаменный пояс Форт Мурчисон, Зимбабве. По Anthony M. Evans [1993, fig. 9.1, p. 121].

лит $(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F}, \text{O})$, касситерит и запасами Ta_2O_5 16640 т. Объект дает четверть мирового

тантала. Архейские пегматиты **Кадавал**, штат Махараштра, Индия, содержит лепидолит, уранинит, тантало-ниобаты.

Пегматиты **Колмозерского** с Ta в Мурманской области датированы 2,52 млрд лет. Архейским здесь же считают и подобное **Полмостундровское**.

1.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного рудогенеза

Площади южноафриканских **Трансваальско-Зимбабвийской** и **Мадагаскарской** историко-минерагенических провинций весьма насыщены древнейшими рудными скоплениями. Среди них: 1 – медно-никелевые платинометалльные, обычно связанные с коматиитовыми сериями; 2 – хромитовые; 3 – кварцево-жильные редкометалльно-редкоземельные; 4 – пегматитовые редкоземельно-

редкометалльные месторождения. Для меди и никеля они сульфидные, обычно мелкие, но с высокими содержаниями полезных компонентов, что делает их добычу весьма рентабельной. Хромитовые месторождения провинций известны с раннего архея. Они разных размеров и качества руд. Выделяется рудный район Андриамена на Мадагаскаре с 30 месторождениями хрома. Редкометалльно-редкоземельные образования Трансваальско-Зимбабвийской провинции содержат берилл, ортит, литиевые и цезиевые минералы. Выделяется рудное поле **Бикита** с крупнейшими в мире запасами петалита $\text{Li}[\text{AlSi}_4\text{O}_{10}]$, оцениваемые в сотни тысяч тонн.

В пределах Североамериканского континента различаются три архейские историко-минерагенические провинции (эндогенный рудогенез), в т.ч. *Западная Перилаврентийская, Абитибби, Юго-Западной Гренландии* (см. рис. 1.1). Первая из них вмещает многочисленные золото-сульфидно-кварцевые месторождения мирового класса с совокупным количеством около 500 т золота. Кроме того, известны мелкие сульфидные Cu-Ni месторождения в габброидах. А вот в провинции Абитибби такие месторождения связаны с коматиитами и в заметных количествах содержат МПГ. Эта провинция считается одной из самых продуктивных по золоту. Сотни её архейских месторождений дали 5270 т Au. Менее известны сульфидные медно-цинковые, часто с золотом залежи, примером которых является крупное месторождение **Селбе**, которое помимо перечисленных металлов содержит и серебро. В Юго-Западной-Гренландии открыты месторождения хромитов и редкометалльное **Игалико**.

В *Восточной Сибири* выделяется *Анабарская и Саяно-Алданская ИМП*. Для первой можно говорить о её потенциале на сульфидные медно-никелевые месторождения аллареченского типа, для второй известна Саянская никель-платиноносная провинция с проявлениями Cu, Ni, МПГ, Сг, Au и Кингашское месторождение с платиноидно-медно-никелевыми залежами в ультрабазитах среди пород гнейсово-амфиболитовой бирюсинской серии.

Индостанская ИМП включает эндогенные месторождения хромитов, золота, редкометалльных пегматитов, иногда очень значительные и имеют многовековую историю эксплуатации. Среди месторождений хромитов наиболее значительное Сукинда, дающее 90% всей добычи Индии, среди золоторудных – Колар, из которого за 3000 лет эксплуатации добыто 850 т Au. Архейские редкометалльные месторождения в пегматитах мелкие.

В *Скандинавско-Карельской ИМП* эндогенные полезные ископаемые архея представлены аккумуляциями Cu-Ni, золотоносными колчеданно-полиметаллическими, пегматитовыми с TR. Здесь известен целый ряд промышленных никеленосных объектов, связанных с коматиитами. Золоторудные месторождения мелкие эпитермальные с вкрапленными и кварцево-жильными, реже золото-сульфидно-кварцевыми прожилковыми рудами. Имеются серно-медноколчеданные, Cu-Mo порфировые, иногда с золотом, также цирконий-редкоземельные месторождения.

В *Западно-Австралийской ИМП* распространены медно-никелевые, колчеданно-полиметаллические, золотоносные, редкоземельно-редкометалльные объекты. Многочисленные месторождения Cu-Ni с МПГ и Au связаны с потоками высокомагнезиальных коматиитов и расслоенными интрузиями базитов-гипербазитов. Особенно выделяется горно-рудный район Маунт-Кейт с крупнейшим месторождением **Агню** в коматиитах. В сульфидно-никелевых рудах месторождения **Камбалда** много кобальта, 0,2% - максимальное для магматогенных Земли. В расслоенных базит-гипербазитах расположено месторождение Уиндимурра, помимо Ni и Cu, несущее повышенные количества МПГ.

Золото, помимо примеси в медно-никелевых, образует и многие самостоятельные месторождения в архейских зеленокаменных поясах, в том числе **Леонора, Грейт-Боулдер, Кью, Калгурли, Уилуна, Биг Белл** и другие. Редкоземельно-редкометалльные месторождения **Уоджина** и **Гринбушес** кроме олова и бериллия дают до половины мировой добычи Ta.

В *Гвианско-Восточнобразильской ИМП* с коматиитами связано крупное сульфидно-медное месторождение **Боа Виста**. Имеются крупные месторождения золота **Мина III/Мина Нова, Мария Лазара, Сертао** и другие в массивных сульфидах, кварцевых жилах, углеродистых сланцах. Рудный район Караджас славится открытием в архее пяти месторождений железо-оксидной-медно-золотой формации с содержанием меди более 1% и 0,5 г/т золота.

1.3. Гипергенный минерагенез

Эталонные примеры древних аккумуляций – золото-урановых, железа, меди, высокоглиноземистых пород, графита, барита, – позволяют судить об огромных масштабах экзогенного рудогенеза в архее. Положение крупнейших месторождений приведено на рис. 1.6. Среди архейских толщ обнаружены первично осадочные рудные скопления, характерные затем и для раннего протерозоя, и даже неогей. Это относится к джеспилитам, марганцевым рудам-гондитам Индостана и Африки, высокоглиноземистым породам (Южная Африка, Алданский щит, Индостан), титан-циркониевым россыпям (Кусинско-Златоустовский блок, Средний Урал) и т.д. Есть и такие типы экзогенных руд, аналогов которых в архее не встречено – алмазоносные россыпи, фосфориты, каменная и калийные соли.

Железо

На *Восточно-Европейской платформе* имеется множество месторождений архейских железных руд – Финляндии, Северной Латвии, на Белорусской антеклизе, в Приазовья (**Мариупольская группа**), Карелии (**Костомукша**), Кольского полуострова (**Оленегорский узел**), Кривбасса, КМА, Южного Урала (**Тараташ**), Белоруссии. В образовании архейских железных руд особенно заметен вклад эндогенного компонента, поступавших по разломам флюидов и некоторых металлов-примесей. В Норвегии джеспилиты относят к формациям Фискетинд и Бьёрнефьеллет архейской группы Бьёрневанн. Все значимые залежи среди первых и отнесены к типу Альгома. Джеспилиты **Бьёрневанн** позднеархейские $-2,68 \pm 0,02$ млн лет.

На *Кольском полуострове* **Оленегорский железорудный район** занимает центральную часть Мурманской области (15 тыс. км²). Руды разрабатывают на **Оленегорском, Кировогорском, Комсомольском, Бауманском, им. XV-летия Октября** месторождениях, добывая в год до 20 млн т. Из этого количества получают до 8,5 млн т концентрата. Общие запасы руд района 2 млрд т при содержании Fe – 32%. Рудные кварциты - полосчатые породы с текстурой, образованной чередованием прослоев магнетита, магнетита и гематита, кварца, пироксенов и амфиболов.

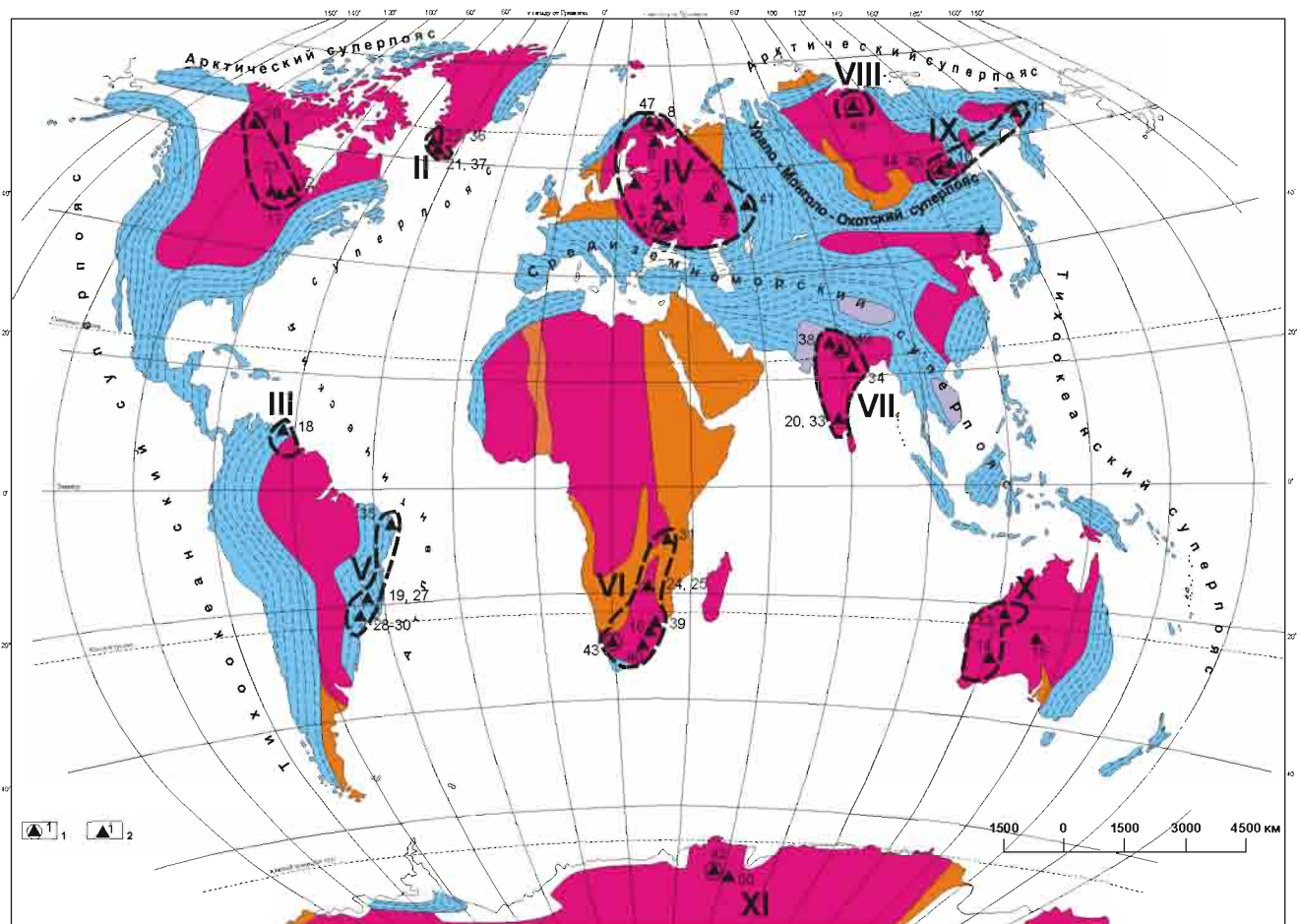


Рис. 1.6. Экзогенные месторождения, сформировавшиеся на континентах Земли в архее (ранее 2,5 млрд лет назад). С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицированной. 1-2 – экзогенные месторождения, в т.ч.: 1 – бокситы и высокоглинозёмистые породы. 2 – железные, марганцевые руды, медистые песчаники, каолины, титан-циркониевые россыпи. Остальные условные обозначения см. рис. 1.1. Римскими цифрами обозначены историко-минералогические провинции (ИМП): I – Центрально-Лаврентийская, II – Западно-Гренландская, III – Гвианская, IV – Восточно-Европейская, V – Восточно-Бразильская, VI – Трансваальско-Зимбабвийская, VII – Индостанская, VIII – Анабарская, IX – Алданско-Омолонская, X – Западно-Австралийская, XI – Антарктическая.

Архейские экзогенные месторождения и проявления:

I – джеспилиты и прочие стратифицированные основных железорудные регионов: 1 – Курская магнитная аномалия; 2 – Кривбасс; 3 – Балтия; 4 – Побужье, Приазовье; 5 – Южный Урал. Тараташский комплекс; 6 – Татарский свод. Гнейсовая серия; 7 – Белорусский массив. Околовская серия; 8 – Оленегорский рудный район. Оленегорское, Кировогорское, Комсомольское, Бауманское,

им XV-летия Октября; 9 – Костомукшское; 10 – Алданская железорудная провинция. Месторождения Гематитовое, Таёжное и др.; 11 – Коаргычан. Омолонский массив; 12 – Лаоелин, антиклинорий. Залежи в ультраметаморфитах; щиты: 13 – Пилбара; 14 – Йилгарн, 15 – Масгрейв, 16 – Зимбабвийско-Трансваальский; 17 – Канадский щит. Железорудная серия Мишипикотен; 18 – Гвианский щит. Гнейсовый комплекс Иматака, 19 – Восточно-Бразильский щит; 20 – Индостан. Гнейсы Полуострова, 21 – Юго-Западная Гренландия. Джеспилиты; 22 – Готхоб. Магнетит-грюнерит-сидеритовое;

II – первично осадочные золоторудные, связанные с железистыми кварцитами и прочими первично осадочными толщами (реювенированы в поздние этапы): 23 – Джералтон; 24 – Вубачикве, Мегуна, Микс, Себайва, Сусанна; 25 – Коннемара; 26 – Лупин; 27 – Морру Велью; 28 – Криксон; 29 – Пассажем, Рапазас; 30 – Фария; 31 – Ньяса;

III – первично осадочные марганцевые (гондиты): 32 – Тимминс, зеленокаменный пояс. Fe, Ni и Mn; 33 – Саргур; 34 – Балагхат; 35 – Каражас, рудный район. Железные и марганцевые руды (оксидное Si-Mn Салобу, оксидное марганцевое Азул;

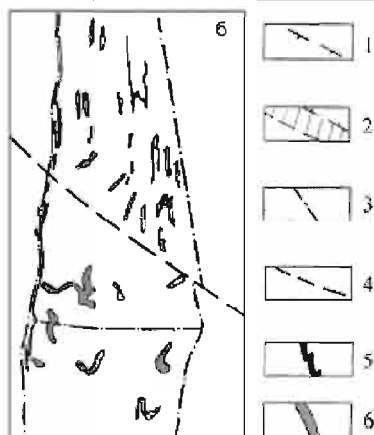
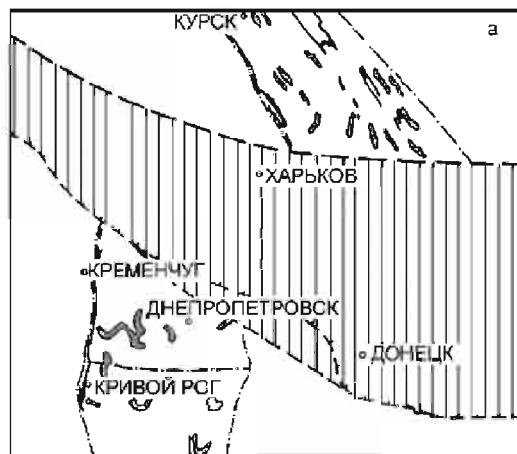
IV – первично осадочные (эксгальационно-осадочные) медные, вольфрамовые, серебряные: 36 – Имарссук. Медное; 37 – Малене. Вольфрамовое; 38 – Бхарак. Серебряное;

V – метаморфизованные золотоносные, ураноносные, редкометалльные россыпи: 39 – Маунт Роберт. Золотоурановые конгломераты; 40 – Витватерсранд, ЮАР; 41 – Кусинско-Златоустовский блок. Гематит-циркон-рутиловая россыпь;

VI – Алюминиевое сырьё: 42 – Земля Мак-Робертсона. Высокоглиноземистые силлиманитовые, кордиеритовые плагиогнейсы; 43 – Джемсленд. Залежи барита, корунда, высокоглиноземистых пород, гематитовых руд; 44 – юго-запад Алданского щита, Якутия. Силлиманит-кордиеритовые гнейсы (алюминиевое сырьё); 45 – Алданский щит. Корундиты холодниканской свиты ценгринской серии AR₁; 46 – Анабарский щит. Гранат-графит-силлиманитовые гнейсы с кордиеритом и др.; 47 – Кейвский рудный район. Кианитовое; 48 – Приазовский массив, центральная часть. Силлиманит-корундовые гнейсы, алюминиевое сырьё; 49 – Лапса Буру. Кианитовые породы;

VII – прочие проявления предположительно осадочного происхождения: 50 – Земля Королевы Мод. Скопления графита в мраморах.

На Карельском кратоне (Гимолы, Костомукша, финский Хехус) развиты образования железисто-кремнистой формации вулканогенно-осадочного генезиса. Костомукшское месторождение находится на северо-западе Карелии. В синклинальной структуре, прослеженной на



12 км при ширине 0,5-3,0 км, обнаружены верхнеархейские биотит-магнетитовые, рибекит-магнетитовые, грюнерит-магнетитовые джеспилиты мощностью 40-350 м. Они относятся к гимольской серии, сопоставляемой [Щеголев, 1985, с. 86] с верхнеархейскими михайловской КМА и конско-верховцевской Кривбасса. Рудные залежи локализованы среди плагиопорфиров, лептитовых гнейсов, слюдистых и углеродсодержащих сланцев. Наиболее продуктивные толщи магнетитовых кварцитов подстилают метабрекчии. Содержания металла в рудах – 32,2%, в среднем. Запасы превышают 1 млрд т.

Кривбасс и КМА. И.Н. Щеголевым (1985) проведено сопоставление железорудных формаций докембрия КМА и Украинского щита (рис. 1.7).

Рис. 1.7. Соотношение структур Большого Кривого Рога и КМА (Легедза, 2001). а – современное структурное соотношение Большого Кривого Рога и КМА; б – реконструкция Днепровско-Курского мегаблока на позднедокембрийское время. 1 – границы Днепровско-Донецкой впадины (ДДВ); 2 – зоны погружения докембрийских образований в пределах ДДВ; 3 – разрывные нарушения, ограничивающие блок КМА и район Большого Кривого Рога; 4 – условная линия их сочленения; 5 – участки выхода на поверхность пород железисто-кремнисто-сланцевого (хемогенного) формационного типа; 6 – то же пород железисто-кремнистого метавулканико-базитового типа.

Им установлено соответствие наиболее древних железорудных месторождений и проявлений Украины **Мариупольского, Новоукраинского, Куксингурского** (Приазовье), **Грушевского, Молдовского, Савранского** (Побужье) с **Курско-Бесединским, Козинцовским, Шидловско-Шаталовским, Восточно-Орло-вским** КМА. Повсюду продуктивные залежи невыдержанные, до 4-7 км по простиранию при мощности от первых до 50- 60 м. В архее и раннем протерозое Кривбасс и КМА были единым бассейном.

На **Сибирской платформе** основные архейские метаморфогенные железорудные месторождения **Алданской** желе-зородной провинции (рис. 1.8) принадлежат типам: осадочному метаморфизованному; осадочному метаморфизованному гидро-термальным метасоматозом; метаморфическому магнезиально-скарновому. Наиболее древние железистые кварциты распространены на разных стратиграфических уровнях раннеархейского иенгрского структурно-вещественного комплекса. Верхнеархейская леглиерская (2300-3100 м) включает метавулканы различного состава, интрузивные и первично осадочные породы, метаморфизованные в амфиболитовой и гранулитовой фациях. Четыре продуктивных горизонта (снизу вверх, медведевский, легриерский, ниричинский, хатыминский) образуются пластами доломитов, мраморов, кальцифиров, магнезиальными скарнами, железными рудами. Они имеют мощности от 100-200 м до 320-560 м. Обычно железные руды находятся среди доломитовых мраморов и кальцифиров, отделяясь от них зонами метасоматитов мощностью до 1,5 м. Важным районом распространения месторождений верхнеархейской карбонатной щелочноземельно-железистой формации является **Дес-Сиванглинский** (см. рис. 1.8). В его восьми месторождениях пласты магнетитовых железных руд относительно мало мощные (5-20 м), но хорошо выдержанные.



Рис. 1.8. Районирование Алданской железорудной провинции, Якутия. Из (Геология СССР, Якутская...). 1 – верхнепротерозойско-кайнозойские отложения платформенного чехла; 2 – нижнепротерозойские орогенные отложения в прогибах и впадинах; 3–8 – архейские метаморфические образования кристаллического фундамента Алданского щита: 3 – борсалинская, 4 – становая, 5 – олекминская, 6 – джелтулинская, 7 – тимптонская, 8 – иенгрская серии; 9 – разломы; 10 – железорудные месторождения (а) и проявления (б); 11 – границы железорудных зон, районов и их номера. Районирование: Чаро-Олекминская субпровинция: железорудные зоны: I – Чаро-Токкинская с Ималыкским (1) и Суломатским (2) районами, II – Токкинская, III – Ханинская, IV – Тас-Миелинская, V – Олекмо-Амгинская, VI – Верхне-Амгинская; Алдано-Тимптонская субпровинция: железорудные зоны: VII – Дес-Леглиерская с Леглиерским (3) и Дес-Сиванглинским (4) районами, VIII – Эмельджакский район, IX – Холодниковский район, X – Сутамо-Гонамская с Гонамским (5) и Сутамским (6) районами, XI – Нуямский район, XII – Центрально-Алданский район.

Нижнеархейские месторождения железных руд широко распространены в **Холодниканском, Гонамском, Сунамском**, частично **Ленгьерском** железорудных районах, Алданский щит. Их отличают: 1 – приуроченность к определенным стратиграфическим уровням иенгрской, тимптонской метаморфических серий (свиты федоровская, нимырская, верхнеалданская и их коррелянты); 2 – связь с метабазами (метагаббро, ортоамфиболиты, основные чарнокиты), отчего их относят к

вулканогенно-осадочному метабазитовому типу; 3 – метаморфизм гранулитовой фации; 4- небольшие масштабы – от 2 до 5 пластов мощностью 2-10 м (более 20 м редко) протяженностью до 600-2000 м.

В *Северной Америке*, в центральной части Канадского щита, известны многие площади распространения джеспилитов архея. На юге они отнесены к железорудным сериям Мичипикотен и Киватин с магнетитовыми, кварц-пироксен-магнетитовыми телами с рудами полосчатой текстуры мощностью 0,6-9 м, до 48 м, и протяженностью в первые километры. Серия Мичипикотен широко представлена в округе **Альгома**, пров. Онтарио, который и дал имя специфическому («альгоманскому») в отечественной литературе) типу железных руд. Они принадлежат оксидным и карбонатным литофациям, содержащим 20-40% Fe в переменчивых по мощности слоях и прослоях от микро- до макрополосчатых кремнистых сланцев, содержащих кварц, магнетит, гематит, пирит, пирротин, карбонаты и силикаты железа, карбонаты и оксиды марганца. Эти отложения переслаиваются с вулканитами, граувакками, турбидитами, пелитами. Первично это были образования вулканических дуг и спрединговых бассейнов, которые начали формироваться начиная с 3,2 млрд лет, достигнув максимальных ареалов и мощностей 2,9-2,5 млрд лет назад. Для архейских магнетитовых, кварц-пироксен-магнетитовых джеспилитов серии Мичипикотен имеются даты 2750, 2800, 2950 млн лет. В архейском поясе Абитибии, тоже Онтарио, пласты руд Fe, Ni, Mn приурочены к коматиитам основания разреза.

Среди оксидов преобладают магнетит и гематит. В некоторых месторождениях основным минералом является сидерит, пласты которого перемежаются с преимущественно пиритовыми и пирротиновыми. Руды типа **Альгома** возникли путем выпадения частиц железа и кремнезема из коллоидов химическим и биологическим путем. Основные компоненты произошли из гидротермально-эффузивных источников и были отложены в эвксинных (с затрудненным водообменом) окислительных бассейновых обстановках в ассоциации с кластическими и пелагическими осадками, туфами, вулканитами, разнообразными минералами глин. Многочисленны в железистых породах и второстепенные компоненты - металлы, поступившие из гидротерм и вод бассейна: Ni, Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Sn, W, REE. Они сорбировались аморфными оксидами железа и марганца, а также компонентами глин - смектитов осадка-протолита. Сульфидные фации образовались ближе к высокотемпературным эффузивным центрам, железо-оксидные и силикатные – на умеренном удалении от них, Fe-Mn – у более холодных гидротермальных жерловин и на площадях удаленных от разгрузки активных гидротерм. Переходы по латерали друг в друга разных литофаций и обычны, и вполне ожидаемы.

Наиболее экономически важные железорудные горизонты стратиграфически привязаны к определенным частям разреза, содержат меньше кластитов и часто оказываются близ вулканических центров. Иногда качество залежей там повышается в связи с увеличением размерности зерен минералов и увеличением мощностей по тектоногенным обстоятельствам. Сами железорудные формации типа Альгома оказываются проторудами для остаточных железорудных аккумуляций. По разрезу и латерали они могут сменяться марганцевыми литофациями, железо-сульфидными, полиметаллическими массивными сульфидами, локализованными в вулканитах, или осадочно-эксталяционными. Ресурсы отдельных рудных тел колеблются от 1000 млн т до менее 100 млн т при содержаниях 15–45% Fe, 25% Fe в среднем. Предпочтительны для обогащения и металлургического передела средне- и крупнозернистые разности руд с определенными, хорошо выраженными границами зерен минералов, сильно метаморфизованные залежи с магнетитом. Оксидные руды содержат немного элементов-примесей, из которых Na, K, S, As самоудаляются при переработке. На юге Гренландии в основании разреза формации Готхоб (гнейсы датированы 3,87-3,80 млрд лет) присутствуют коматииты, а выше – стратиформные магнетит-грюнерит-сидеритовые руды с вкрапленностью сульфидов.

В *Южной Америке* известны два региона железорудного накопления, именуемые «Железными Четырехугольниками». На Гвианском щите в Венесуэле джеспилиты комплекса Иматака среднеархейские. Содержащиеся в них зональные цирконы пережили первую волну метаморфизма 3229±39 млн лет назад ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$). В Бразилии древнее 2,7 млрд лет считают скопления магнетитовых, силикатно-магнетитовых руд зеленокаменного пояса Риу дас Вельяс. По всем параметрам они существенно меньше, чем аккумуляции нижнепротерозойских итабиритов-джеспилитов "**Железного Четырехугольника**" штата Минас Жерайс. И.Н. Щеголев(1985) скопления магнетитовых, силикатно-магнетитовых руд зеленокаменного пояса Риу дас Вельяс Восточной Бразилии (древнее 2,7 млрд лет) сопоставлял с железорудными образованиями михайловской серии КМА. Их мощность 1-75 м, протяженность тел около 20 км. В работе (Крупные..., 2006, с. 104) отмечается как крупнейший для неархей район железорудного накопления **Каражас** на Амазонском кратоне, север Бразилии.

На юге *Африки* Трансваальский (Каапваальский) и Зимбабвийский архейские кратоны содержат на разных стратиграфических уровнях древние железистые образования. В досвазилендском комплексе (3,3-3,4 млрд лет) они представлены кварц-магнетитовыми гранулитами. В составе свазилендского комплекса (валовые пробы базитов, ультрабазитов, кислых вулканитов.

сланцев 2,3-3,42 млрд лет; интрузии 2500-3100 млн лет) распространены линзы карбонатно-силикатно-магнетитовых руд. Железорудные тела формации Вандерер Зимбабве датированы 2,88-2,65 млрд лет. В Мавритании полосчатые железные руды месторождения Кауат входят в архейскую группу Сауда.

В *Западной Австралии* залежи полосчатых кварц-гиперстен-магнетитовых, кварц-гранат-магнетитовых, амфибол-магнетитовых и хлорит-магнетитовых руд на щитах **Пилбара**, **Йилгарн**, **Масгрейв** находятся среди пород гранитогнейсового основания платформы (3500-3050 млн лет). Железорудные образования объединены в комплекс Кулгарди-Калгурли (2,6 млрд лет). Рудные слои вытянуты на десятки километров при мощности около 10 м (максимально 65 м). Помимо них позднеархейский-раннепротерозойский возраст имеют первично осадочные образования группы Хаммерсли (площадью около 80 тыс. км² на кратоне Пилбара площадью около 80 тыс. км²). Возраст пород группы 2765–2470 млн лет, мощность 1,5 км. На северо-западе Австралии известна архейская формация группы Джордж Крик с джеспилитами Кливервиль. За верхнюю границу возраста принимается $3,56 \pm 0,3$ млрд лет (Sm-Nd, изохронный по всей породе) для базальтов Норт Стар группы Варравуна. Аккумуляции железных руд бассейна **Хаммерсли** определены в 2765–2470 млн лет.

Индия располагает крупнейшими ресурсами железорудного сырья, оцениваемыми в 6,2 млрд т (для сравнения, в занимающей первую строчку России – 31 млрд т). Это пятое место в Море. 19% индийских ресурсов вполне доступны для рентабельного извлечения. Ресурсы сырья концентрируются в пяти зонах: I – месторождения **Железорудных хребтов Бонай** в штатах Джаркханд и Орисса, а также на примыкающих территориях; II – объекты протяженного (225 км) **Северо-западного тренда** в линейном поясе Центральной Индии, штаты Чхаттисгарх и Махараштра, восточная часть); III – месторождения регионов **Беллари-Хоспет** штата Карнатака; IV – богатые аккумуляции магнетита площади **Бабабудан-Кудремукх** того же штата; V – покровные железные руды штата Гоа. Помимо этого, богатые магнетитовые кварциты открыты в штате Андхра Прадеш, восточное побережье, а в штате Тамилнаду значительные магнетитовые объекты распространены в округе **Салем** и на прилегающих площадях. В архейской части разреза щита **Карнатака**, юго-запад Индостана, скопления железа ассоциируют с глубинными чарнокитами (3,8 млрд лет). Основные месторождения гематитовых руд на кратоне обнаружены в позднеархейских сланцевых поясах Сандур, Шимога, Читрадурга. Значительные ресурсы железа и марганца связаны с архейскими образованиями штата Гоа. В штате Орисса к Железорудной группе (около 3,0 млрд лет) относят и марганцеворудные аккумуляции.

В *Китае* архейские джеспилиты группе Аньшань распространены на площади **Вайтоушайбентал** и др., СВ пров. Ляонин, **Шуйчань** (пров. Хэбэй, древнее 3,5 млрд лет), **Гонгчанлинь** (тип Альгома) и др. Известны они и среди пород группы **Утай**, пров. **Шаньси** – **Байжиян** и др. Восемь U–Pb SHRIMP определений для ее цирконов обеспечили средневзвешенный возраст $2523 \pm$ млн лет. Во всех архейских формациях доминируют оксидные руды, а силикатные и карбонатные редки.

Австралия. На северо-западе континента около г. Роубурн известна архейская формация с джеспилитами **Кливервиль**. Ее образования сопоставляют с джеспилитовой толщей группы Джордж Крик системы Пилбара; датирована она не вполне определенно. За верхнюю границу возраста принимается $3,56 \pm 0,3$ млрд лет (Sm-Nd, изохронный по всей породе) для базальтов Норт Стар группы Варравуна. Гранитные купола, тесно ассоциирующие со складчатостью в джеспилитах, датированы 2,95 млрд лет (Rb-Sr). Таким образом, возраст джеспилитов, скорее всего, около $3,3 \pm 0,3$ млрд лет.

Марганец

Аккумуляции Mn в позднем архее появились в немногих местах на Земле, где возникли «окислительные оазисы» среди повсеместно восстановительной гидросферы. В нижнеархейских джеспилитов дхарварской системы (3,4-2,8 млрд лет) на юге щита Карнатака имеются существенно марганцевые гранат-пироксен-железистые горизонты мощностью до 20 м (месторождение Саргур). Они (Mn до 19%, Fe –8-53%, экономически значимые содержания селена) прослеживаются на протяжении до 5 км. Марганец содержится в клинопироксене (до 10%) и гранате (до 30%).

В кремнистых сланцах, ассоциирующих со строматолитами и полосчатыми карбонатами Mn и Fe встречены микрофоссилии. Марганцовистые арени-ты, аргиллиты, карбонаты имеют разный минеральный состав, что отразилось и в химических составах. Все эти породы отличаются повышенными по сравнению с кларковыми для земной коры содержаниями марганца и находятся в ритмичном переслаивании с «пустыми» по Mn сланцами. Мощности слоев меняются от Миллиметров до метра. Содержания MnO в сланцах от следов до 60%. Обычно они перемежаются в складки. Минералов Mn может быть несколько, обычно вторичных, преобладает криптомелан. Первичные минералы сохранились ниже зоны вторичного обогащения и представлены марганцевым сидеритом и пиролюзитом. Ритмичные микрослойки кремнистого сланца и марганцевого сидерита содержат в основной массе и по границам петрографических разностей выделения оксидов Mn, рис. 1.9 А. Mn сидерит может возникать и при реакции оксидов Mn с углекислотой органического вещества.

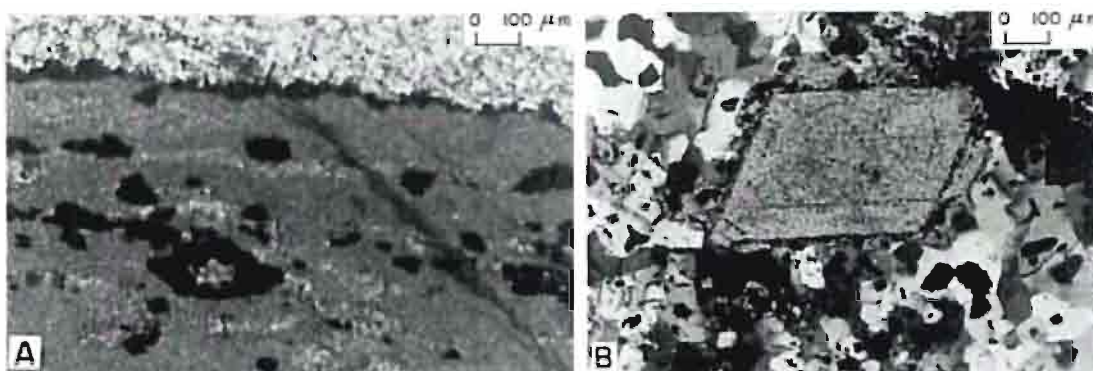


Рис. 1.9. Микрофотографии архейских марганцевистых пород. По С. Manikyamba et S.M. Naqvi [1997, fig. 4]. А – марганцевистый сидеритовый кремнистый сланец, с Fe-Mn оксидами. В – ромбоэдр Mn сидерита, окруженный выделениями Fe-Mn оксидов.

Так интерпретируют «рост» кристалла сидерита, обнаруженного в образце керна, рис. 1.9, В. Состав карбонатов из скважин варьирует от марганцевого сидерита до сидерита, кутнагорита $\text{Ca, Mn}(\text{CO}_3)_2$, железистого доломита. Обычен рипидолит, промежуточный член ряда клинохлор-шамозит с формулой $(\text{Mg}, \text{Fe}^{+2}, \text{Al})_6(\text{OH})_8[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$. Строматолитовый карбонат сложен доломитом, сидеритом, марганцевым сидеритом, рипидолитом, кварцем и органическим углеродом, превращенным в графит. Выделения последнего наблюдаются между септами строматолитов. Строматолиты из марганцевого горизонта не содержат видимых филаментов-нитей, но их $\delta^{13}\text{C}$ варьирует от -26% до $-1,6\%$. Это говорит об органическом происхождении графита. Кроме того, слой кремнистого сланца формации Донималаи содержит цианобактерии (рис. 1.10, А). В других случаях в слоях кремнистых сланцев открыты нитевидные структуры, срезающие зерна минералов (рис. 1.10, В). Их ширина не превышает 10 мкм. Иногда эти структуры выполнены гематитом, в других случаях – кварцем. Стенки клеток заметны часто, но органическое вещество в них сохранилось в единичных случаях. Выполнение нитей оксидами Fe и Mn часто проявляется как микрослоистость, являясь цепочками их выделений, рис. 1.10, С.

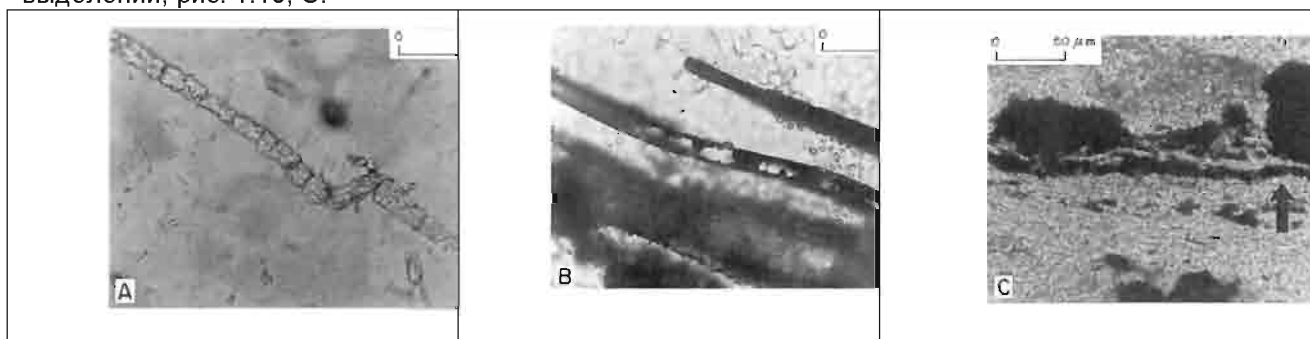


Рис. 1.10. Остатки биоса в архейских марганцевистых породах. По С. Manikyamba et S.M. Naqvi (1997). А – цианобактерия в кремнистом сланце. В – микрониты (предполагаемые микрофоссилии) в железистом кремнистом сланце. С – нитевидные структуры, обнаруживаемые зерном гематита их полосчатой железистой формации.

Марганцеворудные месторождения щита Карнатака наиболее крупные и экономически значимые в Индии. Все они тесно ассоциируют с гематитовыми залежами, карбонатами, развитыми в нижней части группы Читрадурга, представлены разных размеров телами стратиформными, линзообразными, пятнистыми, гнездовыми, с псиломеланом, пиролюзитом, полианитом (пиролюзит с хорошо образованными тетраэдрами). В рудном районе **Беллари** на западном и южном флангах позднеархейского сланцевого пояса Fe-Mn тела с низким содержанием фосфора прослежены на 40 км при ширине 0,5 км. Самые крупные залежи объекта **Деогери**. Рудовмещающими являются образования одноименной позднеархейской формации, сложенной метаграувакками, карбонатами, подчиненно, кварцитами, аркозами, кремнистыми сланцами, основными и кислыми вулканитами общей мощностью 975-1000 м. Буровые работы позволили выявить три марганцевых горизонта протяженностью 15 км, в т.ч.: 1 – верхний латеритовый; 2 – средний рифоподобный марганцевый; 3 – нижний глинистый «смешанных» руд. Основные рудные – пиролюзит, псиломелан, криптомелан, присутствуют также гаусманит, голландит, манганомagnetит. Вероятные резервы руд Mn составляют 107 млн т.

В рудных районах **Читрадурга** и **Тумкур** марганцевоносные образования прослежены на 180 км в северном направлении. Марганцевые руды преимущественно вторичные в нижних марганцевистых филлитах группы Читрадурга. Содержания Mn варьируют в интервале 25-45%. Наиболее важные месторождения **Чикканаяканахалли**, **Лаккихалли**, **Хулиюр**, **Бхимасамудра**, **Джагалур**. Помимо охарактеризованных объектов штата Карнатака с его эксплуатируемыми

месторождениями районов **Беллари, Шимога и Северная Канара**, второго после штата Орисса продуцента марганца в Индии, Мп добывают в штатах Мадхья Прадеш, Андхра Прадеш, Орисса, Махараштра. В штате Орисса марганцеворудные аккумуляции Железорудной группы (около 3,0 млрд лет) метаморфизованы лишь в начальной степени. Они, как и подстилающие ортокварциты, накопились на мелководном подводном шельфе. Месторождения Мп зеленокаменных поясов в Индии наиболее древние. Они тесно ассоциируют с полосчатыми железистыми формациями (BIF) – породами супергруппы Дхарвар штатов Карнатака и Гоа, Железорудной супергруппы Ориссы, точнее, ее **Марганцевого пояса Бонай-Кеонжхар** на севере штата. Породы последнего имеют возраст от архейского до протерозойского, а залежи Мп именуются как находящиеся среди кондалитов (глиноземистых гранат-кварц-силлиманитовых метаосадков). То же характерно для рудных слоев Адилабад толщи Пенганга. Интересно, что в обоих случаях марганценозные слои не ассоциируют с полосчатыми железистыми формациями (BIF). Гондитовые руды объектов **Саусар** и **Гангпур** формировались в промежуточные этапы, когда связи с джеспилитами исчезли, но они же обнаружались с графитовыми кристаллосланцами и карбонатами.

В Канаде аналоги подобных скоплений наблюдаются в поясе **Мичипикотен**, пров. Сьюпериор. В Бразилии аккумуляции Мп встречены в разрезе супергруппы Риу дас Вельяс с объектами **Морру ду Мина**. В Австралии, кратон Пилбора, значительные аккумуляции металла в ассоциации с доломитами связаны с подстилающими джеспилитовыми образованиями группы Фортеस्कью (от 2,78 до 2,63 млрд лет).

Сульфидные руды

В Бразилии на кратоне Сан Франсиску крупный Pb-Zn объект **Бокира** (2,7 млрд лет, Pb, по галениту) считается эксгальационно-осадочным. Он дал 1959-1992 г.г. 650 тыс. т Pb+Zn. Залежи локализованы среди метаосадочных пород одноименной формации, представленных кварцитами, мраморами, амфиболитами, полосчатой железистой формацией. Минерализация представлена галенитом с повышенным содержанием серебра (260 г/т), сфалеритом, подчиненными пиритом и халькопиритом. На поверхности развита кора выветривания (около 20 м).

Золото-урановые месторождения

Характеризуя экзогенное рудообразование в архее, нельзя не начать с упоминания гигантских золото-урановых скоплений осадочного бассейна Витватерсранд в Южной Африке, к масштабам которых не приближается ни одна подобная аккумуляция в мире: здесь добыто 40,5 тыс. т золота (несколько десятков тысяч тонн в запасах). Бассейн, подстилаемый породами с возрастом 3,0-3,1 млрд лет (350 км x 25-100 км) занимает 50 тыс. км² (рис. 1.11). Основные рудные урановые богатства, однако, приурочены к намного меньшей площади – 1500 км², находящейся на севере. В мезоархее накопились и золото-урановые перемытые кварцевые и полимиктовые конгломераты Маунт Ротберт на крайнем северо-востоке Витватерсранда, в горах Барбертон. Конгломераты ассоциируют с толеитами и коматиитами под кислыми лавами и туфами. Уранинит считают поступившим с основной массой золотин. Прочие минералы браннерит и урансодержащий лейкоксен рассматривают как продукты изменения первичного уранинита под влиянием подземных вод преимущественно в раннем протерозое.

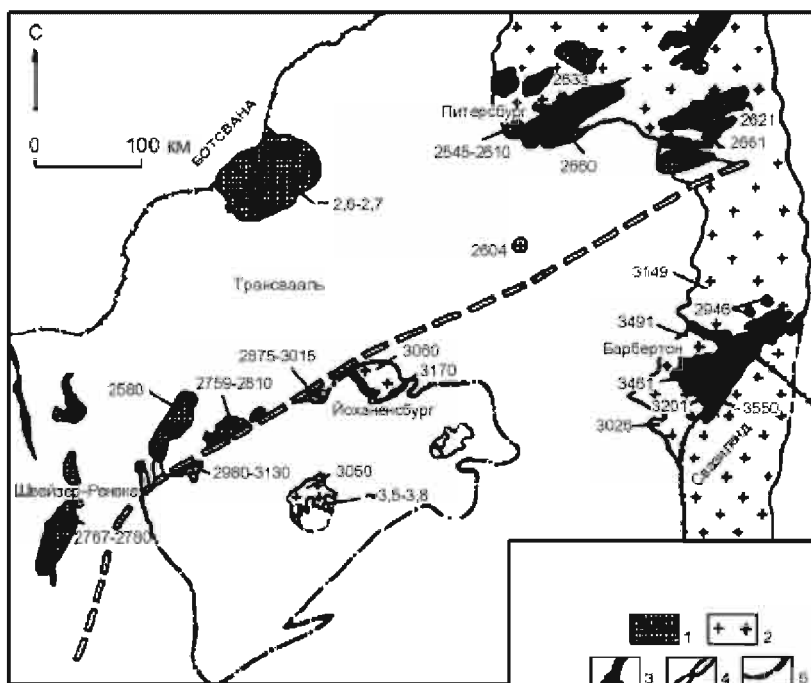


Рис. 1.11. Геологическая позиция бассейна Витва-терсранд. По Д. Виззеру [1984 г.], из [Беляев и др., 1996, рис. 14, с. 79]. 1-2 – граниты: 1 – Ранда (3,2-2,6 млрд лет), 2 – Свази (>3 млрд); 3 – зеленокаменное основание Каапваальского щита; 4 – граница распространения по площади гранитов Ранда; 5 – приблизительная граница бассейна. Цифрами обозначен возраст в млн лет.

Депрессия, вмещающая толщи Витватерсранда, занимает значительную часть Каапваальского кратона - 35 тыс. км²). Одноименная серия или супергруппа Витватерсранд имеет мощность до 8 км и делится на два отдела. Нижний (AR₃) иногда в основании содержит горизонт основных и кислых лав, и состоит из чередования аркозов, метагравелитов («риффы»), кварцитов («банкеты»), кремнистых, глинистых сланцев, а в самом верху сложен андезитовыми лавами и туфами. Верхний (PR₁) образован конгломератами, гравели-тами, кварцитами. Подстилаются отложения системы базальными конгломератами Доминион-Риф, в свою очередь, залегающими на сохранившихся кое-где останках метаморфизованной архейской коры выветривания – аллитовых сланцах с высоким содержанием калия, пироксилитовых, слюдистых, хлоритовидных метасоматитах. Полагают, что выветривание имело место в пределах флювиальной равнины, субстратом которой служили архейские гнейсы, метабазалы. Высокоглиноземистые продукты накапливались, железо и марганец удалялись. Наблюдается несколько мощных уровней кор в разрезах супергруппы Витватерсранд. Указаны следующие значения концентраций ведущих оксидов в верхних частях палеопочвенных (paleosoils) горизонтов (%): Al₂O₃ – 20-43; Fe₂O₃ – 4-6; SiO₂ – иногда до 60.

Содержания Au в рудах 3-30 г/т. Очень значительны и запасы U – 300 тыс. т при содержаниях 0,019-0,038, изредка до 0,1%. За все время эксплуатации добыто около 200 тыс. т U₃O₈. Выходы продуктивных горизонтов верхов нижнего и низов верхнего отдела системы Витватерсранд образуют широтный Главный золотоносный пояс Южного Трансвааля длиной более 100 км при ширине 3-11 км. Наиболее важный объект разработок – так называемые рифы и банкеты, пачки конгломератов мощностью до 3 м, протяженностью в десятки километров. Важна роль континентальных водных потоков и участие водорослей в осаждении зерен тяжелого шлиха, включая золото и минералы урана. Кварцевая галька конгломератов сцементирована пиритом и другими сульфидами с первичным Au, тонкозернистым кварцем, хлоритом, карбонатным и углистым (тухлит – возможная смесь углеродистого соединения с уранинитом) веществом. Оно иногда образует прослойки под основными рифами с содержанием до 1 кг/т. Выделения вторичного Au пересекают цемент и гальку. Обычное соотношение Au/Ag здесь составляет 10-15:1, но меняется в пределах 5-45:1. Общий интервал становления золотоносных рифов определен в 2,9-2,5 млрд лет, с максимумом около 2,7 млрд лет.

Все золотины Витватерсранда содержат значительное количество ртути, 1,2-6%. Это свидетельствует об участии летучих в перераспределении металла на весьма поздних стадиях эволюции бассейна, в т.ч. и в кайнозое. Между тем именно мантийная Hg, поступающая по зонам активизации в в узле сочленения разнонаправленных рифов, интенсивно мобилизует золото.

Первичными источниками золота считают серые гнейсы, гранулиты, вторичными – гранитизацию времени становления Бушвельдского лополита и Великой Дайки, 2 млрд и более лет назад. Об

этом говорят и частицы «ранней» Pt, покрытые оболочкой позднего Au. Впрочем, золото могло не отложиться из поздних флюидов, а выделиться из твердого раствора материнского зерна под влиянием температурной обстановки (распад твердого раствора). Жильные тела с Au приурочены к прибортовым частям впадины, где пересекают джеспилиты. На одном из 14 таких месторождений – **Клейн-Летаба** золота 6,25 г/т. В цементе есть осмистый Ig в сростании с Pt, причем иногда пленки осмистого иридия покрывают и пирит, и зерна раннего Au. Содержания (Ir,Os) – 3-28 г/т, добыча – до 200 кг в год.

В Южной Африке огромно количество (тысячи) промышленных месторождений золота, ассоциирующих с железистыми кварцитами архея. В зеленокаменном поясе Гуанда Зимбабве широко известны эксгальционно-осадочные месторождения рудного поля **Вубачикве** в архейских кремнисто-железистых отложениях. В его пределах известны 5 выдержанных и 6 фациально невыдержанных горизонтов золотоносных джеспилитов мощностью 7-75 м, прослеженные на расстояние до 10 км. Находятся они друг от друга по разрезу в 50-300 м. Особенно золотоносны согласные пластовые зоны сульфидов протяженностью 100-200 м, мощностью до 5 м. Разрабатывались руды с содержаниями Au 4-9 г/т. Средние содержания Au – 7,6 г/т, максимальные – до 124 г/т. Присутствуют золото-сульфидно-кварцевые прожилки и жилы (месторождения **Мегуна, Микс, Себайва, Сусанна**).

В Бразилии из древнейших экономически значимых залежей первично осадочного происхождения наиболее важны кварц-золоторудные. Их наиболее известным примером является архейское месторождение **Морру Велью**, штат Минас Жерайс. Его стратифицированные кварц-золоторудные тела локализованы среди джеспилитов и датированы 2,8-2,7 млрд лет, Rb-Sr). Лентообразное рудное тело Главное (прослежено до глубины 2,5 км по вертикали, на 5 км по простиранию, мощность - 0,5-28 м) – в горизонте слюдисто-кварц-анкеритовых сланцев. Месторождение дало в 1833-1984 г.г. 313 т золота. Остаточные запасы – 130 т при среднем содержании 9,17 г/т. Богатое золото полагают связанным с карбонатной фацией полосчатой железорудной формации, и в этом видится основной вклад в минерогенез первично осадочного вещества архейского акрона.

На *Северо-Западных территориях Канады* архейские железистые кварциты среди амфиболовых сланцев золотоносны. На месторождении **Лупин** золотоносный пласт мощностью 1-25 м прослежен на 0,6 км. Золоторудные фации находятся в основании горизонтов кварцитов. Они представлены полосчатыми агрегатами из слоев кремнезёма и актинолита с арсенопиритом, пирротинном. Реже встречаются пирит, самородное серебро, халькопирит [Некрасов, 1988, с. 100, 101]. Другое интересное архейское золоторудное месторождение – **Пикл Кроу**, рудный район **Ред Лейк**, Квебек. Его залежи в толще архейских основных метавулкаников связаны с кварцитами (жила **Хавэй**, протяженность 0,2 км, мощность 3-4 м, добыто 17,6 т золота) и штоком субвулканических кварцевых порфиров (жила №2, добыта треть из 45 т извлеченного на месторождении Au). Руды кварцевые, сульфидов (пирротин, арсенопирит, реже пирит, халькопирит) до 1-2%. Среднее извлекаемое содержание – 14 г/т. Эксплуатировалось в 1935-1966 гг. [Некрасов, 1988, с. 94-97]. Канадские геологи установили: аккумуляции Au в рудном районе **Ред Лейк** (рис. 1.12) тяготеют к зонам «плоскостных» хрупко-пластических деформаций и сдвигам. Все это признаки сложных процессов перераспределения первично осадочного Au. Месторождение - пласт верхнеархейских золотоносных железистых кварцитов, ассоциирующий с поперечными золото-сульфидно-кварцевыми прожилками.

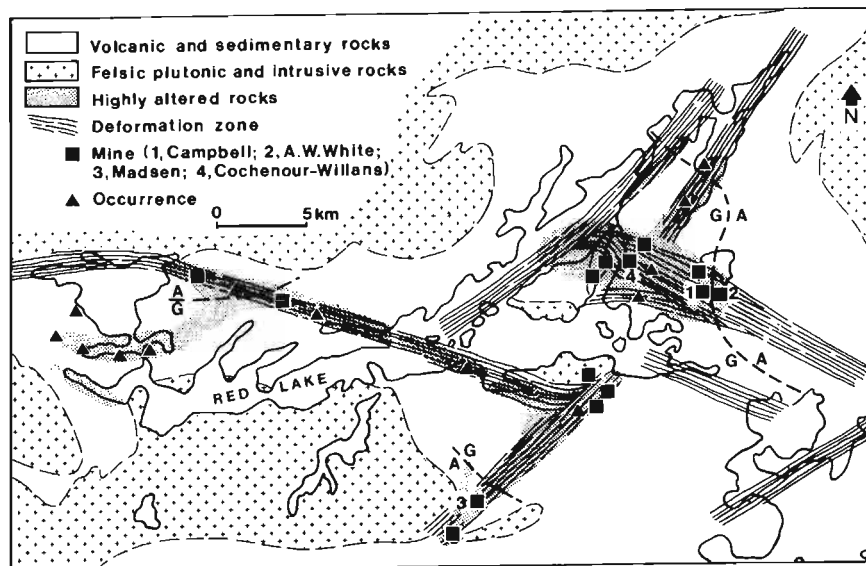


Рис. 1.12. Рудный район Ред Лейк, Онтарио, Канада. Золоторудные залежи в архейских джеспилитах и прочих метаморфитах тяготеют к зонам деформаций и наложенных изменений. По R.G. Roberts [1988, р. 38, рис. 2]. G/A – изограды метаморфизма, соотношения зеленосланцевой (G) и амфиболитовой (A) фаций. Условные обозначения (перевод, сверху вниз): вулканиды и осадочные породы; щелочные породы

плутонов и прочих интрузий; высоко измененные породы; зоны деформаций. Рудники: 1 – Кэмпбэлл, 2 – А.У. Уайт, 3 – Мэдсен, 4 – Коченур Уиллана. Проявления.

В *Бразилии* из древнейших экономически значимых залежей первично осадочного происхождения наиболее важны кварц-золоторудные. Их наиболее известным примером является архейское месторождение **Морру Велью**, штат Минас Жерайс. Его стратифицированные кварц-золоторудные тела локализованы среди джеспилитов и датированы 2,8-2,7 млрд лет, Rb-Sr). Лентообразное рудное тело Главное (прослежено до глубины 2,5 км по вертикали, на 5 км по простиранию, мощность - 0,5-28 м) – в горизонте слюдисто-кварц-анкеритовых сланцев. Месторождение дало в 1833-1984 г.г. 313 т золота. Остаточные запасы – 130 т при среднем содержании 9,17 г/т. Богатое золото полагают связанным с карбонатной фацией полосчатой железорудной формации, и в этом видится основной вклад в минерагенез первично осадочного вещества архейского акрона.

В *Австралии*, кратон Пилбара, среди образований группы Фортезью (возраст от 2,78 млрд лет до 2,63 млрд лет) в низах разреза встречены Au-U-носные конгломераты.

Медистые песчаники

Многочисленные залежи в первично осадочных толщах архея *Африки* известны в Родезийской (Зимбабве, Ботсвана) и Танганьикской (Уганда) меденосных зонах. В Ботсване это объекты **Матситамма**, **Мамакубо**, **Каканга**, **Эдмандиен**, в Уганде – **Килембе** (2,66 млрд лет, Cu-Co). Последнее локализовано среди гранулитов и альбититов с прослоями известковистых пород неоархея (2,66 млрд лет). Рудная пластовая залежь мощностью 5-6 м, протяженная на примерно 1 км, находится среди доломитов и амфиболитов, внизу тоже меденосных. Пустоты и микротрещины выполнены вкрапленниками магнетита, ильменита, пирита, молибденита, борнита, халькозина, халькопирита. Запасы руды с содержанием Cu около 2% и Co 0,2-0,8% – 15 млн т. Сходно с описанным и другое угандийское месторождение **Китака**, находящееся восточнее Килембе.

В *Китае* оруденение типа красноцветных медистых песчаников выявлено в «нижнем сланце» серии Утай (пров. Шанси).

Вольфрам

«Вольфрамовая провинция» Южной Гренландии занимает площадь 320 км x 120 км. Шеелит встречен в турмалинитах среди амфиболитов предположительно бывших измененными туфогенными породами, а также в железистых образованиях с W, Zr, Cu, Pb, Mo, Sn. Их появление связано со становлением супракrustального пояса **Исуа** 3,8 млрд лет назад и накоплением отложений формации **Малене** (метаморфизованы 2,8-3,0 млрд лет назад) в условиях формирования океанической коры.

Первично осадочные месторождения вольфрама Южной Африки связаны с глубоко метаморфизованными образованиями архейской серии Каайен.

Титан-циркониевые россыпи

Самые древние из них выявлены в архее Урал-Тау (Башкирия и Челябинская область) в **Кусинско-Златоустовском** кварцито-гнейсовом блоке. Они представлены пачкой мощностью около 100 м с частыми тонкими (миллиметры) слоями гематит-циркон-рутиловых минералов.

Металлоносные черносланцевые толщи

Позднеархейские метаморфизованные черные сланцы площади **Талвиваара** в Финляндии содержат 300 млн т бедных руд с 0,26% Ni, 0,14% Cu, 0,53% Zr. Общее содержание трех названных компонентов – более 0,8%.

Высокоглиноземистое сырьё

В мировой торговле минералами группы силлиманита лидируют немногие производители. По данным изучившего проблему норвежского специалиста Петера Илена (2000 г.), 62% поставок на рынок осуществляет ЮАР, 23% - США, 11% - Франция. Но мировой потенциал минерального сырья этого вида, намного больший, рис. 1.13. Экономически значимые аккумуляции кианита и силлиманита обнаруживают в метапелитах, переслаивающихся либо несогласно перекрытых кислыми-средними метавулканиками Первичные осадки, предтечи высокоглиноземистых руд, состояли из разных по процентному составу сочетаний кварца, диаспора, каолинита, отложившихся в мелководных бассейнах близ субаэральных вулканических полей с богатыми Al корами выветривания. Затем осадки подверглись синметаморфическому гидротермальному обогащению. Присутствие вещества древних кор выветривания предполагается в архейских полосчатых железорудных формациях многих регионов.

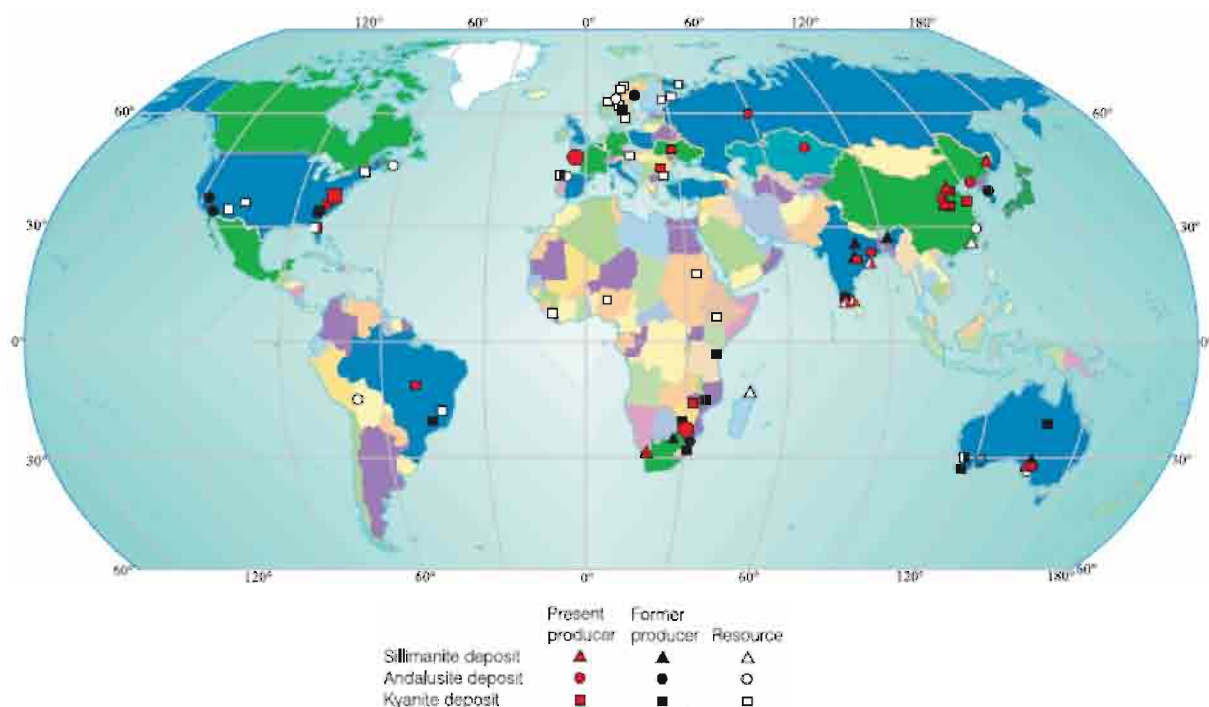


Рис. 1.13. Распространение в Мире месторождений высокоглиноземного силикатного минерального сырья. По Peter Ihlen (2000). Красным указаны современные производители силлиманита, андалузита, кианита, черные залитые знаки – бывшие продуценты, незалитые знаки (третий столбец) – потенциальные продуценты. Страны, выделенные темно-синим и зеленым, производят более 8 млн т алюминия в в год.

Обильные скопления высокоглиноземистых минералов в метапелитах, переслаивающихся либо несогласно перекрытых кислыми-средними метавулканиками распространены на месторождениях подифомных (линзовидных) силлиманитов южноафриканского **Бушвельда**, кианитовых кварцитов

Вирджинии, США. В разрезах нижнего архея Намакваленда, ЮАР, известны значительные выходы барита, корунда, высокоглиноземистых пород, гематитов.

Архейские кианитовые породы открыты на месторождении **Лапса Буру**, Северная Индия. В штате Махараштра, *Центральная Индия*, у деревни Гирола находятся крупнейшие разработки высокоглиноземистых минералов – кианита, силлиманита и пиропиллита. Это рудники **Паври Кианит**. Рудовмещающими являются хлорит-мусковитовые, кварц-пиропиллитовые сланцы серии Саколи, рассеченные жилами кианита и силлиманита. Все минералы возникли в результате сильнейшего позднего динамотермального метаморфизма первично глиноземистых архейских пород. На юго-западе в штате Карнатака кианит и силлиманит в высоких содержаниях установлены в пелитовых сланцах верхнеархейской группы Саргур. Эти породы далеко прослежены по западному и южному продолжению сланцевого пояса Холенарсипур в поясах Нугуваканкоте, Гхаттихосахалли, Кудинеркатте.

В **Кейвском** рудном районе Мурманской области верхняя подсвита червуртской свиты кейвской серии архея (верхнелопийский стратифицированный комплекс) сложена кианитовыми, ставролит-кианитовыми углеродистыми и силлиманитовыми сланцами. Кианитовые образования Кейв считаются породами платформенного осадочного чехла либо переотложенными корами выветривания архея.

Месторождения магнезита и талька

В Бразилии гигантским считают аккумуляции магнезита **Серра дас Эгуас** в зеленокаменном поясе Брумаду. Магнезиты типа Фетч (по месторождению в Австрии) тесно ассоциируют с доломитами и туфами ультраосновного состава, накопившимися в морском заливе 2,8 млрд лет назад. Тальк здесь появился позже, благодаря воздействию на магнезит циркулировавших по трещинам флюидам.

1.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного рудогенеза

В пределах Северо-Американского континента выделяются *Центрально-Лаврентийская и Западно-Гренландская ИМП* (см. рис. 1.6). В первой из них развиты железные руды алломанского типа, переслаивающиеся с вулканитами, граувакками, сланцами, и месторождения Au в кварцитах, в том числе в железистых. Тип золотоносности золото-сульфидно-кварцевый. Во второй ИМП помимо подобных железных руд известны эксгальационно-осадочные медное (**Имарссук**) и вольфрамовое (**Малине**) месторождения. В Южной Америке, на востоке, выделяются *Гвианская и Восточно-Бразильская ИМП* с многочисленными древними месторождениями железа, марганца, магнезита, барита.

Гвианская ИМП включает силикатно-кварц-магнетитовые руды с пластами гондитов, состоящих из кварца и спессартина (марганцовистого граната). Намного богаче *Восточно-Бразильская ИМП*. Здесь обнаружены гигантские железорудные объекты архея, месторождения Mn, Au, полиметаллов, Cu, магнезита и талька. Наибольший экономический интерес представляют обогащенные Fe, Mn и Au коры выветривания по рудоносным породам.

Восточно-Европейская ИМП включает многочисленные железорудные месторождения Балтийского и Украинского щитов в вулканогенно-осадочных толщах архея, высокоглиноземистые породы Кейвского района Мурманской области, мелкие золоторудные объекты Балтийского щита. Большой интерес представляют месторождения Ni, Cu, полиметаллов в черносланцевых толщах Финляндии.

Трансваальско-Зимбабвийская ИМП Южной Африки выделяется гигантскими золотоурановыми скоплениями в конгломератах и песчаниках бассейна Витватерсранд. Кроме того, имеются тысячи промышленных месторождений золота, связанных с железистыми кварцитами. Известны месторождения Cu, иногда с Co в медистых песчаниках, W в районе Намакваленда, ЮАР. Здесь же открыты месторождения глиноземистого сырья в силлиманитовых и корундово-силлиманитовых породах.

В Восточной Сибири в *Анабарской ИМП* выявлены концентрации высокоглиноземистых пород, тогда как в *Алдано-Омолонской* – месторождения железа, образующие Алданскую железорудную провинцию с многочисленными разведанными месторождениями, залежи барита, а также корунда из метаморфизованных бокситов.

Западно-Австралийская ИМП характеризуется наличием мелки[и средни[по запасам месторождений железа полосчатой формации BIF среди вулканогенно-осадочных пород и многочисленными аккумуляциями в последних Au, например **Маунт Морганс**.

Индостанская ИМП представлена полосчатыми магнетитовыми рудами, начиная с 3,8 млрд лет, и гондитов, нижний интервал формирования которых моложе на 0,8 млрд лет. Наиболее качественные руды получают в случае их выветривания, увеличивающих содержания полезных компонентов и улучшающих технологические свойства полезного ископаемого. В Северной Индии выявлены месторождения высокоглиноземистых кианитов.

Анализ полезных ископаемых в ИМП архея показывает индивидуальность каждой из них, что выражается в наборе полезных ископаемых, масштабах оруденения, наличии специфических видов руд (вольфрамовых, полиметаллических, баритов).

Выводы

По указанию П.Д. Робертс (1988), около 60% накопленной человечеством добычи золота происходит из месторождений, имеющих возраст более 2,5 млрд лет, при этом 18% связано с архейскими жильными залежами, а еще 40% -- с древними россыпями бассейна **Витватерсранд**, формировавшимися за счет размыва архейских золотоносных пород. Этот автор отмечает: золотопроодуктивность архейских толщ прямо пропорциональна размерам их выходов. И, кажется, это близко к истине: архейские толщ, доступные для изучения лишь на нескольких процентах площади континентов (2-3% площади Земли), содержат не только многие виды эндогенных и экзогенных полезных ископаемых, но нередко масштабны, концентрированы, комплексны. Несомненно, архейские толщ сравнительно более металлоносны, чем все более поздние, чему можно найти два объяснения: 1 – в особенностях собственно архейской металлогении; 2 – в многофазной истории их переработки, реювенации. Можно сойтись на том, что оба причинно-следственных ряда равнозначны, но это не так. Сохранившиеся ныне древнейшие глыбы (щиты, кратоны) – не ординарны для архейского акрона и уже в своё время каким-то образом выделялись от прочих площадей. Недаром **только** сквозь них в течение всего неогена станут прорываться к земной поверхности расплавы кимберлитов и карбонатитов.

Среди архейских эндогенных рудных аккумуляций имеются месторождения золото-кварцевые, титановые, хромитов, Cu-Ni, редкометалльно-редкоземельных пегматитов и т.д. Число их непрерывно растёт: исследования минерации архея явно переживают расцвет. Отметим успехи бразильских геологов, открывших новый «железо-оксидный-медно-золотой» тип позднеархейских месторождений, к которому отнесены не одни шведская **Кируна** и австралийский **Олимпик Дам**, но и целые пять новых объектов «минерогенической провинции **Каражас**» в штате Пара на севере Бразилии (при том, что в Море подобных объектов известно не более десятка). Расцвет геологической деятельности в этой стране до неузнаваемости изменил представления о древней истории Южноамериканского континента. По их новым данным, западная граница кратонизированной области архея почти «вышла» под Андами к Тихому океану («Южно-Амазонский кратон»). Лучшее понимание геологии Амазонии логично подвело к включению Гвианского щита как части в кратон «Северо-Амазонский».

Замечательны находки архейских аккумуляций никеля в Бразилии, связанные с коматиитами! Имеется в виду **Боа Виста**, штат Гояс, Центральная Бразилия, обнаруженное в 1994 г. – архейская геологическая классика: лавовые потоки со структурами спификс- и неупорядочной (unsettled), содержаниями магнезии до 35,5 и 35,8 весовых процентов, высоким отношением Ni/Cu в рудах (около 10). Закономерно, что месторождение открыла именно австралийская компания (Western Mining Corporation Limited), на родине которой подобные аккумуляции не редкость, если вспомнить, например, **Маунт Кейт**. Хороший пример пользы применения дальних минерогенических сопоставлений.

Удивительной особенностью архейской металлогении являются глубокие связи с особо тугоплавкими и высоко магнезиальными (до 32% и более магнезии) коматиитами, которые в раннем протерозое стали другими, содержащими не более 17-18% магнезии. Она много говорит об изменениях энергетических обстоятельств недр, общем их остывании

Есть и такая закономерность. Даже когда *магматические тела* оказываются архейскими, *рудные залежи* в них нередко возникали в начале раннего протерозоя. Такова **Великая Дайка** Зимбабве. Ее расслоенные базит-ультрабазиты гарцбургит-пироксен-норитовой формации внедрились 2530 млрд лет назад, а возраст хромитовых руд --2461±16 млн лет. Или – протолит рудоносных пород **Федорово-Панского** интрузива на Кольском полуострове. Он формировался 3,18-2,91 млрд лет назад, безрудные ортопироксениты – 2521±42 млн лет назад, габбро – 2516±35 млн лет назад (все еще архей), но – сами руды раннепротерозойские. Рудоносные нориты Фёдоровского блока появились 2482±36 млн лет ((Sm/Nd), нориты Западно-Панского блока – 2485±54 млн лет (U/Pb дата – 2497±3 млн лет), габбро-нориты Западно-Панского блока – 2494±36 млн лет (Серов, 2008). Таким образом еще раз подчеркивается обоснованность границы между археем и палеопротерозоем, выглядящая несколько условной из-за «круглости» даты – 2,5 млрд лет. В этой же связи интересно сообщение Скотта У. Хасслера и др. (2011) о «слое сферул Парабурду», находящемся на примерной границе архея и палеопротерозоя в разрезе формации Виттенум группы Хамерсли. Он очень похож на слой сферул Рейвилло западного бассейна Грикваленд Южной Африки и рассматривается как чрезвычайно точный стратиграфический репер, позволяющий коррелировать разрезы раннедокембрийских бассейнов Африки и Австралии. Полагают, он свидетельствует о крупном импактном событии, состоявшемся у рубежа архейского и протерозойского акронов.

Архейские никеленозные залежи, связанные с коматиитами, представлены на юге Африки, на обоих Американских континентах, в Австралии. Они есть в Финской Лапландии и на востоке Суоми, тогда как расслоенные интрузивы базитов-ультрабазитов с рудными телами там повсеместно раннепротерозойские. Скромные по масштабам, но многочисленные тела никеленозных коматиитов открыты в металлогенических зонах **Каунинллапи-Арола**, **Пулью**, **Нирроселькя**. В рудах **Кауниинваара** присутствует металлический никель. Это позволяет вспомнить: специфику архейского рудогенеза подчеркивают бессернистые никелевые месторождения Южной Африки, с треворитом

NiFe_2O_4 , никелевым оливином-либенбергитом $(\text{Ni,Mg})_2\text{SiO}_4$, никелевыми тальком и хлоритом (нимит $(\text{Ni,Mg})_6(\text{OH})_8 [(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}]$). С.А. де Уитт (1970) отнес никельсодержащий тальк талькового рудника **Скошиа** к новому минеральному виду виллемсеиту $\text{H}_{3,67}(\text{Ni}_{4,23}\text{Mg}_{1,61}\text{Fe}^{3+}_{0,20}\text{Fe}^{2+}_{9,04}\text{Co}_{0,06}\text{Ca}_{0,05})(\text{Si}_{7,89}\text{Al}_{0,07})\text{O}_{24}$. Сульфидные Cu-Ni залежи в коматиитах присутствуют, но отношения Ni:Cu смещены в сторону никеля (до 10) и в этом тоже отличие от фанерозойских объектов.

На австралийском месторождении **Камбалда** сульфидные рудные тела – протяженные пластовые и ленточные до 3 км длиной при 5 м мощностью, – облекают древний рельеф. Эта сульфидная масса, гравитационным путем отделившаяся в движении от основного тела коматиитового потока, выжгла («термически эрозионно удалила»!) под наиболее вогнутой частью канала подстилающие отложения. В этом еще одна специфическая особенность рудогенеза архея.

Древнейшая рудная минерализация в разрезах Гренландии не выглядит инициальной, начальной. В том виде, в котором присутствует, она наводит на мысль о том, что сама является следствием длительной эволюции, этапы которой не оставили вещественных свидетельств на лице Земли. В амфиболитах того же пояса Исуа Западной Гренландии распространены минералы меди, молибдена совершенно обычные для месторождений неогее (**Имарссук**, 3,97-3,80 млрд лет – халькопирит, пирротин, кубанит, молибденит), стратиграфически несколько выше, но тоже среди нижнеархейских амфиболитов, – вольфрама (шеелит, **Малене**, >2% W, 0,16 г/т Au) (Старостин, 1999, с. 9, 10). Удивляют масштабы первично осадочных вольфрамовых проявлений. Архейская «вольфрамовая провинция» (гипергенный рудогенез) занимает площадь 320 км x 120 км в этом наиболее доступном для наблюдений районе Гренландии.

Масштабны и другие проявления экзогенного минерагенеза архея. Магнетит-грюнерит-сидеритовые залежи вулканогенно-осадочного происхождения пояса Исуа Западной Гренландии (3670 млн лет Старостин, 2004, с. 60) – *самые древние* представители полосчатой железистой формации. Несколько более поздними, но тоже раннеархейскими, оказываются кварц-магнетитовые гранулиты Зимбабвийско-Трансваальского щита (3,3-3,4 млрд лет), кварц-амфибол-магнетитовые руды Канадского щита (докиватинские, 3,0-3,75 млрд лет), магнетитовые, магнетит-пироксеновые залежи в гнейсах Полуострова (Индостан, 3,0-3,45 млрд лет) и т.д. Все они отнесены к железисто-кремнисто-гнейсовой формации. В **Алданской** провинции на юге Якутии месторождения нижнего архея **Гематитовое**, **Таёжное** и др. железорудных районов **Холодниканского**, **Гонамского**, **Сунамского**, частично **Леглиерского** относят к вулканогенно-осадочного метабазитовому типу (Геология СССР, т. XVIII, с. 12, 91-114). Некоторые горизонты железистых кварцитов иенгрской серии датированы "древнее 3,5 млрд лет" (U-Pb), т.е. они если и моложе джеспилитов пояса Исуа, то не намного.

Среди прочих типов экзогенных полезных ископаемых архея отметим марганцевые руды-гондиты Индостана и Африки, высокоглиноземистые породы (Южная Африка, Алданский щит, Индостан), титан-циркониевые россыпи (**Кусинско-Златоустовский** блок, Средний Урал) и т.д. Марганцевые аккумуляции в позднем архее появились в немногих местах на Земле, там, где возникли «окислительные оазисы» среди повсеместно восстановительной гидросферы. Помимо бразильской супергруппы Риу дас Вельяс с месторождением **Морру ду Мина**, это группа Читрадурга на кратоне Карнатака в Индии, а также позднеархейский пояс **Мичипикотен**, пров. Сьюпериор, Канада.

Глава 2. Раннепротерозойский этап

Раннепротерозойский (карельский) зон охватил события от финальных фаз беломорского (кеноранского) диастрофизма (2,5 млрд лет) до окончания позднекарельской эпохи складчатости (1600–1650 млн лет). Эти рубежи хорошо выражены в разрезах докембрия в пределах всех континентов, с ними связаны эпохи гранитоидного магматизма и регионального метаморфизма. В раннем протерозое проявляются новые структурные элементы – протоплатформы и подвижные пояса (протогеосинклинали), хотя их предшественники известны с позднего архея. Промежуточными между протоплатформенными и протогеосинклинальными отложениями являются образования рифтовых зон. Структурно-вещественные комплексы раннепротерозойских подвижных поясов отличаются от протоплатформенных большими мощностями, высокими фациями регионального метаморфизма, насыщенностью интрузивными и эффузивными породами, интенсивными дислокациями, а также гранитизацией пород на значительных площадях. Раннепротерозойские эндогенные и экзогенные месторождения широко развиты на всех древних кратонах.

2.1. Гипогенный минерогенез

Раннепротерозойскими являются многочисленные месторождения (рис. 2.1) медно-никелевых руд, связанные с расслоенными интрузиями базитов-ультрабазитов, редкометалльно-редкоземельных карбонатитов, золоторудные гидротермальные и ассоциирующие с метасоматитами.

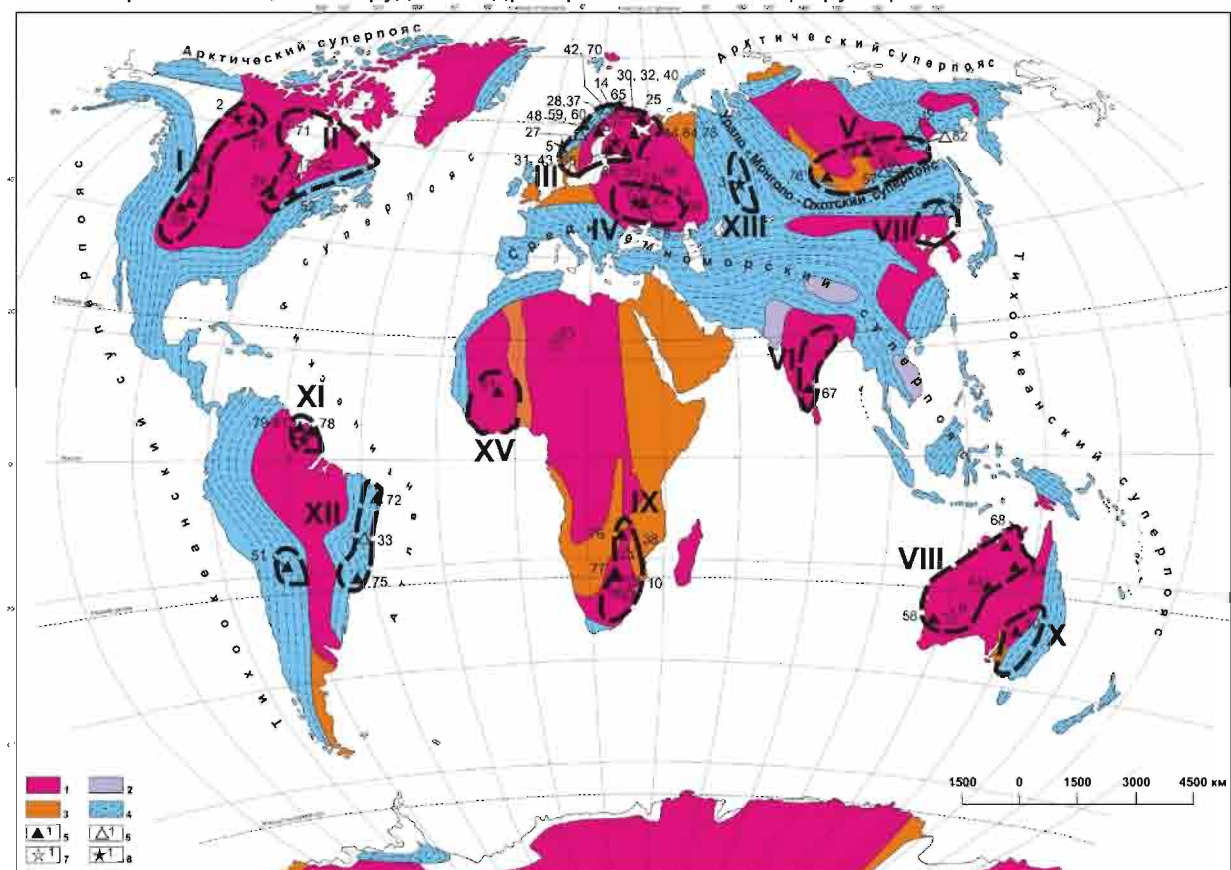


Рис. 2.1. Месторождения эндогенных полезных ископаемых, сформировавшиеся в раннепротерозойский этап на континентах Земли. С использованием схемы В.Е. Хаина (1971). Условные обозначения см. рис. 1.1. ИМП обозначены римскими цифрами. I. Западная Перилаврентийская, II. Восточная Перилаврентийская, III. Скандинавско-Карельская, IV. Украинско-Воронежская, V. Саяно-Алданская, VI. Индостанская, VII. Северо-восточного Китая, VIII. Западно-Австралийская, IX. Южноафриканская-Зимбабвийская, X. Нового Южного Уэльса, XI. Гвианская, XII. Восточно-Бразильская, XIII. Урало-Казахстанская, XIV. Гуапоре, XV. Западноафриканская. Эндогенные месторождения и рудопроявления:

I. Алмазоносные коматииты, лампроиты, перидотиты, кимберлиты: 1 – Дашень). Алмазоносные коматииты; 2 – Гибсон. Дайка алмазоносных лампрофиров (минетта); 3 – Кумдыколь, микроалмазы в гранат-биотитовых гнейсах и др.; 4 – Кировоград. Дайки кимберлитов; 5 – Фьертофт. Микроалмазы в гнейсах; 6 – Таежное. Алмазоносные перидотиты; 7 – Кимозеро. Алмазоносные кимберлиты;

II – редкометалльно-редкоземельные, апатитоносные и др. массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатитами: 8 – Новополтавский массив. Сиениты и карбонатиты с Та; 9 – Маунт-Уэльд. Шток с TR, Ве; 10 – Палабора. Карбонатиты с Р, Fe, Си, Zr, U; 11 – Октябрьский нефелин-альбититовый массив. Zr; 12 – Селигдарское. Апатитовое; 13 – Укдуска. Апатит-редкоземельное; 14 –

Сиилинярви. Апатитовое; 15 – Биг Силиус Лейк, флюорит, апатит; Апатитовые: 16 – Каминак Лейк; 17 – Карджил; 18 – Мартинсон, с Nb; 19 – Джеймс Бей, 20 – Карб Лейк, с Nb; 21 – Дубравинское. Апатит-магнетитовое; 22 – Кастингтон. Апатитовое (?); 23 – Ин-Уззал (массив). Карбонатиты с Ta, Nb, TR;

III – никелевые, медно-никелевые, платинометалльные, в связи с расслоенными интрузиями базитов-ультрабазитов, офиолитами, коматиитами: 24 – Садбери, рудное поле. 40 Cu-Ni месторождений в норитах; 25 – Тикшеозерский. P_2O_5 ; 26 – Сузанко-Конттиярви, Коиллисмаа. Cu-Ni с МПГ; 27 – Лиллефелькумпен. В офиолитах; 28 – Ала-Пеникка. В анортозитах; 29 – Оуэн. В массиве габброидов, троктолитов. МПГ, Au, титаномagnetит; 30 – Фёдорово-Панский. Нориты. Ni, Cu, МПГ; 31 – Прутовское. В интрузии габбро. Ni, Cu, Co; 32 – Монча-Тундра. Ni, Cu; 33 – Серротте да Лаже. Мафиты-ультрамафиты, с Si-минерализацией "приконтактного типа". Cu, V, Fe; 34 – Ёлкинское, Елань-Колено, Подколдновка, Нижнемамонское. Ni, Cu, Co, МПГ; 35 – Лаоелин Cr, Ni.

IV – хромитовые: 36 – Бушвельд. Хромиты, титаномagnetитовые руды, МПГ, V; 37 – Кемп. Cr в ультрабазитах; 38 – Великая Дайка. Сульфидно-хромитовое в пироксенитах. Ni, Cu, Pt, Pd; 39 – Аганозёрское. Cr в расслоенных мафитах-ультрамафитах; 40 – Сопчеозерское. Дунитовый блок Монча-Плутон базитов-ультрабазитов. Cr; 41 – Большая Варака. Cr в Имандровском плутоне ортопироксенит-норит-габбро-диоритового состава. Cr, Pd, Rh, Pt, Ir, Os, Au; 42 – Лека. В офиолитах. Cr с МПГ;

V – апатитовые Ti, Fe, V-ые месторождения связанные с нижнепротерозойскими магматитами: 43 – Коростеньского и Корсунь-Новомиргородского плутонов (анортозит-рапакиви-гранитная формация) апатит-ильменитовые Паромовское, Грабы-Миленевское, Фёдоровское, Пенизевичское, Крапивненское, Смелянское. Проявления апатита, Прутовское, Каменское, Голосковское; 44 – Кируна. Рудный район Норботтем (прочие месторождения Мальмбергет, Туоллувар, на площади Сварравара – Леевеннеме. Фторapatит-магнетитовое в кислых изгнмбритах; 45 – Пудожгорское. V-Ti, с Cu; 46 – Койкарско-Святонаволоцкое. V-Ti; 47 – Мёре-ог-Рамсдаль. Ti-Fe; 48 – Лофотен-Вестеролен. Ti-Fe.

VI – колчеданные полиметаллические, серебряные, Cu, Cu-Mo порфировые месторождения: 49 – Сулливан. Pb-Zn в силикатных метаморфитах; 50 – Брокен-Хилл. Колчеданно-полиметаллическое в метаморфизованных силикатных толщах Pb, Zn, Ag, Au; 51 – Экспедито. Массивных сульфидов. Zn, Pb, Ag; 52 – Кобальт-Гоуганда. Ag, с силлами, дайками и некками диабазов. Руды богаты Co.

VII – золоторудные месторождения: 53 – Хоумстейк. В куммингтонитовых или сидероплезитовых сланцах; 54 – Джуно Майн. Magnetит-гематитовые с сульфидами среди фельзитов и изгнмбритов. Au, Cu, Bi, Se; 55 – Оутокумпу. Рудный район золотоносных колчеданно-полиметаллических месторождений. Au, Ag, Cu, Zn, Co, Ni, Sn, Se, Bi; 56 – Кшенское и другие проявления Воскресеновской золоторудной зоны КМА. Зоны дробления, сульфидизации, беризитизации; 57 – Пинигина. В пегматоидах среди габбро-норитовых силлов; 58 – Голден Ридж, Дайн, Гамильтонс Фолли, Голден Мейл. Золоторудные столбы среди зеленокаменных толщ; 59 – Нурдкалотт-Айтик. Золото-полиметаллическое, с Cu, Zn, Ni, Co, As; 60 – Болиден. Арсенопиритовое на контакте риолит-дацитовой серии с филлитами в зоне расщепления. Au, U; 61 – Калана. Золото кварцевое в связи с двумя штоками диоритов; 62 – Эвотинский золоторудный район. Золоторудные в габбро-норитах Притрассовое, Кур; 63 – Айтик. Золото кварцевое медное в гнейсах. Au, Ag, Cu; 64 – Воицкое. Au; 65 – Бидьовагге. Cu, Au в фельзитах. Au, Ag, Cu, Te, U; 66 – Суурикуусикко. Золоторудное мезотермальное.

VIII – редкоземельно-редкометалльные и урановые, ассоциирующие с щелочными массивами, пегматитовые, скарновые месторождения: 67 – Мисти. Пегматиты Майсурского пояса. Танталониобаты; 68 – Брокмен. Тонкодисперсная Zr-Nb-Y-Ta минерализация в трахитовых изгнмбритах; 69 – Криворожский урановорудный район. Желтоводское и Первомайское урановые и REE (Sc, V, TR) в метасоматитах; 70 – Нуланн. Горизонт "аномальных гнейсов Бортеведог". Циркониево-бериллиевое, с TR (иттриевая подгруппа), U, Nb; 71 – Биверлодж, горнопромышленная провинция Месторождения U в метасоматитах Фэй, Верна, Эйс, формировавшиеся на рубеже $1,78 \pm 0,02$ млн лет; 72 – Питинга. Олово-редкометалльное грейзеновых в связи с массивами рапакиви-гранитной формации; 73 – Тор Лейк. REE, в связи с щелочными гранитами и пегматитам. Ta, Nb, TR (преимущественно иттриевой подгруппы). Бериллиевые руды; 74 – Катугинское. Рудоносные метасоматиты. Ta, Nb, TR, криолит; 75 – Назарену. Пегматиты со сподуменом, танталитом, джалмаитом (микроклин с высоким содержанием UO_3); 76 – Восточно-Саянский пегматитовый пояс. Сподуменовые пегматиты полей Белореченского, Бельского, Белотангинского, Гольцового, Малореченского, Урикского. Ta, Sn, Li, Cs, Be.; 77 – Камативи. Пегматитовое с Sn; 78 – редкометалльные пегматиты Гвианского щита, в т.ч.: 78 – по р. Синнамари, 79 – по р. Мана, 80 – к востоку от р. Марони, 81 – на её левом берегу.

XI – месторождения слюд: 82 – Алданский флогопитоносный район. Леглиерское, Каталахскон, Фёдоровское, Эмельджакское, Элькон и др.; 83 – Беломорская слюдоносная провинция. Месторождения мусковитоносных гранитных пегматитов Плотина, Неблогорское и др.

Алмазы

В раннем протерозое транспортерами алмазов были лампроиты, коматииты, перидотиты. Лишь в финальную фазу этапа появились первые силлы кимберлитов. Трубок взрыва раннего протерозоя

не известно. В Восточном Казахстане (**Кумдыколь, Барчинское**) обнаружены высокие концентрации мелких алмазов (менее 100 мкм) в стратифицированной толще нижнего протерозоя - гранат-биотитовых гнейсах. Допускают, их протолитом были перидотиты. Алмазоносные коматииты проявления **Дашень**, Французская Гвиана, появились на уровне 2,0-2,2 млрд лет назад. Алмазоносные коматииты занимают площадь, по меньшей мере 5 км длиной и 0,35-1,1 км шириной. Валовое содержание алмазов составляет в пробах от < 1 до 77 зерен на 1 кг породы. Большинство их это микроалмазы, но местами порода обогащена и более крупными (> 1 мм) кристаллами, а в перекрывающем плохо сортированном аллювии устанавливаются концентрации полезного компонента до 4 карат/м³. На Канадском щите алмазоносные лампрофиры (дайка, 1832±28 млн. лет) открыты у озера **Гибсон**.

Карбонатиты

В Финляндии эксплуатируют на апатит массив с карбонатитами **Сиилинярви** (1760 млрд лет). Рудоносные плутоны ультраосновных щелочных пород нижнего протерозоя (около 2 млрд лет) известны в Приазовье (**Новополтавский**, Та, Zr) и на Воронежской антеклизе (**Дубровинский**). Тогда же (1750 млн лет) в Приазовье появился **Октябрьский** нефелин-альбититовый массив с Zr (габбро-сиенитовая формация). В **Черниговском** карбонатитовом массиве Приазовья (2,9-1,9 млрд лет) открыта значительная TR-apatитовая минерализация. На Сибирской платформе массивы **Селигдар** (апатит) и **Укдуска** (апатит, МПГ) датированы 1,8-1,9 млрд лет и 1638-1823 млн лет соответственно.

На Северо-Западной территории Канады открыты массивы **Биг Сирюс Лейк** (1780 млн лет) с TR₂O₃, P, CaF₂ и **Каминак Лейк** (1820 млн лет) с апатитом. На востоке Канады известны массивы: **Карджил** (1800 млн лет), **Мартинсон** (1700 млн лет), **Джеймс Бей** (1650 млн лет), **Карб Лейк** (1820 млн лет), **Кастингтон** (1870 млн лет). В Гренландии у пос. Готхоб породы ультрамафит-мафитовой нефелино-сиенитовая и карбонатитовая формации массивов **Кангердлуссуак**, **Илимауссак**, **Ивиггут** (2,7-1,8 млрд лет) содержат богатую минерализацию REE. Запасы BeO многие десятки тысяч тонн.

На западе Австралии, кратон Йилгарн, Та-носный шток карбонатитов **Майнт Уэльд** датирован 2090-2020 млн лет, **Стрэйнджуэйс Рейндж** – около 2 млрд лет, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr.

В ЮАР U-Th-Cu-REE (Nb, Ta, TR) с бадделейтом ZrO₂ массив **Палабора** (рис. 2.2) имеют дату около 2,1 млрд лет. Залежи локализованы в магматическом комплексе Фалаборва (пироксениты, пироксен-вермикулитовые пегматиты, магнетит-апатитовые породы именуемые "фосфоритами", датированы 2047 млн лет.

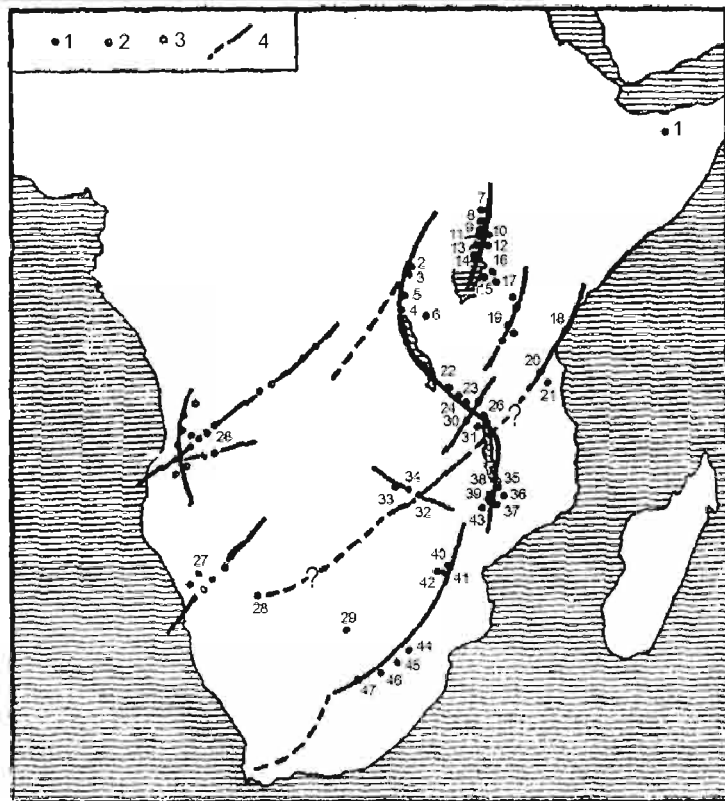


Рис. 2.2. Редкоземельные (в т.ч. ниобиеносные) карбонатитовые комплексы локализованы в зонах влияния разновозрастных риф-тов Великой Восточно-Африканской системы. По N. de Kuy: 1 – карбонатит-щелочные комплексы; 2 – комплексы основных пород; 3 – кольцевые гранитные комплексы; 4 – линии рифтогенных глубинных разломов 1-47 – месторождения в карбонатитах, в т.ч.: 1 – Северное Сомали; 2 – Бингу; 3 – Луш (в мезозойском разрыве); 4 – Кавези; 5 – Кибуи; 6 – Каронге (REE); 7 – Напак; 8 – Будеда; 9 – Сукуллу; 10 – Кадам-Дибазьен; 11 – Букузу; 12 – Элгон; 13 – Тороро; 14 – Сукулу; 15 – Хома; 16 – Рури; 17 – Рангве; 18 – Мрима (юрское, 0,7% Nb₂O₅ и 1,25% TR₂O₃ цериевой группы) (Беляев и др., 1996, с.124); 19 – карбонатиты рифта Грегори; 20 – Вигу (TR); 21 – Пангани; 22 – Нгуалла; 23 – Мбулу; 24 – Музензи; 25 – Мбея (древнее системы Карру, т.е. позднего карбона-рэта, с TR и Zr); 26 –

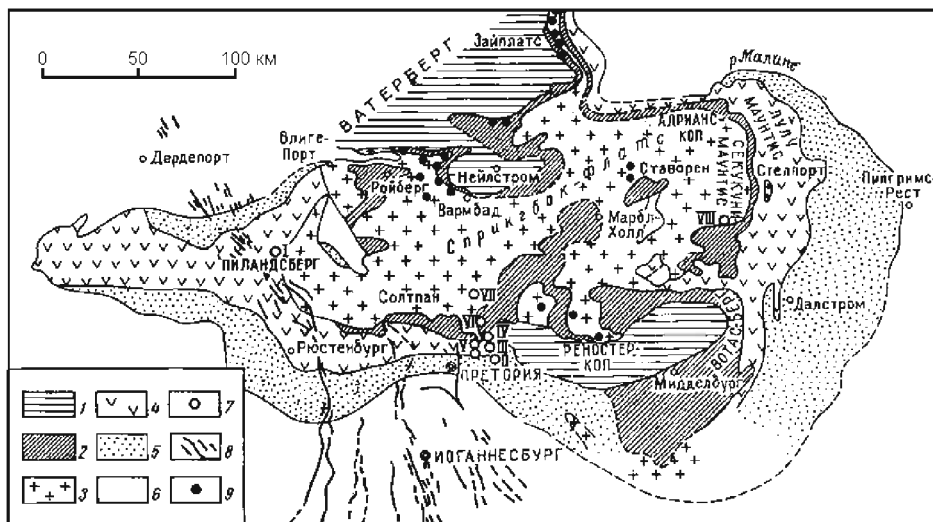
группа тел карбонатитов плато Бихе – самое крупное месторождение Лагоньо содержит также TR; 27 – тела карбонатитов Дамараленда; 28 – Аваз; 29 – Семаруле; 30 – Нкумбва (с TR и Zr); 31 – Иломба (с TR); 32 – месторождения района Фейра, долина р. Рофунзы; 33 – Кешия; 34 – Мквизи; 35 – Чилва; 36 – Тундулу; 37 – Сонгве; 38 – Канганкунде (TR); 39 – Нкалонже; 40 – Шава; 41 –

Дорова (с TR); 42 – Чишанья; 43 – Муамбе; 44 – Лулекоп, или Палабора TR); 45 – Спицкоп; 46 – Магнет Хейс; 47 – Премьер Майн.

Хромиты

На Балтийском щите имеется ряд мелких месторождений. В Финляндии крупные объекты **Кеми** и **Койтелайнен** имеют возрасты 2450 млн лет и 2440 млн лет соответственно. В Карелии открыты хромиты **Аганозёрского**, **Шалозерского**, а также **Бураковского** Au-Pd. Возраст интрузии 2341±31 млн лет. **Имандровское** и **Большая Варакка** на Кольском п-ве. датированы (U-Pb) 2446-2334 млн лет.

На юге Африки в провинции Трансвааль, ЮАР находится Бушвельдский магматический комплекс (рис. 2.3.). Его массив вытянут в широтном направлении на 450 км при ширине 250 км и занимает площадь около 39 тыс. км². Возраст гранитной серии Бушвельдского комплекса – 1950±50 млн лет. В изученном на 8 км в глубину разрезе, сверху вниз сменяют зоны (псевдослои): гранитоидов; габбро, норитов, с прослоями титаномагнетитовых руд; пироксенитов, анортозитов,



дунитов («критическая зона» мощностью 1 км), с Pt, Ni, Cr, габбро, нориты, частично пироксениты. Интересна с точки зрения рудоносности наиболее расслоенная «критическая зона» с полевошпатовыми пироксенитами, двумя «рифами» (горизонтами) сульфидов.

Рис. 2.3. Геологическая карта нижнепротерозойского

го лополита Бушвельда, со снятым покровом системы Карру (верхний карбон-рэт). По А. Дю-Тойту (1957). Кровля: 1 – система Ватерсберг, 2 – Ройбергская группа; интрузивы: 3 – оловоносный красный гранит, 4 – норит с пластами хромита; подошва, сложенная породами системы Трансвааль: 5 – область, инъецированная диабазами, 6 – область без диабазов; послебушвельдские интрузии: 7 – сиениты и щелочные сиениты: I – Пилансберг, II – Франспорт, III – Леувфонтейн, IV – Валмапстал, V – Леувквал, VI – Спицкоп, VII – линия Дотеплат-Дорде-порт, VIII – Зекугат; 8 – дайки; 9 – оловорудные месторождения.



Рис. 2.4. Космоснимок фрагмента Великой Дайки Зимбабве) с платиновым рудником Мимоза в центре у лесного массива. По левому краю фото – параллельная сателлитная дайка Умвимеела.

upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/04/http://Zimbabwegreat_dyke.jpg/220px-Zimbabwe_great_dyke.jpg

Расположена она между зонами Базальной (мощностью до 1,5 км) и Главной (3-6 км) и начинается с хромитов пласта Стил Поорт, одного из 27 хромитовых пластов Бушвельда. Он прослежен не менее чем на 77 км при мощности 1,37-1,64 м, заключает 0,5 млрд т хромитов со средним содержанием 43% Cr₂O₃. Общие запасы хромитов Бушвельда с 45% Cr₂O₃ оценивают в 3,1 млрд т, ресурсы – в 12,073 млрд т.

В Зимбабве находится замечательный раннедокембрийский геологический объект – **Великая Дайка**, вытянутая в север-северо-восточном направлении на 550 км при ширине 4-11 км, Её рудные месторождения (Cr, Ag, Ni, МГП, асбест) связаны с расслоенными базит-ультрабазитами гарцбургит-пироксен-норитовой формации. На рис. 2.4 изображена подкамера Ведза с платино-

вым рудником **Mimosa** в центре. По левому краю фото проходит параллельная сателлитная дайка Умвиеела. Средняя мощность магматического комплекса **Дайки** определена в 6 км, внутренняя расслоенность отнесена к лополитовому типу. Воз-раст хромитовых руд -2461 ± 16 млн лет, Минерализация тяготеет к пироксенитам верхней, наиболее основной, части тела. Ресурсы сульфидно-хромитовой руды 125 млн т, в которой (%): Ni – 0,21, Cu – 0,14, а также 2,7 г/т Pt и 2,0 г/т Pd. Подтвержденные ресурсы хромитов 540 млн т, потенциальные – до 2 млрд т. Нижние уровни Дайки циклические, верхние образованы мощной крышкой из норитов. В основании последних имеется горизонт мощностью 10 м, с 0,25% Ni и 0,20% Cu.

Хромиты обрабатываются по всей протяженности Великой Дайки. В разрезе известны 11 слоев, содержащих хромиты мощностью 5-45 см каждый. Подсчитаны ресурсы сульфидно-хромитовой руды 125 млн т, в которой (%): Ni – 0,21, Cu – 0,14, а также 2,7 г/т Pt и 2,0 г/т Pd. Более поздние данные только для хромитов называют подтвержденные ресурсы 540 млн т, потенциальные – до 2 млрд т.

Медно-никелевые объекты

В пров. Манитоба, Канада, – Никелевый пояс Томпсон, в котором сульфидные залежи связаны с силлами ультраосновных коматиитов (1,88 млрд лет). На востоке, в Квебеке, с коматиитами нижнего протерозоя ассоциируют залежи Никеленосного пояса Кэйп Смит-Уэйкхэм Бэй. Садбери, запад пров. Онтарио, Канада, – одно из крупнейших рудных полей Мира. Образовалось в PR₁ (1,8-1,7 млрд лет), наиболее поздние даты – 1,1 млрд лет.

В Бразилии дифференцированные силлы мафитов-ультрамафитов с Cu (Серроте да Лаже, 1,85 млрд лет), Караиба и Сг (Медрадо-Ипуэйра, Кампу Формосу).

В Норвегии обрабатывали Бруванн – в мафитовых интрузиях и метавулканитах PR₁ Северной Норвегии. В Финляндии комплекс базитов-ультрабазитов Кейвится-Сатоваара имеет дату 2050 млн лет. На Кольском полуострове минералы Ni, Cu, МПГ вмещают массивы Монча-Тундра, Фёдорово-Панский, Ала Пинекка, Коиллисмаа, Сузанко-Конттиярви, Аллареченское, Восток и т.д. Возраст донных сплошных Cu-Ni сульфидов Монче-Тундры – 2,3 млрд лет, Фёдорово-Панского массива – 2482 ± 36 млн лет, Sm/Nd (сам массив древнее, позднearchейский).

В Саянской «провинции» Восточной Сибири часть тел базитов-ультрабазитов отнесена к PR₁: например, Cu-Ni-Co с платиноидами Лукинда (1929 ± 13 млн лет).

На Воронежской антеклизе объекты **Ёлкинское, Елань-Колено, Нижний Мамон** и др. датированы Н.М. Чернышовым $2100-2080 \pm 15$ млн лет («мамонский») и $2065-2050 \pm 15$ млн лет («еланский» типы).

Железо. Титан.

В Финляндии с массивом габбро (2050 млн лет) связан Fe-Ti объект **Отанмяки**. Магнетитовая (с V) минерализация **Кылялампи** (U-Pb дата по цирконам для габбро 2114 млн лет). В Швеции, районы **Норботтен, Бергслеген**, руды тоже раннепротерозойские. Например, для **Кируна** – 1,85-1,8 млрд лет. На Украине ильменит и апатит распространен в габброидах **Коростеньского** и **Корсунь-Новомиргородского** плутонов PR₁, образуя локально значительные аккумуляции.

В центральной части Алдано-Станового щита открыты 32 скарновых Fe-рудных объектов групп **Десовской, Леглиерской, Сиваглинской** (2,3-1,9 млрд лет). Крупнейший – **Таежное**. На севере Забайкальского края в 40-45 км от станции Новая Чара БАМ известен рудоносный **Чинейский** (1880 ± 16 млн. лет, Ag/Ag) плутон содержит скопления руд ванадийсодержащих титаномагнетитовых (участки **Магнитный** и **Этырко**) и медно-никелевых с платиноидами (участок **Рудный**).

Колчеданные объекты (Cu, Ag, Pb, Zn и др.).

В Северной Америке один из наиболее интересных сереброрудных районов Мира – **Кобальт-Гоуганда**, Онтарио, Канада. Самый древний тип оруденения – стратиформных осадочно-эксталяционных сульфидных руд в архейских породах. Более молодая минерализация серебро-сульфоарсенидная. Силлы, дайки и неки диабазов Ниписсинг с датами 2109 ± 80 , 2116 ± 27 млн лет (Rb-Sr), $2219 \pm 3,6$ млн лет (U-Pb).

В Восточной Бразилии граниты (1,88 млрд лет) несут минерализацию Sn-W (**Муса**); Cu-Au (**Агуас Кларас, Гамалейра**) в Каражас; Cu-Au-Sn-Bi (**Бревес**); Pb-Zn-Cu-Au (VMS, скарны) в **Арипуанья**; Cu-Zn-Au **Кабакал, Экспедито** в Мату Гроссу.

В Индии Cu-Mo порфиновый объект **Маланджханд** Центрально-Индийской зоны смятия формировался на рубеже архея и протерозоя: SHRIMP RG дата для вмещающих залежи и локализованных в зоне минерализации серых и красных гранитов 2,48 млрд лет.

В Новом Южном Уэльсе, юго-восток Австралии, залежи **Брокен Хилл** имеют примерный возраст 1,8 млрд лет. Породы, вмещающие оруденение, метаморфизованы при становлении гранитов Манди-Манди 1640-1540 млн лет назад.

В Центральном Казахстане среди кварц-слюдяно-полевошпатовых образований раннего карелия выявлены Pb-Zn-Cu объекты **Сарысай, Каным, Тасты, Абит, Аркабулак**.

В Китае, пояс **Ляоджи**, выявлено Zn-Pb-Cu вулканогенное массивных сульфидов месторождение **Хонгтоушань**, относимое к типу Куроко, или Алтайскому (рис. 2.5). Оно находится на

севере разломной зоны Хунхэ, и представлено трубообразными телами, жилами, стратиформными залежами среди биотит-плагиоклазовых и амфибол-плагиоклазовых гнейсов с пачками фельзитических гнейсов и магнетитовых кварцитов. Руды наполовину сложены пиритом, а также содержат пирротин (20-30%), халькопирит (1-10%), сфалерит (1-15%), немного галенита, кубанита, халькозина. Их относят к типам массивных, брекчиевых, полосчатых, вкрапленных. Резервы месторождения – 475,5 тыс. т медной руды (1,72% Cu) и 688,4 тыс. т цинковой (3,04% Zn). Подобного типа объекты группы Утай, открыты в 300 км юго-западной Пекина среди блоков офиолитов.

Золото

На западе Австралии, кратон Йилгарн, золоторудные **Голден Ридж, Дайн, Гамильтонс Фолли, Голден Мейл** обнаружены в протерозойской части разреза зеленокаменных поясов. В Центральной Австралии раннепротерозойскими являются аккумуляции района **Теннант**. На Севере континента в орогене Пайн Крик SHRIMP U-Pb датирование гидротермального ксенотима, ассоциирующего с Au в рудах **Маунт Тодд**, дало возраст руд 1819 ± 8 млн лет, совпавшим с внедрением гранитов Кален.

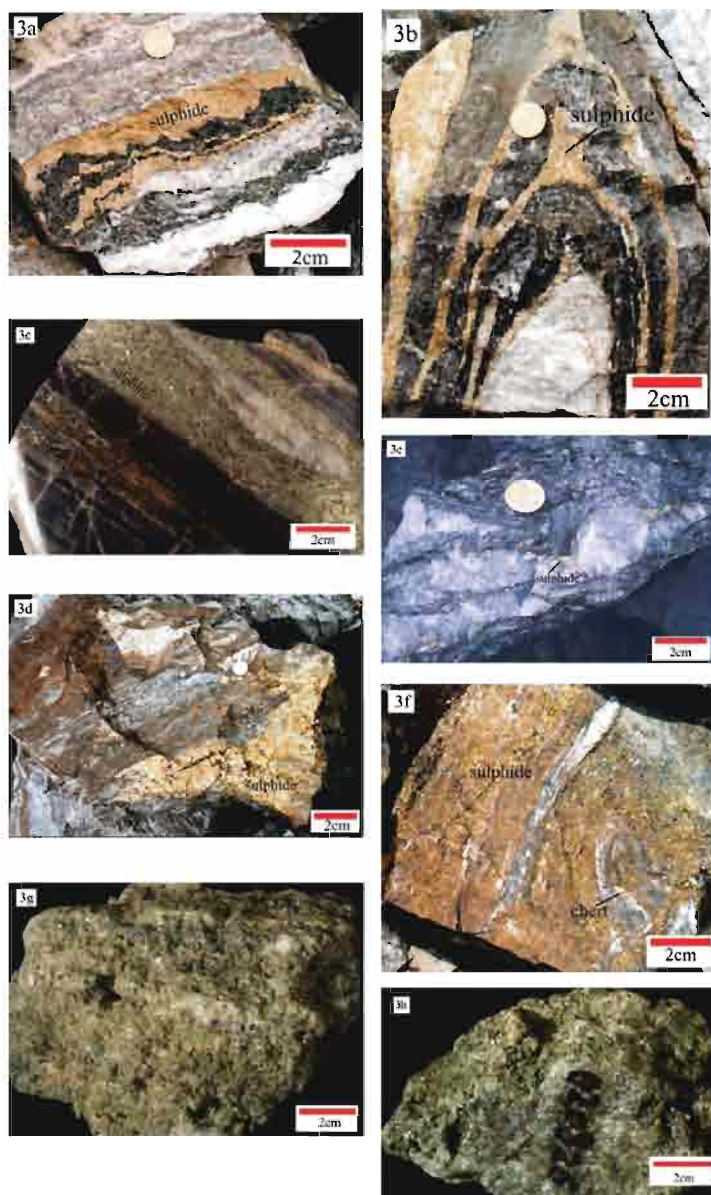


Рис. 2.5. Массивные сульфидные руды группы месторождений Утай AR_3-PR_1 в пров. Шанси, Северокитайский кратон. По Li Jianghai et al. (2004, fig. 3, p. 344). Монета для масштаба – около 2 см; 3 а, b – массивные сульфиды в хлоритизированной основной массе и эксгалите смяты в частые мелкие складки; 3с – рассеченный сколами массивный сульфид с гнейсовидной структурой в джеспилите; 3d – массивный сульфид, деформированный дискордантно по отношению к слоистости вмещающей породы; 3е – сульфиды, вдавленные в теневые зоны порфирокластов; 3f – синскладчатая складчатость сохранившаяся в эксгалиционных слоях; 3g – эксгалит с вкрапленниками кристаллов пирита в силикатной основной массе; 3h – кремнисто-карбонатный эксгалит.

В Африке на объекте **Эссакане** (Буркина Фасо) кварц-карбонатные жилы и штокерк с Au распространены в отложениях Бирримия (PR_1). Их нет в перекрывающих породах серии Тарква (тоже PR_1). В Мали открытый советскими геологами объект **Калана** связан с двумя штоками диоритов (1860 млн лет). Минерализация **Содиола**, Мали, связана с известково-щелочными гранитами (2,0–2,05 млрд лет).

Au-кварцевые жилы пояса **Ашанти** в Гане появились в интервале 2,1-1,6 млрд лет. В Мавритания перспективны медно-золотые орогенные объекты **Гельб Могрейн, Тасиаст, Акжуж**. Для первого получены U-Pb даты по монациту и ксенотиму 2492 ± 9 млн лет и 1742 ± 12 млн

лет.

В Венесуэле многочисленные объекты рудного района **Эль Кальяо** (2,1-1,8 млрд лет) относят к палеопротерозойской «провинции» Пастора-Ботанама Гвианского щита – **Ла Крус, Эль Тапон, Ла София** и др. В Бразилии, кратон Сан Франсиску, штат Баия, объекты **Фазенда Бразилейру, Мария Прета, Пассажем де Марианна, Антониу Перейра** появились тогда же.

На СВ Норвегии в тектонических окнах в породах PR_1 есть объекты **Ульверигген, Бидьёвагге**.

В Южной Якутии на объекте имени П. Пинигина золотоносны пегматоиды среди габбро-норитовых силлов. Возраст гранулитового метаморфизма – 2,0-1,9 млрд лет), гранитов – 1970-1920 млн лет, амфиболов из метабазитов – 1903±16 млн лет и 1908±15 млн лет (^{39}Ar - ^{40}Ar).

В соседней с Россией Манчжурии КНР рудное поле **Джиапигоу** включает десять и больше золоторудных объектов, в т.ч. **Джиапигоу, Эрдаогоу, Сандаоча, Бажиаци, Банмьяоци, Сяобейгоу, Мяолинь, Эрдаодианц, Хайгоуй**. Большинство из них расположено в шир-зоне северо-западного простираения протяженностью 40 км при ширине 5-10 км. Отсюда получили около половины всего китайского благородного металла в 1960-е годы. Полагают, сохранившиеся резервы поныне превышают 100 т Au. Рудные залежи ассоциируют с шир-зонами, находящимися среди верхнеархейских гнейсов тоналитовых, трондьемитовых, гранодиоритовых (TTG) и амфиболитов (2523±6 млн лет). Все они пережили ретроградный метаморфизм и ныне преобразованы в зеленосланцевой фации. Некоторые ученые допускают, метаморфизованы породы ранее были значительно выше, до амфиболитовой и даже гранулитовой фаций. Самые древние даты указывают на 3 млрд лет, более поздние – 2.5-2,6 млрд лет и 1,9-1,6 млрд лет.

Уран

В пров. Саскачеван, Канада, рудный район **Биверлодж** рудные столбы из «аргиллитов»-ультрамитов с настураном возникли на рубеже 1,78±0,02 млн лет при трехкратной тектонической переработке гранулитов архейской группы Тейзи. На п-ве Лабрадор датированные $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ методом урановые руды появились 1805-1697 млн лет назад, при среднем значении 1752±26 млн лет. Вмещающие метасадки имеют возраст около 2 млрд лет, вулканы – 1860 млн лет.

В Квинсленде, Австралия, TR-U скарновое **Мэри Кэтлин**, рудные район и поле **Маунт Айза**. Скарны датированы 1766 ± 80 млн лет, уранинит – 1550 млн лет.

В **Криворожском районе Украины**, рис. 2.6, залежи урановых руд с Sc, V, лантаноидами Y группы, Zr, Hf приобрели современный облик в несколько этапов между 2725 и 487 млн лет (**Желтоводское, Первомайское**) из метасоматитов AR₃ и PR₁ с ксенотимом и монацитом. Основное ураноотложение в интервале 2100-290 млн лет. В Приладжье, объект **Коренное**, минерализованы гнейсы и амфиболиты

среди микроклиновых гранито-гнейсов. Ранняя генерация урановой смолки – 1872±77 млн лет, поздняя - 290±42 млн лет.

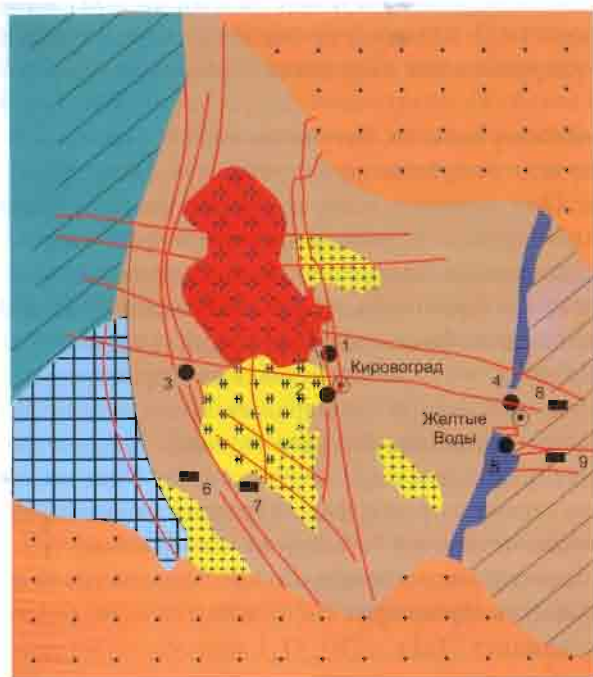


Рис. 2.6. Геологическая схема Криворожского и Кировоградского ураноносных районов Украинского щита. По Н.П. Лаверову. 1 - платформенный чехол (мел-палеоген); 2-5 - метаморфические комплексы (AR-PR): 2 - протогеосинклинальный (PR), 3 - гранито-гнейсовый раннеархейской стабилизации, 4 - гнейсовый позднеархейской стабилизации, 5 - гранулитовый (AR); 6-8 - гранитоиды протоорогенные (PR): 6 - граниты рапакиви, 7 - граниты, 8 - субщелочные граниты; 9 - разломы; месторождения U: 10 - эндогенной серии в натриевых альбититах (1 - Северинское, 2 - Мичуринское, 3 - Ватутинское, 4 - Желтоводское, 5 - Первомайское), 11 - экзогенной серии в осадочном чехле платформы (6 - Садовое, 7 - Братское, 8 - Новогурьевское, 9 - Девладово).

На севере Забайкальского края несколько комплексных золото-урановых проявлений известны в, предположительно, раннепротерозойской **Чининской** ураноносной зоне. Последняя занимает часть субширотного Чина-Ингаматинского магмоконтролирующего разлома между Верхне-Каларской впадиной и Чинейским плутоном. Вмещающие породы претерпели натровый метасоматоз, в результате которого почти весь разрез осадочных пород удоканского комплекса PR₁ альбитизирован. Бедная урановая минерализация отмечается в жильных с гематитом, карбонатом, хлоритом альбититах с условным рифейским возрастом.

Основные залежи связаны с более поздними брекчиями, развитыми по жильным альбититам и вмещающим породам. Брекчированные осадочные породы содержат гидротермальную пирит-халькопиритовую минерализацию с золотом (0,1-0,25 г/т) и серебром (до 7 г/т).

Пегматиты и метасоматиты

Тор Лейк (2176 млн лет) на Северо-Западных территориях Канады содержит Ta, TR, Be. С ним схожи **Блэк-Хиллс**, уже на территории США, с Ta; **Пи-Ридж**, Миссури.

В Африке с красными гранитами **Бушвельда** (1950±50 млн лет) связаны многочисленные оловянные пегматиты, проявления касситерит-кварцевой и касситерит-силикатной формаций.

В Бразилии Sn-REE **Питинга** связано с гранитами (1818-1824 млн лет, Pb/Pb, по цирконам).

В Норвегии известны Zr-Be с Y, U «аномальные гнейсы Бортведага», альбитовые метасоматиты палеопротерозойских зеленокаменных поясов на севере страны. **Биггеври** в зеленокаменном поясе Каутокеино обогащено REE, Sc, U. Гранитные пегматиты с REE, Nb-Ta, T-, Be, Th, U встречаются в палеопротерозойских гранитах на севере страны. В Швеции отрабатывали Fe-Cu-REE скарны **Бастнёс** (1,9-1,8 млрд лет, рис. 2.7) с церитом $(Ce,Ca)_9(OH)_3(Fe,Mn)(SiO_4)_6(SiO_3OH)$, пегматиты **Иттерби** в рудном районе **Бергслеген**, юго-запад «Южной Свекофенской провинции». В Беломорской слюдоносной провинции пегматиты **Плотина**, **Неблогорское** и др. имеют даты 1950-1650 млн лет.

В Финляндии, Западный и Внутренний регион, в Au-Sb зоне **Сейняйоки** самым крупным пегматитовым объектом считают Sb **Каллиосало**. В зоне имеются две интрузии и многие дайки пегматитов (1,8 Ga) среди свекофенских кристаллосланцев. Пегматиты появились после регионального метаморфизма (1,89-1,88 млрд лет). Различают умеренно фракционированные с берилл-колумбит-фосфатной минерализацией и хорошо фракционированные литиевые. Пегматиты с редкими элементами кристаллизовались из остаточных расплавов, обогащенных летучими.

В Восточно-Саянском пегматитовом поясе находятся поля раннепротерозойских сподуменовых и петалитовых $(Li[AlSi_4O_{10}])$ пегматитов: **Белореченское** (Ta, Cs, Li), **Бельское** (Ta, Sn, Li), **Белотангинское**, **Гольцовое**, **Малореченское**, **Урикское**. В Забайкальском крае Ta-Nb **Катугинское**

в метасоматитах датировано по разным источникам: 2,13-0,7 млрд лет – метаморфогенные изменения залежи; 1,6 млрд лет – TR минерализация; 2,0-1,8 млрд лет – рудообразование.



Рис. 2.7. Редкоземельные минералы месторождения Бастнёс, Центральная Швеция. По [Ander-sson, 2004, рис. 8, с. 15]. Церит образует краснова-то-серые массивные слои до 3 см мощностью, черный минерал с ним на контакте ферри-аллинит, зеленый – тремолит

Слюда

В Центрально-Алданском флогопитоносном районе насчитывают 25 объектов (**Леглиерское**, **Каталахскон**, **Фёдоровское**, **Эмельджакское**, **Элькон** и др.). Промышленная минерализация присутствует в местах наложения поздней амфиболовой фации (700-550°) на раннюю гранулитовую (800-700°). Даты для нее – 2,2-1,9 млрд лет. **Мамско-Чуйская** мусковитоносная провинция на севере Иркутской области ассоциируют с кварц-мусковитовыми пегматитами в породах архея-нижнего протерозоя.

2.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза

В пределах Северной Америки выделяются **Западно- и Восточно-Лаврентийская ИМП** (см. рис. 2.1). В первой выделяется никеленосный пояс Томпсон с сульфидными месторождениями никеля в ультраосновных породах, золоторудный район Хоумстейк с многостадийным оруденением и редкометалльно-редкоземельные аккумуляции в пегматитах и гранитах с наиболее важным месторождением Тор Лейк. Во второй ИМП находятся уникальные месторождения Cu-Ni с МПГ рудного поля Садбери, колчеданно-полиметаллические и серебряные аккумуляции рудного района Кобальт-Гоуганда и ураново-рудные тела провинции Саскечеван, Канада.

На Восточно-Европейской платформе расположены *Скандинавско-Карельская и Украинско-Воронежская ИМП* с многочисленными месторождениями полезных ископаемых. К первой из них приурочены многочисленные медно-никелевые месторождения, связанные с расслоенными массивами базит-ультрабазитов, нередко несущих и платиновую минерализацию. Известны месторождения хромитов (мелкие), титаново-железных руд с высокими содержаниями основных и попутно добываемых (Cu, V, Au, P) полезных компонентов, крупные V-Ti (Пудожгорское и Святонаволожское) и колчеданно-полиметаллические (рудные районы Шеллефте и Оутокумпу с Zn, Pb, Cu, Au, Ag, As, S, Co). Довольно распространены месторождения золота и серебра, в том числе золото-медного типа. Далеко за пределами ИМП известны знаменитые редкометалльно-редкоземельные объекты Бастнесс, Иттерби в пегматитах. В последнем впервые были открыты 7 новых редкоземельных элементов.

Во второй ИМП в гипербазитах и норитах имеются медно-никелевые месторождения на юге Воронежской области. Открыты небольшие магматогенные и апатитовые и аккумуляции, серия значительных комплексных урановых и REE-TR объектов метасоматического происхождения в Кировском и Криворожском районах Украинского щита.

В *Алдано-Саянской ИМП* на юге Восточной Сибири известны железорудные объекта Таёжной группы, титаномагнетитовые с ванадием Чинейского плутона, магматические и гидротермально-метасоматические золоторудные, редкометалльно-редкоземельные и флогопитовые в пегматитах и метасоматитах Забайкальского края.

На территории *Индостанской ИМП* отмечаются 7 месторождений хромитов в расслоенных анортозитах, реже в амфиболитизированных пироксенитах и дунитах. В бассейне Сингбхум открыты медно-сульфидные руды, месторождение Массабане, а в Центральной Индии - крупный медно-молибденовый объект с содержаниями 0,2 г/т золота и 6 г/т серебра.

Раннепротерозойские эндогенные рудные объекты Австралии локализованы в двух ИМП – *Западно-Австралийской и Нового Уэльса*. В первой из них широко распространены золоторудные месторождения, меньше металлоносные карбонатиты и вулканогенные редкометалльные аккумуляции. Последние сосредоточены в двух крупнейших объектах – Маунт-Уэльд и Центральном Лантановидном. В провинции Восточных Золоторудных полей серия эндогенных месторождений Au связана с жильными телами, обогащенными сульфидами. В Центральной Австралии золото тяготеет к метасоматическим железнякам, золото-кварцевым жилам и штокверкам. Известны также полиметаллические месторождения с золотом. ИМП Нового Уэльса включает выдающееся колчеданно-полиметаллическое месторождение Броккен-Хилл типа SEDEX с Zn, Pb и Ag.

На Африканском континенте выделены две ИМП – *Западно-Африканская и Южно-Африканско-Зимбабвийская*. На западе Африки распространены преимущественно крупные месторождения золота, на юге – хромитовые, никелевые, платиновые и редкометалльные объекты. Золото обычно в сульфидно-кварцевых жилах. Здесь в Бушвельдском массиве находится крупнейшее в Море месторождение хромитов и МПГ, связанные с базит-гипербазитами, и олова в красных гранитах. В Зимбабве расположена Великая Дайка с крупными аккумуляциями хрома, никеля, серебра, МПГ, , асбеста. Многочисленны редкоземельно-редкометалльные месторождения в карбонатитах.

В пределах Южно-Американского континента эндогенные месторождения распространены в пределах ИМП *Гвианской, Восточно-Бразильской и Гуапоре*. Первая из них известна алмазонасными коматиитами, редкометалльными пегматитами, многочисленными золоторудными объектами, в том числе золото-медными. Вторая знаменита олово-редкометалльным месторождением Питинга мирового значения, имеются также эндогенные аккумуляции золота. В ИМП Гуапоре найдено уникальное месторождение массивных сульфидов Экспедито с Zn, Pb, Cu, Au.

В *Урало-Казахстанской ИМП* разведаны месторождения мелких алмазов Кумдыколь и Барчинское, Pb-Zn-Cu залежи нескольких не крупных объектов. В ИМП *Северо-Восточного Китая* выявлены Zn-Pb-Cu месторождения массивных сульфидов Хонгтоушай и Утай.

2.3. Гипергенный минерогенез

Ранний протерозой характеризуется снижением давления воздуха с 7–9 бар до 1,12 бар, изъятием из него основной массы углерода, что привело к снижению температур у поверхности Земли. Появление сульфатного иона в гидросфере указывает на возникновение свободного O₂ в атмосфере, способного окислять H₂S и S, а также недоокисленные газы. На рубеже AR и PR произошло разделение биоса на растительное и животное царства и быстрое лавинообразное развитие фитопланктона, в массовом количестве генерирующего кислород. Это в корне изменило процессы осадконакопления, в них важнейшим фактором стал биогенный, обусловивший продуцирование растениями кислорода, который связывал в углеродистые соединения и карбонаты и уходил в стратиферу.

На рубеже архей–протерозой появилась климатическая зональность. Атмосферу в протерозое Н. М. Страхов (1963) отнес к переходному типу. В ней преобладал N, в подчиненных, но нарастающих содержаниях появился кислород, сохранялись заметные количества углекислоты и уменьшающиеся аммиака и метана. По составу эта атмосфера может быть отнесена к углекисло-кислородно-азотной.

С раннего протерозоя в разрезах начинают встречаться тиллиты – индикаторы ледниковых условий. Покровным оледенением в интервале 2,5–2,4 млрд лет были охвачены многие щиты. Средние температуры протерозоя колебались от +8 до +18 С (в мезозое они были выше +18 С, а ныне – +15 С).

Наращение фитомассы определило повышение содержаний кислорода, а отсюда уменьшение подвижности железа. Следствием этого является практическое исчезновение в разрезах рифея железистых кварцитов и появление красноцветных формаций. Одновременно продолжалось изъятие CO_2 . Это фиксируется резким в истории Земли ростом обилия и разнообразия строматолитов, а также положительной крупнейшей изотопной аномалией углерода δ до +12–15 ‰ POB . В процессе развития органической жизни в значительных объемах наряду с накоплением в атмосфере этого элемента происходило его изъятие из неё. Если на рубеже архея и протерозоя она была преимущественно азотной, то нарастание количеств O_2 происходило одновременно с изъятием из нее части N.

Осадконакопление уже в начале раннего протерозоя было довольно разнообразным. В складчатых поясах преобладали осадочно-вулканогенные толщи, тогда как на протоплатформах были развиты преимущественно осадочные образования. Индикаторной формацией для рассматриваемого времени является железисто-кремнистая с содержаниями железа от долей до 40 %, джеспилиты встречаются в разрезах всех докембрийских кратонов. Терригенные породы характерны для начальных и конечных этапов тектоно-седиментационных циклов, представлены как континентальными, так и морскими разностями. К первым относятся грубообломочные плохо сортированные конгломераты, гравелиты, аркозы, метапесчаники, иногда с примесью пирокластического материала и кислыми вулканитами, тиллиты. Часто породы окрашены в красные цвета, свидетельствующие о присутствии трёхвалентного железа, а значит о наличии свободного кислорода. На площади континентов выделены 13 регионов, в пределах которых распространены раннепротерозойские экзогенные месторождения, рассматриваемые как историко-минерагенические провинции (рис. 2.8).

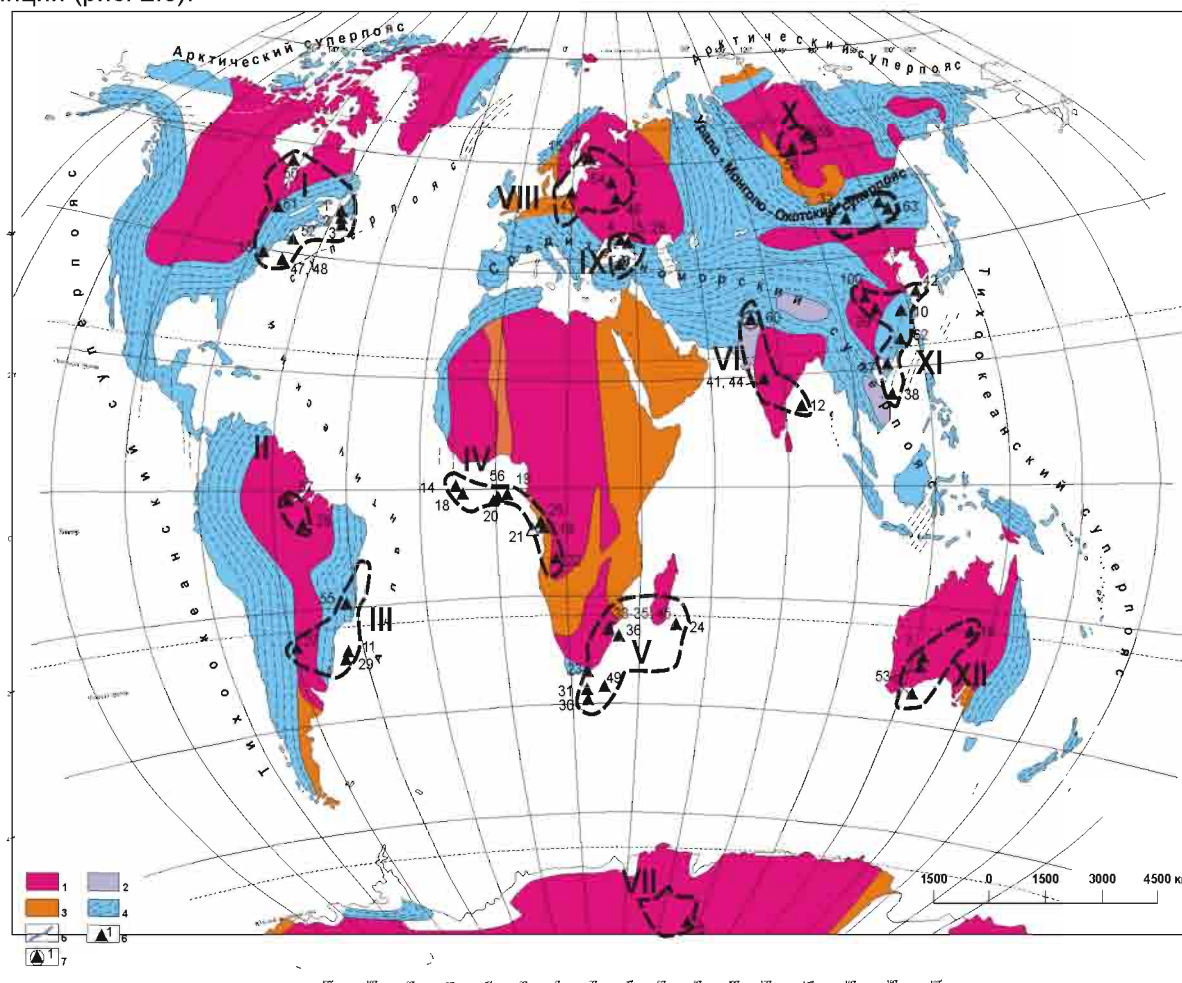


Рис. 2.8. Экзогенные месторождения и историко-минерагенические провинции (ИМП) раннепротерозойского этапа. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицированной. 1-2 – экзогенные месторождения, в т.ч.: 1 – бокситы и высокоглинозёмистые породы. 2 – Fe, Mn руды, медистые песчаники, каолины, Zr-Ti россыпи. Остальные условные обозначения см. рис. 1.1. Римскими цифрами обозначены ИМП: – Восточно-

Лаврентийская, II – Гвианская, III – Восточно-Бразильская, IV – Западно-Африка-нская, V – Южноафриканско-Мадагаскарская, VI – Памиро-Североиндийская, VII – Антарктическая, VIII – Скандинавско-Карельская, IX – Курско-Криворожская, X – Анабаро-Оленекская, XI – Восточно-Китайская, XII – Западной и Южной-Австралии, XIII – Байкало-Амурская.

Раннепротерозойские экзогенные месторождения и проявления:

I – джеспилиты и прочие железорудные стратифицированные, основные рудные пояса, провинции, районы: 1-3 – **Лабрадор**, железорудный пояс. Группы месторождений: 1 – **Шеффервилл**, Квебек; 2 – **Уабуш**, 3 – **Маунт Райт**, Ньюфаундленд; 4-5 – **Курская магнитная аномалия**, в т.ч.: 4 – **Михайловское** месторождение, 5 – месторождения **Оскольской** группы; 6 – **Криворожский** железорудный бассейн; 7 – **Хаммерсли**, Западная Австралия. Раннепротерозойский железо- и марганцеворудный бассейн; 8 – **Принс Чарльс** (горы), Антактида; 9 – **Алданский** щит, Якутия. Осадочные гематитовые руды (**Атугей-Сутамские** проявления); 10 – **Шаньдунский** антиклинорий, Китай; 11 – **"Железный Четырехугольник"**, Бразилия; 12 – **Сингбхум**, Fe-Mn бассейн на северо-востоке Индии; 13 – **Сьюпериор**, оз. Верхнего; 14 – **Марампа**, Либерия; 15 – **Бьёрневанн**, север Норвегии.

II – первично осадочные золоторудные в железистых кварцитах и прочих первично осадочных толщах (реювенированы в поздние этапы): 16 – **Космо-Хоули**, Северные Территории, Австралия. Кварц-сульфидные прожилки с Au в горизонте джеспилитов;

III – первично осадочные марганцевые: 17 – **Вестполлтинд**, Норвегия; 18 – **Маунт Детроу**, Либерия; 19 – **Нсута**, Бенин; 20 – **Корхого** (рудная зона), Кот-д'Ивуар; 21 – **Моанда**, Габон; 22 – **Кизенга**, Заир; 23 – **Блэк Рок**, пустыня Калахари, ЮАР; 24 – **Мадагаскар**. «Нижняя графитовая свита» с Mn в сильно углеродистых породах; 25 – **Мунана**, Габон. Марганцевые и богатые U-V руды; 26 – **Тим-Ястребовская** грабен-синклиналь, КМА; 27 – **Морро ду Урукум**, штат Мату Гросу, Бразилия. Залежи Mn и Fe раздельные; 28 – **Серра ду Навиу**, Амапа, Бразилия; 29 – **Морру ду Мина**, штат Минас Жераис, Бразилия; 30 – **Постмасбург**, осадочный бассейн, ЮАР; 31 – **Калахари**, или **Курумман**, ЮАР;

IV – первично осадочные (эксгальационно-осадочные) медные: 32 – **Удоканский** рудный район. Промышленное значение имеют Cu, Ag, Au, возможно, магнетит, платиноиды; 33 – **Аляска**, север Зимбабве; 34 – **Мангула**, север Зимбабве Cu-U; 35 – **Соньяти**, север Зимбабве; 36 – **Умкондо**, юго-восток Зимбабве; 37 – **Шимен**, запад пров. Хунань, Китай; 38 – **Куйсен-Тинтимань**, Гуанси-Чжуанский автономный район, Китай; 39 – **Шаньси**, одноименная пров. Китая; 40 – **Воронов Бор**, Карелия;

V – первично осадочные (эксгальационно-осадочные) полиметаллические, Ag, W: 41 – **Рампура Агуча**, **Раджпура Дариба**, Индия. Pb; 42 – **Камдок**, Северная Корея. Pb; 43 – **Цингеруван**, Швеция. Pb-Zn; 44 – **Бхарак**, Индия. Ag; 45 – **Пиривури**, Зимбабве. W;

VI – ураноносные, редкометалльные, золотоносные метаморфизованные россыпи: 46 – **Птицефабрика**, Карелия. U; 47 – **Блайнд-Ривер** (бассейн Blind-River), Онтарио, Канада. U; 48 – **Эллиот Лейк** (рудное поле), Онтарио, Канада. Урановые **Stanleigh, Denison**; 49 – **Виватерспранд**, ЮАР. Au-U и алмазоносный осадочный бассейн; 50 – **Энандой-Ранкин**, пров. Нунавут, Канада. Осадочный бассейн. Золотоносные конгломераты (**Фат Лейк** и др.); 51 – **Харвиц**, у г. Чёрчил, Манитоба, Канада. Золотоносные конгломераты (ЗК); 52 – **Маттагами Лейк**, юго-запад пров. Квебек, Канада. ЗК, аркозы, алевриты; 53 – **Наллагайн**, кратон Пилбара и север кратона Йилгарн, Австралия. ЗК; 54 – **Центрально-Карельский** блок. Два уровня ЗК; 55 – **Жакобина**, штат Баия, Бразилия. ЗК, с U и алмазами; 56 – **Тарква** (серия и рудное поле), на юге Ганы. ЗК; 57 – **Орапу** (бассейн реки), Суринам. ЗК;

VII – метаморфизованные коры выветривания: 58 – **Анабарский** щит. Высокоглиноземистые гнейсы– гранат-графит-силлиманитовые с кордиеритом и др. (Al); 59 – **Оленекское** поднятие, Якутия. Кора выветривания мощностью 1-80; 60 – **Снежное**, **Трика**, **Надежда**, Центральный Памир. Месторождения рубина среди мраморов PR₁.

VIII – фосфаты, тальк, графит, сидерит: 61 – **Фуню-Дабе** (платформенный антиклинорий), пров. Цзянсу, Китай. Скопления фосфатов; 62 – **Ляодунский** полуостров, Китай. Залежи гематита, сидерита, талька, графита; 63 – **Союзное**, Амурская область. Графит.

Железные руды

Раннепротерозойский этап оставил в пределах пограничных территорий Канады и США огромные аккумуляции джеспилитов. В гудзонский этап возникли гигантские скопления таконитов и полутаконитов пояса (трога) **Лабрадор** Канады. Железорудные тела мощностью 60-165 м прослежены здесь иногда на расстояния в сотни километров, а вся протяженность пояса по восточному краю кратона Сьюперия от залива Унгава до озера Плетипи в Квебеке оценена в 1300 км при максимальной ширине около 100 км в центральной части. Месторождения «Железорудной площади Квебек-Лабрадор» (начали активно осваивать в начале 1950-х гг. В 1954-1982 гг. в г. на предприятиях г. Шеффервилл, получили более 150 млн т кусковой и тонкомолотой руды. Месторождения образуют группы, в т.ч.: **Шеффервилл**, пров. Квебек; **Уабуш**, **Маунт Райт**, **Ньюфаундленд**.

На севере Лабрадора у залива Унгава и юге полуострова магнетитовые и гематитовые кварциты весьма метаморфизованы и трудны для обогащения. В этом отношении от них выгодно отличаются месторождения центральной части пояса. Здесь известны ресурсы руд со средним содержанием 30-35% железа около 25 млрд т. Богатые руды (51-66% Fe), – вторичные. Их залежи возникли в мезозое в результате воздействия грунтовых вод на железистые кварциты. Геологические запасы железных руд пояса **Лабрадор** – 45,5 млрд т, дополнительный потенциал – более 7 млрд т. Залежи трога Лабрадор сложены рудами четырех типов: 1 – «мягкими», образованными путем выщелачивания и обогащения слабо метаморфизованных железо-кремнистых образований. Это преимущественно рыхлые тонкозернистые вторичные оксиды железа (гематит, гётит, лимонит); 2 – таконитами, тонкозернистыми слабометаморфизованными с повышенным содержанием магнетита, которые обычно называют «магнетитовыми железорудными образованиями»; 3 – метатаконитами, более сильно метаморфизованными грубозернистыми породами со спекуляритовым гематитом и, меньше, магнетитом, основных рудных минералов; 4 – «твердыми» богатыми гематитовыми рудами небольших проявлений.

В районе озера Верхнее неогархейская-раннепротерозойская (2,7-1,9 млрд лет) железорудная провинция занимает площади штатов Миннесота, Висконсин, Мичиган, США и пров. Онтарио, Канада. Здесь такониты содержат 20-33% Fe, гипергенные образования по таконитам – 51-64% Fe. Пласты таконитов имеют мощность 15-300 м. Запасы 50-70 млрд т. Таконитами (железистые микрокварциты, по Таконскому хребту на востоке США) называют первичные железистые породы гранулярной слоистой текстуры, обычно небогатые железом – 25-35% (Дымкин, Чайка, 1992).

Курская магнитная аномалия (рис. 2.9) занимает большую часть Белгородской, Курской, Орловской областей. Протяженность бассейна – 600 км, ширина – 150-250 км, общая площадь – 120 тыс. км².

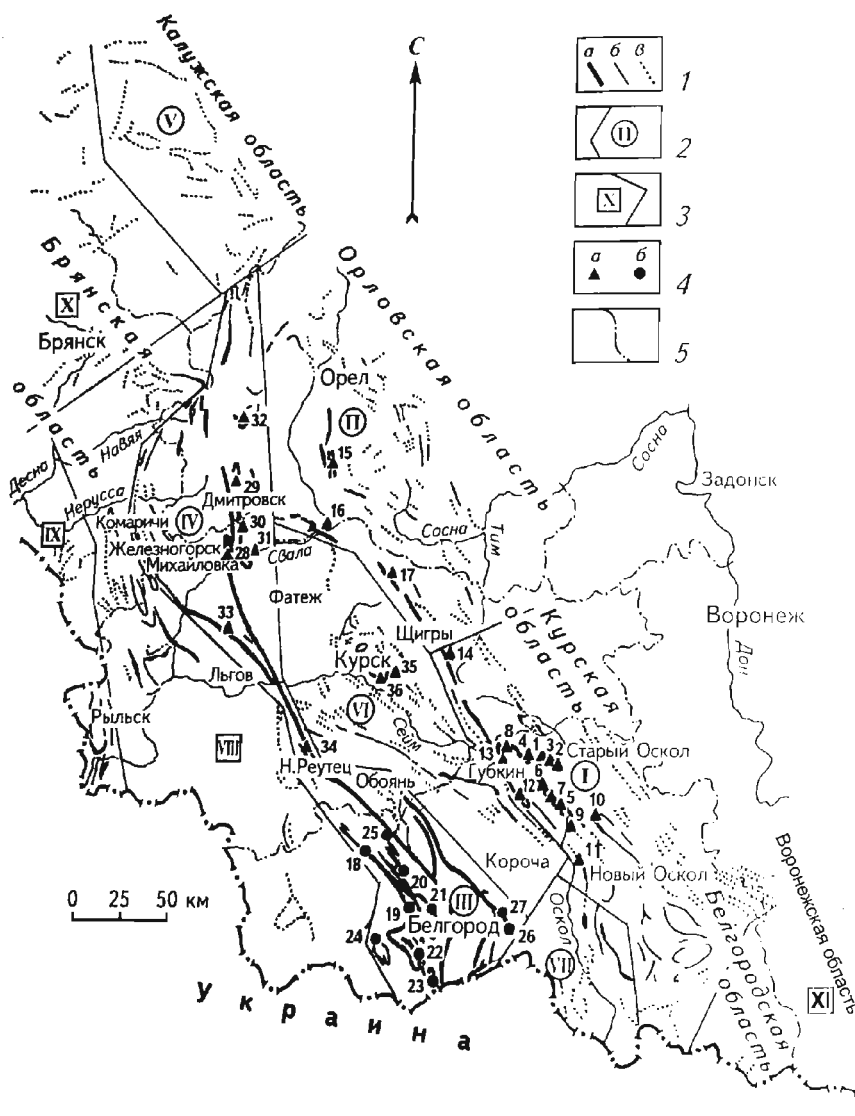


Рис. 2.9. Обзорная схема Курской магнитной аномалии.

1 – вызывающие магнитные аномалии железорудные толщи мощностью от 200 до 1000 м более (а), от 30 до 200 м (б), до 30 м и неясных масштабов (в); 2 – железорудные районы: I – Оскольский, II – Орловский, III – Белгородский, IV – Михайловский, V – Баятинский, VI – Курский, VII – Валуйский; 3 – металлогенические зоны (VIII – Льговская, IX – Крупецкая) и области (X – Брянская, XI – Россошанская); 4 – железорудные месторождения, участки железистых кварцитов (а), богатых руд (б): Оскольский железорудный район: 1 – Лебединское, 2 – Стойленское, 3 – Стойло-Лебединское, 4 – Коробковское, 5 – Приоскольское, 6 – Салтыковское, 7 –

Александровское, 8 – Панковское, 9 – Чернянское, 10 – Северо-Волотовское, 11 – Погромцековское, 12 – Огибянское, 13 – Осколецкое, 14 – Щигровский; Орловский рудный район: 15 – Орловское, 16 –

Воронежское, 17 – Петровский; Белгородский рудный район: 18 – Яковлевское, 19 – Висловское, 20 – Гостищевское, 21 – Мелихово-Шебекинское, 22 – Разуменское, 23 – Таволжанский, 24 – Олимпийский, 25 – Ольховатское, 26 – Шемраевское, 27 – Большетроицкое; Михайловский рудный район: 28 – Михайловское, 29 – Новоялтинское, 30 – Курбакинское, 31 – Лев-Толстовский, 32 – Нарышкинский, 33 – Яценское, 34 – Дичнянско-Реутецкое; Курский металлогенетический район: 35 – Бесединский, 36 – Кувшиновский; 5 – границы административных областей.

Здесь имеется свыше 100 месторождений железных руд с общим потенциалом 1514 млрд т железистых кварцитов и 72 млрд т богатых железных руд («Железные руды КМА», 2001). К настоящему времени разведанные запасы железных бассейна КМА составляют шестую часть мировых и 66 % российских. Основные залежи приурочены к кристаллическому фундаменту Воронежской антеклизы, залегающему на глубинах 60-650 м. Здесь принято традиционно различать бедные и богатые руды. Бедные руды это магнетитовые, магнетито-гематитовые и гематитовые джеспилиты курской серии нижнего протерозоя, мощность залежей которых меняется от первых м до 700 м на юго-западе бассейна

Богатые руды (мартит, железная слюда, лимонит, сидерит) принадлежат двум морфологическим типам: залежам на выходах пластов железистых кварцитов и крутопадающим телам, уходящим до глубины 500-700 м (**Яковлевское** месторождение). Богатые руды явились продуктом выветривания железистых кварцитов. Ресурсы железистых кварцитов 856 млрд т до глубины 0,7 км, а с учетом более глубоких горизонтов – 9000 млрд т. Богатых железных руд до глубины 1,2 км – 82 млрд т, включая разведанные и оцененные запасы, – 25 млрд т. В Северо-Восточной зоне активно эксплуатируются открытым способом **Стойленское, Стойло-Лебединское, Лебединское** месторождения, действует **Коробковский** подземный рудник. Они обеспечивают сырьем Старооскольский электрометаллургический и Липецкий металлургический комбинаты. Наиболее крупными являются месторождения **Михайловское** в Курской (11575 млн т прогнозных ресурсов по категории Р1) и **Оскольской** группы Белгородской областей (**Лебединское** – 10 млрд т ресурсов, содержание Fe – 34%, **Стойло-Лебединское** – 1 млрд т ресурсов, 35% железа в запасах и т.д.).

Криворожский железорудный бассейн занимает площадь около 300 км² в Днепропетровской области Украины, рис. 2.10. В структурном отношении он расположен в пределах узкого (10 км шириной) меридионального Кременчугско-Криворожского приразломного синклинория, ограничивающего с запада Приднепровский блок, реликтовое сооружение с древнейшими гранито-гнейсовыми комплексами платформ. По выходам пород синклинорий прослежен на 50 км, по данным бурения – на 220 км. Магнитометрические материалы позволили проследить эту структуру на 1000 км между Херсонской аномалией и Юго-Западной (Белгород-Михайловской) синклинорной зоной КМА. Параллельно Кременчугско-Криворожско-му синклинорию тянется Западно-Ингулецкая краевая зона. Их общая ширина достигает 70 км. Основные рудные залежи обнаружены в полосе шириной 2-7 км, вытянутой в меридиональном направлении примерно на сто километров вдоль рек Желтой, Саксагань, Ингулец, относящихся к бассейну Днепра.

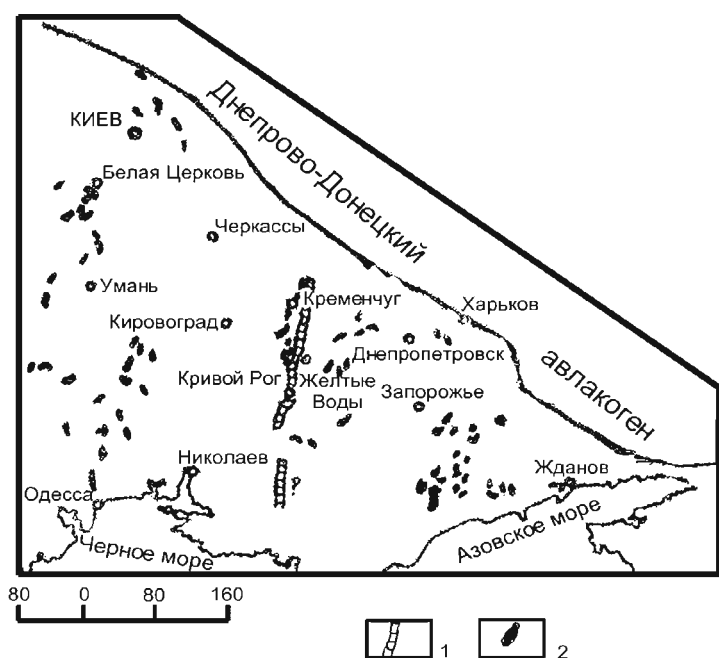


Рис. 2.10. Криворожский железорудный бассейн. Основные запасы богатых железных руд со средним содержанием 57,6% (1,7 млрд т), магнетитовых (запасы 11,6 млрд т) и немагнитных железистых кварцитов (2,6 млрд т) приурочены к первичноосадочным образованиям криворожской серии нижнего протерозоя. По (И.Н.Щеголев, 1985), с изменениями. 1 – магнитные аномалии, связанные с образованиями железорудной криворожской серии нижнего протерозоя; 2 – то же, с архейскими породами.

Основной рудной толщей является средняя свита криворожской серии нижнего протерозоя мощностью до 2 км). Она содержит до 7-8 пластов джеспилитов, хотя иногда их число не превышает 2-3. По гематитовым, магнетитовым, гематит-магнетитовым

разностям железистых кварцитов (их до 20% от всего количества кварцитов бассейна) может быть развита зона окисления мощностью до ста метров, а иногда до 1 км и более (А.Д. Савко, А.Д. Додатко, 1991). Джеспилиты обычно содержат 30-45% железа, магнетитовые кварциты – 25-30%. Богатые руды криворожского типа образуют столбы, линзы, штоки, гнезда на контактах со сланцами и внутри рудной свиты. На глубине около километра и более в пришарнирных частях синклиналей они сливаются вместе с формированием единых мощных залежей (рис 2.11). Более половины запасов принадлежит гематит-мартитовым («синька»), мартитовым рудам. В них железа – 63,7%, серы – 0,043%, фосфора – 0,026%. Распространены также мартито-гематито-красковые («краска»), разности. «Синьки» и «краски» являются продуктами окисления первичных железистых минералов джеспилитов в условиях выветривания после выноса из них кварца. Запасы богатых руд со средним содержанием 57,6% определены в 1,7 млрд т, магнетитовых кварцитов – 11,6 млрд т, немагнитных разностей кварцитов – 2,6 млрд т.

В Южной Америке образования палеопротерозойской группы Итабира вмещают железорудные месторождения мирового уровня. Основные залежи находятся в пределах **«Железного Четырехугольника»**, где

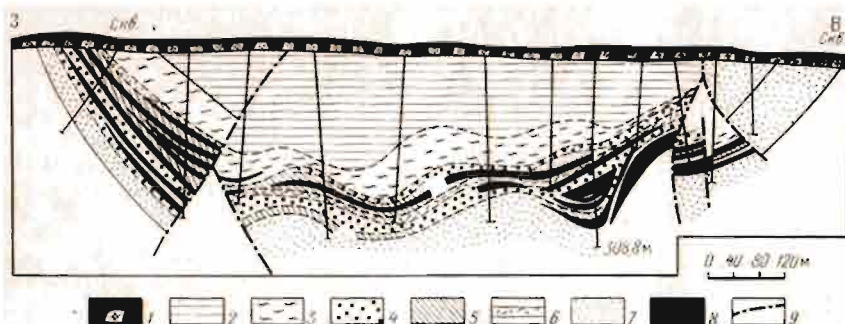


Рис. 2.11. Геологический разрез через участок Восточно-Ингулецкой синклинали на юге Кривого Рога (месторождение им. Валявко) и положение основных железорудных залежей. Рудное поле шахты №5. По Я.Н. Белевцеву (1979,). 1 – почвенный слой; сланцы: 2 – углисто-серицитовые; 3 – кварц-хлорит-серицитовые; 4 – метипресчаники, кварциты; 5 – сланцы магнетит-хлоритовые; 6 – брекчии седиментационные; 7 – роговики магнетит-мартитовые (магнетитовые); 8 – железные руды; 9 – разрывные нарушения.

известны 125 месторождений железа, связанных с итабиритами серии Минас палеопротерозоя (2,8-2,0 млрд лет). Ресурсы этого района оценены в 30 млрд т. Богатые руды, представляющие кору

выветривания кайнозойского возраста по джеспилитам, содержат 63-69% металла. Итабириты – оксидные железистые кварциты, в которых кремнистые или яшмовые прослои перекристаллизованы в агрегат кварца. Магнетит, гематит образуют слои при низком содержании мусковита. Они отличаются от таконитов почти полным отсутствием силикатов, от кварцитов –

содержанием более 10% минералов железа, от «железняков» – присутствием более 10% SiO_2 . Месторождения джеспилитов имеются в Уругвае и Аргентине, где разрабатываются открытым способом. В верхах разрезов на железистых кварцитах развиты элювий с богатыми рудами.

ЮАР, добывшая в 2009 г. 53 млн т железной руды, является седьмым в Мире её производителем. Там же отмечено: резервы железных руд в стране составляют 1 млрд т (650 млн т Fe). Большая их часть находится в провинции Северный Кэйп, близ крупнейшего марганцеворудного поля **Калахари**. В ЮАР железорудные образования раннего докембрия развиты в бассейнах: **Грикваленд Вест** и **Трансвааль**. Все они входят в состав супергруппы Трансвааль (2,65-2,05 млрд лет).

В Западной Африке основные месторождения железистых кварцитов железисто-сланцевого типа распространены на Леоно-Либерийском щите. Эти объекты во многих источниках характеризуют как итабириты, схожие с теми, что распространены на востоке Бразилии. Делают вывод: в нынешних Западной Африке и на Амазонском кратоне они формировались в едином бассейне до открытия впадины Атлантического океана. Залежи железных руд активно разрабатывают в Сьерра Леоне, Либерии. Известны они в Гвинее (**Нимба**, у границы со Сьерра Леоне), Сенегале (**Фалеме**), Мавритании (рис. 2.12), Чаде, Анголе, Камеруне, Нигерии, Республике Конго.



Рис. 2.12. Железорудное месторождение Каут, Мавритания

На Китайской платформе главная железорудная эпоха относится к палеопротерозою. В основании ее разреза залегают конгломераты, гравелиты, кварциты, кремнистые мраморы, филлиты. Пластовые залежи гематитовых, магнетит-гематитовых, магнетитовых джеспилитов тяготеют к горизонтам слюдястых сланцев. Мощность отдельных рудных пластов достигает до 150 м. Они обнаруживаются на обширных территориях, что обуславливает большое экономическое значение железорудных месторождений Верхнего Утая. Железистые уровни имеют мощность от десятков до сотен метров и широкое площадное распространение.

На северо-востоке Индии известен железорудный и марганцевый бассейн **Сингбхум**. В отложениях системы Сатпур (названа по местному хребту, северней свода Сингбум) среди кристаллических сланцев обнаружены скопления марганцевоносных пород-гондитов. Мощные аккумуляции руд черных металлов используют металлургические комбинаты г.г. Ранчи, Бхилаи и др. В штате Бихар эксплуатируют месторождение **Синг-бхум**, штате Орисса – **Кеонджхар**, **Маюрбхандж**, **Сунн-даргарх** (Fe, Mn, Cr), Мадхья-Прадеш – **Даллираджджара**, **Беладила** (Fe), **Чхиндвара**, **Балагхат** (Mn). Гематит-магнетитовые, карбонатно-магнетитовые и другие руды распространены среди первично осадочных пород дхарвара, возраст всей системы которого 2600-1900 млн лет. Полосы железистых кварцитов тянутся на сотни кило-метров, мощности рудной толщи до 1 км.

В Австралии аккумуляции полосчатых железных руд нижнего докембрия широко распространены. Выдающиеся аккумуляции железных руд бассейна **Хамерсли**. (2765–2470 млн лет) занимают площадь 600х350 км. Продуктивные залежи приурочены к группе Хамерсли, представленной чередованием железистых и сланцевых формаций, из которых пять железистых имеют общую мощность 1145 м. Железные руды добываются на пяти рудниках. В 2006 г. получено 97,2 млн т руды. На юге Австралии также имеются месторождения железистых кварцитов (рис. 2.13).

Таким образом, большая часть месторождений железа в виде железистых кварцитов приурочена к нижнепротерозойским отложениям и известна на всех континентах Мира.

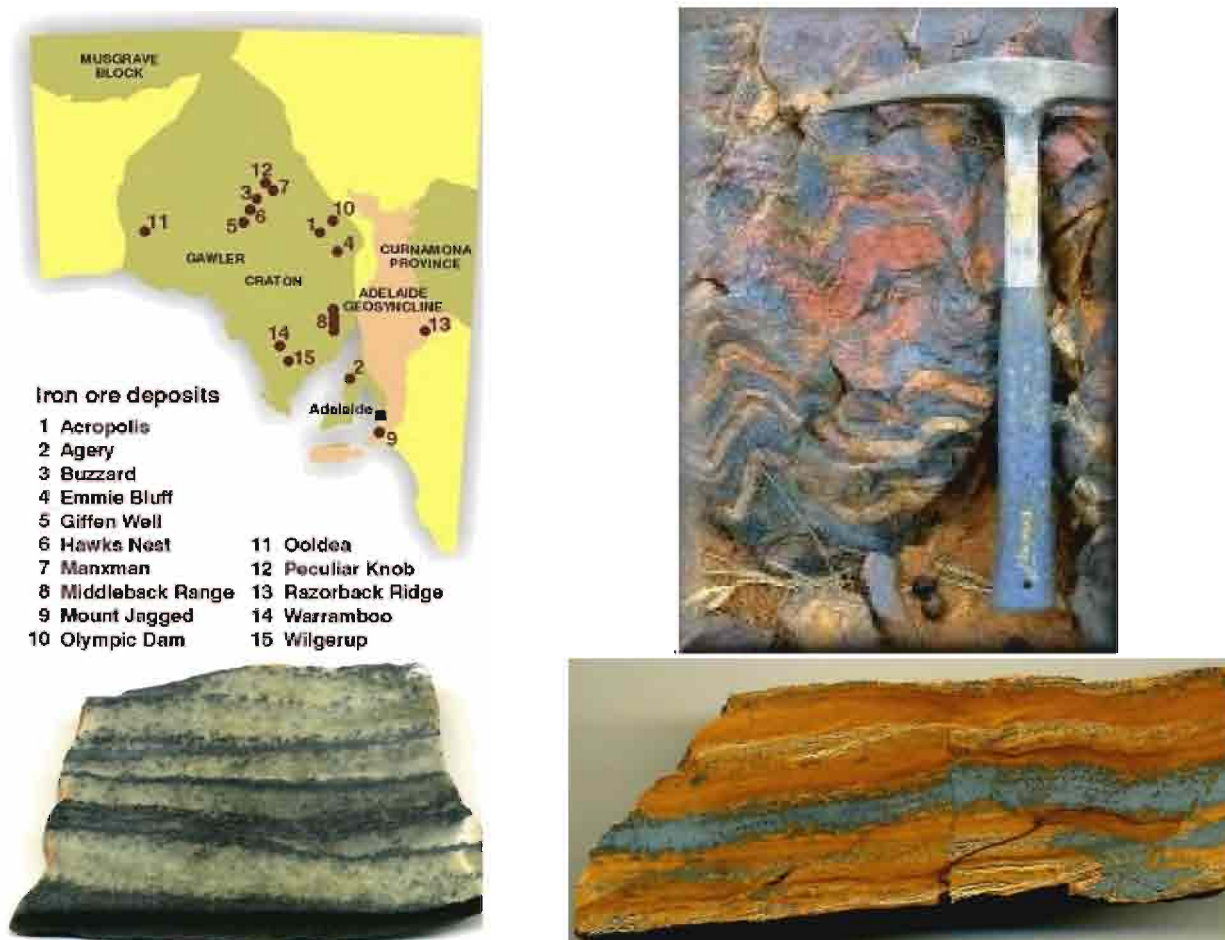


Рис. 2.13. Месторождения докембрийских железных руд на юге Австралии и их типы. Вверху слева – карта основных месторождений. По (PIRSA Minerals, 2010). http://outernode.pir.sa.gov.au/_data/assets/image/0015/11292/state_ironore_sm.jpg. Вверху справа - джеспилиты месторождения **Уилгена Хилл**, район Мидлбэнк Рэйнджис, Южная Австралия. По (PIRSA Minerals, 2010). http://outernode.pir.sa.gov.au/_data/assets/image/0015/11319/ironore

_wilgena.jpg. Внизу слева - джеспилиты палеопротерозойской железорудной формации Лауэ Мидлбэк), субгруппа Мидлбэк, группа Хатчинсон, размер образца 8,4 см по наибольшей ширине). Светло-серое кварц, темно-серое гематит. Внизу справа – джеспилит формации Лауэ Мидлбэк, измененный. Оранжево-коричневое – кварц в смеси с лимонитом, серебристо-серое – гематит. Последние два фото из <http://www1.newark.ohio-state.edu/Professional/OSU/Faculty/jstjohn/BIFs/LowerMiddlebackFeFm1.jpg>; <http://www1.newark.ohio-state.edu/Professional/OSU/Faculty/jstjohn/BIFs/LowerMiddlebackFeFm2.jpg>

Марганцевые руды

В Бразилии, штате Минас Жераис, известны и многочисленные аккумуляции Мп. Среди них выделяется по масштабу **Морру да Мина** (2,6-2,0 млрд лет). Залежи находятся среди марганцовистых силикатных пород, вложенных в графитовые филлиты, присутствуют амфиболиты и слюдястые сланцы. В первичных рудах наблюдается обилие родохрозита $MnCO_3$ первично осадочного происхождения, накопившегося совместно с железом и кремнеземом. Коры выветривания в верхней части разрезов содержат 50% Мп и более. В Северной Бразилии разрабатываются богатые марганцевые руды с родохрозитом месторождения **Серра ду Навиу**. Оно одно обеспечивает две трети всей добычи марганца Бразилии (А.М. Дымкин, В.М. Чайка, 1992).

В ЮАР месторождения оксидных и карбонатных руд **Наматван**, **Весселс** локализованы среди морских мелководных образований с полосчатыми железорудными залежами формации Хотазел (2,24 млрд лет), входящей в группу Постмасбург супергруппы Трансвааль (2,53-1,9 млрд лет). Все они находятся в поле **Калахари**, или **Куруман**, с крупнейшими в Мире потенциальными ресурсами 13,6 млрд т при содержаниях Мп 20-48%. Три пласта марганцевых руд перемежаются в разрезе с железистыми кварцитами той же мощности 1-45 м. Содержания REE и TR свидетельствуют, что первичные марганцовистые осадки накопились в глубоководном аноксидном океаническом бассейне.

Весьма крупные месторождения сформировались в раннем докембрии на Леоно-Либерийском (Западно-Африканском) щите в Гане, Буркина Фасо, Гвинее, Мали, Кот-д'Ивуар, на востоке Либерии. На плато Бангомбе, Габон, мощная марганцевая кора месторождения **Моанда** перекрывает черные сланцы серии Франсвилль (около 1,75 млрд лет; по другим данным, 2,1 млрд лет). Главный продуктивный горизонт мощностью до 10 метров (манганит, псиломелан, пиролюзит) прослежен на площади около 30 км². В Габоне оруденение на юго-востоке страны. Залежи Мп – в отложениях формации Франсвилль, 1,75 млрд лет, богатые U-V руды – в приразломной зоне среди песчаников западной окраины бассейна Франсвилль. Запасы U определены в 4830 т, но добыча прекратилась в 1999 г.

На площади месторождения **Нсута**, Гана, распространены вулканогенные углеродистые сланцы бирримия (2,3-2,0 млрд лет). Руды связаны с гондитами, метаморфическими кварц-спессартитовыми породами. Рудные тела в углеродистых толщах имеют мощность до 50 метров и просеживаются на первые сотни метров. Марганцеворудные тела иногда золотоносные. Нижнепротерозойскими, и тоже в связи с образованиями бирримия, являются; 1 – месторождение **Маунт Дотроу**, округ Грэнд Геде, восточная Либерия; 2 – скопления марганцевых руд зоны **Корхого** (150 км длиной), **Мокта** в Кот-д'Ивуар; 3 – **Тамбао**, 300 км к СВ от Уагадугу в Буркина Фасо, рис. 2.14 Залежи развиты по гондитам.



Рис. 2.14 Выходы марганцевых руд месторождения Тамбао, 300 км к СВ от Уагадугу в Буркина Фасо. По (Study..., 2011). Слева – вблизи, справа – общий вид.

В Центральной Индии метаморфизованные марганцевые оксидные руды в Говари, штат Мадхья Прадеш, прорваны дайками пегматитов и кальцитовыми жилами уже после их метаморфизма в амфиболитовой фации. Здесь они залегают на контакте образований двух формаций группы Саусар – пелитов Мансар и доломитов Бичжуа.

В Австралии марганцевые руды в разрезах группы Фортескью, датированной 2,78–2,63 млрд лет, ассоциируют с толщами доломитов. В породах железорудных формаций группы Хамерсли цементом иногда выступают выделения минералов марганца – метапсиломелана, браунита, манганита, пиролюзита (А.М. Дымкин, В.М. Чайка, 1992). Месторождение **Вуди-Вуди** на востоке кратона Пилбара это крупнейший объект из серии подобных, открытых в «Марганцевой провинции Пилбара» вдоль восточных окраин бассейнов Хамерсли и Бангемол. Рудные массы выполняют неоднородности в доломитах, образуют линзы и пластовые залежи в брекчии Пинджиэн Черт над доломитами.

Высокоглиноземистое минеральное сырье

Среди объектов Южной Африки выделяются силлиманитовые месторождения **Бушменленда** и андалузитовые **Трансвааля**. В **Бушменленде** основное производство огнеупорной силлиманитовой продукции концентрируется в районе Aggeneys. Месторождения силлиманита размещены в подвижном поясе на юго-западной окраине кратона Каапвааль. Месторождения находятся в пределах полос-«эшелонов» протяженностью несколько километров. Промышленные (кварц)- силлиманитовые тела встречены в их кластерах на площади **Hoston**, силлиманит-корундовые - площадях **Achab** и **Swartkoppies**. Некоторые залежи площади **Achab** обогащены топазом. Параметры тел варьируют от нескольких дециметров мощности до 100 м в ширину при 250 м в длину. Самые крупные тела до начала эксплуатации насчитывали 200-250 тыс. т запасов. Месторождение Сварткоппис сложено рудами, обогащенными корундом (20-40%) и силлиманитом (60-80%). Руды массивной текстуры, от бледно-голубого до серого цветов. Размер зерен силлиманита сильно варьирует, часто тонкозернистые волокнистые разности развивались по грубозернистым игло- или снопообразным агрегатам минерала.

Все андалузитовые месторождения **Трансвааля** находятся в термальном ореоле палеопротерозойского изверженного комплекса Бушвелд (возраст гранитной серии 1950±50 млн лет, рудоносных дунитов 2060±27), прорвавшего образования супергруппы Трансвааль (2600-2100 млн лет). Разрабатываемые роговики содержат обычно 8-13% грубозернистого андалузита с длиной зерен-кристаллов 10-50 мм при диаметре 1-4 мм. Удаляется ситованием гранат и ставролит, роговики, рассматриваются как пустые породы. Нижний уровень рудной зоны мощностью 5 м именуется Зоной Гигантских Кристаллов из-за наличия кристаллов хиастолита длиной 10 см при ширине 1 см. Последняя переходит в нормальные роговики с грубозернистыми идиобластами хиастолита 1 см длиной. Большинство выделений хиастолита заключено в тонкую серицитовую рубашку. Последняя помогает кристаллам легко отделяться при дроблении и сепарации, тогда как серицит удаляется истиранием, и получают конечный продукт: очень грубозернистый и высокообогащенный андалузитовый концентрат.

Золотоносные и ураново-редкометалльные конгломераты

В Канаде очень крупным урановым считается осадочный бассейн **Блайнд-Ривер** на юге пров. Онтарио. Его нижнепротерозойские металлоносные конгломераты с вкрапленностью уранинита и браннерита, пиритом, цирконом, монацитом накопились 2,5 млрд лет назад [Романович и др., 1992, с. 272] или 2,1 млрд лет. Залежи локализованы в трех долинных депрессиях, вмещающих ураноносные зоны Куэрк, Нордик, Пронто. Все они выработаны в гранитоидах архея кратона Сьюпериор, но подстилаются сланцами и зеленокаменными породами. Ширина рудоносных зон – 2,5-3,0 км, прослежены они на 8,5-8,0 км. В рудных пластах содержания пирита составляют 3-12% цемента, прочих сульфидов менее 2% (молибденит, сфалерит, галенит, халькопирит). Содержания урана – около 0,1%, до 0,3%. Ресурсы урана в группе месторождений – около 300 тыс. т, из которых около 100 тыс. т уже добыто с 1950-х г.г. при разработке лучших залежей. Одним из важных рудных полей называют **Эллиот Лейк**, где известны месторождения крупное **Станлей** и суперкрупное **Денисон**. Запасы TR_2O_3 преимущественно иттриевой группы **Эллиот Лейк** – 24 тыс. т, содержания триоксида $TR-0,036-0,057$.

В Южной Америке Au-U конгломераты серии **Жакобина**, 1,8-1,5 млрд лет, (штат Баия, Бразилия) локализованы в узком меридиональном рифтогенном прогибе. Рудоносные пирит-кварцевые конгломераты небольшой мощности принадлежат средней части серии Жакобина, сложенной кварцитами, в т.ч. железистыми (итабиритами). Содержания золота в них 10-12 г/т, а урана – сотые доли процента. Мощность всей толщи с конгломератами составляет 1,2-1,5 км. Золотоносные косослоистые дельтовые и русловые образования рассматривают как первичную метаморфизованную континентальную россыпь схожую по генезису с Витватерсрандом. Нужно отметить намного меньшие масштабы первично осадочного бассейна Жакобины и его более молодой возраст. Золото здесь встречается не в базальных конгломератах (они пустые), а в конгломератах внутриформационных в интервале разреза 550-900 м над основанием серии, с размером галек 2-4 см. Золотины (субмикроскопические зерна и вроски в пирите) обнаруживаются в серицит-хлоритовом пиритизированном цементе (до 40%), в то время как в конгломератах с песчаным цементом металла почти нет. Здесь очень заметна прямая связь между пиритизацией и золотоносностью – более богата Au не подошва, а средняя часть пласта. Мощность пластов здесь

составляет 0,04-2,5 м. Протяженность золотоносных уровней – до 65 км. Разрабатывается несколько месторождений.

Южная Африка. Проблемы, касающиеся становления Au-U гиганта **Витватерсранд** в Южной Африке в ЮАР были затронуты в работе главе 1, посвященной архейскому гипергенному рудогенезу. Аккумуляции бассейна Витватерсранд не только архейские, но, частично, и нижнепротерозойские. Из месторождений нижнепротерозойских конгломератов группы Тарква Леоно-Либерийского щита (юго-запад Ганы) извлечено 105 т золота при содержаниях 7 г/т. Гораздо меньшие по масштабу месторождения имеются в других государствах Африки. Многие исследователи указывают на черты сходства палеороссыпей **Тарква** и **Витватерсранд**, однако, нельзя не отметить и несопоставимость их масштабов. Поле золотоносных конгломератов занимает площадь 300 км x 25 км. Золотоносные кварцевые конгломераты образуют «стога»-риффы в толще мощностью 40-110 м между пустыми осадочными породами. Пустые и бедные кварциты перемежаются с металлоносными слоями. Выделены около 10 таких участков. Добыча ныне ведется шестью открытыми карьерами, но есть перспективы и для подземной добычи. Au в тонких крупцах (50-150 мкм) встречено в филлосиликатах (листовые силикаты вроде слюды) основной массы конгломератов, иногда ассоциирует с перекристаллизованным гематитом. Более крупные золотины глобулярные, тонкие - сферические. Содержания серебра 3-7 г/т. В ассоциации с золотом обнаружены электрум и Cu-Au сплав. Доказанные 80 т при содержании 1,2 г/т Au.

В **Австралии** значительны ресурсы золота, сконцентрированные в осадочных горных породах нижнепротерозойской супертолщи Наллагайн, восток кратона Пилбара и север кратона Йилгарн. Продуктивны базальные конгломераты мощностью 30 метров. Золотом обогащены пиритизированные прослои мощностью примерно по 1 м каждый. Металл содержит только цемент, в то время как гальки «пустые». Золотоносная зона **Наллагайн, Мидл и Сэнди Крик** прослежена, по меньшей мере, на 40 миль (около 70 км). Месторождения Au приурочены к рифам. Золотоносные рифы невелики по масштабам, но иногда образуют линзовидные раздувы. Помимо рифов, золотодобычу вели и из конгломератов группы Наллагайн в двух местах – собственно **Наллагайн** и **Джаст-ин-тайм**. Разработки ведутся и в наши дни, но только из выветрелых конгломератов и только на малых глубинах.

Медистые песчаники

Финляндия. Zn-Cu месторождение **Хаммаслахти** находится на востоке страны. Залежи локализованы на контакте между аркозой и филлитовой толщами турбидитов. Эти плоские, «рыбоподобные» рудные тела частично перекрывают друг друга в разрезе, формируя эшелонированную (*en échelon*) структуру месторождения. Руды вкрапленные и брекчированные халькопирит-пирротиновые. Иногда сфалерит преобладает. Месторождение эксплуатировалось в 1973-1986 гг. Тогда из него получили 5,59 млн т руды, содержащей 1,11 % Cu и около 1 % Zn.

В **Кодаро-Удоканской** зоне **Алданского щита** (север Забайкальского края, хребты Кодар, Удоканский, Каларский) расположен крупнейший **Удоканский** рудный район. Меденосными являются метапесчаники, метасланцы и т.д. удоканской серии нижнего протерозоя, метаморфизованные в фации зелёных сланцев. В работе (Крупные..., 2006, с. 86) указан возраст оруденения – конец раннего мезопротерозоя. Пласты и линзы борнит-халькозиновых, пирит-халькопиритовых и других руд в пределах рудного района прослежены на расстояние до 3 км. Промышленное значение имеют Cu (запасы только на месторождении Удокан 20 млн т, содержания от долей процента до 36%), а также Ag (12,9 г/т), золото (до 1 г/т), возможно, магнетит, МПГ. Сам Удокан в Кодаро-Удоканской меденосной зоне не одинок. Его спутники, месторождения Бурпалинское, Ключевное, Красное, Правоингаматинское, Ункурское, это еще 12 млн т меди. Для залежей Контактного, Рудного, Солнечного на площади соседнего Чинейского плутона подсчитано дополнительно 8 млн т металла

Зимбабве. В нижнепротерозойских известняках, аргиллитах, аркозах, вулканитах медное оруденение встречено на севере (месторождения **Аляска, Мангула, Соньяти**). Залежи с халькозином, борнитом, халькопиритом Аляски у г. Чезуи (1,8-2,2% меди) вмещают сланцы и известковистые песчаники. Прослои, прожилки, вкрапленники этих минералов нередко располагаются вдоль трещин кливажа. Зона окисления с малахитом, азурином, фосфатами и силикатами меди имеет мощность до 25 м. Медно-урановое месторождения **Мангула** тоже локализовано в метаморфитах нижнего протерозоя Ломагунди, в различных их петрографических типах. На руднике Сильверсайд два рудных тела (меди 1,36%) встречены в хлоритовых сланцах, конгломератах, песчаниках. Борнит-халькопиритовые руды рудника Молли находятся среди аркозовых песчаников, где принадлежат вкрапленному и прожилковому типам. Залежь борнитовых руд прожилкового типа рудника Нора находится среди хлоритовых сланцев и кварцитов. Подсчитанные запасы руд – 35 млн т. Средние содержания меди – 1,2-2,3%, урана (в виде уранинита, уранофана) – 0,2% (Л.Ф.Наркелюн и др., 1983).

Алмазоносные конгломераты

В конце палеопротерозоя на кратоне Сан Франсиску, штат Минас Жераис, накопились алмазоносные конгломераты формации Сопа-Брумадинью (1,76 млрд лет) супергруппы Эспиньясу, рис. 2.15. В 1850-е годы в них открыли и стали добывать алмазы, что явилось первым случаем в мировой практике:

драгоценный минерал получали из литифицированных образований, а не из рыхлого аллювия россыпей. У пород формации Сопы есть свои особенности, характерные для площади (зоны) их распространения и для каждого из четырёх местонахождений: Сопы-Жуинда, Даташ, Экстраньян, Сан Жоао да Шапада. Само название «Сопы», в топонимическом отношении имеющее несколько интерпретаций, вышло в связи с важностью характеризующей стратиграфической единицы даже за пределы собственно геологии Бразилии. Этот район чрезвычайной горнорудной активности XVIII и XIX столетий отличается и ныне антропогенным ландшафтом. В нем отмечается «остаточная» горнорудная активность населения, рассматривающая ее как возможность случайного и опасного заработка, основы для выживания в нынешних условиях. Ныне бразильские ученые пытаются внедрить Программу самоокупаемого восстановления окружающей среды, позволяющую сохранить физико-ландшафтные особенности, фауну и флору района Сопы.



Рис. 2.15. Нижнепротерозойские алмазоносные конгломераты Сопы в алмазоносном районе (Диамантина). Кратон Сан Франсиску, штат Минас Жерайс, Восточная Бразилия. По Sá Carneiro Chaves et Ítalo Meneghetti Filho (рис. 3, с. 6).

Слева сверху: оставленный старателями карьер с глыбами твердых конгломератов (трудных для кустарной отработки). Справа сверху: одиночная глыба конгломерата в алмазоносном поле Сопы-Жуинда. Внизу: деталь этой глыбы – галька разной размерности и петрографического состава с кластогенным цементом.

Сульфидные медные и полиметаллические месторождения

В Швеции на юге пров. **Бергслеген** известны тысячи небольших железорудных и $Zn-Pb-Cu-Ag \pm Au$ месторождений, часто ассоциирующих с мраморами (микробиальные строматолитовые рифы). Разрабатывают четыре полиметаллических сульфидных: **Цинкгруван** (250 км юго-западной Стокгольма), **Карпенберг**, **Гарпенберг Норра**, **Ловиса**). В работе [Крупные..., 2006, с. 110] месторождение **Цинкгруван** характеризуют как $Zn-Pb-Cu-Ag$ раннепротерозойское (последняя четверть палеопротерозоя) осадочно-экспозиционное (SEDEX) стратиформное. Месторождения массивных сульфидов юга **Бергслегена** датируют 1,9 млрд лет. Руды **Цинкгруван** находятся среди калиевых метатUFFитов, перемежаемых мраморами, доломитами и тонкозернистыми кварцитами. Стратиграфически выше на сто метров $Zn-Pb$ залежей обнаружена пирротиновая минерализация. Тела массивных сульфидов прослежены по простиранию на расстояние до 5 км, в глубину – до 1,3 км. Мощность их не превышает 20 м. Ресурсы $Zn-Pb-Ag$ руды составляют около 40 млн т. В центральной части добыточного участка минерализованная зона подстилается субстратиформным телом с прожилковыми медными рудами, что и обуславливает специфическую $Cu-Zn-Pb-(Fe)$ зональность месторождения. Ресурсы цинковых руд в карьере по бортовому содержанию 3,1%

составляют 11,1 млн т с 9,1% Zn; 4,3% Pb; 92 г/т Ag. Ресурсы медных руд (бортное содержание для ресурсов 1,5%, резервов – 2%) – 2,9 млн т с 2,6% Cu, 0,3% Zn, 30 г/т Ag.

Месторождения урана

В Индии открыто позднепротерозойского (1580-1480 млн лет) месторождение **Джадугуда**. Со временем урановые аккумуляции обнаружили в штатах Раджастан, Андхра Прадеш, Карнатака, Чхаттисгарх, Мегхалая и др. Наиболее перспективными считаются ураноносные районы **Умра** возле Удайпур и **Рохил** у Джайпур. Урановая минерализация района **Умра** ассоциирует с доломитовыми известняками, углеродистыми филлитами и прочими темноцветными метаосадками нижнепротерозойской группы Аравалли. На площади **Рохил** она связана с зоной распространения альбититов-микроклинитов-пироксенитов «альбититовой линии» протяженностью 320 км. Оруденение локализовано в углеродистых филлитах и слюдястых сланцах нижнего протерозоя.

Рудные тела в **Умра** представлены линзами и четками в ослабленных зонах среди углеродистых филлитов. На площади **Удайсагар** минерализация ассоциирует с известковистыми, железистыми, марганцовистыми брекчиями по кремнистым сланцам, встречена в шир-зоне на контакте сланцев углеродистых и кварц-гранат-слюдястых. Урановые минералы представлены оксидами (кларкеит $(\text{Na,Ca,Pb})_2\text{U}_2(\text{O,OH})_7$, гуммит-урановая охра), силикатами (уранофан, казолит $\text{Pb}(\text{UO}_2)\text{SiO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), фосфатом-торбернитом. Вкрапленность урановых минералов отмечена в выделениях хлорита, биотита. Обогащенность углеродистых сланцев V, Cu, Pb, Zn, ионами радия объяснена их накоплением совместно с ураном при участии органического вещества на мелководном стабильном шельфе. Отобранные образцы породы с 0,5% и 0,7% U_3O_8 оказались подходящими для применения простых технологий выщелачивания с применением реагентов Na_2CO_3 и NaHCO_3 (87% извлечения в случае руд **Удайсагар Умбра**, 80% для конгломератов **Карбар Пашад**).

Финляндия. В ураноносной зоне Коли-Калтимо Восточной Финляндии обнаружена цепочка малых месторождений и проявлений урана в кварцевых конгломератах и кварцитах ятулия. Все они локализованы в пределах палеопротерозойского сланцевого пояса Хёйтияйнен. Большинство из них, такие как **Ипатти**, **Мартинмонтту**, **Руунаниemi**, относятся к песчаниковому типу, некоторые другие – эпигенетические. Таково, например, **Пауккаянваара** с вторичным обогащением на контакте с секущими метадолеритами. Из него извлекли 40 тыс. т руды с 0,14 % U. В зоне Коли-Калтимо обнаружен также ряд архейских ураново-ториевых жильных объектов в фундаменте, подстилающем арениты ятулия. Для них характерны те же протерозойские черты, что позволило их отнести к типу несогласия.

В **Карелии** основными полезными компонентами **Средней Падмы** являются уран, драгоценные металлы и ванадий, накопление которых связано со свекофеннской тектоно-магматической активизацией. В Онежской впадине, кроме **Средней Падмы**, известны также урановые месторождения **Верхняя Падма**, **Царевское**, **Весеннее**. Повсюду в них рудные залежи в сечении клиновидные, их облик шнуровидный, сигарообразный. Руды относят к типам: 1 – настуран-хромфенгит-роскоэлитовому (хромфенгит – разновидность мусковита); 2 – настуран-благороднометалльному-сульфидно-селенид-ному; 3 – франсвиллит-тюмунит-карнотитовому. Содержания урана обычно 0,1-0,25%, но иногда до п%. Очень много V_2O_5 – до 5%. Концентрации Cu порой достигают промышленного уровня (3%), как и Mo (до 1,5%). В рудах обнаружены Pd – 150-400 г/т, Pt – 15 г/т, Au – 50-200 г/т, Ag – 1,5 г/т (Недра..., 2001, с. 124). Месторождения **Падмы** приурочено к зоне брекчирования, возникшей на контакте между протерозойскими шунгитовыми сланцами и доломитами.

Фосфориты

Индия. Основная часть запасов фосфатов (85%) сосредоточена в палеопротерозойских фосфоритах района **Удайпур**, штат Раджастан. На месторождениях **Джхамаркотра**, **Матоон** в нижнем из двух продуктивных горизонтов богатые руды содержат P_2O_5 более 25%. Древние фосфориты приурочены к основанию нижнепротерозойской супергруппы Аравалли, в двух фосфатоносных районах Раджастана: **Удайпур** и **Бансвара**. Залежи ассоциируют, как и на прочих местных объектах, с доломитистыми известняками, слабо метаморфизованными, местами силицифицированными и брекчированными. Во многих местах в них обнаружены строматолиты.

В **Джхамаркотра** фосфатоносный горизонт прослежен на 16 км при мощности 1-25 м. Он образует в плане широкий аркообразный пояс, перекрывающий очень мощную толщу ортокварцитов и кремнистых пород. Собственно фосфориты относят к типам столбчатых (columnar), пластинчатых (laminar), переработанных с силицифицированием и брекчированием (обломки строматолитовых колоний в кремнистой и кварцевой основной массе). Содержания P_2O_5 во всех типах варьировать в интервале 12-38%. Небольшие местонахождения фосфоритов выявлены и среди образований формаций Сирика и Кушалгарх супергруппы Дели. Более-менее выдержанный пласт фосфоритов мощностью 2,5-3,9 м обнаружен в **Ачраул** у Сирика. Содержания P_2O_5 12,5-31,3%. Фосфориты района Удайпур в Раджастане – одни из древнейших на континентах Земли. Не смотря на то, что палеопротерозойские подобные образования открыты также, например, на КМА и Кольском

полуострове, только в Индостанской ИМП они активно разрабатываются и являются основным источником минерального сырья этого типа. Небольшие месторождения имеются в Китае.

Драгоценные камни

Очень интересны древние месторождения рубинов Центрального Памира. Среди них **Снежное**, **Трика**, **Надежда**, рис. 2.16.



Рис. 2.16. Раннепротерозойское месторождение рубинов Снежное на востоке Таджикистана. Слева сверху: бульдозер вскрывает вновь найденную жилу. Фото Richard W. Hughes/RWH Publishing http://www.ruby-sapphire.com/images/tajikistan_ruby_and_spinel/murghab_bulldozer_rh.jpg. Вверху справа: вкрапленники рубина и фуксита (зеленое) в слюдите. Фото Richard W. Hughes/RWH Publishing. http://www.rubysapphire.com/images/tajikistan_ruby_and_spinel/murghab_ruby.jpg. Внизу слева: два лота таджикских рубинов внизу и гранаты вверху. Фото Wimon Manorotkul/Pala International. http://www.ruby-sapphire.com/images/tajikistan_ruby_and_spinel/corundum_tajikistan-2-wm.jpg. Внизу справа: необработанный таджикский рубин в офисе Gubjemast, Душанбе. Фото Vincent Pardieu

В образованиях супергруппы Дели разновозрастный гранитоидный магматизм в пространстве не совмещен. Самый ранний эпизод отнесен к интервалу 1,7-1,5 млрд лет, проявившимся на СВ Раджастан в бассейне Анвар. Более молодые граниты «типа Эринпура» внедрились 850-750 млн лет назад в центральном и южном секторах бассейна Аравалли. Последнее событие оказало термическое воздействие на породы Анвар и отметили начало становления тел интрузивной свиты Малани Трансара-Валлийского террейна. Рубинсодержащее тело – «слюдиты» из хромсодержащего мусковита (35%), флогопита (35%), рутила, пирита, графита, плагиоклаза, скаполита, кальцита, в сумме до 30%, – имеет падение на юг 65-70°, мощность от нуля до 50 см, прослежено на расстояние до 290 м. В этом же пласте мраморов – другие месторождения рубина – **Трика**, **Надежда**. Кристаллы рубина до 20 см при весе до 2 кг и более. Предполагается, что рубины являются метаморфизованными бокситами.

Месторождения графита

В Еврейской автономной области, 360 км выше Хабаровска по Амуру, с 1920-х г.г. известно месторождение **Союзное**. Его явнокристаллический средне-мелкочешуйчатый графит распылен в

кварцитах, полевошпатовых сланцах, гнейсах союзненской свиты PR_1sz (рис. 2.17). Прогнозные ресурсы графита не менее 3 млрд т. Богатые графитовые руды содержат 5-30% графита. Запасы только Амуру-Бельского участка оценены в 8745 тыс. т руды, 1476 тыс. т. графита.

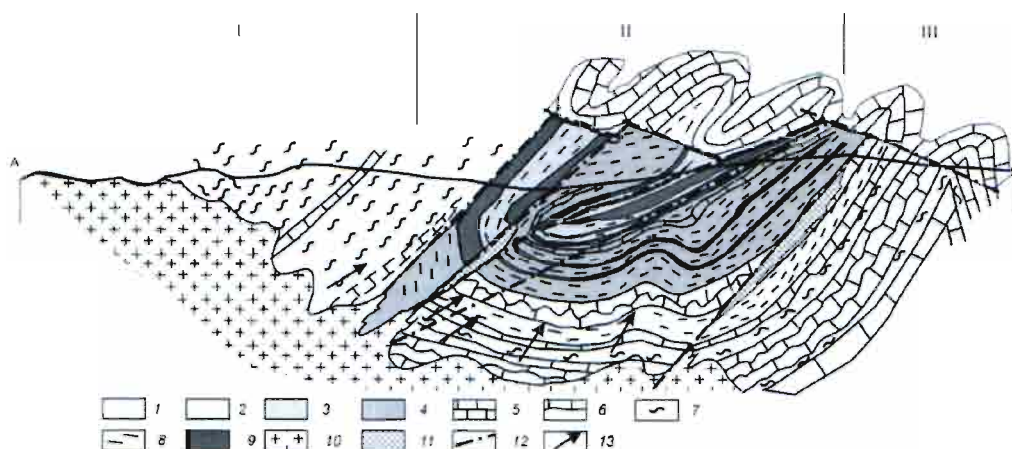


Рис. 2.17.
Аккумуляции графита в разрезе месторождения Союзное. Идеализированный разрез. По (В.А. Тимесков и др., 2009, рис. 2, с. 66]. Зоны: I – мигматитовые и гранитизированные породы, II – интенсивной трещиноватости, III – тектонической расчлененности, глубоких метасоматических преобразований; и метаморфических преобразований.

Стратиграфические подразделения: 1 – дитурская свита Rdt ; 2 – промежуточная свита; 3 – верхнесоюзненская подсвита PR_1sz_2 ; 4 – нижнесоюзненская подсвита PR_1sz_1 ; 5 – известняки; 6 – мраморы; 7 – сланцы кристаллические; 8 – тоже графитоносные кристаллические (1-2% графита); 9 – графитистые (15-30% графита); 10 – граниты биотитовые двуслюдяные; 11 – пегматиты; 12 – тектонические нарушения; 13 – предполагаемые направления флюидных потоков, согласно модели В.А. Тимескова.

Шунгиты

Уникальные месторождения шунгитов ("маковитов" и др.) разрабатывают в районе Онежской мульды на территории Карелии. По составу минеральной основы они разделены на алюмосиликатные, кремнистые, карбонатные, а по количеству углеродистого вещества – на шунгитсодержащие (менее 5% углерода), среднеуглеродистые шунгитистые (5-25% углерода), высокоуглеродистые шунгитовые (25-80% углерода). Крупный шунгитовый объект в Онежской структуре – **Зажогоно**. Залежь ассоциирует с туффовыми доломитами, углеродсодержащими сланцами. С углеродистыми высококалийными туфогенно-карбонатными шунгитоносными породами связывают появление U-Pt-Au-Cr-V оруденения месторождений **Онега (Средняя Падма)**, **Космозеро**, **Царевское**.

Первично осадочные месторождения вольфрама

На юге Африки докембрийские вулканогенно-осадочные месторождения вольфрама известны в Зимбабве. В.К. Денисенко, Д.В. Рундквист (1977) отметили вкрапленность шеелита и вольфрамита в кварц-турмалиновых породах формации Пиривири (1,95 млрд лет). Часть W здесь концентрируется также в кварц-турмалиновых жилках. Юго-западной, в подвижном поясе Центрального Намакаваленда ЮАР (северо-запад Капской провинции), установлена стратоподобная вольфрамовая минерализация. Минерализацию связывают с эксгальационными рассолами, содержащими B, F, W.

Месторождения боратов

На северо-востоке Китая открыто уникальное осадочно-метаморфогенное месторождение боратов **Венгкуангоу**. Его залежи локализованы среди палеопротерозойских магнезиальных карбонатных и силикатных пород с турмалином, микроклином, альбитом, людвигитом $(Fe_{2+}, Mg)_2Fe_{3+} \times [BO_3]O_2$, метаморфизованных в амфиболитовой фации и деформированных около 1,9 млрд лет. В субширотной синклиналильной форме протяженностью 4,5 км выявлены девять стратиформных залежей. Крупнейшая (рудное тело №1) занимает площадь 2,8 км x 1,5 км и имеет мощность 45 м. Все рудные тела отнесены к двум типам. Залежи типа А – метаосадочные согласные во вмещающих стратиформных магнезиальных карбонатах, преимущественно, в магнезитах. Их основной минерал суанит $Mg_2(B_2O_5)$, предположительно, образовался среди эвапоритов первично осадочных пород. Гидротермальные залежи типа В локализованы среди стратиформных магнезиальных силикатов, состоящих из брекчий либо деформированные пластообразные тела. Они имеют наибольшую промышленную ценность. Обломки в брекчиях представлены пластинчатыми тонкозернистыми форстеритом и диопсидом в основной массе, сложенной суанитом и магнезитом. Руды содержат 30,65% Fe и 7,23% B_2O_3 . Месторождение суперкрупное, содержит резервы 21,9 млн т B_2O_3 . О генезисе месторождения спорят, предлагая метасоматическую, мигматитовую гидротермальную гипотезы.

Месторождения магнезита

В Китае известны крупные и суперкрупные месторождения талька и магнезита с возрастом 2,3-1,0 млрд лет, распространенные в высокомагнезиальных толщах, относимых на востоке пров. Ляонин к раннепротерозойской формации Дашикиао группы Ляохэ. Соотношение изотопных составов S, C, O, Rb/Sr в обнаруженных здесь карбонатах, кварце, гипсе, тальке свидетельствует о тесной ассоциации залежей талька и магнезита с морскими эвапоритами, подвергнувшимися в дальнейшем интенсивной переработке при региональном метаморфизме и гидротермальном метасоматозе. Производство магнезита в пров. Ляонин в количестве 830 млн т.

Суперкрупным называют осадочно-метаморфогенное месторождение **Сяфаньшен** в префектуре Аньшань на востоке пров. Ляонин, с запасами 258 млн т. Вмещающие породы раннепротерозойской формации Дашикиао группы Ляохэ здесь представлены преимущественно двуслюдистыми сланцами, часто с силлиманитом, кианитом, ставролитом, магнезиальными мраморами, доломитовыми мраморами общей мощностью 3516 м. Залежи магнезита многослойные, стратиформные, средней мощностью 205 м, находятся в субширотной моноклинали протяженностью 3250 м. Руды обычно массивные. Магнезит преимущественно средне- и грубозернистый, содержит 47,3% MgO.

Северо-западной этого объекта, но тоже в пров. Ляонин, находится другое важное магнезитовое осадочно-метаморфогенное месторождение – **Сяошеньшуйцзи**. Пластовые залежи локализованы в центральной части третьего отдела раннепротерозойской формации Дашикиао группы Ляохэ. Они согласны с вмещающими породами, вытянуты на СВ 65-75° и полого наклонены к югу. Основное магнезитовое тело имеет длину 1760 м при мощности 390 м. Среднее содержание MgO – 44,47%.

Месторождения талька

Из примерно 40 стран, поставляющих на мировой рынок тальк (суммарное годовое производство в 2006 г. – 8,47 млн т) Китай является лидером, оттеснившим на второе и третье места США и Японию. 130 его производств, карьеров и шахт, обеспечивают получение около 3 млн т талька ежегодно. В 1997 г. в Китае получили 4,0689 млн т кускового и порошкового талька, 48% мирового производства в тот год. Возраст аккумуляций талька в пров. Ляонин определяют в 2,3-1,0 млрд лет). Здесь карьером отрабатывают рудные тела № 1 и 2 месторождения **Хайченг**. Подземная добыча идет на рудниках **Хайченг**, **Бенси**, **Иисьян**, **Шуйкуан** рудного поля **Хайченг**, **Куандьян**, **Иинькоу**.

Как пример, отметим суперкрупный тальковый объект пров. Ляонин – месторождение **Фанджиапуци**, находящийся в префектуре Аньшань. Его залежи локализованы в протерозойском рифте Ляонин и тесно ассоциируют с ультрабазитами, развитыми в верхней части разреза палеопротерозойской формации Дашикиао группы Ляохэ. Они типичны для северного крыла вытянутого на север-северо-восток синклиория, одной из структурных форм огромного магнезитового пояса **Иинькоу-Дашикиао-Фанджиапуци**. Все залежи стратиформные пластовые.

2.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза

В раннем протерозое на территории *Восточно-Лаурентийской* ИМП возникли гигантские залежи таконитов, основного вида сырья, обеспечивающего железорудную промышленность США и Канады. Имеются рудные поля, сложенные золотоносными и U-редкометалльными конгломератами. Подобные конгломераты имеются в *Гвианской ИМП* Южной Америки. В *Восточно-Бразильской ИМП*, в пределах «Железного Четырехугольника» имеются 125 месторождений итабиритов мирового уровня, крупные месторождения Мп, алмазоносные конгломераты в районе **Диамантина**, **Жакобины**, **Мозды**, **Гояс Велью**. Раннепротерозойские первично осадочные месторождения широко представлены в историко-минерагенических провинциях *Западно-Африканской* и *Южноафриканской-Мадагаскарской*. В государствах Западной Африки и в ЮАР известны скопления железных руд, относимых к джеспилитам. Успешно разрабатываются аккумуляции марганцевых руд, золотоносные, золото-урановые, алмазоносные россыпи. Высоким качеством отличается высокоглиноземистое сырье африканских месторождений. В Западной Африке имеются Си и U-Si объекты в медистых песчаниках (месторождения **Аляска**, **Мангула**, **Соньяти**).

В *Памиро-Североиндийской ИМП* имеются мощные аккумуляции первично осадочных руд железа (джеспилиты) и марганца (гондиты) с многочисленными крупными месторождениями. В последнее время открыто много средних и мелких месторождений жильного и стратоподобного типа. Одной из особенностей этой ИМП является наличие промышленных фосфоритов раннего протерозоя в Северной Индии, связанных со строматолитами. На Центральном Памире обнаружены месторождения рубинов в мраморизированных породах PR₁.

На Восточно-Европейской платформе выделены *Скандинавско-Карельская* и *Курско-Криворожская ИМП*. В первой из них находятся мелкие и средние месторождения железистых кварцитов, эксгальационно-осадочные полиметаллов, медистых песчаников, первично-осадочных U и Au в конгломератах. Уникальны месторождения шунгитов. Вторая ИМП знаменита месторождениями железа мирового значения *Курско-Криворожского бассейна*.

Байкало-Амурская ИМП характеризуется наличием крупного Удоканского рудного района с месторождениями Cu, содержащих также примеси Au, Ag, МПГ. Известно крупное месторождение графита в Еврейской АО и мелкие золоторудные объекты в черных сланцах.

В *Восточно-Китайской ИМП* известны месторождения полосчатых джеспилитов с запасами в первые млрд тонны, медистых песчаников, крупные осадочно-метаморфогенные объекты талька, магнезита, боратов мирового уровня. В пределах *ИМП Западной и Южной Австралии* широко развиты полосчатые железистые формации. Особенно выделяется гигантский раннепротерозойский бассейн Хаммерсли. Известен крупнейший марганцеворудный объект Вуди-Вуди. Значительны ресурсы золота в пиритизированных прослоях базальных горизонтов кратонов Пилбара и Йилгарн.

Таким образом, каждая ИМП эндогенного и экзогенного рудогенеза имеет свои индивидуальные черты по набору различных месторождений и масштабу рудных аккумуляций. Их разнообразие и количество по сравнению с архейскими рудными объектами увеличилось.

Заключение

Ранний протерозой значительно пополнил список генетических типов месторождений, эндогенных и экзогенных, представители которых возникли в архее. В середине этапа появились тела ультраосновных щелочных пород с карбонатитами, содержащими апатит-магнетитовые, редкометалльно-редкоземельные, иногда с медью и цирконием аккумуляции. В Приазовье около 2 млрд лет назад появились сиениты и карбонатиты **Новополтавского** объекта (Ta, Zr), на КМА – **Дубравинского** (apatит, Fe), в Северной Карелии – **Тикшеозерского** (P), на юге Африки – **Палабора** (P, Fe, Cu, Zr, U, TR), северо-западе Канады – **Тор Лейк** (Ta, Nb, TR преимущественно иттриевой подгруппы, Be). С раннепротерозойскими интрузиями связаны гигантские месторождения хрома в Южной Африке и медно-никелевых руд Сёдбери и Никелевого пояса Канады. Повсеместно примерно одинаковый их возраст (1,95-2,15 млрд лет), не смотря на нахождение в пределах разных континентов свидетельствует о сравнительном единообразии энергетических обстоятельств в верхней мантии Земли при преобладании обстановок дилатансии.

Экзогенные скопления представлены джеспилитами, медистыми песчаниками, Au-U, , редкоземельно-редкометалльными аккумуляциями, месторождениями фосфатов, марганцевых руд. Не только джеспилиты оставили колоссальные по масштабам аккумуляции полезных ископаемых экзогенного ряда. В раннем протерозое появились первые алмазоносные россыпи, месторождения древнейших фосфоритов, массовое распространение получили медистые песчаники (в Сибири, Африке, Северной Америке), марганцевые руды-гондиты (Индостан, Южная Африка, Северная Америка). В целом ряде мест сохранились древнейшие золото-урановые скопления, крупнейшим из которых является раннепротерозойская часть Витватерсранда. С черносланцевыми формациями нижнего протерозоя связаны стратиформные редкометалльные залежи.

Глава 3. Позднепротерозойский этап

Если палеоархей был временем формирования первичной “серогнейсовой” коры, мезо- и неоархей оставил многочисленные зеленокаменные пояса, мощные серии высокомагнезиальных коматиитов, а раннепротерозойский эон известен появлением протоавлакогенов, расцветом железорудно-кремнистого накопления и появлением настоящих разломов, то громадный по протяженности поздний протерозой оставил системы континентальных рифтов, крупнейших в истории Земли. Другим проявлением тектонической активности явились *пояса тектоно-термальной переработки* (ТТП) эльсонского, или мазатцальского, типа. Их характерный пример – Северная Америка (6000 км x 1000 км), где нет отложений нижнего рифея, и в интервале 1,5-1,4 млрд лет внедрились “тысячи плутонов анортозитов, гранитов, гранит-порфиров, сиенитов, габбро”, каждый площадью до 100 км². Плутонизм сопровождали рифтогенез и разломообразование. Приведенный материал интересен тем, что наглядно показал: *бассейны осадконакопления и магматизма в раннем рифее были разделены*. Подобные ТТП известны для южной и центральной Австралии, Европы (готская переработка Балтийского щита – дугообразные разрывы, интрузии гранитоидов, метаморфизм с датами 1,45-1,4 млрд лет), Индостана (Восточные Гаты, мощные пегматитизация и надвигообразование), Антарктиды.

Магматизм рифейского эона заметно отличался от раннепротерозойского и архейского повышенной щелочностью. Породы щелочного и субщелочного рядов внедрялись преимущественно на бортах авлакогенов. Нередко в пределах днищ последних образовывались толщи обычных базальтоидов (Днепровско-Донецкий авлакоген) и ультрабазитов. Интенсивность гипогенного рудогенеза позднего протерозоя была весьма различной на континентах Земли. Наиболее продуктивным он оказался на востоке Северной Америки (до рубежа 1,1 млрд лет продолжалось формирование рудных залежей Cu-Ni гиганта **Садбери**), в Северной Африке и Аравии (Au, Co), Австралии (гигантское Cu-U с богатым Ag и редкими землями **Олимпик Дам**). На востоке Африки, Мадагаскаре, Индостане появились многочисленные поля пегматитов с редкометальной-редкоземельной минерализацией, драгоценными камнями. В рифее сформировались эпигенетические месторождения Медного пояса (Заир, Замбия), которые содержат только Co до трети от мировых ресурсов в 7,5 млн т.

В Сибири рифей – время становления редкометалльных-редкоземельных месторождений Забайкальского края (метасоматиты **Катугинского**), ниобиевых пироксеновых, пироксено-гатчеттолитовых залежей на юго-восточном обрамлении Алданского щита в массивах – **Поворотный, Горноозерский, Арбарастах, Кондёр**. В конце протерозоя (0,8-0,7 млн лет, поздний рифей-венд) внедрились карбонатиты Анабарского щита, и в Восточно-Прианбарской провинции сформировался массив **Томтор**. С предпермским размытием кор выветривания по его породам связаны уникальные скопления минералов так называемых «новых металлов», и прежде всего, скандия. Рифей – время становления высокопродуктивных кимберлитов Южной Африки, Южной Америки (“филлиты” Бразилии, кимберлитовые силлы Венесуэлы), Северной Америки (поле **Коренейшен** на кратоне Слейв), медно-никелевых руд Канадского щита (поздние руды **Садбери**). Единственными в своем роде являются гигантские месторождения криолита Южной Гренландии **Ивигтут** (1170-1160 млн лет).

Экзогенные аккумуляции полезных ископаемых разнообразны. В Прибайкалье, Западной Сибири, на севере Монголии с рифейскими толщами связаны месторождения фосфоритов, бокситов. Среди углеродистых известняков рифея на Енисейской крыже известны залежи карбонатного марганца. В бассейне Персидского залива от венда-раннего кембрия осталась мощная соляная толща, известная как «Ормузские соли». Диапировые структуры, образованные этими солями впоследствии оказались основными ловушками углеводородов в Месопотамском прогибе, известном месторождениями нефти и газа. Еще более заметен вклад рифейского минерагенеза в формирование залежей U, относимых к типу несогласий и широко представленные в бассейнах канадском **Атабаска**, Северной Австралии, Пашийско-Ладожском (**Карху, Матала, Коталахти**, и др.). На континентах Северной и Южной Америки с межледниковыми толщами рифея связаны уникальные месторождения железа типа «Рапитан».

3.1. Гипогенный минерагенез

Позднепротерозойский этап – время планетарного авлакогенеза, отразившегося в качественной стороне рудообразования. Становление продуктивных диатрем кимберлитов и лампроитов, наиболее древних и, возможно, самых богатых полезным компонентом, в рифее произошло на всех континентах Земли. Тогда же появились тела карбонатитов, Cu-Ni руд, месторождения титана, связанные с базитами-ультрабазитами Норвегии, Адирондакских гор на северо-востоке США. Некоторые месторождения этапа уникальны. Таким является **Илимауссак** в Гренландии, в науяитах которого обнаружен чкаловит (Na₂BeSi₂O₆), обеспечивающий общее содержание BeO 0,1% и запасы BeO многие десятки тысяч тонн. Это единственное известное на Земле месторождение бериллия вне щелочных пегматитов, в котором количество минералов этого элемента достигает 30 (Авдонин, 2005, с. 412).

Распространение позднепротерозойских эндогенных месторождений приведено на рис. 3.1. Среди них, мы различаем те, что связаны с источниками в верхней мантии и поступили в верхние горизонты тектоносферы в результате выраженных процессов дилатансии (кимберлиты, карбонатиты, Cu-Ni с МПГ аккумуляции) и те, что ассоциируют с коллизионными обстановками, гранитизацией (кварцево-жильные, пегматитовые и пр.)

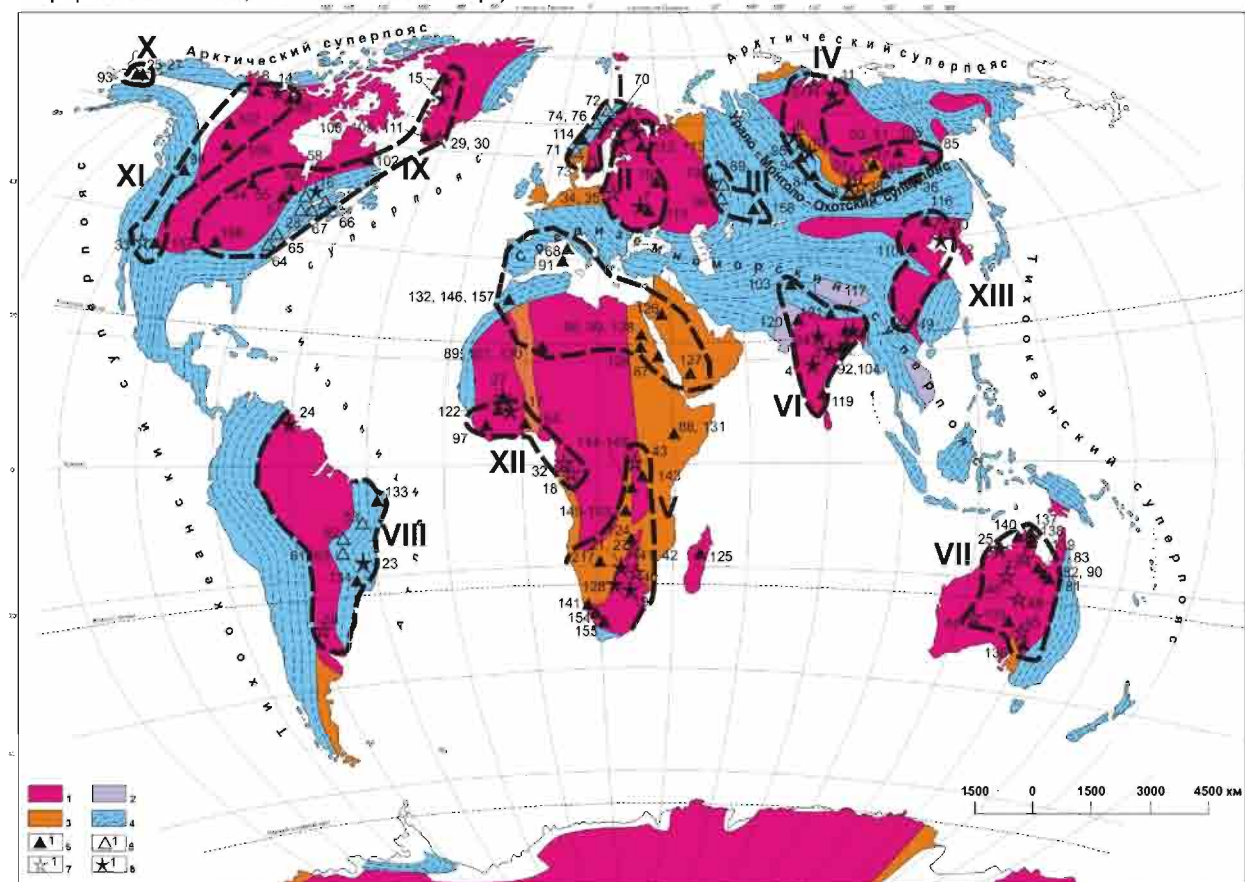


Рис. 3.1. Позднепротерозойские (1,65-0,54 млрд лет) эндогенные месторождения на континентах Земли. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицированной. Условные обозначения к минерагеническим картам (эндогенные и экзогенные полезные ископаемые): 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогей, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5-8 – эндогенные и экзогенные месторождения проявления, в т.ч. связанные: 5 – с преимущественно коллизионными процессами – скарновые, гидротермальные). На картах, посвященных экзогенному рудогенезу – все месторождения, кроме бокситов, 6 – с процессами дилатансии, преимущественно основным вулканизмом (источники рудных компонентов в верхах мантии и низах коры, руды Cu-Ni, Cu-Mo порфировые и т.д.), 7- 8 – мантийными источниками (7 – карбонатиты, 8 – кимберлиты), 9 – границы историко-минерагенических провинций (ИМП). Римскими цифрами указаны ИМП: I – Норвежская; II – Финско-Украинская; III – Уральско-Казахстанская; IV – Перивосточносибирская; V – Южноафриканская; VI – Индостанская; VII – Австралийская; VIII – Гвианско-Бразильская; IX – Аппалачско-Гренландская (Гренвильская); X – Аляскинская; XI – Западнолавертийская, XII – Гвинейская; XIII – Восточнокитайская, XIV – Североафриканская. Эндогенные месторождения и проявления:

I. Алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты, лампроиты, лампрофилы (минетты). «филлиты»: 1 – Маханади, Индия. Кимберлитовые дайки; 2 – Панна, Индия. Кимберлитовое поле с трубками Маджгаван, Каймур, Ангора и др.; 3 – Райпур (Матубнагар), Индия. Кимберлитовое поле с телом Котаконда; 4 – Вайра Карур (Анантапур, Райпур), Индия. Кимберлитовое поле с телами Вайра-Корур-1, Латтаварам; 5 – Каави и Куопио, Финляндия. Отдельные кимберлитовые трубки, 6 – Костомукша, Карелия. Кимберлиты, оливиновые лампроиты; 7 – Кировоград, Украинский щит. Кимберлиты; 8-11 – алмазоносные и потенциально алмазоносные магматиты рифея Сибирской платформы, в т.ч.: 8 – кимберлиты Ингашийского (Окинско) поля, 9 – лампроиты и прочие щелочные породы Захребенинского комплекса; 10 – то

же, верхневендского нефелин-сиенитового **Среднетатарского** комплекса, 11 – **Халахтахская** трубка взрыва санидиновых лампроитов; 12 – **Ляонин** (пров.), Умий. Кимберлиты с отдельными рифейскими датами; 13 – **Башкирский** мегаантиклинорий. Алмазоносные лампрофиты (минетты) дайкового комплекса V-Pz₁ и лампроиты R₁; 14 – **Коронейшен Галф**, кимберлитовое поле в субпровинции Слейв, Северо-западные территории Канады; 15 – проявления кимберлитов и лампроитов на западе Центральной Гренландии – дайки и силлы; 16 – **Бачелор-Лейк**, Квебек, Канада. Кимберлиты; 17 – **Сегуэла**, Кот-д'Ивуар (“метакимберлиты”); 18 – то же, трубки **Митзик**, Габон; 19-22 – рифейские кимберлитовые и лампроитовые поля на юге Африки, в т.ч.: 19 – **Претория** (диатремы **Пинарспорт, Монрез, Шуллер, Франспорт, “Премьер”**); 20 – **Габеронес**, Ботсвана; 21 – **Мессина**, Зимбабве, 22 – **Булавайо**, Зимбабве; 23 – **Диамантина**, Бразилия. Рифейские алмазоносные филлиты; 24 – **Гуаньямо**, Венесуэла. Гвианский щит. Алмазоносные кимберлитовые силлы; 25 – кимберлиты и лампроиты пров. **Северного Кимберли**, Западная Австралия; 26 – лампроиты пров. **Восточного Кимберли (Аргайл)**; 27 – **Секономато**, Мали. «Метакимберлиты»;

II – редкометалльно-редкоземельные, апатитовые и другие массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатами: 28 – **Сент-Оноре**, Квебек, Канада. В карбонатах, ниобиевое, редкоземельное; 29 – **Уулипаннак**, Гренландия. Карбонаты с ниобатами (пироксеном); 30 – **Кангердлуссуак**. Эвдиалитовые и эгирин-арфведсонитовые жилы с криолитом и Zr; 31 – **Белая Зима**, Иркутская область. Карбонаты, ниобий, полиметаллические руды; 32 – **Мабуни**, Габон. Карбонаты с пироксеном, крандаллитом, апатитом; 33 – **Маунтин-Пасс**, США. Карбонаты. TR, Ba, Sr; 34 – **Элкский**, Польша. Массив с карбонатами. Nb, апатит; 35 – **Тайно**, Польша. Массив с карбонатами. Минералы ниобия, редких земель, апатит, флюорит; 36-38 – рифейские и прочие «ранние» тела карбонатов с апатитом, магнетитом, редкими и редкоземельными металлами Восточной Сибири, в т.ч.: 36 – **Арбарастахский** массив, Якутия. Йолиты, сиениты, дуниты, пироксениты. Апатит-магнетитовое месторождение. Nb, U, TR; 37 – **Томторский** массив, Якутия. Нефелин-калишпатитовый, карбонатитовый (300 км²). Nb, Ta, TR, Sc, Zr, Ti и др.; 38 – **Татарка**, Енисейская карбонатитовая провинция. Пироксено-apatитовые руды в карбонатах. Nb, Ta; 39 – **Серро-Сапо**, запад Бразильского щита. Ниобиевые карбонаты рифея; 40 – **Палабора**, ЮАР. Si-REE с бадделейтом ZrO₂ карбонатитовое; 41 – **Кибуи**, Зимбабве. Карбонаты с Nb; 42 – **Нкумба-Хилл, Каронге Нкумба**, Зимбабве. Карбонаты с пироксеном; 43 – **Луш**, пров. Киву, Заир. Карбонаты с Nb; 44-48 – рифейские REE карбонаты Австралии, в т.ч.: 44 – **Маунт Уэлд**, с Ta, 45 – **Орруру**, 46 – **Каминс Рэйндж**, 47 – **Ред Бэнк**; 48 – **Странджуэйс Рэйндж**;

III – никелевые, медно-никелевые, платинометалльные, в связи с расслоенными интрузиями базитов-ультрабазитов, офиолитами: 49 – **Ленгскойкин**, провинция Сычуань, юго-запад-ный Китай. Si-Ni; 50 – **Чайский** массив в **Северо-Байкальском** никеленом поясе. Ni, Co, Si; 51 – **Байкальское**, 60 км северней Байкала, Бурятия, Si-Ni, с Co, Pt, Pd, Au; 52 – **Маринкинский** массив (825±12 млн лет), Бурятия. Сульфидно-никелевая минерализация; 53 – **Канинде**, Восточная Бразилия. Богатые сульфидные руды Si и Ni, с Co, Au, Ag, Pt и Pd; 54 – **Хартли**, Миннесота, США. Si-Ni, с Pt, Pd, Au; 55 – **Баббит**, Миннесота. Si-Ni, с Pt, Pd. Промышленные залежи Ti; 56 – **Тандер Бей**, Онтарио, Канада. Комплекс медно-никелевых месторождений (**Грейт Лейк** и др.); 57 – **Садбери**, провинция Онтарио, Канада. Крупнейшее Si-Ni с платиноидами, наиболее поздние даты (1,1 млрд лет) у рубежа R₂-R₃. 58 – **Ренси Лейк** пров. Квебек, Канада. Si-Ni; 59 – **Маскок**, пров. Нунавут, у границы с Северо-Западными территориями, Канада. Si-Ni; 60 – **Жинхуан** Китай. Si-Ni;

IV – хромитовые: 61 – **Рибейру да Фалью**, офиолитовый пояс, Бразилия. Хромиты, массивные сульфиды с аномальными содержаниями Ag; 62 – **Никеландия**, Бразилия. Cr, ильменит-титано-магнетитовое. Латериты с Ni; 63 – **Морру Фейу**, Бразилия. Хромиты;

V – апатитовые, титановые, железорудные, ванадиевые месторождения, связанные с магматитами и метасоматитами: 64 – **Пинег Ривер**, Вирджиния. Титановых нельсонитовых и вкрапленных ильменитовых руд; 65 – **Розленд**, Вирджиния. То же; 66 – **Адирондак**, рифейская титановорудная провинция США и Канады. Месторождения **Пьюджелон, Аллард Лейк, Сагуней, Септ Илес и Лейк Тию**; 67 – **Тегавус, Ор Маунтин, Чинней Пойнд, Сэндфорд Хилл, Каламати**, США. Ильменит-магнетитовые группы Сэндфорд Лейк; 68 – **Эльба**, Тосканский архипелаг. Железные руды в связи с метаморфитами; 69 – **Уфалейский** блок, Челябинская область. Титано-магнетитовое оруденение; 70 – **Кируна**, Северная Швеция. Фторapatит-магнетитовое в кислых изгибных; 71 – **Ланго, Крагеро, Ризор, Фогне**, Южная Норвегия. Апатит-титан-магнетитовые; 72 – **Стронганген, Лакедаль, Киланд, Блаафельд, Рамси, Спихолдт**, Северная Норвегия. Апатит-титаномагнетитовые с интрузиями габбро; 73 – **Таборг**, Южная Швеция. Титано-магнетитовое в анортозитах; 74 – **Теллес**, пров. Эггерсунд, Норвегия. Рифейские ильменитовые нориты; 75 – **Эдегорден**. Норвегия. Рутитовое; 76 – **Энгебофьелет**, Норвегия. Рутитовое;

VI – колчеданные полиметаллические, серебряные, медные, медно-молибденовые порфиоровые месторождения: 77 – **Холоднинское**, Северное Прибайкалье. Колчеданно-полиметаллическое; 78 – **Аврора Крик**, западная Аляска, район **Sare Nome**. Металлогенический пояс **Sinuk River**. Массивные сульфидно-баритовые и стратиформные железные и марганцевые руды; 79 – **Квори**, западная Аляска, район **Sare Nome**. То же; 80 – **Роки Маунтин Крик**, то же; 81 – **Маунт Айза**, Квинсленд, Австралия. Медно-полиметаллическое, с Ag; 82 – **Макартур Ривер**, Австралия. Полиметаллическое в рудном районе Маунт Айза; 83 – **Сенчури**, рудный район Маунт Айза, Австралия. Полиметаллический гигант; 84 – **Горевское** (Глазыринское), Енисейский край, Красноярский край. Полиметаллическое; 85 – **Сардана**, юго-восточная Якутия. Полиметаллическое; 86 – **Сукари**, Египет. Медно-полиметаллическое стратиформное; 87 – **Гебейт**, Судан. Cu, Pb, Zn стратиформное; 88 – **Лега Демби**, южная Эфиопия. Cu, Pb, Zn; 89 – **Тан-Шаффао**, Центральный Ахаггар (массив), Алжир. Стратиформные и жильные залежи меди и полиметаллов; 90 – **Мак-Артур**, Северная Австралия. Стратиформное Ag-Pb-Zn; 91 – **Иглезиенте**, Сардиния Pb-Zn, Fe месторождения; 92 – **Саргипали**, Восточная Индия. Pb-Zn.

VII – золоторудные месторождения: 93 – **Кэйп Ноум**, рудный район запад Аляски. Рудные месторождения кварц-карбонатные жильные с Au-As-W и золотоносные As-кварцевые; 94 – **Олимпиадинское**, Красноярский край. Au-сульфидное; 95 – **Советское** (б. Авенировский рудник), Красноярский край. Au-кварцевое; 96 – **Аксизо**, Либерия. Au-кварцевое; 97 – **Ашанти**, **Аристон**, **Престеа**, Гана. Au-кварцевые жилы и штокверки; 98 – **Кёр д'Ален**, «Серебрянный пояс», штат Айдахо. Ag, Au, U, W и т.д.; 99 – **Эль-Сид**, **Семна**, **Умм**, **Русс**, **Аталла**, Египет. Au; 100 – **Имитер**, марокканский Анти-Атлас. Au; 101 – **Тиририн**, Южный Алжир. Кварцевые жилы и KB с Au.

VIII – редкоземельно-редкометалльные и урановые, ассоциирующие с щелочными массивами, пегматитовые, скарновые, в связи с иными процессами метасоматоза: 102 – **Стрейндж-Лейк**, Канада. В щелочных гранитах зона оруденения с TR, Zr, Nb, Be; 103 – **Дегана**, Западная Индия. Вольфрамовое кварцево-жильное; 104 – **Ядугуда**, штат Бихар, Индия. U-Mo; 105 – **Катугинское**, Забайкальский край. Рудоносные метасоматиты. Ta, Nb, TR, криолит; 106 – **Ши Крик**, пров. Саскачеван, Канада. Богатое U; 107 – урановорудный бассейн **Атабаска**, Канада; 108 – **Ивигтут**, Гренландия. Месторождения криолита с цирконом и бадделитом ZrO₂; 109 – **Илимауссак**, Западная Гренландия. Кварц-альбит-натролит-анальцимовые жилы с Nb, Ta, Zr, REE; 110 – **Баян-Обо**, Внутренняя Монголия, Китай. Гидротермальное стратиформное (PR₃-PZ₁). Nb, TR, Fe; 111 – **Моцфельд**, Южная Гренландия. Гидротермальное с Ta, Nb; 112 – **Кительское**, северное Приладожье. Скарновое оловорудное; 113 – **Лобаш**, Карелия. Молибденовое. Начало формирования в архее, поздняя фаза рифейская; 114 – **Ивеланд**, Южная Норвегия и Швеция. Пегматиты с U-Th и REE минерализацией; 115 – **Волынское** пегматитовое поле, у г. Володарск-Волынский Житомирской области. Берилл, топаз, крупные кристаллы раухтопаза и т.д.; 116 – **Яньшаньская** зона погружений. Проявления Mo в андезитах синия; 117 – **Орисский** пегматитовый пояс, Индия. Кварцевые жилы, пегматиты. Li; 118 – **Контакт** (озеро), пров. Большого Медвежьего озера, Северо-Западные территории, Канада. Ag-U; 119 – **Неллуру**, пегматитовый район, Индия. Месторождение **Куллампатта** и др. Be, Ta; 120 – **Раджастханский** пегматитовый пояс, Индия. Изумруды; 121 – **Бихарский** пегматитовый пояс, Индия. REE; 122 – **Мали**. Мусковитовые граниты и пегматиты с литиевыми минералами; 123 – **Анти-Атлас** (центральная часть), Марокко. Граниты с мусковитовыми пегматитами, несущими берилл и тантало-ниобаты; 124 – **Манона-Китатоли**, пров. Шаба, Заир. Пегматиты, с Ta, Nb, Sn, Li; 125 – **Анказобе**, севернее столицы Мадагаскара г. Антананариву. Пегматиты с Sc, Y, Nb, Ta, Be и др.; 126 – **Гурайя**, Саудовская Аравия. Граниты с Ta, Y; 127 – **Умм-эз-Сукиан**, юг Саудовской Аравии. Трубочное тело, выполненное грейзенами и жильным штокверком. Ta, Se; 128 – **Абу-Даббаб**, Египет. Оруденелые породы R₃ у контакта с высокощелочными гранитами. Ta, Nb, Sn; 129 – **Нувейби**, Египет. Альбититовые пегматоидные граниты. Ta; 130 – **Тиллик**, юг Алжира. Жилы пегматитов с минералами Nb, Sn, Be, топазом; 131 – **Кентича**, Эфиопия. Пегматиты с Ta; 132 – **Бу-Аззер**, Анти-Атлас, Марокко. Крупное месторождение Co в рифейских серпентинитах. Co, Au, Pt; 133 – **Борборема** (плато), штаты Сеара, Риу Гранди ду Норти, Параиба, Бразилия. Пегматиты с Be, Zr, TR, U, Th, Li; 134 – **Назарену**, юг штата Минас Жераис, Бразилия. Пегматиты с танталитом, джалмаитом (микроклин с высоким содержанием UO₃); 135 – **Олимпик Дам**, юг Австралии. Cu U, с REE, Ag; 136 – **Радиум Хилл**, юг Австралии. U-REE; 137 – **Джейбайлака**, **Набарлек**, Северные Территории, Австралия. Au-U (R₃-PZ₁); 139 – **Кунгарра**, Северные Территории, Австралия. Au-U, R-PZ₁; 140 – **Рам Джангл**, п-ов Арнэмленд, Западная Австралия. Сульфидные руды U; 141 – **Гордония**, устье р. Оранжевой, ЮАР. Пегматиты с уранинитом; 142 – **Дамараленд**, Намибия. Пегматиты с Be, Li и т.д.; 143-155 – **Центрально-Африканский** пегматитовый пояс, R₃. REE месторождения, в т.ч.: 143 – **Кигези**, 144 – **Северный Лугулу**, 145 – **Кабунга**, 146 – **Кобо-Кобо** (Лузунгу), 147 – **Калина**, 148 – **Кама-Кампене**, 149 – **Бузанка**, 150 – **Миваба**, 151 – **Мунка**, 152 – **Мононо**, 153 – **Катумба**, 154 – **Вармбад**, 155 – **Намакваленд**; 156 – **Сент-Френсис-Маунтин**, Миссури, США. REE-магнезитовое.; 157 –

Пахарито, Нью-Мексико, США. Y-Zr, в щелочных гранитах и сиенитах; 158 – **Карсакпайская**, **Шунекская** зоны, восток Центрального Казахстана. Касситерит в граносиенитах.

Алмазы

В рифее на всех континентах Земли возникли протолиты будущих кимберлитовых расплавов, началось их воздымание, серпентинизация. Появились первые кимберлитовые и лампроитовые диатремы. В ЮАР, Ботсване, Зимбабве имеются несколько кимберлитовых полей с диатремами рифейского возраста: **Претория**, **Мессина**, **Габеронес**, **Булавайо**. В поле **Претория** рифейскими считают кимберлиты **Премьер** (1,4-1,2 млрд лет. рис. 3.2), **Пинарспорт**, **Монрез**, **Шуллер**, **Франспорт** и др.

На северо-западе Австралии в местной «субпровинции Северного Кимберли» известно свыше 40 диатрем кимберлитов с датами древнее 800 млн лет. Более половины из них алмазоносные. «Суб провинция Восточный Кимберли» (ороген Холлс Крик) содержит более 20 кимберлитовых тел и лампроитовую трубку **Аргайл**, 1155-1058 млрд лет (рис. 3.3). Её алмазы мельче 0,5 мм, это гладкогранные октаэдры, а также двойники и обломки. Кристаллы более 2 мм округло-додекаэдрические. По цвету больше всего коричневых камней (89%), желтых (15-20%). Розовых алмазов нашли к 1989 г. 46 штук (один на миллион). Они чрезвычайно дороги. Содержания алмазов доходит на отдельных участках до 6,8 карата/т. В пределах кратона Кимберли недавно открыто кимберлитовое поле – **Ариес**, или **Филиппс Рэйндж**. От прочих подобных объектов кратона оно отличается нахождением почти в самом центре структуры. Поле довольно долго интриговало возрастом своих слюдястых кимберлитов; его удалось установить совсем недавно. Основной объект – занимающая 18 га диатрема **Ариес**. Возраст кимберлитов признан неопротерозойским, 820 млн лет.

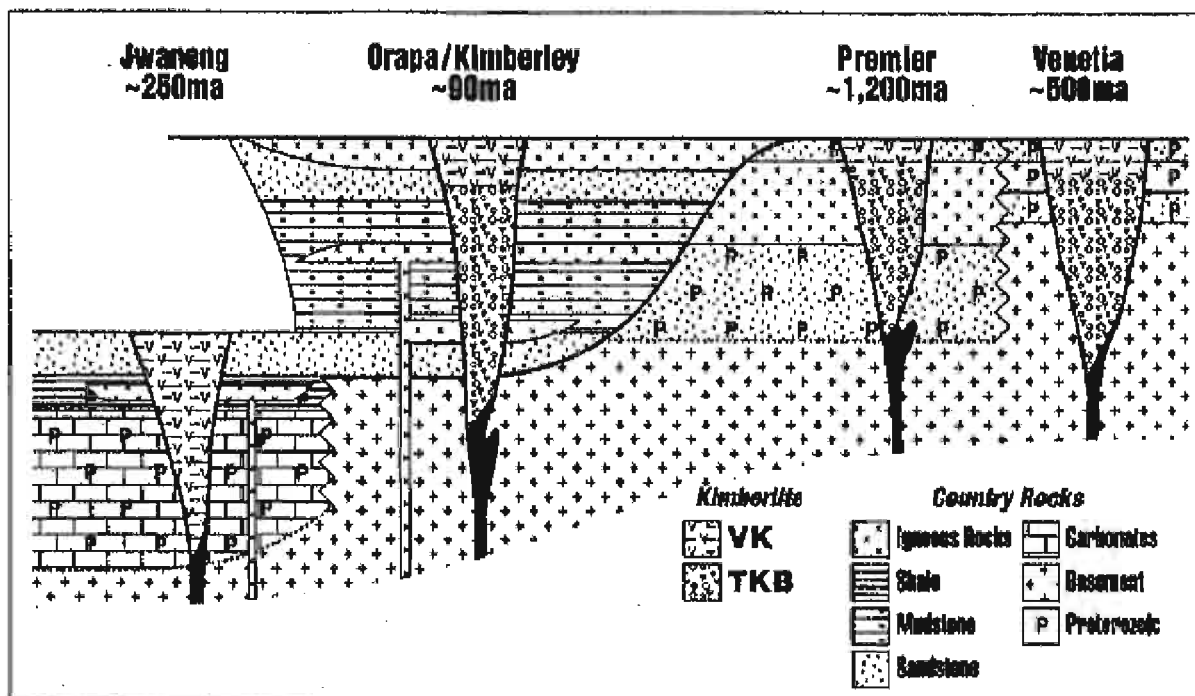


Рис. 3.2. Рифейская **Премьер** и другие разновозрастные трубки Южной Африки не отличаются по структурным особенностям, имея общую характерную форму «моркови». По [Field & Scott Smith]. Условные обозначения, слева направо и сверху вниз, перевод: VK – вулканокластические кимберлиты, TKV – туфизитовая кимберлитовая брекчия; 1-7 – вмещающие породы, в т.ч.: 1 – туфогенные, 2 – сланцы, 3 – алевроиты, 4 – песчаники, 6 – карбонатные, 6 – фундамент, 7 – протерозой. Слева направо разрезы через диатремы: **Джваненг**, 250 млн лет; **Орапа**, Ботсвана, 90 млн лет; **Премьер**, 1200 млн лет; **Венеция**, ЮАР, 530-519 млн лет.

На западе Гренландии дайки и силлы лейцитовых и амфиболовых лампроитов имеют 1240 ± 130 млн лет, К-Аг. Там же и пояса кимберлитов **Хольстейнборг-Сарфартон** (микроалмазы, 0,6 млрд лет) и **Суккертоппен** (0,6 млрд лет). Кимберлитовые дайки площади **Маниитсок** – 568-553 млн лет назад. Кимберлиты пров. Квебек, Канада, в районе Бачелор-Лейк «Альгонкского щита» – 1100 млн лет.

На ЮЗ пров. Онтарио в районе **Вава** два кимберлитовых тела датированы 1097 ± 7 млн лет (Rb-Sr). **Коронейшен Галф** – кимберлитовое поле в субпровинции Слейв Канады. Возраст тел – 0,6 млрд лет (трубка **Найф**), 0,613 млрд лет (**Анури**). В центральной части пров. Квебек, Канада, кимберлитовые тела поля **Ренар** датированы 630-640 млн лет (перовскит, U-Pb).

В Евразии силлы и дайки алмазоносных кимберлитов: **Ингашинское** поле (1268±12 млн лет, Rb-Sr) в Иркутской области, **Костомукшское** (1231-1241 млн лет) в Карелии. На северо-востоке Суоми у г.г. **Куоппио** и **Каави** более 24 тел, большинство кимберлитовые диатремы, а также тела гипабиссальных кимберлитов, оливиновых и ультрамафических лампрофиров. 15 тел алмазоносные. Кимберлиты тел № 15 и 16 имеют возраст 1100 млн лет, трубки 2 и 3 – 593 млн лет.

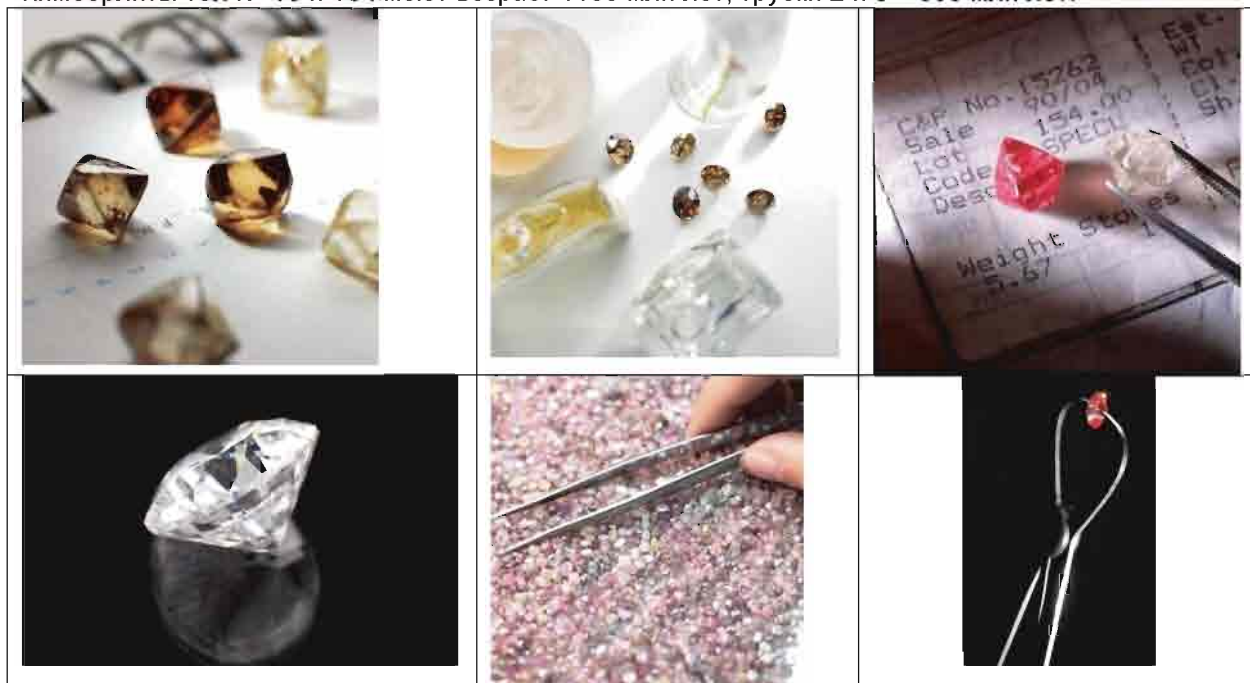


Рис. 3.3. Алмазы рифейской трубки Аргайл. Фото с сайта [Argyle Diamond Mine]. Верхний ряд, слева направо: 1 – необработанные алмазы шампанского цвета. Трубка даёт большую часть мирового производства алмазов шампанского и коньячного цветов на US\$ 150 млн ежегодно; 2 – обработанные алмазы шампанского цвета; 3 – редкий необработанный розовый алмаз. Нижний ряд, слева направо: 1 – белый бриллиант, № снимка 7006; 2 – алмазное сырьё, отправляемое на алмазную биржу в Антверпен; 3 – обработанный розовый алмаз. Аргайл даёт 90% мировой добычи таких камней, не имеющих равных по цветонасыщенности и игре, не известной для прочих разновидностей драгоценного минерала.

В Венесуэле кимберлитовые силлы **Гуаньямо** – 730 млн лет. В Бразилии алмазоносные кимберлиты «провинции» Брауна, блок Серринья, датируют 0,68 млрд лет. В штате Минас Жераис (г. Диамантина) жилы, горизонтальные и лакколитоподобные тела, «филлитов» (палеокимберлитов?) прорывают породы Минас и Итаколуми PR₁ под вендом серии Лаврас рифея или венда.

На западе Африки в Кот-д'Ивуар дайки и жилы кимберлитов датированы (Rb/Sr) 1145±60 млн лет, 1367±54 млн лет. Возраст дайки кимберлитов Кананго по палеомагнитным данным – 1400 млн лет. В Мали имеется трубка **Секономата** с возрастом (Rb/Sr, флогопит) – 1072±24 млн лет. В Либерии кимберлиты поля **Вижуа** (6 тел) возрастом 0,8 млрд лет.

В Индии среднерифейские диатремы, дайки и жилы кимберлитов установлены на севере, в центральной и южной частях Индостанской платформы. На севере в поле **Панна** (трубки **Маджгаван**, **Инота**, **Каймур**, **Ангора** и др.), в центральной части – поле **Райпур** (Матубнагар) с телом **Котаконда**, район кимберлитовых даек **Маханади**, южнее – поле **Вайра Корур** (Анантапур, Райпур) с телами **Вайра-Корур-1**, **Латтаварам**

Карбонатиты (P, Nb, TR, Ti и т.д.).

В Польше у западного ограничения платформы кольцевые массивы **Тайно** и **Элка** имеют даты 0,9 млрд лет и 0,95 млрд лет. В Коми небольшой (0,1 км²) массив **Косью** в пределах Чатласского камня на Тимане датирован 620 млн лет.

На окраинах Сибирской платформы рифейскими считаются массивы: **Жидойский** (632 млн лет), **Ингилийский** (647 млн лет). **Татарка** (Ta, 650 млн лет), **Белая Зима** (Ta-Nb, 642 млн лет), **Томтор** (0,6-0,66 млрд лет для жил карбонатитов- I, 440-370 млн лет для кальцит-доломитовых карбонатитов II), **Большектагнинский** (U, Nb, 680 млн лет).

В пров. Внутренняя Монголия КНР полигенные REE-Fe-Nb аккумуляции (инъекции карбонатитового вещества) пояса **Ланьшань-Баян-Обо** с REE-Fe-Nb рудником **Bayan Obo** датированы: магнетит и арфведсонит – 800 млн лет; марганцевистый арфведсонит – 640-610 млн лет; монацит – 595 млн лет; основная масса магнетита, гематит, арфведсонит, монацит – 445 млн лет и т.д.

В Индии, пров. Раджастхан, карбонатиты **Невания** имеют возраст 959 ± 24 млн лет, **Коратти** (Севатур) в штате Тамилнад – 720 ± 30 млн лет, К-Аг: доломитовые карбонатиты-раухаугиты – 805 млн лет, анкеритовые карбонатиты – 801 ± 11 млн лет ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$).

В Габоне, Западная Африка, центральная часть массива **Мабуни** (0,66 млрд лет, венд) сложена карбонатитами с Та, Nb. В Заире карбонатиты **Луэш** прорваны долоретами с датой 0,6 млрд лет. В Зимбабве пироксеновое **Нкумбва-Хилл** – протерозойский карбонатитовый купол с пироксеном. В центре его окремненные карбонатиты, ближе к периферии – анкеритовые, а внешняя часть – флогопитовая брекчия до 230 м мощностью. В местном пироксене до 73,5% пентоксида ниобия. В Замбии массив карбонатитов с датой 679 ± 25 млн лет (К-Аг, флогопит) **Нкумбва Хилл**.

В Гренландии тела аиллитов-карбонатитов пояса **Сарфаток** – 605-550 млн лет. Прочие тела имеют даты (млн лет): **Гренедел Ика** – 1327; **Игалико** – 1300, **Моцфельд** – 1310. Их аналоги на Лабрадоре – 610-550 млн лет. На востоке Канады карбонатиты с Nb, TR, Р имеют даты (млн лет): **Сент Оноре** (южная часть – **Ниобек**) – 930-560; **Маниту** – 750; **Лекнер Лейк**, **Прери Лейк** – 1100; **Немегосенда** – 1010; **Биг Биверхаус** – 1005; **Файерсенд Ривер**, **Клэй Хоуэлс**, **Кантли** – 1050; **Лонни**, **Айрон Айленд** – 600; **Кравье** – 880; **Шрибут Лейк** – 1145; **Сибрук Лейк** – 1105. В Квебеке Nb объект **Ниобек** – 650 млн лет. На западе Канады – цепочка Nb карбонатитов с датами 1,0-0,9 млрд лет, по монациту: **Маунтин-Пасс**, **Верити**, **Лонни** и др. Метасоматиты и жилы относятся к формации нефелиновых сиенитов. В Калифорнии известны TR карбонатиты **Маунтин-Пасс** (1,4 млрд лет).

В Бразилии карбонатиты **Сейс Лагос** с Р, Nb, TR, Ti имеют неопротерозойский возраст. В Боливийском секторе Южноамериканской платформы (щит Эскудо) открыты массивы щелочных сиенитов рифта Мерседес и комплекса Эль Тигре с возрастными около 1 млрд лет. Они перспективны на минерализацию ловозерского типа – Nb, Та, REE.

В Замбии массив ультраосновных щелочных пород с датой 679 ± 25 млн лет (К-Аг, флогопит, карбонатит) **Нкумбва Хилл** сложен магнезиальными карбонатитами, раухаугитами (карбонатиты с анкеритом или доломитом), брекчиями, содержат редкоземельные пироксен, монацит, бастнезит, дациншанит $\text{Sr}_3\text{Ce}(\text{CO}_3)_3(\text{PO}_4)$. Основные рудные – исокит $\text{CaMgF}(\text{PO}_4)$, апатит, селлаит MgF_2 , ториацит, сидерит, магнезит, стронцианит, барит, ильменит, пирит.

На западе Австралии, район Гаскойн, в протерозое внедрились феррокарбонатитовые дайки, силлы, жилы комплекса Клиффорд Крик с REE, U, Th, магнетитом, объект **Янджибана**. В первую фазу около 1,68 млрд лет произошло становление ультрабазитовых силлов, затем, на уровне 1,25 млрд лет, – карбонатитов с минерализацией. Первичные минералы (слюда, перовскит, титанистый магнетит, карбонат) замещены щелочным амфиболом и эгиринном. Основные ресурсы TR сосредоточены в коре выветривания. Комплекс Джифорд Крик обнажен на площади около 500 км², на которой прорывает образования протерозойской группы Бангемолл. Это линзы или чечевицы, продукты последней стадии фракционирования карбонатитового расплава, содержащие флюорит, минералы U и Th. Ресурсы оксидов редких земель оценивают в 3,5 млн т при содержании 1,7%. Грубозернистый монацит концентрирует до 20% Nd_2O_3 и 1600 г/т Eu_2O_3 . Торий содержится в монаците и бастнезите. В коре выветривания содержания оксидов редких земель до 11%.

Хромиты

В Норвегии скопления хромитов выявлены в массивах доперитов и габбро **Райсдуоддар-Халд'и**, **Тронфйел** и др. с датами 0,6 млрд лет. Сотни проявлений открыты и среди офиолитов (мантийных тектонитов) района **Рёрос-Фераген**.

На севере КНР неопротерозойский пояс Дамьяо известен Cr-PGE аккумуляциями в интрузии мафитов-ультрамафитов **Гаоситай**.

На востоке Бразилии, штат Гояс, с дунит-троктолит-анартозитовым комплексом **Никеландия** ассоциируют рифейский хромитовый и титаномagnetитовый объект: 1560-1610 млн лет, U–Pb, внедрение 770-795 млн лет – метаморфизм. Первые признаки формирования массива еще более ранние, относятся к 2 млрд лет (U-Pb SHRIMP, Re-Os).

Месторождения медно-никелевые с платиноидами

В Бурятии **Северо-Байкальская** никеленосная провинция – массивы габбро-норитов и ультрабазитов **Чайский** (627 ± 25 млн лет), **Йоко-Довыренский** (Байкальское, 739 ± 55 млн лет, 707 ± 40 млн лет, оливин, 673 ± 22 млн лет), **Маринкинский** (825 ± 12 млн лет).

В КНР, пров. Сычуань, перидотиты рифейского комплекса Гаоджиакун вмещает залежи **Ленгшуйцин**. Вторым или третьим в Море по запасам после **Норильска** и **Садбери**, называют **Джинчуан**, пров. Гансу, КНР. Re-Os изохронный возраст его – 1117 ± 67 млн лет, 1074 ± 120 млн лет и 867 ± 75 млн лет для вкрапленных руд, по сульфидам из вкрапленных и массивных руд соответственно.

В Марокко платиноносный объект **Бени-Буззер** связан с дайками пироксенитов и массивом перцолитов. Os и Ir в хромитовых, Pt и Pd – в арсенидных рудах. Возраст оруденения принят панафриканским, 0,9-0,55 млрд лет.

В Канаде габбро-перидотитовый силл анортозинового комплекса **Блу-Лейк** с MPG имеет дату 1,4-1,1 млрд лет. Как и анортозиты Дулут (1120 млн лет) с объектом **Хартли** в Миннесоте, США. В

пров. Нунавут, север Канады, Cu-Ni массив **Маскок** (Muscox) – 1270 млн лет. В Ньюфаундленде крупный объект с Cu-Ni Co **Вуасейс Бэй** – 1,32 млрд лет.

В **Бразилии** Cu-Ni-Co минерализация объектов **Американо ду Бразил** и **Мангабал** в базитах-ультрабазитах пояса Аражуай имеет возраст 0,61 млрд лет. В штатах Баия, Сердживе, Алагоас немало Cu-Ni – объектов: габброиды **Канинде** (867-670 млн лет, Ag-Ag, Sm-Nd и U-Pb SHRIMP), мафиты-ультрамафиты **Серроте да Лаже**.

Железо

На севере **Китая** неопротерозойский пояс **Дамьяо** известен Ti-Fe (V) месторождениями в мафитах-ультрамафитах.

В **Миссури, США**, с риолитами рифта (1,87-1,5 млрд лет) ассоциируют крупные TR-магнетитовые объекты Свинцового пояса: **Сент-Френсис-Маунтин**, **Пи Ридж**, **Пайлот Ноб**, **Бурбон**, **Кэмелс Хамп**, **Кац Спринг**, **Айрон Маунтин**, **Сиды Хилл**, **Рассел Маунтин**, **Колледж Хилл** и др.

В **Западной Африке**, **Камерун**, неопротерозойские магнетитовые жильные скопления **Майо Бинка** считаются очень перспективными в экономическом отношении.

Титан

В **Норвегии** магматогенные титановые объекты выявлены в провинциях **Саннфьорд**, **Бамбле-Арендаль** (возраст 1200-1250 млн лет), **Эгерсунд** и **Берген** (930-950 млн лет). В пров. **Эгерсунд** руды содержат до 40% ильменита, в прочих преобладают титаномагнетит. Отрабатывают ильменитовое **Телленес** в Анортозитовой провинции Рогаланд (932-922 млн лет). В Финляндии V-Fe-Ti объекты **Отанмяки** развиты в протерозойских толщах среди архейских гнейсов. Габброиды превращены в амфиболиты. Минерализация (магнетит, ильменит) связана с метаморфизмом.

В **Челябинской области** с базальтоидами **Кусинско-Копанской** интрузии (1350-1200 млн лет) ассоциируют одноименные крупные ильменит-магнетитовые объекты, содержащие Fe, Ti, V. По другим работам, формирование происходило в интервале от 3,35–3,28 млрд лет до 910–630 млн лет.

На севере **Китая** верхнерифейский пояс **Дамьяо** известен Ti-Fe (V) месторождениями в мафитах-ультрамафитах. Основное – **Дамьяо** на контакте анортозитов и габбро или в дайках тех и других.

В **Канаде и США** с анортозитами рифея связана титановая провинция **Адирондак**. Возраст бадделита ZrO_2 из анортозитового массива с титаномагнетитом – 1086 млн лет. В Квебеке основные объекты **Пьюджелон**, **Аллард Лейк**, **Лейк Тио**. Половина добычи Ti США – на объекте **Тегавус**. В Миннесоте, США, рудоносный лополит габбро **Дулут** – 1,15 млрд лет.

Массивные сульфидные и несulfидные Cu, Pb, Zn, Ag и др. рудные объекты

В **Швеции** мезопротерозойским является исторический рудный район **Конгсберг**, славящийся самородным Ag – рудное поле **Сулитцельма** (11 объектов), **Йома** в поле **Гронг** (3 объекта), **Мофьелет**, **Блеквассли**, **Рёрос**, **Фоллдал** (4 рудника), **Тверфьеллет**, **Лёккен**. В **Питкьянтском** рудном поле Приладжья (объекты **Кители**, **Старое Рудное Поле**, **Хепоселька**, **Новое Рудное Поле**, **Хопунваара**, **Люпико**, **Ууксу**, **Ристиниemi**) Fe-Pb-Zn-F-редкометалльное оруденение связано с Салминским анортозит-рапакивигранитным массивом (1,56-1,54 млрд лет, U-Pb, циркон и апатит). Для питектитов и выборгитов главной фазы получена дата 1543 ± 8 млн лет, U-Pb.

В **Восточной Сибири** Pb-Zn руды **Горевского** месторождения, Енисейский край (Красноярский край) датированы 870 ± 100 млн лет, **Холоднинского** в Бурятии среди углеродистых сланцев – 0,7 млрд лет (рис. 3.4). В Монголии у границы с РФ – **Уланбулагское** Au-медноколчеданное рудное поле

среди офиолитов (665 млн лет). Там же средне-позднерифейский пояс **Хугингол** вмещает вулканогенные Zn-Pb-Cu массивные сульфиды **Цагаан Уул**, что ассоциируют с субвулканами верхнерифейской группы **Дархад**, коррелянтной южносибирской сархойской свите (718 ± 30 млн лет).

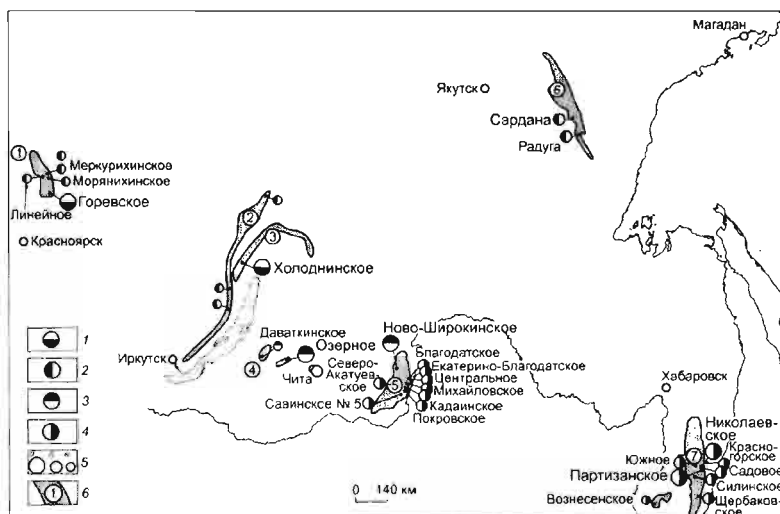


Рис. 3.4. Рифейские Горевское (Красноярский край), Холоднинское (Бурятия), раннепалеозойское Озёрное (Бурятия) и прочие Pb-Zn месторождения на востоке России.

По Г.В. Ручкину и В.Д. Конкину (2010). 1-4 – типы месторождений,

в т.ч.: 1 – Cu-Pb-Zn и Pb-Zn медь-содержащий колчедан-ный в терригенных фли-шовидных (черносланце-вых) породах (филизчайский тип), 2 – Pb-Zn стратиформный в карбонатных (в том числе, биогермных) поро-дах (мирналимсайско-са-рданский тип), 3 – Cu-Pb-Zn и Pb-Zn медноколчеданный в осадочно-вулканогенных (черносланцевых) породах (атасуйско-рудноалтайский), 4 – Pb-Zn скарновый и жильный (приаргунско-дальнегорский) в вулканогенно-терригенных породах; 5 – месторождения (а – весьма крупные, б – крупные, в – средние); 6 – металлогенические провинции, зоны, их номера: 1 – Енисейская, 2 – Западно-Прибайкальская, 3 – Олоkito-Делюн-Уранская, 4 – Удино-Витимская, 5 – Приаргунская, 6 – Юдомо-Майская, 7 – Приморская.

В гренвелидах на востоке США и Канады, (рис. 3.5), много сульфидных и несульфидных Pb, Zn объектов мирового уровня среди гренвилльских мраморов: **Балмат-Эдвардс** (Zn), **Лонг Лэйк** (Zn), Zn-Pb-Ag-Au±Cu **Нью Калумэ** и **Монтобан**. Они соседствуют с железорудными **Хилтон**, **Манмаратон**, Cu-Ni **Рэнзи Лэйк** и **Лак Эдуард**, **Фарадэй** (U), **Бикрофт** (U) и др.

В Алжире позднеерифейский Центрально-Ахагарский пояс вмещает Cu-Pb-Zn объект **Тан-Шаффао** с возрастом 1,0-0,6 млрд лет. В ЮАР Cu-Zn **Приска** датирован 1250 млн лет.

В Бразилии, штат Гояс, массивные Pb-Zn сульфиды VMS имеют возраст около 1,3 млрд лет.

В Южной Австралии рудный район **Мунта** объединил промышленные объекты **Пуна**, **Вил Хьюджес**, **Веллеру**. Мезопротерозойские Cu-носные жилы распространены среди палеопротерозойского комплекса Мунта Порфир, вулканыты которого находятся в переслаивании с метаосадками группы Веллеру, в т.ч. сланцами и карбонатными силицитами толщи Доора (вмещает залежи **Веллеру**). Около 1580 млн лет назад внедрились граниты Хилтаба, ремобилизовавшие Cu риолитов. В результате возникли пластообразные жилы и залежи до 12 м мощностью и несколько сотен метров длиной (халькопирит, борнит, халькозин, пирит, гематит, магнетит, гематит). В пределах **Пуна** их мощность до 6 м (обычно 3-4 м, протяженность 160 м), **Вил Хьюджес** – 2 жилы 2-5 м мощностью.

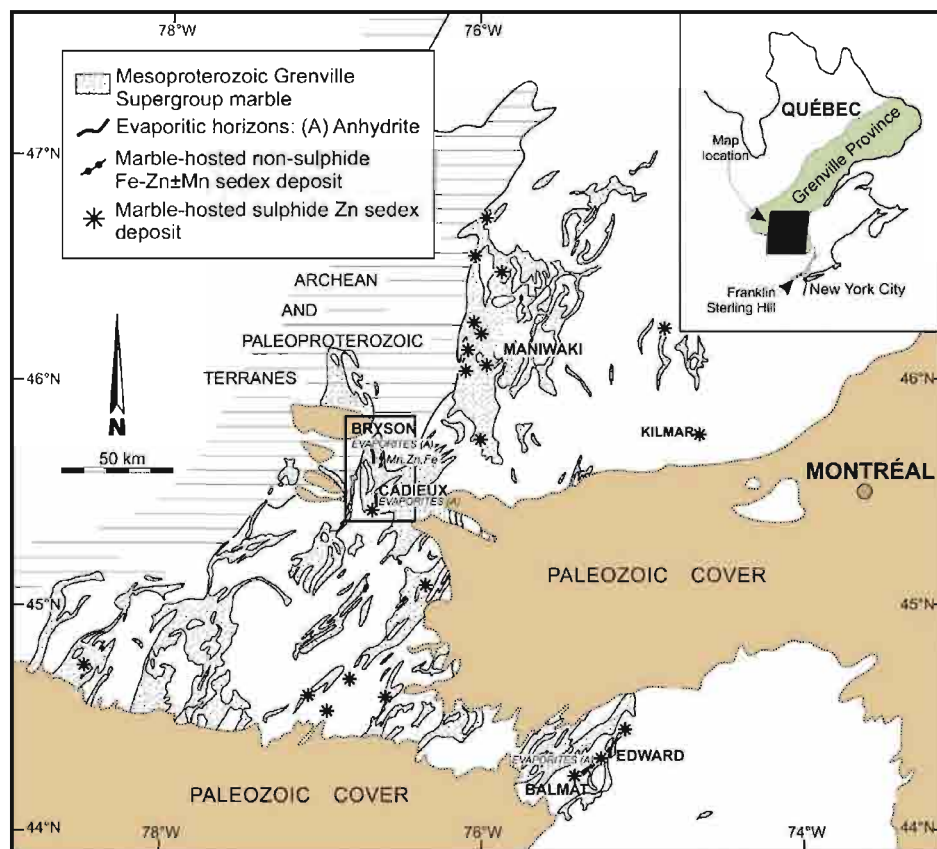


Рис. 3.5. Сульфидные и несульфидные цинковые месторождения среди мраморов супер-группы Гренвилль: в провинции Квебек – Брисон, Маниваки, в пров. Онтарио – Садье, в штате Нью-Йорк – рудного района Балмат-Эдвардс.

Месторождения **Франклин** **Стерлинг** **Хилл** находятся в штате Нью-Джерси, 400 км южнее рудного района **Балмат-Эдвардс** за пределами площади карты. Указано положение рудного района **Брисон-Рэдфрю**

Cu-Mo, Cu, Co, Sn рудные объекты

На юге Норвегии близ г. Сетесдалсхейене неопротерозойские (молибденит, Re-Os, 1030-1033 млн лет) Cu-Mo метаморфогенное **Лангватн**, медное **Коббернугтен** находятся среди супракrustальных образований протерозойской свиты Телемарк. Около 200 объектов с Mo выявлено в пределах Свеконорвежского (2,0-1,9 млрд лет) террейна. Со становлением Салминского массива анортозит-рапакиви-гранитной формации (1,650-1,422 млрд лет) связывают касситерит-силикатные руды **Кительского** месторождения, Северное Приладожье.

На востоке Центрального Казахстана с Карсакпайской и Шумекской зонами граносиенитовых интрузивов связывают касситеритовую минерализацию с возрастом 0,65 млрд лет.

В Марокко рифейские серпентиниты несут Со, МПГ и Au в залежах **Бу-Аззер**. Оруденение формировалось между рифеем и ранним палеозоем.

В Австралии значительный Cu-Ag-Pb-Zn объект **Маунт Айза** с датами для минерализации 1370 ± 80 млн лет (Re-Os) связан с батолитами (1,75-1,55 млрд лет). На юге континента, пояс Аделаида, известны рудный район и Au-Cu объекты **Мунта**, **Пуна**, **Вил Хьюджес**, **Веллеру**. Мезопротерозойские меденосные жилы локализованы среди палеопротерозойского комплекса Мунта-Порири.

Медь самородная

В США, штат Мичиган, полуостров **Кьюиноу** 7,5 млн т Cu извлечено с 1854 г. из вулканитов с датами около 1,1 млрд лет. Минерализация моложе на 30 млн лет – 1060–1047 млн лет. Около 250 медепроявлений открыты в рифейских вулканитах и красноцветных трогах Лабрадор на востоке Канады. В покровах базальтов среди рудных преобладает самородная медь, в то время как в сероцветных породах, присутствующих среди красноцветов сульфиды меди.

В Кот д'Ивуар, Леоно-Либерийский массив между гг. Данане и Тулепле, дендриты самородной меди распространены в трещинах гравелитов протерозоя месторождения **Ити**.

В Марокканском Анти-Атласе Cu-Ag объект **Алу** отнесен к типу «вулканогенных медных в красных слоях» вулканогенного (в лавовых потоках, среди агломератов, туфов, игнимбритов) и осадочного генезиса. В вулканогенных породах минерализации свойственна зональность: самородная Cu в центральной части, сменяемая к периферии зонами халькозиновой, борнитовой, халькопиритовой, наконец, пиритовой. Такое происходило потому, что флюидный фронт с окислительным потенциалом постепенно замещал слои с потенциалом восстановительным, формируя рлживную редокс-границу. Возраст Алу – неопротерозой-инфраумбрий (поздний рифей-венд).

Золото, серебро

В Норвегии рифейскими (1,1-0,9 млрд лет) являются залежи **Хаттфьеллдал** и **Au-As Колсвик**.

В Восточной Сибири рифейские (0,9-0,78 млрд лет) золоторудные объекты Енисейского кряжа, Красноярский край, – **Олимпиадинское**, **Боголюбовское**, **Бабушкинская Гора**, **Эльдорадо** (рис. 3.6, 3.7).

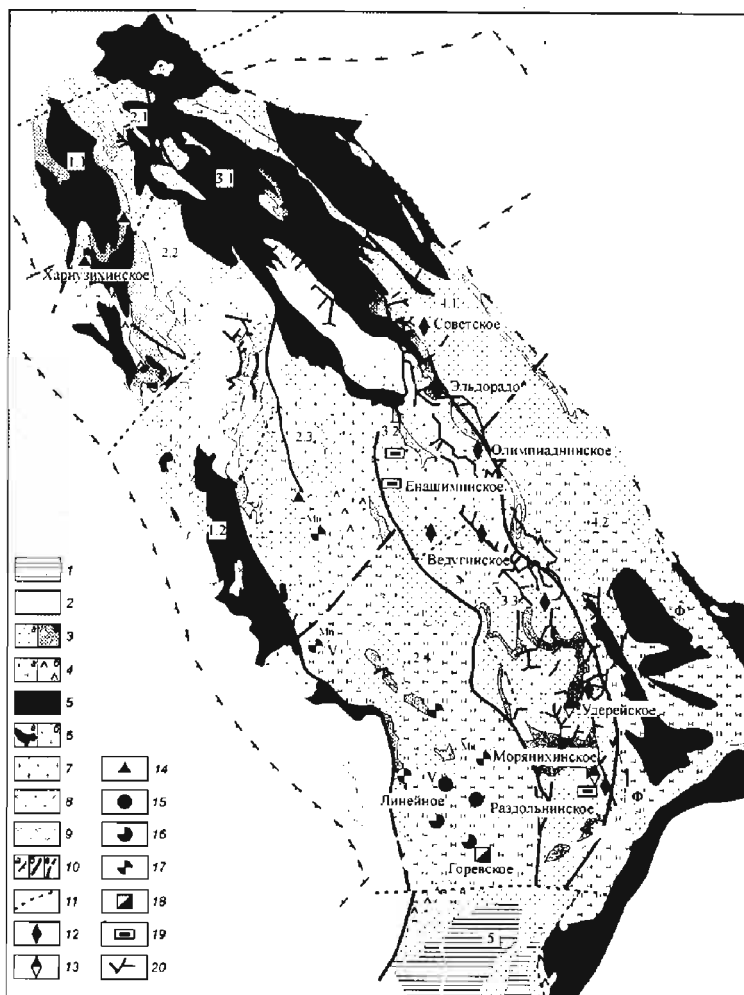


Рис. 3.6. Рифейские золоторудные месторождения Енисейского кряжа. Формационная основа по Г.В.Ручкину, В.Д. Конкину. 1 – архей-нижний протерозой; 2 – нижний протерозой; 3 – нижний-средний рифей Сухопитского бассейна: а – терригенно-карбонатные, углеродистые терригенно-карбонатные, карбонатно-терригенные отложения, б – вулканогенно-терригенные, в т.ч. железистые кварциты; 4 – средний-верхний рифей Тунгусинского бассейна: а – терригенно-карбонатные, карбонатные, углеродистые терригенно-карбонатные, б – вулканогенные риолит-базальтовые и вулканогенно-осадочные; 5 – молассоидные формации позднерифейских-венд-нижнекембрийских бассейнов; 6 – нерасчлененные формации: а – базит-гипербазитовые, б – гранитоидов; 7 – мигматит-гранитовая формация верхнего рифея; 8 – щелочно-гранит-сиенитовая формация венда-нижнего кембрия; 9 – пермо-триасовые траппы; 10 – границы: а – геолого-геофизических комплексов Енисейского кряжа, б –

металлогенических зон, в – подзон по геолого-геофизическим данным; 11 – второстепенные разрывы. Типы месторождений и проявлений: 12 – золотокварцевые и золотосульфидно-кварцевые в углеродистых терригенно-флишиоидных черносланцевых толщах; 13 – золото-антимонит-кварцевые в черносланцевых толщах; 14 – Pb-Zn колчеданные в вулканогенно-осадочных толщах; 15 – колчеданно-поли-металлические в черносланцевых толщах; 16 – колчедансодержащие Pb-Zn в углеродисто-терригенно-карбонатной толще; 17 – Pb-Zn стратиформные в карбонатной толще; 18 – сидеритовые в углеродистой карбонатной толще; 19 – железистые кварциты; 20 – россыпи золота; Мп – марганцевая карбонатная формация, V – формация ванадиеносная в черносланцевых толщах, Р – формация фосфоритовая желваковая. Структурно-формационные подзоны: 1.1 – Исаковская, 1.2 – Приенисейская, 2.1 – Вороговская, 2.2 – Лендахская, 2.3 – Ангаро-Большепитская, 3.1 – Северная часть Центральной, 3.2 – Центральная, 3.3 – Южная часть Центральной, 4.1 – Чернореченско-Каменская, 4.2 – Ангаро-Питская, 5 – Ангаро-Канская.

В Кемеровской области **Центральнинско-Комсомольский** рудный район с **Комсомольским** объектом (Au) ассоциирует с вендским Борокульским массивом габбро.

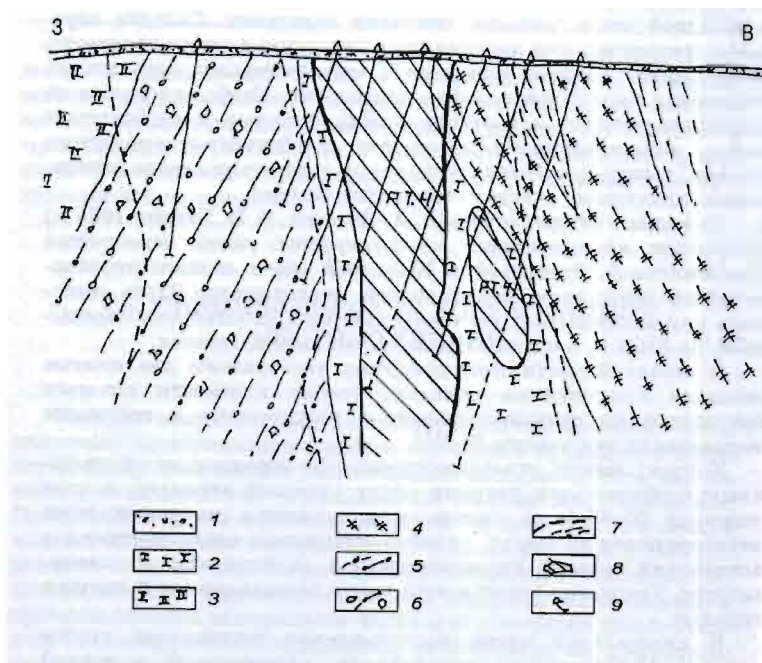


Рис. 3.7. Геологический разрез через рифейское Олимпиадинское золоторудное месторождение. По В.А. Лопатину, В.А. Батраку. 1 – почвенно-растительный слой; 2 – биотит-мусковит-карбонат-кварцевые сланцы; 3 – биотит-карбонат-кварцевые метасоматиты; 4 – углеродистые мусковит-карбонат-кварцевые породы; 5 – сланцы биотит-кварц-мусковитовые с гранатом; 6 – карбонат-слюдисто-кварцевые метасоматически измененные породы; 7 – тектонические нарушения, зоны расланцевания; 8 – контур рудного тела; 9 – буровые скважины.

гранитизацией (650-500) млн лет назад. Au, Au-Cu объекты открыты на **Нубийско-Аравийском** щите (0,85-0,55 млрд лет) – в Судане (Гебейт; Ариаб, Камоеб.; Хадал Аватиб), Египте (Суркари), Эфиопии (Лега Демби), Эритреи (Кока, на севере), Израиле, Саудовской Аравии, Иордании, Йемене.

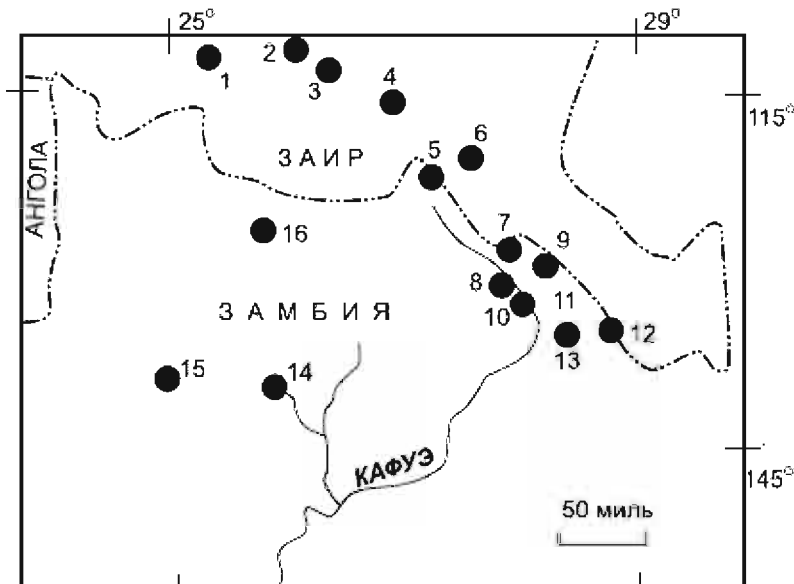


Рис. 3.8. Месторождения и проявления золота Таурегского (Ахаггар) щита, в т.ч. с рудными залежами, связанными с осадочно-вулканогенными породами фарузия (650 млн лет). По В.М. Чайка (1990). 1 – Амгид; 3 – Уаллен; 3 – Исселфан-Северный; 4 – Джанет; 5 – Тедезит; 6 – Текуиат; 7 – Тан-Шаффао; 8 – Ин-Хихау; 9 – Таманрассет; 10 – Тигауин; 11 – Бордж-Маркхтар; 12 – Тирек; 13 – Ин-Эббеги; 14 – Тиририн; 15 – Тин-Заотен; 16 – Исселфан-Южный.

В *Эфиопии* кварцевожильная система **Лега Демби**, крупнейшего продуцента Au, находится в верхнедокембрийских параметаморфитах позднепротерозойского вулканогенно-осадочного пояса Мегадо, части гранит-зеленокаменного террейна Адола. Rb-Sr даты по серициту кембрийские (545 млн лет). Они характеризуют возраст гидротермальных изменений и отложения золота.

В *США*, штат *Айдахо*, в интервале 1,0-0,7 млрд лет началось формирование Pb-Zn-Ag колчеданных залежей **Серебряного пояса Кёр д'Ален (Саншайн, Крессент, Галена, Рейнбоу)**. Урановая смолка **Саншайна** имеет возраст около 700 млн лет, минерализация серебра моложе 100 млн лет.

В *Бразилии*, рифт Агуапей орогена Сунсяш, малые Au-носные объекты «провинции Гуапорей» в связи с шир-зонами имеют даты около 1 млрд лет. В поясе Дом Филициано на южном побережье Бразилии Cu-Au порфировидные граниты Лаврас ду Сул (570 млн лет). В поясе Парагуай Au ассоциируют с филлитами группы Куйаба, финальными для цикла Бразильяно (1,0-0,54 млрд лет).

Уран

В *Индии* в шир-зоне Сингбхум, штат Бихар открыты кварц-хлоритовые залежи с ураном объекта **Джадугуда** (1580-1480 млн лет). Здесь к PR относят **Ламбапур, Педдагатту, Читриал, Коппунуру** (тип несогласия), стратоподобные **Туммалапалле-Рачакунтапалле** в Андхра-Прадеш. Палео-мезопротерозойскими определены жильные **Умра-Удайсагар, Рохил-Гхатешвар** в Раджастхане, **Бодал, Бхандаритола и Джаджавал, Думхат** штата Чхаттисгарх. Неопротерозойские жильные в штате Карнатака – **Гоги** и района **Гулбурга**.

Австралия богата крупными урановыми объектами. На севере это **Джейбайлака** (1,6-0,5 млрд лет), **Кунгарра, Лэйк Уэй, Ангела, Рам Джангл**. В Квинсленде – **Уэстморленд (Au-U Кобар II, Эль Хуссен, Панданус Крик** с рудами 850 млн лет, **Редтри, Намаланги, Уарабагу, Джуннагунна), Аллигатор Риверс** (оба типа несогласий), **Бен Ломонд, Мауреев. Валхалла**. В Западной Австралии – **Йиллири, Мулга Рок (Амбассодор, Эмперор, Шогун), Маныйнджи, Лэйк Мэйнтленд, Убагума**. На юге Австралии – **Курнамона, Маунт Джи, Проминент Хилл, U-TR Радиум Хилл** (1,5-0,7 млрд лет). Многие связывают с геохимическими барьерами у поверхностей несогласий. Fe-oxide Cu-Au-U-REE **Олимпик Дэм** в Южной Австралии (1,6-1,0 млрд лет). В Квинсленде TR-U скарновое **Мэри Кэтли**н, рудные район и поле **Маунт Айза**. Скарны датированы 1766 ± 80 млн лет, уранинит – 1550 млн лет.

В *Канаде*. Ag-U руды **Озера Контакт** – среди вулканитов Эско-Бей (1,7-1,8 млрд лет, K-Ar). Возраст руд (U-Pb) $-1,445 \pm 20$ млн лет. Возрасту прорывающих диабазов – $1,400 \pm 25$ и $1,425 \pm 48$ млн лет.

На *востоке Сибири* в основании разреза рифея Восточно-Алданского террейна (Алдано-Становой щит) U-V жилы в мраморах объекта **Конукли**.

Редкометалльные пегматиты

На *юге Норвегии* открыты мезопротерозойские силлы габбро с минералами редких металлов. Там же – сотни пегматитовых жил с уникальными образцами коллекционного сырья – **Ивеланд**, охватывающий примыкающие районы Швеции (1,2-0,9 млрд лет). **Володарск-Волынское** пегматитовое поле Украины (берилл, топаз, циннвальдит и т.д.) находится на эндоконтакте рифейских гранитов Коростеньского плутона, прорвавших массив габброидов.

В *Саудовской Аравии* танталоносные граниты **Гурайя** имеют возраст 0,63-0,58 млрд лет. Рифейские массивы **Хиджаз** с Ta – на границе Саудовской Аравии с Йеменом. В Египте похожи на них **Абу-Даббаб**, гранитизированные породы R_3 с Ta, Нувейби. На юге Алжира с «гранитами таурирт» R_3 связаны жильные пегматиты **Тиллик** с Nb, Sn, Be, топазом. В *Эфиопии* таковы же **Кентича, Бурунди** – Ta-Nb пегматиты **Кивуву и Рухембе** с Rb-Sr датами 1,0-0,9 млрд лет и 650-550 млн лет. U-Pb даты по колумбиту для **Кивуву** 962 ± 2 млн лет, **Рухембе** – 968 млн лет. В ЮАР пегматиты **Гордония** низовьев р. Оранжевой образовались 1025 млрд лет назад. В Заире пегматиты **Манона-Китатоли** имеют возраст руд 980-880 млн лет, вмещающих гранито-гнейсов – 1200-600 млн лет. На Мадагаскаре мощная (до 20 м) пегматитовая жила в горах **Анказобе** – 1,2-0,7 млрд лет.

Пегматиты Индостана рифейские в пределах пегматитовых поясов **Бихарский** (U, Be), **Орисский, Раджастханский** (изумруды), **Неллурский** и пегматитовых районов **Сингбхум, Южно-Индийский-Шри-Ланкийский**. В поясе Ниллуру (1600-1400 млн лет) обнаружен TR-U объект **Куллампатта**, штат Мадрас (1,5 млрд лет). На западе Индии скопления вольфрама генетически связаны с кислыми гранитами (0,85-0,75 млрд лет) – жильное **Дегана** и др.

В *Канаде* на границе провинций Лабрадор и Квебек иттриевый объект **Стрейндж-Лейк** связан с калиевыми гранитами (1,37-1,22 млрд лет).

На *Бразильской платформе* рифейский возраст имеют пегматиты Восточно-Бразильского пояса, 926-360 млн лет. На Бразильском щите («пров. Парима») оловоносные граниты появилось на площадях **Сурукукус** (1,5 млрд лет), в субпровинции Токантинс штата Гояс (1,59 млрд лет) и в Рондонии (около 1,3 млрд лет и 0,9 млрд лет). В поясе Рибейра известны неопротерозойские гранитные интрузии с вольфрамитом и золотом. В провинции Борборема на северо-востоке

Бразилии – шеелит в скарноидах **Брежуи** пояса Серидо. Пегматиты гранитного магматизма эпохи Бразильяно (1,0-0,54 млрд лет). Пегматиты юго-восточной Бразилии с ювелирным турмалином-эльбаитом и зональные литиевые связаны с синтетоническими гранитами (580 млн лет). В Боливийском секторе Южно-Американской платформы возраст около 1 млрд лет имеют пегматиты **Лос Патос, Ла Белья, Ассеньсон де Гуарайос**, в кристаллосланцах и перспективны на скопления руд Be, Sn Ta, Nb, Th, U.

Графит

В пров. Нью Брансуик на востоке Канады жилы графита на объекте **Голден Гров** локализованы в неопротерозойских известняках, доломитах, кварцитах формации Ашбёрн.

В Восточной Бразилии, пояс Аражуай, известны неопротерозойские скопления графита **Педра Азул** и **Салто да Дивиса** ассоциируют с амфиболитами и гранулитами по метаотложениям.

На севере Китая, восток пров. Хейлудзянь, неопротерозойский-кембрийский металлогенический пояс Джиси содержит **Люмао** и другие объекты – скопления в силлиманитовых и графитовых гнейсах, графитовых сланцах и мраморах террейна Дзямуси.

Криолит

На юго-западе Гренландии более полувека эксплуатировали месторождение криолита **Ивиггут**, единственное в своем роде на Земле. Жильные эвдиалитовые и эгирин-арфведсонитовые тела (1170-1160 млн лет) с криолитом Na_3AlF_6 , цирконом и бадделеитом ZrO_2 наблюдались среди нефелиновых сиенитов и карбонатитов (2,7-1,8 млрд лет) в зоне влияния Гардарского палеорифта. Концентрации циркония составляли 2-15 кг/т. [Ист. мин., 2005, с. 30; Ист. мин., 2007, с. 128]. В год добывали 40-60 тыс. т криолита. Общие запасы минерала составили 3,5 млн. т. Ныне все они подняты на-гора, складированы и постепенно вывозились на экспорт (в 1981 г. отправлено 44 тыс. т, запасов хватило до 1985 г.). В 1986 г. разработки прекращены в связи с истощением месторождения.

3.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза

В Европе установлены *Норвежская и Финско-Украинская* ИМП (см. рис. 3.1). Первая из них включает значительные месторождения титана и мелкие хромитов, массивных сульфидов, медные, медно-молибденовые и золото-медные. Небогата полезными ископаемыми и вторая позднепротерозойская ИМП. Здесь имеются мелкие объекты титана, полиметаллов, редкометалльных карбонатитов. Выделяется Волыньское пегматитовое поле на Украине с пьезооптическим кварцевым сырьём и крупными кристаллами топаза, берилла и других минералов.

В *Урало-Казахстанской ИМП* открыты крупные титано-магнетитовые объекты, в *Перивосточносибирской* - Северо-Байкальская никеленосная провинция, а также крупнейшее месторождение REE Томпторское с более поздней герцинской корой выветривания, обогащенной редкими землями. Эта ИМП богата месторождениями золота (Олимпиадинское и другие), полиметаллическими (Горевское, Холоженское, Сардана) и другими.

На обширной площади Африканского континента различаются *Североафриканско-Аравийская, Гвинейская и Южноафриканская*, каждая со специфичной минерализацией. Для первой из них характерны крупные редкометалльные объекты, кобальтовые с Au и МПГ, золоторудные. Во второй известны месторождения алмазов тантала и ниобия. Третья славится крупными месторождениями алмазов (до 20 алмазоносных диатрем), в том числе трубки Премьер, Пинаспорт, Претория и другие. В этой же ИМП есть крупные месторождения REE.

В *Восточно-Китайской ИМП* находится самое крупнейшее гидротермальное месторождение редоземельных металлов Баян-Обо, обеспечивающих 97% мирового их производства. Cu-Ni месторождение Джинчуан является третьим в Море по запасам после Норильского и Седбери. Имеются небольшие объекты хромитов, полиметаллов и меди, а также рифейские алмазоносные диатремы.

В *Индостанской ИМП* имеется три кимберлитовых поля с алмазоносными трубками и дайками, вольфрамовые, небольшие полиметаллические, медные, урановые, бериллиевые, редкометалльные месторождения. Очень богата полезными ископаемыми *Австралийская ИМП*. Здесь имеются алмазоносные лампроиты, в том числе трубка Аргайл, дающая 40% мировой добычи алмазов, серия крупных урановых месторождений. Выделяется горнорудный гигант Олимпик-Дам, содержащий не только U, но крупные запасы Cu, Au, REE.

В Северной Америке *Аппалачско-Гренландская ИМП* характеризуется наличием медно-никелевых с платиноидами титано-магнетитовых, титановых, полиметаллических, медных и графитовых месторождений. В *Аляскинской ИМП* имеются золото-мышьяк-вольфрамовые, полиметаллическо-баритовые объекты. *Западнолаверентийская ИМП* содержит золоторудные, серебряные, золото-урановые месторождения Серебряного пояса, ниобиевые объекты по западной окраине Канадского щита, крупные аккумуляции Pb и Zn (Сулливан).

В *Южно-Американской ИМП* открыты месторождения алмазов, добываемых на нескольких рудниках, хрома, полиметаллов (Агудо, Византе и другие), золоторудные и медные. В пегматитовых полях имеются объекты по добыче редких земель и драгоценных камней.

3.3. Гипергенный минерагенез

Гипергенные месторождения рифея чрезвычайно разнообразны и представлены на всех континентах (рис. 3.9).

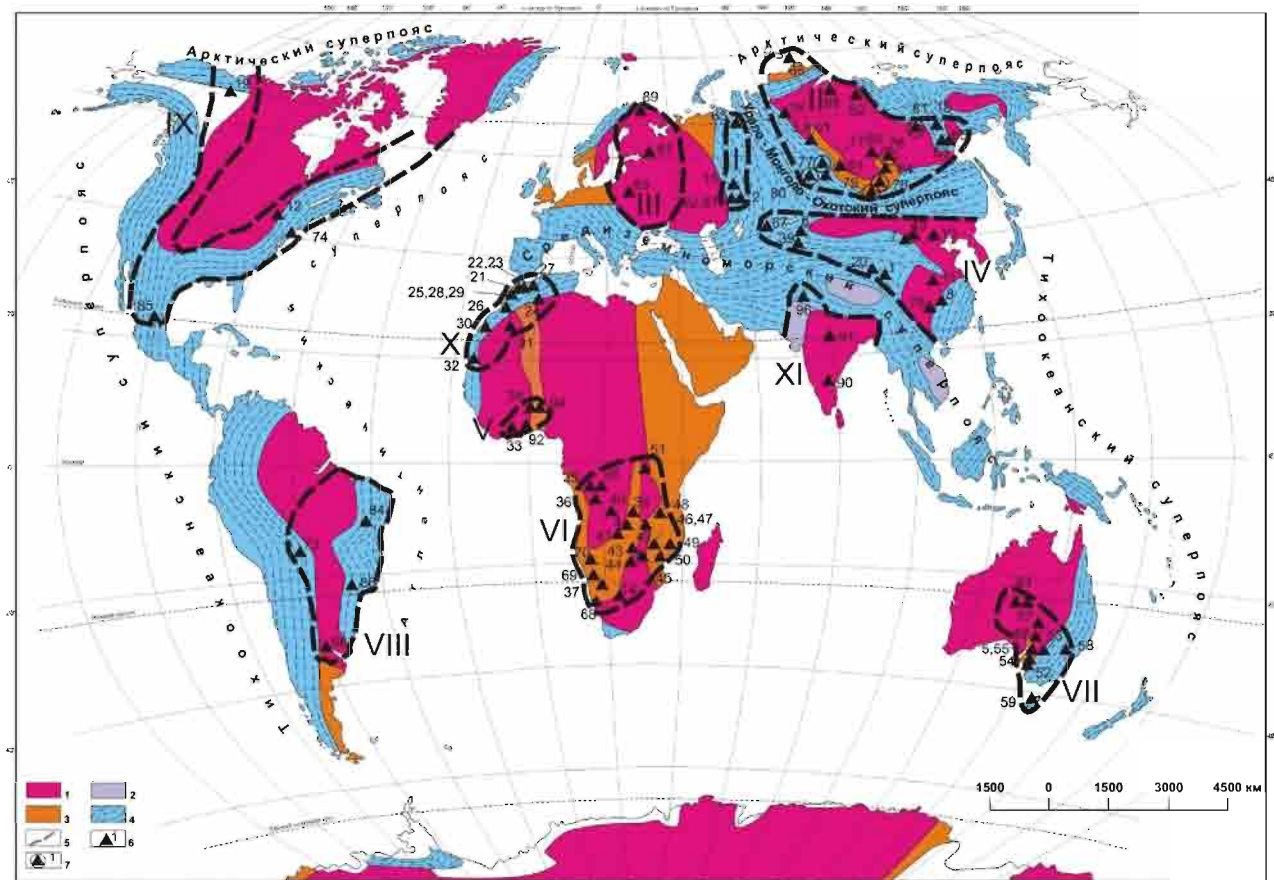


Рис. 3.9. Экзогенные месторождения, сформировавшиеся в рифейский этап на континентах Земли. Условные обозначения: 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогей, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5 – границы историко-минерагенических провинций; 6 – россыпи, медистые песчаники и т.д.; 7 – бокситы. Римскими цифрами обозначены историко-минерагенические провинции (ИМП): I – Уральская, II – Восточноевропейская, III – Восточносибирская, IV – Среднеазиатско-Китайская, V – Гвинейская, VI – Южноафриканская, VII – Аделаида, VIII – Аргентинско-Бразильская, IX – Перилавентийская, X – Марокканская, XI – Индостанская. Позднепротерозойские экзогенные месторождения и проявления:

I – железорудные стратифицированные: 1 – **Жиньтишань**, Тибет. Осадочно-экзотический железорудный (SEDEX); 2 – **Бакальская** группа в Саткинском районе Челябинской области. 24 рифейских-кембрийских железорудных месторождений; 3 – **Ангари-Питский** железорудный бассейн, около 2 тыс. км². Основные месторождения **Нижне-Ангарское** и **Ишимбинское**; 4-6 – скопления осадочных железных руд среди толщ, интерпретируемых как вендские ледниковые тиллиты, в т.ч.: 4 – пров. **Шаба**, Заир, – **Аделаида**, Южная Австралия, 6 – хребет **Джетымтау**, Киргизия; 7 – **Сюаньлун**, Китай. Оолитовые железные руды; 8 – запад провинции Хунань, Китай. Вулканогенно-осадочные железорудные залежи на юго-востоке **Циннаньского** поднятия.

II – первично осадочные марганцевые: 9 – **Порожнинское** и **Таёжное**, Северо-Енисейский район, Красноярский край; 10-11 – марганцевые руды в синийских толщах, в т.ч.: 10 – **Северо-Китайской** провинции. Среди известняков (тип Вафангзы) а также в кварцитах, известняках и доломитах, 11 – **Южно-Китайской** провинции. Карбонатно-кремнистые залежи (тип Ляньюань); 12 – **Шевервилль**, на границе провинций Онтарио и Квебек, Канада, Марганцеворудный район, около 40 месторождений и проявлений марганца; 13 – **Зун-Холба**, Восточный Саян. Золото-кварц-пиритовые прожилково-вкрапленные и колчеданно-полиметаллические тела, результат преобразования рифейского первично осадочного вещества; 14 – **Калахари** (бассейн), ЮАР. Месторождения марганца палеопротерозоя, преобразования позднерифейские (0,9-0,6 млрд лет).

III – первично осадочные (экзотическо-осадочные) медные: 15 – **Зиреклинское** и **Лемезинское** медепрооявления, Башкирия; 16 – **Большой Медвежий** (остров), в долине Енисея.

Медепроявления в красноцветях; 17 – **Марнинское**, Восточный Саян. Медепроявление (прожилки и жилы, ранее разрабатывались); 18 – **Восточно-Хандыгское**, хребет Сетте-Дабан. Приалданская провинция. Крупное медепроявление; 19 – **Прикордильерская** меденосная провинция, меденосная зона **Макензи**. Месторождение **Кил Ривер**, проявления гор **Кэп**, **Редстоун**; 20 – **Айнак**, пров. Логар, Афганистан. Медное в отложениях венда-кембрия; 21-29 – медистые песчаники и сланцы **Северо-Африканской** меденосной провинции, в т.ч. месторождения: 21 – **Амадуз**, **Эль-Ассель** (венд-кембрий), 22 – **Тирзит** (венд-кембрий), 23 – **Талат-Нуаманн** (венд-кембрий), 24 – **Боунхас** (довендский), 25 – **Эль Бленда** (довендский), 26 – **Вансими** (довендский), 27 – **Тизерт** (вендский), 28 – **Бу Скур** (довендский), 29 – **Бу Мадин** (довендский); 30-34 – **Западно-Африканская** меденосная провинция, в т.ч.: 30 – **Акжужт** (венд), 31 – **Ханк** (катангий-верхний кембрий), 32 – **Гельб Могрин** (венд), 33 – **Ити** (довендский), 34 – **Гауа** (довендский); 35-38 – медистые песчаники и сланцы **Юго-Западной Африканской** меденосной провинции, в т.ч.: 35 – **Миндули** (вендский), 36 – **Мавайо** (довендский), 37 – **Оамитес** (довендский), 38 – **М'Пасса**; 39-51 – **Южно-Африканская** меденосная провинция, в т.ч.: 39 – **Заур-Замбийский пояс** (венд-ранний кембрий). Довендские: 40 – восточная **Ангола**, 41 – район **Касемпа и Каленгва**, 42 – **Луземпфа**, 43 – **Ломагунди**, 44 – **Восточный Бечуаналенд**. 45 – **Пиривири**, 46 – **Молли**, **Соньяти**, 47 – **Аляска**, 48 – **Каканга**, 49 – **Эдмандиен**, 50 – **Умкондо**, 51 – **Килембе**; 52-59 – месторождения медистых песчаников и сланцев Австралии в рифтовой зоне Аделаида, в т.ч.: 52 – **Капунда**, 53 – **Копер Клейм**, 54 – **Датчменз**, 55 – **Ядламалка**, 56 – **Маунт Гансон**, 57 – **Юднамунтана**, 58 – **Наррабин**, 59 – **Маунт Лайелл**.

IV – **первично осадочные золотоносные, связанные с черными сланцами и прочими осадочными толщами (реювенированы в поздние этапы)**: 60 – **Сухой Лог**, **Бодайбинского** золоторудного района, **Ленская** золотоносная субпровинция. Золоторудное. Формировалось с рифея до среднего-позднего палеозоя (главный этап); 61 – **Лопатинская**, **кординская** свиты, рифей и венд Восточного Саяна. Золотоносные конгломераты; 62 – **Оленекское** поднятие, Якутия. Золотоносные конгломераты; 63 – **Учуро-Майский** прогиб, Хабаровский край. Золотоносные конгломераты; 64 – **Хужир**, Восточный Саян. Золотоносные конгломераты; 65 – **Хараманлоу**, Полярный Урал. Благоприятно-металлическая минерализация в черносланцевых толщах рифея; 66 – **Голышевский** рудно-россыпной узел, о. Большевик, архипелаг Северная Земля. **Голышевское**, **Литкенское**, **Тихое** рудно-россыпные поля и **Грозное** рудопроявление; 67 – **Кара-Кумы**, Узбекистан. Первичные аккумуляции Au в рифейских черных сланцах (месторождения **Мурун-Тау** и др.).

V – **первично осадочные (эксгальационно-осадочные) полиметаллические, серебряные, редкометаллные**: 68 – **Рош Пина**, Намибия. Pb-Zn-Ag(Cu-Ba); 69 – **Рандеву**, Намибия. Pb-Cu-Ag-(Zn); 70 – **Тсонгари**, Намибия. Pb-Zn-Cu-Ba-Ag-Au; 71 – **Вазанти**, северо-восток штата Минас Жераис. Крупное Pb-Zn; 72 – **Жануария**, север штата Минас Жераис, Бразилия. Pb-Zn оруденение, с V; 73 – **Экспедито**, штат Мату Гросу, запад Бразилии. Щит Гуапоре, Полиметаллическое, с Ag; 74 – **Балмат**, **Франклин-Стерлинг Хилл**, штат Нью Джерси, США. Цинковые; 75 – **Зуныи** (деревня Суньинь, пров. Гуйчжоу), КНР. Mo-Au-Ni-Pt в черных фосфатных сланцах. Полоса прослежена на две тыс. километров через девять провинций Южного Китая.

VI – **бокситоносные и благороднометаллные коры выветривания**: 76 – **Боксонское**, Восточный Саян, близ Иркутска. Бокситовое; 77 – **Козыревская**, г. Дивногорск, Красноярский край. Залежь диаспор-бёмитовых бокситов; 78 – **Патомское нагорье**, восточная часть. Караван диаспоритов, линзы и пласты сланцев с диаспором; 79 – **Хубсугул**, Монголия. Бокситы; 80 – **Горная Шория**. Бокситы в карбонатных толщах; 81 – **Алданский** щит. Линза бокситоподобных пород среди отложений рифейской лахандинской свиты. Проявление диаспоритов (?) **Горностыль**; 82 – **Лапыштинский** и **Юшинский** дайковые комплексы, Башкирия. Золотоносные линейные коры вдоль даек в нижнерифейских терригенно-карбонатных отложениях.

VII – **алмазоносные, титан-циркониевые россыпи**: 83 – алмазы (73 кристалла) в рифейских конгломератах и песчаниках **Вильчанской** и **Белокоровичской** впадин, северный склон Украинского щита; алмазы (3 зерна) в отложениях рознической и колковской свит каниловской серии венда **Воыно-Подолии**; 84 – **Жакобина**, штат Баия, Бразилия. Au-U, с алмазами конгломераты серии Лаврас м в слоях Жакобина; 85 – **Мехико**. Масштабные проявления титан-циркониевой россыпной минерализации в отложениях рифея; 86 – **Бом Жарим**, штат Минас Жераис, Бразилия. Россыпи рутила и циркона PR₃; 87 – Минералы Ti и Zr в отложениях R₃ **Башкирии**. Рутитовые гнейсы Урал-Тау; 88 – **Анабарский** щип, алмазы в рифейских толщах; 89 – **Рыбачий** (полуостров), Мурманская область. Повышенная Ti-Zr минерализация в породах R₃. Тут же – фосфатные горизонты, сульфидная минерализация; 90 – **Куддапах**, Индостан. Алмазы; 91 – **Виндийская** впадина, Индостан. Алмазы; 92 – **Того**. Гематит-рутиловая с минералами U и Th прибрежно-морская россыпь.

VIII – **экзогенные аккумуляции фосфатов, графита, барита**: 93 – месторождения фосфоритов **Центральной Австралии**, около 0,8-0,7 млрд лет; 94 – фосфатноносный бассейн

Вольта, Западная Африка; 95 – **Штирия**, Австрия. Месторождения графита.; 96 – **Тонс**, Гималаи, Индия. Барит в «силицикластитах» (кварциты и др.) неопротерозоя.

IX – первично осадочные урановые, вольфрамовые: 97 – **Пашийско-Ладожский** бассейн. Месторождение урана **Карху**, проявления **Матала**, **Коталахти**; 98 – **Пампа дель Тамбореро**, пров. Сан Луис, Аргентина. Докембрийское стратиформное шеелитовое.

Железные руды

Рифейские железные руды широко распространены на всех континентах и представлены различными генетическими типами, в том числе месторождениями гематитовыми ледниковых толщ, прибрежно-морскими оолитовыми гематитовыми, гидротермально-осадочными и рудами полосчатых железистых формаций. Первые два типа формировались преимущественно в пределах платформ, последние два – в подвижных поясах с участием эндогенных процессов.

1. **Гематитовые месторождения ледниковых толщ.** На приграничной площади между штатом Аляска, США, и канадской Территорией Юкон в неопротерозое, 750-725 млн лет назад формировались в ассоциации с ледниковыми толщами гематитовые месторождения группы **Рапитан**. Аналогичные образования обнаружены на континентах Земли во многих регионах. На Восточном Тянь-Шане они известны в хребте **Джетынтау**, в Южной Америке – среди образований серии Жакудиго, на юго-западе Африки – в супергруппе Дамара, в Южной Австралии – в субгруппе Юднамунтана и т.д. (см. рис. 3.9). Обнажения на севере Американского континента, тем не менее, являются эталонными для выделяемого повсеместно типа железорудных месторождений **Рапитан**. Ассоциация тиллитов с гематитовыми рудами – большая загадка, пример и одно из препятствий для сторонников ультраактуализма. В самом деле, современных ледниковых условий и соответствующих отложений, континентальных и субмаринных, на Земле и ныне сколько угодно, но – среди них или рядом гематитовые тела не накапливаются.

2. **Прибрежно-морские оолитовые гематитовые руды.** На площади около 2 тыс. км² в Удереиском районе Красноярского края гематитовые железные руды наблюдаются в отложениях нижнеангарской свиты рифея. Рудные залежи прослежены на 18,5 км по простиранию и на 400-500 м по падению. Мощность их изменяется от 4-5 м до 15-20 м. Наиболее крупный рудоносный объект – **Дашковская** синклиналь. Основные разновидности руд: гематитовые, гематит-песчанистые, хлорит-гематитовые, гематит-сидеритовые. Балансовыми считают руды с содержанием 30-50% железа. Запасы металла определены в 755 млн т. Главные месторождения – **Нижнеангарское**, **Ишимбинское**, **Удоронговское**, из которых **Нижнеангарское** считается крупнейшим в Сибири. Первично оолитовые гематитовые руды бассейна накопились в прибрежных морских условиях и в тесном соседстве с прочими терригенно-карбонатными образованиями рифейской геосинклинали. Другое, помимо **Нижне-Ангарского**, важнейшее месторождение бассейна – **Ишимбинское**. Хотя основные руды бассейна гематитовые, но на месторождениях **Нижне-Ангарском** и **Ишимбинском** присутствуют магнетит и сидерит. Гематито-сидеритовых и гематито-магнетитовых руд не более 30 мас. % от запасов.

3. **Гидротермально-осадочные.** В Башкирии имеется **Зигазино-Комаровский** железорудный район рис. 3.10, вытянутый в северо-восточном направлении на 40 км и занимающий площадь 250 км². Открытые ещё в XVIII веке рудные залежи, сидеритовые (20%), бурожелезняковые (80%), локализованы в осадочно-метаморфических породах среднего рифея. Все они наклонены на юго-восток под углом 50-65°. Выявлены 25 месторождений, находящиеся друг от друга на удалении 2-3 км, с общими запасами около 83 млн т при среднем содержании Fe более 40%. Среди них: **Туканское**, **Наратайское**, **Зиландиское**, **Ерматаевское**, **Комаровское**, **Туссаган**, **Южно-Майгашлинское**, **Кордонское**, **Тара**, **Лапа-Нугушское**, **Бикбулатовское**, **Старобашкирское**, **Осиновское** и другие.

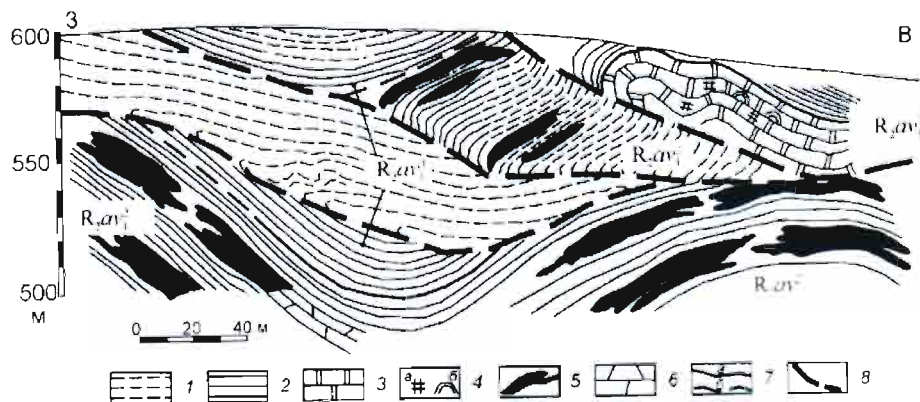


Рис. 3.10.
Геологическое строение северной части среднерифейского Туканского железорудного месторождения, Зигазино-Комаровский железорудный район, Башкирия. По Н.В.Грановской, 2010.
1 – выветрелые алевро-лит-глинистые

породы с реликта-ми первичной слоистости; 2 – углеродисто-глинистые сланцы; 3 – доломиты; 4 – дополнительная характеристика пород: а – ожелезнение, б – строматолитовые тек-стуры; 5 –

рудные тела бурых железняков; 6 – сидериты; 7 – стратиграфические контакты: а – достоверные, б – предполагаемые; 8 – разрывы.

Эксплуатируются только Туканское, Туссаганское и Тарское с запасами 31, 1,5 и 1,4 млн т соответственно при среднем содержании железа (%) 39,5; 43,5 и 41,6 и низком серы и фосфора (0,03 и 0,06). Рудные тела – пласты, линзы, гнездообразные средней мощностью 10-15 м, – протягиваются на расстояние до 3-4 км, в среднем, на километр.

В **Бакало-Саткинском** горнорудном районе в западной части *Челябинской области* 24 железорудных месторождений **Бакальской** группы занимают площадь около 150 км². Они среднетемпературные, пластовые, замещения, в карбонатных породах. В результате деятельности уральских геологов в последнее время установлено, что происхождение сидеритов Бакальских месторождений гидротермально-метасоматическое. Наиболее распространенная форма залежей пластовая, гнездообразная, линзовидная, самые значительные площадью 1,5-2,0 км². Мощность их тел доходит до 80-100 м. Различают руды поверхностные окисленные и более глубоко залегающие эпигенетические сидеритовые. Окисленные относятся к разностям: 1 – плотные бурые железняки и гидрогематиты ("турьиты"); 2 – порошковатые (охры) бурые железняки; 3 – порошковатые гидрогематиты-турьиты ("черноталы"); 4 – бурые охры (смесь обломков лимонитов, турьитов в охристой массе); 5 – кавернозно-натечные бурые железняки; 6 – глинистые бурые железняки. Знаменитые "нулевые" марки, руды, не содержащие S и P, прославившие Бакал как поставщика сырья для качественных сталей, встречены только среди гидрогематитов-турьитов и плотных лимонитов.

Среднее содержание железа в сидеритах – 30,6%, в бурых железняках – 44%. Сидериты представляют интерес не только как руда железа, но и в связи с тем, что их добавка в шихту и агломерат улучшает экономические параметры выплавки стали. Запасы сидеритов составляют более 1 млрд т, бурых железняков – 30 млн т].

В штате *Миссури, США* происхождение железных руд сходное. На юго-востоке, в пределах так называемого Свинцового пояса известны восемь месторождений «железорудной провинции **Сент Френсис Маунтин**». Эти объекты ассоциируют с риолитами протерозойской рифтовой зоны (1,87-1,5 млрд лет). В магнетит-гематитовых рудах – бастнезит, флоренсит, сульфиды меди, золото, уранинит. Месторождение **Пайлот Ноб** – гематитовое, тонкозернистых полосчатых руд. На месторождениях **Сида Хилл, Рассел Маунтин, Колледж Хилл** гематитовые тонкополосчатые слои чередуются с такими же слоями красных джаспероидов. Для первых двух объектов характерны обильные пластовые обособления гематитовых оолитов. Для руд **Рассел Маунтин** отмечены ярко выраженные признаки переноски вещества по ложбинам, шелушение осадков. Их нарушение присутствует и на **Колледж Хилл**. На **Хоган Маунтин** гематит образует крустификационные формы и заполнение пустот в риолитовой брекчии, признаки отложения в неглубоком жерле при участии гидротерм. Подобные жерла питали металлами осадки неглубокого бассейна.

4. *Руды полосчатых железистых формаций.* Неопротерозойский-кембрийский металлогенический пояс Джиси, *Северо-Восточный Китай*, известен аккумуляциями полосчатых железистых формаций (BIF, тип Algoma), Au типа Хоумстэйк, метаморфогенных графита и силлиманита. Месторождения пояса связаны с кондалитами, т.е. неопротерозойскими глинозёмистыми метаосадками, богатыми Al пелитами и карбонатами, отложившимися в мелководных морских условиях изолированных бассейнов. Метаморфизм имел место 500 млн лет назад. Основные железорудные месторождения пояса - Шуаньгыашань, Люмао, Донгфеньшань. находятся среди карбонатных пород и вулканокластитов, метаморфизованных в фациях зеленосланцевой низких ступеней и амфиболитовой.

Шуаньгыашань – месторождение полосчатых железистых формаций (BIF, тип Algoma). Пласты джеспилитов согласны с вмещающими силлиманитовыми сланцами, и гнейсами, мраморами. Основная залежь длиной 2169 м и 8 м мощностью и содержанием Fe 30 % прослежена по падению на 520 м. Руды полосчатые, массивные, содержат магнетит, гематит, шеелит, кварц, авгит, диопсид.

В *Африке* подобные месторождения выявлены в Того, Гане и других странах региона. В *Намибии* выявлено неопротерозойское первичноосадочное (по другим версиям, гидротермально-экспалляционное, гидрогенное, в связи с оледенением) железо-марганцевое месторождение **Отжосонду**. В его разрезе два горизонта с силикатной марганцевой минерализацией переслаиваются с полосчатыми железистыми образованиями среди «суперзрелых» кварцевых метааренитов. Первичные металлоносные осадки накапливались в морском бассейне. Хорошо выражена геохимическая зональность: отложения с Mn накапливались в гемипелагических и пелагических условиях, а меняющиеся Eh способствовали разделению ареалов выпадения Mn и Fe. В разрезах фиксируется постепенное замещение прибрежных кластогенных отложений сначала марганценовыми гемипелагическими, а затем пелагическими марганцевыми и железистыми. Источники Fe и Mn были в пределах еще более глубоких частей бассейна. Об этом напоминают тела толеитовых вулканитов и связанных с ним рудных тел. Металлы происходили из пиритизированных сланцев, океанических толеитов и ассоциирующих с ними аккумуляций массивных сульфидов.

Полиметаллы накопились в глубоководных углеродистых осадках, в которых Fe и Mn разделились в первый раз.

Бокситы

На Урале среди девонских бокситов иногда обнаруживают гальки псевдоморфного боксита по диабазовым порфирирам. Предполагают, что это остатки размытых древних (рифейских?) латеритов.

На западе Алтае-Саянской области в качестве древнейших кор выветривания описывают протерозойские-кембрийские кианитовые гнейсы, диаспоровые бокситы, корундовые, шпинелевые породы. В 40-50 км к юго-западу от г. Дивногорска Красноярского края обнаружена залежь **Козыревская** тёмно-красных диаспор-бёмитовых бокситов с мощностью линз 2-4,5 м. Кремнезема в них 2-15%. Эти породы принадлежат верхам овсянниковской свиты рифея. Интересно вендское **Боксонское** месторождение бокситов в Восточном Саяне, Бурятский сектор. В Монголии у озера **Хубсугул** вендские бокситы наблюдались в разрезах боксонской свиты. Слабо метаморфизованные бокситы обнаружены и в карбонатных толщах рифея Горной Шории.

На севере Иркутской области, восточная часть **Патомского** нагорья, среди серицит-хлоритовых, пироксилитовых, хлоритоидных сланцев мощностью 600-800 м группой исследователей (Ю.Г. Попов, Е.П. Бессолицын, А.Н. Потороченко, Е.Н. Наумовой) диагностированы караван диаспоритов, линзы и пласты сланцев с диаспором. В диаспоритах определены (%): Al_2O_3 50-60, SiO_2 10-16, Fe_2O_3 3-10, FeO 12-15, TiO_2 1-1,3. Глиноземистые образования перекрыты кварцевыми песчаниками нижнего рифея. Вещество поступало из коры выветривания обнажающегося и ныне массива гранитоидов. В Гоби-Алтае Монголии (пояс **Дарви**, мезопротерозой) характерны бокситы, с самым крупным объектом **Алагуул** террейна **Байдраг**.

Высокоглиноземистые породы

В Центральной Индии, округ Бхандара, штат Махараштра, у деревни Гирола находятся крупнейшие разработки кианита, силлиманита и пироксилита – рудники **Паври Кианит**. Рудовмещающими являются хлорит-мусковитовые, кварц-пироксилитовые сланцы архейской серии Саколи, рассеченные жилами кианита и силлиманита, рис. 3.11. Все минералы возникли в результате сильнейшего позднего динамо-термального метаморфизма первично глиноземистых архейских пород. Еще один рудник у г. Нагпур в округе Бхандара (деревня **Сакра**), добывает не только кианит с силлиманитом, но и корунд. Минералы присутствуют в жилах и карманах в схожей геологической ситуации. Там же у деревни **Похара** разрабатывают линзы с силлиманитом, корундом, пироксилитом. Резерв силлиманита – 0,155 млн т, пироксилита – 0,585 млн т пироксилита.



Рис. 3.11. Слева – жильные кианит и силлиманит из образований серии Саколи, рудник Паври Кианит в округе Бхандара, штат Махараштра, Центральная Индия. Справа – карьерные разработки высокоглиноземистых пород на том руднике. Подготовка очередного блока к отпалке <http://www.pavrikyanite.com/mining.JPG>

На кианитовом месторождении **Наваргаон-Чова**, округ Бхандара, штат Махараштра, в однотипной геологической ситуации кварц-кианитовые породы прослежены среди сланцев архейской серии Саколи на расстояние до 5 км. Кианит отмечен в тонких жилах среди слюдистых и хлоритовых сланцев. Голубоватые массивные разности содержат включения турмалина и кварца. Богатая зона имеют длину 130 м, ширину 8-25 м. Содержание глинозёма 40-58%. Белый и желтый пироксилит $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$ образует линзы, часто ассоциирующие с кианитом, контаминирован турмалином и слюдой. На месторождении в висячей стенке залегают плотные розоватые кварциты, иногда полосчатые. Помимо основного применения в качестве огнеупоров, лучшие образцы индийских кианита и силлиманита рассматриваются и как недорогое ювелирное сырьё, рис. 3.12.



Рис. 3.12. Поделочные разности индийских силлиманита (слева, кабошон, в зависимости от размеров партии стоимость неоправленного камня – US\$ 1-100) и кянита (справа, два кабошона, US\$ 1-25).

http://i00.i.aliimg.com/photo/122505120/Natural_Sillimanite_Oval_Cabochon_Loose_Stonev0.summ.jpg

http://i00.i.aliimg.com/photo/121677196/Natural_Kyanite_Oval_Cabochon_Loose_Stone_v0.summ.jpg

Марганцевые руды

Бразилия. В штате Мату Гросу ду у боливийской границы имеется крупное месторождение Fe и Mn первично осадочных руд **Морру ду Урукум** (рис. 3.13). Четыре марганцевых горизонта, мощные пласты гематитовых джеспилитов находятся среди образований формации Санта Крус. Ресурсы только Fe руд составляют 36 млрд т, Mn – 608 млн т (включая 23,4 млн т измеренных, 34,5 млн т указанных, 465,1 млн т исчисленных и 86 млн т гипотетических и предполагаемых). Руды в районе **Урукум** преимущественно пластовые, обогащенные детритусом, а также конкреционные криптомелановые. Среднее содержание Mn в четырех основных рудных типах варьирует от 25,63% (детритусовые криптомелановые) до 49,51% (в конкреционных). Свежие гематит-джеспилитовые залежи с 50% Fe, выветрелые, с частично вынесенным кварцем, – до 67% Fe. Полагают, большая часть Fe и Mn выпала в химический осадок в частично покрытом льдом фьордоподобном бассейне.

Китай. Марганцеворудные залежи широко распространены в синии на севере и юге. Месторождение **Вафаньзы** на северо-востоке Китая описывают как Fe-Mn химическое осадочное, с рудными слоями пластовыми и линзовидными малой мощности (0,1-0,3 м), собранными в три рудных залежи по 1-2 м средней мощности каждая. Различаются типы руд: 1 – осадочный марганитовый-родохрозитовый с параоолитовой, полосчатой, массивной, псефитовой текстурами; 2 – контактовый метаморфический – биксбиит ($MnFe)_2O_3$, браунит, манганферрит, грубозернистый родохрозит, Са-родохрозит, Mn-оливин, Mn-гранат, диопсид, сульфиды; 3 – оксидизированные руды – массивный, полосчатый, радиально-лучистый



псиломелан, пиролозит, кальцит, доломит, кварц. Генезис предполагается осадочный мелководно-морской или прибрежный. Резервы **Вафаньзы** определены в 37,69 млн т руды с 18-24 % Mn. В разрезе толщи Datangpo (720-680 млн), содержащей признаки ледниковья Nantuo выявлены месторождения **Сяньтань, Минле, Датаньпо, Таньганьшань.** Все они формировались в межледниковый интервал, разделивший два ледниковья. Карбонатные руды марганца залегают в черных сланцах, подстилаемых и перекрытых тиллитами.

Рис. 3.13. Рудник и обрабатывающий ком-плекс на площади поздне-рифейского марганцевого месторождения Морру ду Урукум, штат Мату Гросу ду Сул Бразилия.

[http://](http://2.bp.blogspot.com/-O-znypwaz08/Tc1254qzqBI/AIQ/I ATGPb Do84/s400/MA CIO %257E1.JPG)

2.bp.blogspot.com/-O-znypwaz08/Tc1254qzqBI/AIQ/I ATGPb Do84/s400/MA CIO %257E1.JPG

Индия. В разрезе группы Пенганга (800 млн лет), выявлены осадочные месторождения марганца **Тамси, Гуда, Канпа**. На их площади пласты с оксидами Мп чередуются с кремнистыми сланцами тра-нсгрессивной серии, заключенной в тонко-слоистых известняках. В структурном отношении породы группы Ренганга локализованы в «долине Пранхита-Годавари», континентальном рифте, в котором ныне размещается долина реки Годавари. Разрез группы начинают залегающие на гранитах фундамента базальные аркозы, перекрытые переслаиванием песчаников и сланцев, известняками, глауконитовыми песчаниками и сланцами. Джеспилиты отсутствуют. Породы не метаморфизованы. Марганцевые образования в известняках, чередующихся с кремнистыми сланцами, частично представлены первичными минералами тодоркитом $(K, Na, Ba)(Mn, Al)_6O_{12} \cdot 3H_2O$ и бернесситом $(K, Mg, Ni, K)_1(Mn^{+4}Mn^{+2})_x(O, OH)_2$, в поздний диагенез превратившимися в манганит, биксбиит $(MnFe)_2O_3$, браунит. Руды осадочные, отложившиеся в субмаринных условиях и не связанные с вендским оледенением или полосчатыми железистыми формациями.

Рудные слои сложены в большой степени микроконкрециями (5-100 мкм) кутнагорита и родохрозита, местами сцементированными шпатовидным (прозрачным, чистым) Мп-кальцитом или микрокварцем. Для многих конкреций отмечены признаки переотложения. Слои из переотложенных таких образований имеют нормальную градационную слоистость и эрозионную поверхность в основании. Местами они представляют собой галечниковые калькарениты, породы, состоящие из частиц известняка песчаной размерности с кластами и основной массой, представленной микроконкрециями названных минералов Мп. Текстуры предполагают накопление марганцевистых слоев ниже раздела «дно-морская вода» не менее чем несколько миллиметров. Облик микроконкреций позволяет считать их микробиальными минерализованными образованиями, рис. 3.14.

В **Западной Австралии** месторождения марганца на кратоне Пилбара находятся на северо-востоке бассейна Хамерсли. В отложениях протерозоя они тяготеют к сланцам и доломитам, но известны и среди полосчатых железистых формаций, где имеют осадочно-диагенетическое либо супергенное происхождение и хуже оконтурены. Большинство проявлений марганца наблюдается среди отложений более молодой супергруппы Бангемол с датами между 1640 млн лет и 1070 млн лет. В 1954-1975 гг. месторождения марганца разрабатывали, добыв суммарно около 2 млн т руды,

содержащей 47% Мп. Месторождение **Вуди-Вуди**, активно эксплуатировалось, обеспечив Австралию вместе с меловыми марганцевыми рудами **Грут Эйландт** третье место в Мире по производству минерального сырья этого вида (2,55 млн т, 12% мирового производства).

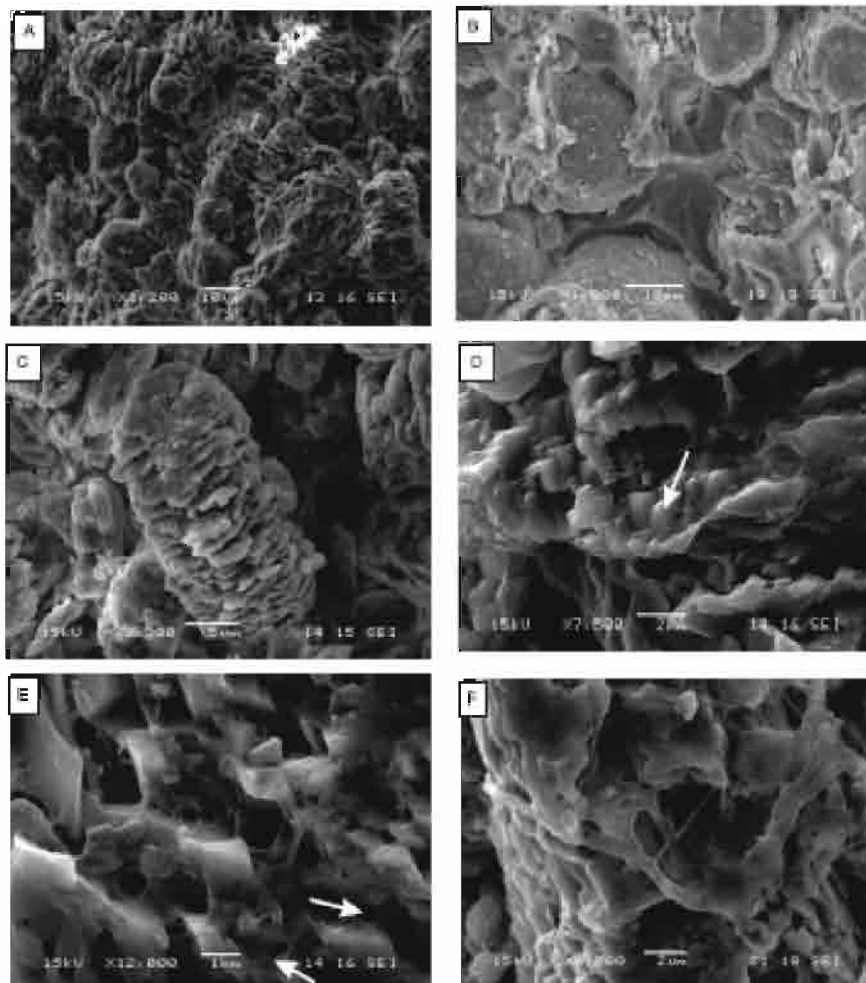


Рис. 3.14. Электронно-микроскопические сканерные (SEM) снимки органогенных сферических, овально-цилиндрических структур Мп-карбонатов группы Пенганга, Южная Индия. По (Mukhopadhyay et al., 2005). А – открытая структура микроконкреций. В – скрученные пленки Мп-карбонатов, зажатых между микроконкрециями от сферического до овально-цилиндрического облика. С –

микроконкр-ция сферического—оваль-но-цилиндрического обли-ка, увеличена. Обратите внимание на пленочные микро-структуры, собранные в ярусы, D – то же, что на снимке C, при большем увеличении. Пленочные, волокнисто-плёночные карбонаты, с изогнутыми краями, вертикальными волокнистыми прядями, соединенными в смыкающиеся ярусы. Ромбы карбонатов Mn, сади-вших на плёнках указаны стрелкой. E. Увеличенное изображение внутренней структуры органогенной сферической-овально-цилиндрической микроконкр-ции с пленочными волокнистыми нитями карбонатов Mn. Отметьте пленки с округлыми-субокруглыми отверстиями и ровными очертаниями (стрелки). F. Пластинчатые ветвящиеся микроструктуры микроконкр-ций.

Полиметаллические сульфидные объекты

В Мурманской области на п-вах **Рыбачий** и **Средний** сульфидная минерализация наблюдалась в черных сланцах свит скорбеевская $R_3 sk$, цыпнаволоцкая $R_3 tsn$, зубовская $R_3 zb$, свинцовая – в основании палвинской свиты $R_3 plv$. Залежи **Сардана** на юго-востоке Якутии находятся среди пород юдомской свиты венда (основание 675 ± 25 млн лет, кровля – 570 ± 10 млн лет). В Северном Прибайкалье известны позднерифейские стратиформные сингенетично-эпигенетические объекты **Лено-Ирельского узла** – Pb-Zn **Ново-Анайский**, **Луговое** и им. **Барвинского** объекты среди органогенно-доломитовых отложений $R_3 gl_2 + ul_1$.

В КНР, пров. Ляонин и Хубэй, мезопротерозойский пояс **Янляо** известен Pb-Zn (SEDEX) скоплениями **Гаобаньхэ** и др. среди осадочных толщ группы Сисян ($1,4-1,1$ млрд лет). **Хуогечи** в поясе **Ланьшань-Баян-Обо** – стратиформное Pb-Zn (SEDEX). Залежи среди филлитов, сланцев, кварцитов группы Ланьшань с Rb-Sr возрастом $1,1$ млрд лет.

В Монголии пояс Хугингол (R_{2-3}) вмещает объекты эксгальационно-осадочные Pb-Zn (SEDEX), Pb-Zn ($\pm Cu$) объекты с датами 718 ± 30 млн лет и 752 млн лет – **Цагаан Уул** и т.д.

В Индии, округ Удайпур, штат Раджастан, известен протерозойский стратиформный сульфидный объект **Завармала** – пластовые залежи пирит-сфалеритовых руд, галенит-сфалеритовые жилы, столбы массивного галенита. Cu-Pb-Zn объект здесь же – **Дариба Раджпура**. Рудные тела локализованы среди кианит-графит-слюдистых (иногда с кварцем) сланцев, известково-кремнистых пород, метакремнистых образований, примесных мраморов.

На Аляске в позднепротерозойском поясе Синук Ривер немало объектов массивных сульфидно баритовых и стратиформных Fe и Mn (SEDEX): **Аврора**, **Кворри**, **Роки Маунтин Крик** с кварц-карбонатными Au-As-W и Sb-кварцевыми телами.

На северо-востоке пров. Британская Колумбия, Канада, крупное месторождение массивных свинцово-цинковых руд **Салливан** представляет собой стратиформное пластообразное тело мощностью до ста метров в первично осадочных породах формации Олдридж супергруппы Пуркел. Ниже этой гигантской залежи имеется зона брекчий с сульфидами и турмалином. Она отнесена к галенит-сфалерит-пирротин-пиритовой формации в силикатных метаморфизованных породах (Романович, 1992, с. 190). Шао-Йонь Цзиань с соавторами, 2000 пишут о среднепротерозойском возрасте пород вмещающих оруденение формации Олдридж и всей супергруппы Пуркел. Они получили Sm/Nd изохронную дату для «всей породы» образца кварц-содержащего турмалинита (лежащая стенка трубчатых изменений) – 1470 ± 59 млн лет, которая, по их мнению, отражает «конседиментационный В-метаморфизм кластитов на ранней стадии эволюции гидротермальной системы **Салливан**».

В поясе Бразилиа в пелито-доломитовой толще группы Вазанте – объекты **Агудо** (Pb-Zn), несурьмидные **Вазанте** (Zn), **Амброзия**, **Факундес** ($929-716$ млн лет). **Палмейрополис**, Центральная Бразилиа, древнее ($1170-1270$ млн лет, Pb-Pb) и относится к типу массивных Zn-Cu-Pb сульфидных. В поясе Рибейра Pb-Zn-Ag объекты типа **Панелас** ($0,65$ млрд лет) – в известняках и доломитах формации Агуа Клара супергруппы Ажунгуи. В поясе Дом Филициано на южном побережье Бразилии толщи молассы Санта Мария и Камакуа неопротерозоя-кембрия вмещают Cu-Pb-Zn-Au объекты. В Уругвае старые Pb-Zn рудники XVIII века находятся преимущественно в пределах полей развития вулканогенно-осадочных образований верхнего рифея (около 700 млн лет). Метабазальты вмещающей руды формации Фуэнте дель Пума группы Лаваллеа датированы (K/Ar) 626 ± 47 , 750 , 1203 ± 65 млн лет.

На юго-западе Африки в Намибии рифейские толщи Приатлантических ветвей Панафриканского орогена Дамара вмещают массивные сульфиды Pb-Zn-Ag (Cu-Ba) рудных районов Рош **Пинах-Скорпион** (741 ± 6 млн лет), **Рандеву** (минимум 730 млн лет), **Тсонгоари** (минимум 750 млн лет).

Благородные металлы в черных сланцах и россыпях

На Полярном Урале черные сланцы с Pt, Pd, Au, Pb, Zn, Ag, Ba в блоке **Хараматалоу** рифейские. На Приполярном Урале в такой же позиции находится проявление **Амфитеатр** – золотоносны терригенные отложения лаптопайской свиты верхнего рифея-кембрия. В **Бодайбинском рудном районе Иркутской области** позднегерцинские гидротермальные скопления Au локализованы среди рифейских терригенных образований, которые были первичными концентраторами. Это же отмечено и для палеозойских метасоматитов Бурятии (**Каралон**, **Каменный**, **Ветвистый**),

находящихся среди высокоуглеродистых рифейских отложений. На о. *Большевик* *Северной Земли* **Голышевский** рудно-россыпной узел известен 58 проявлениями Au в рифейских сульфидизированных черных сланцах голышевской и сероцветов краснореченской толщ. В *Учуро-Майском* прогибе (*Хабаровский край*) золотоносные конгломераты присутствуют в основании среднего рифея. На *Оленекском* поднятии Якутии они установлены в базальном горизонте сыгинихстахской свиты нижнего рифея; основании разреза среднего рифея; маастахской свиты венда. В *Юдомо-Майском* прогибе Якутии и *Хабаровского края* – повышенная платиноносность карбонатно-терригенных толщ среднего и верхнего рифея, кембрия. Au-Pt минерализация в пропластках вулканомиктовых алевролитов. Pt встречена на Буреинском массиве (*Еврейская АО*) среди черных сланцев Кимканского и Мельгинского прогибов (останцы кровли Сунтарского блока). Сульфидно-графитовые сланцы рифея Мельгинского прогиба (Буреинский массив) содержат сульфидизированные интервалы с Pt до 0,36 г/т, Pd до 0,12 г/т, Os до 0,08 г/т, повышенные концентрации P, V, Cu, Cr, Ni, Au, Ag, U. Повышенная радиоактивность и сульфидизация отмечены, наряду с Pt для графитовых сланцев мурандавской свиты венда-кембрия и нижнекембрийской кимканской Кимканского прогиба отмечена высокая металлоносность неопротерозойских углеродсодержащих толщ юга Сибирского кратона, вклад в накопление которых вещества кор выветривания значителен: породы дальнетайгинского и жуинского горизонтов R₃ (730–630 млн лет) с наибольшими углеродистостью и содержаниями Au, Ag, Pb, Zn, Cu, P, Mn вмещают более 90% рудных объектов Байкало-Патомского палеобассейна (Au, Pb, Zn, Mn, P), включая суперкрупные **Холоднинское** (полиметаллы) и **Сухой Лог** (золото).

На западе Бурятии предистория рудных залежей среднего по запасам объекта **Зун-Холба** началась на рубеже около 1,2 млрд лет накоплением золотоносных терригенно-карбонатно-черносланцевых и вулканогенных толщ. В осадочный бассейн Au попадало из размывающихся областей сноса, сложенных гранулитами, гранулитогнейсами, гнейсами с возрастом около 2,7 млрд лет.

На северо-востоке КНР, пров. Хейлуцзян, неопротерозойский-кембрийский пояс Джиси вмещает объект **Донгфеньшань** – стратиформный золоторудный в полосчатых железистых формациях одноименной протерозойской группы.

На севере Гвинеи (западная часть золоторудной зоны **Сигири**) золотоносные конгломераты залегают в нижнерифейской части разреза осадочного чехла. В пределах Западно-Африканского щита с возрастом «эбурнейской» консолидации 2,2-1,8 млрд лет распространены реликты эпизбурнейского платформенного чехла. В Гане золотоносные конгломераты, встреченные среди последних, относят к Тарквию (1,65 млрд лет), в Того и Бенине – к Атакорию (1,6 млрд лет).

В Восточной Бразилии золотоносные кварцево-галечниковые конгломераты протерозоя открыты на площадях **Жакобина** (штат Баия, возраст 1,8-1,5 млрд лет, по другим данным, 1,9-1,35 млрд лет), **Мозда**, **Гояс Велью**. Повсеместно они располагаются в близком соседстве с зеленокаменными поясами, связаны с поздними фазами их развития, в течение которых происходило выполнение осадочных бассейнов сносимым материалом. Промышленная минерализация группы Жакобина присутствует только в формации Серра ду Коррего.

Медистые песчаники и сланцы

В Башкирии проявления меди **Зиреклинское** и **Лемезинское** обнаружены в верхнерифейских отложениях Башкирского антиклинория.

В Сибири распространены вендские и вендско-нижнепалеозойские меденосные осадочные толщи в провинциях Сибири **Приенисейской** (**Приангарская**, **Игарская** зоны), **Присяянской**, **Прибайкальской**, **Восточно-Алданской**.

В США, Прикордильерская провинция, медные стратиформные месторождения в рифейских красноцветах известны в зоне Макензи (рис. 3.15). Возраст вмещающих толщ в горах Кэп, районах Кил Ривер и Редстоун Ривер – 1,4-1,0 млрд лет. В рудный узел хребта **Кларк** в пров. Альберта, Канада, объединены многочисленные медепроявления в белых кварцитовидных песчаниках и кварцитах рифейской формации Гриннелл (**Спа Лэйк** и др.). В меденосной зоне озера Верхнего (Сьюпериор) меднорудные месторождения тянутся вдоль южного берега озера Верхнего в штате Мичиган на 230-250 км. Их содержит рифейская толща системы Кивино.

На юге Китая приподнятый блок Юньнань-Гуйчжоу известен меденосными отложениями синия в районах **Лосюэ-Инмин** (Сикан-Юньнаньское поднятие), **Танган-Пайшила**, **Тунгчан**, **Таньдэнь**, **Саньцзячан**. В афганской пров. Логан советскими геологами в 1970-е годы открыт суперкрупный объект **Айнак** – вендско-кембрийские медистые песчаники.

В Индии, штате **Мадхья Прадеш**, меденосные сланцы обнаружены среди пестроцветных отложений субгруппы Джагдалпур, входящей в «толщу Индравати» основания платформенного чехла.

В Африке известны множество довендских проявлений меди в песчаниках и сланцах. В горах Анти-Атласа это объекты **Эль Бленда**, **Бу Мадин** и **Ибель Сархро**, **Талат-Нуаманн**.

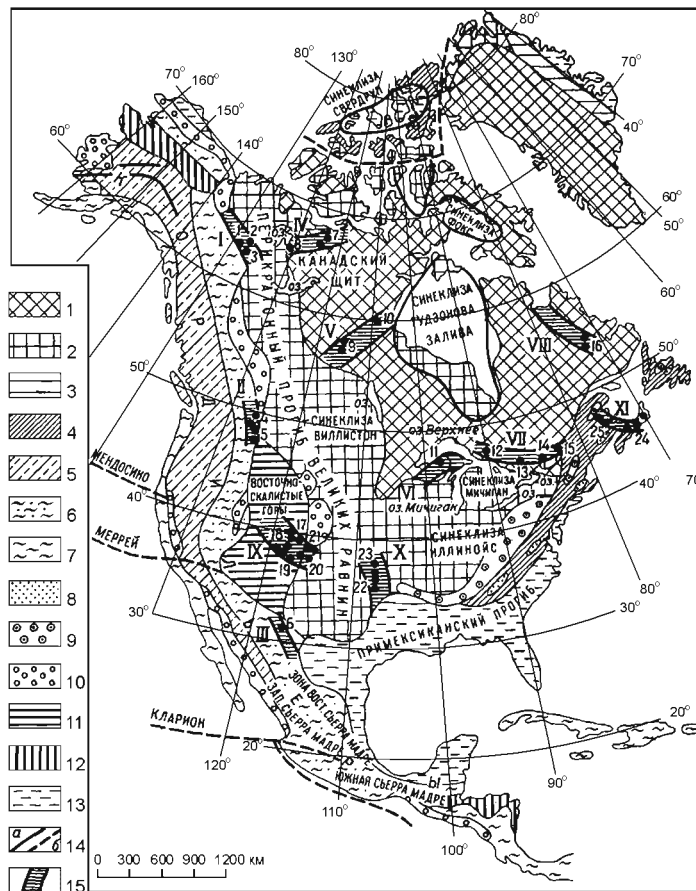
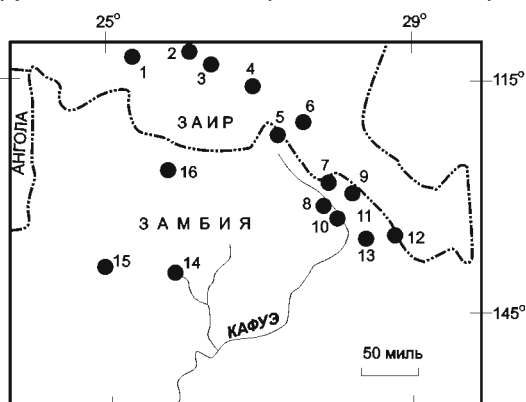


Рис. 3.15. Медистые песчаники и сланцы Северной Америки. Геотектоническая основа по В.Е. Хаину (1971), из. 1 – выступы складчатого основания древней платформы; 2 – осадочный чехол древней платформы; 3 – каледонские складчатые структуры; 4 – герцинские складчатые структуры; 5-6 – киммерийские складчатые структуры, в т.ч.: 5 – эвгеосинклинали, 6 – миогеосинклинали; 7 – альпийские складчатые структуры; 8-10 – межгорные и передовые прогибы, в т.ч.: 8 – байкалид, 9 – каледонид и герценид, 10 – киммерид и альпид; 11 – срединные массивы; 12 – область эпиплатформенного орогенеза на докембрийском основании; 14 – крупные разрывные нарушения, в т.ч.: а – установленные, б – предполагаемые; 15 – меденосные зоны. Прикордильерская меденосная провинция: 1 – меденосная зона Макензи, в связи с красноцветами, датированными 1,4-1,0 млрд лет (1 – Кил Ривер, 2 – проявления гор Кэп, 3 – Редстоун); II – меденосная зона Скалистых гор (4 – медепроявления хребта Кларк, 5 – проявления меди северо-запада штата Монтана, Спа Лейк

идр.); III – Мексиканская меденосная зона (6 – проявления меди северо-востока штата Чиуауа). Канадская меденосная провинция: IV – Приарктическая меденосная зона (7 – рудный район Коппермайн Ривер, 8 – Хата Лейк); V – меденосная зона Саскачеван (9 – медепроявления складчатого пояса Уолластон Лейк, 10 – группа Хартвиц); VI – меденосная зона озера Верхнего (11 – Уайт Пайн); VII – меденосная зона Онтарио (12 – район Флек Лейк, 13 – пари Саунд, 14 – медепроявления района Оттавы, 15 – Харви Хилл); VIII – меденосная зона Лабрадор (16 – медепроявления района Сил Лейк). Меденосная провинция юго-запада США: IX – меденосная зона Колорадо (17 – район Вэлли Лисбон, 18 – район Уайт Каньон, 19 – район Моньюмент Вали, 20 – район Сьерра Насимьенто, 21 – район Койот); X – меденосная зона Анадарк (22 – медепроявления штата Техас, 23 – медепроявления штата Оклахома); XI – меденосная зона Нью Брансуик (медепроявления группы Уинсор Хортон, 25 – группа Кансо Пиктау).

В пределах массивов Сьерра-Леоне, Регибат, Ахаггар и соседних впадин многочисленны первично осадочные рифейские объекты: **Ханк** на алжиро-мавританской границе в «инфратиллитовой серии Ханк» (красно- и сероцветные песчаники), возраст которой катангий-рифей; гвинейские **Табадиан** (красноцветные песчаники формации Бунду) и **Канита** (красноцветные алевролиты и песчаники Мадина-Кута). На востоке Мали медь выявлена в отложениях верхнерифейской серии Лаббезенго (коррелируется с катангием, возраст которого 1,0-0,62 млрд лет) округа **Ансонго**. Минерализованный горизонт проявления **Ханк** на алжиро-мавританской границе локализован в «инфратиллитовой серии Ханк» (красно- и сероцветные песчаники), возраст которой катангий-рифей.



«Медный пояс Замбии и Южного Заира», рис. 3.16, 3.17 – регион с многочисленными позднерифейскими-вендскими объектами близ замбийских городов Ндола, Китве, Чингола, Луаншиа, Мафулира, а также заирского Лубумбаши. Возраст вмещающих толщ Катангия 1,0-0,52 млрд лет.

Рис. 3.16. Основные месторождения Медного пояса Африки. По М. Эллис, Я. Макгрегор, из [Наркелюн, 1983, с. 253, рис. 59]. Месторождения: 1 – Калвезе, 2 – Фунгуруме; 3 – Камбове, 4 – Луншия, 5 – Кипуши, 6 – Этуаль де Конго, 7 – Конкола, 8 – Нчанга, 9 –

Муфулира, 10 – Чибулума, 11 – Нкана, 12 – Ндола, 13 – Роан Антелоп, 14 – Касемпа, 15 – Каленгва, 16 – Лумвана.

Месторождение **Брокен Хилл**, Замбия, интересно тем, что помимо основной полиметаллической специализации, промышленных концентраций Se, Cd, Ge, в его окисленных рудах содержится 1,87-2,43% V_2O_5). Новый промышленный объект в заирском секторе – **Тенке Фунгуруме**. Если прочие стратоподобные месторождения меди локализованы в глинистых сланцеватых песчаниках, то вмещающие сланцы **Тенке Фунгуруме** залегают в доломитовой толще. В этом видят причину того, что масштабы объекта превосходят в несколько раз все прочие. Стратиграфический уровень Co-Cu объектов **Медного пояса Замбии-Южного Заира** отвечает центральной части группы Роан, возраст которой укладывается в интервал между 877 ± 11 млн лет (фундамент) и 740 млн лет, основные лавы группы Кунделунгу.



Рис. 3.17. Открытые разработки медных руд в рудном районе Сингола, Замбия, сопровождаются предприятиями по метал-лургическому переделу меди (Undergroud development...2007).

На юге

Австралии

меденосная зона Аделаида, рис. 3.18, объединила точки с повышенными концентрациями меди в породах одноименного рифта (1,0-0,6 млрд лет). Их общая мощность около 15 км, но меденосные горизонты приурочены к определенным

петрографическим и фациальным типам. Крупнейшие объекты – Капунда, Коппер Клейм, Датчменз, Ядламалка, Маунт Гансон.

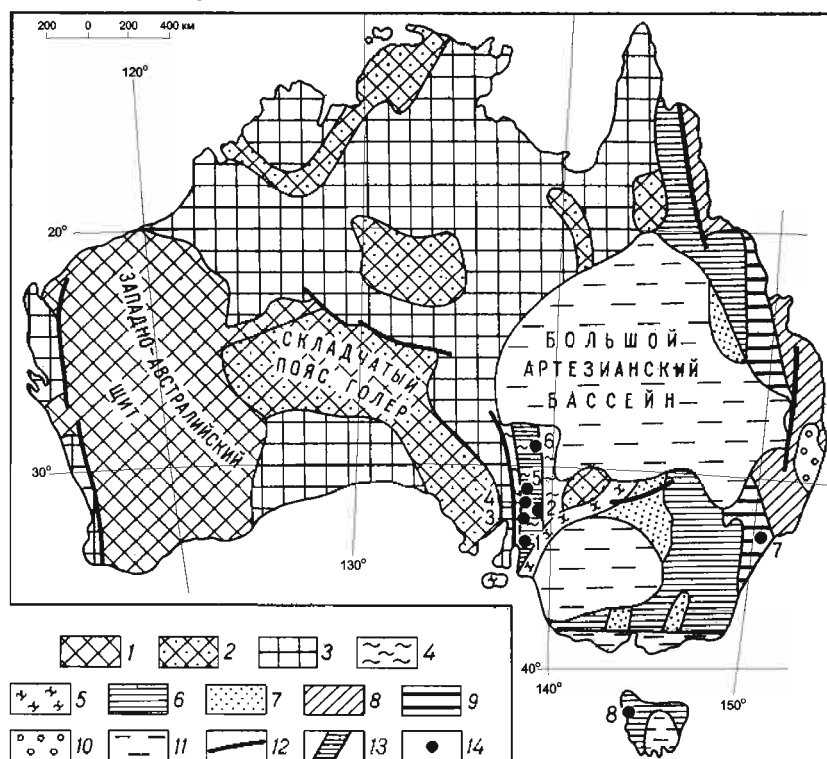


Рис. 3.18. Месторождения рифейских медистых песчаников и сланцев Австралии располагаются в рифтовой зоне Аделаида на юго-восточном ограничении пла-тформы.

Возраст вмещающих пород (15 км) – 1,0-0,6 млрд лет. Тектоническая основа по Н.А. Богданову. Австралийская пла-тформа: 1 – области архейской складчатости; 2 – области протерозойской складчатости; 3 – осадочный чехол. Восточно-Австралийская складчатая область: 4-5 – байкальская складчатая система Аделаида: 4 – миогеосинклиналь, 5 – эвгеосинклиналь; 6-7 – каледонская складчатая система: 6 – геосинклинальные области, 7 – наложенные впадины; 8-10 – герцинская складчатая система: 8 –

геосинклинальные области, 9 – краевой прогиб Сидней-Боуэн, 10 – наложенные впадины; 11 – осадочный чехол эпипалеозойской платформы; 12 – крупные разломы; 13 – меденосная зона Аделаида; 14 – медные месторождения: 1 – **Капунда**, 2 – **Копер Клейм**, 3 – **Датчменз**, 4 – **Ядламалка**, 5 – **Маунт Гансон**, 6 – **Юднамунтана**, 7 – **Наррабин**, 8 – **Маунт Лайелл**.

Уран

В Приладожье **Карху** – наиболее важный ураноносный объект в самых низах разреза кварц-полевошпатовых песчаников рифея на контакте с кластитами PR₁. Самая ранняя урановая смолка – 1405±76 млн лет. Первичные руды **Карху** – 1500-1200 млн лет, переотложенные – 200-180 млн лет (U-Pb).

На севере Монголии значительны ведско-кембрийские вулканогенно-осадочные проявления U-V руд **Хатигийн гол**, **Цахируул**.

В Канаде на севере провинции Саскачеван и в примыкающей части провинции Альберта в интервале 1,75-1,45 млрд лет в надвиговой зоне Рэббит-Лейк сформировался богатый урановорудный бассейн **Атабаска**, табл. 3.1. Он обеспечивает 30% мирового производства урана на 18 объектах – **Рэббит Лейк**, **Ки Лэйк**, **Сигар Лэйк** (1287±16 млн лет), **Мак Артур** (1247±88 млн лет) и др.

Таблица 3.1

Избранные параметры некоторых рифейских урановых месторождений бассейна **Атабаска**.
С использованием [Athabasca Basin..., 2005; Golubev et al., 2006].

№ п/п	Месторождение	Возраст минерализации, млн лет	Содержания, U ₃ O ₈ , %	Резервы или ресурсы U или U ₃ O ₈ , т	Производство U в год, т или U ₃ O ₈ ,
1	Сигар Лэйк (Cigar Lake)	1287±16	21	резервы 89,100 U (I фаза) ресурсы 44,000 U (II фаза) резервы +ресурсы всего 158760 U ₃ O ₈ ,	6,924 U
2	Ки Лэйк	1288±31	14	5548,8 U ₃ O ₈ , выработано	Добыто 5377 т U ₃ O ₈
3	МакАртур	1247±88	25,0	167,897 U	6,924 U
4	Рэббит Лейк			Выработано	Добыто 3396 т U ₃ O ₈ .
5	МакКлин Лэйк		1,7	12,655 U	3,077 U (2001 г.)

Редкометалльные россыпи

В Мурманской области, п-ов Рыбачий, Ti-Zr минерализация выявлена в породах землепахтинской свиты R_{3zm}. Метаморфизованные россыпи в горах Урал-Тау представлены "рутилитами", т.е. рутиловыми гнейсами. Отдельные прослои мощностью 0,1-0,2 м содержат более 20% TiO₂, до 7% ZrO₂ (А.М.Дымкин, В.М.Чайка, 1992). Наиболее масштабные проявления находятся в породах зильмердакской свиты верхнего рифея-каратавия (1,0-0,65 млрд лет),

В США на площади **Харворд** выявлены докембрийские скопления рутила (до 20% минерала) в хлоритовых сланцах. В Мексике близ г. Мехико за пределами современных границ платформы известны масштабные россыпи рутила и циркона в верхнепротерозойских толщах. На площади **Плуме Идальго** докембрийские гнейсы содержат до 25% рутила.

В Центральной Аргентине (пров. Сан Луис) стратиформные шеелитовые залежи месторождения **Пампа дель Тамбореро** обнаружены среди гнейсов и турмалин-биотитовых сланцев. Значительные палеороссыпи рутила и циркона выявлены среди осадочных отложений неопротерозойской группы **Бом Жардим**, Минас Жераис, **Бразилия**. Возраст группы 600-580 млн лет.

На западе Африки, в Того, известны гематит-рутиловые с минералами U и Th прибрежно-морские (пляжевые) россыпи среди кварцитов **Атакория** (1,6 млрд лет). Слабо метаморфизованные предордовикские рутил-лейкоксен-цирконовые россыпи распространены на **Туарегском** щите, с небольшими ресурсами, но значительными содержаниями полезных компонентов

Редкометалльные месторождения в черных сланцах

В Южном Китае синийские черные фосфатные сланцы с конкрециями и слоями, содержащими никель и медь (**Зуньи** в пров. Гуйчжоу – 4% Ni, 2-7% Mo и т.д.), тянутся на 2 тыс. км через 9 провинций. Другие авторы говорят об 1600 км и 6 провинциях. Вмещающие породы относят к неопротерозою.

В КНДР субстратом раннекембрийского осадочного бассейна **Пхеннамского** прогиба явились образования рифея и венда, иногда высокоуглеродистые. В свите Мукчхон таких сланцев, используемых в качестве топлива, 4 горизонта. Содержание C_{орг.} в них – 14-16%, некоторых металлов значительно (г/т): Mo – 78-150, V – 150-1800, Ni – 200-350, Co – 23-82, As – 63-220, U – 8,7-11,9.

Фосфаты

В Мурманской области на п-вах **Рыбачий** и **Средний** фосфатоносны отложения верхнего рифея и венда (к последнему условно относят отложения волоковой серии). Фосфатные горизонты связаны с породами свит R_3 куяканской, землепахтинской, поропелонской, палвинской.

В Горной Шории фосфориты выявлены в белкинской свите венда. На проявлении **Когасунуг** основные запасы – в брекчиевых рудах. Фосфатизирован только цемент брекчий. С рифейскими толщами связаны месторождения фосфоритов в Прибайкалье и Западной Сибири.

В Монголии пояс Ховсгол на севере содержит скопления осадочных фосфатов, вулканогенно-осадочные Мп, осадочные Fe-V. Пояс Хубсугул – вендский-раннекембрийский, занимающий осадочный бассейн Ховсгол-Боксон. Осадочные фосфаты залегают в вендско-нижнекембрийской толще – низах формации Дооднуур, или Кесеен, представленных окремненными доломитами. Основные для фосфатов объекты: **Урандош**, **Ухаагол**, **Янхай**, **Онгилог нуур**, **Манхан уул**, **Буренхаан**.

В поясе Бразилиа в пелито-доломитовой толще группы Вазанте – объект **Росинья-Лагомар**

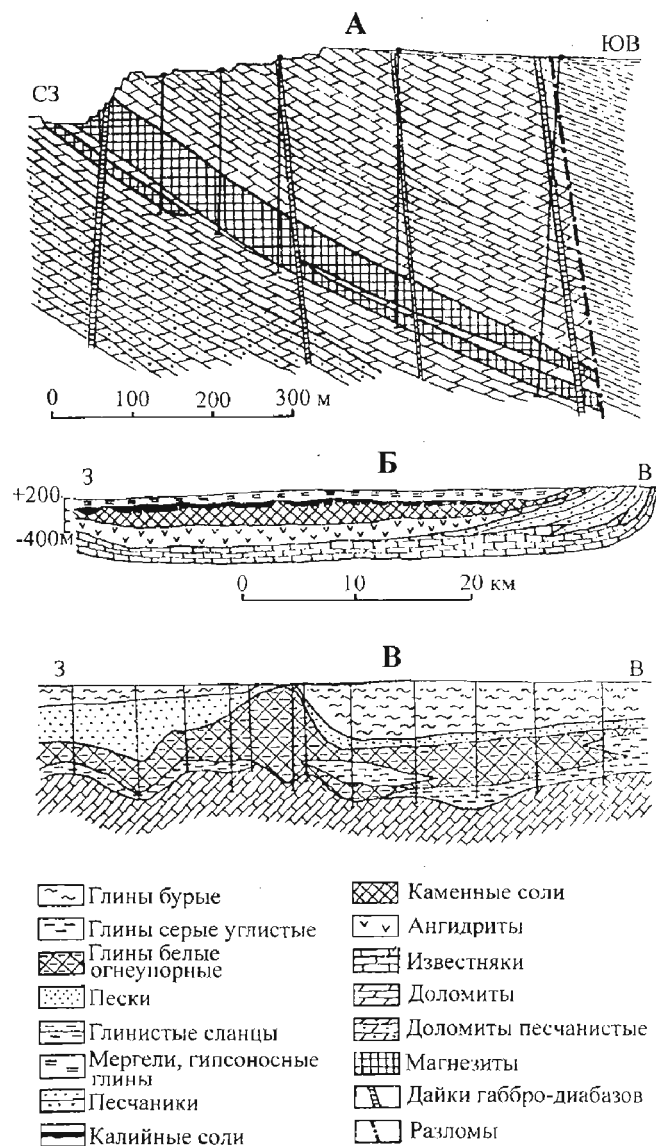
(P_2O_5) с возрастом 1,0-0,54 млрд лет. Одновозрастный фосфатный объект **Ирекё** – на севере кратона Сан-Франсиску среди карбонаты группы Уна.

В синеклизе **Вольта** Центральной Африки с отложениями, датированными около 650 млн лет, связаны весьма перспективные месторождения. В Нигере основные залежи нижнекембрийские, они протяженные и мощные. Вендские фосфориты присутствуют, но имеют меньшее значение. В Буркина Фасо фосфориты, район **Алуб Джуана**, поздневольтские – от 993 ± 63 млн лет до 660 ± 8 млн лет. В районе **Арли** они вендские, относятся к формации Коджари.

Магnezит

На Урале основные уральские месторождения кристаллического магнезита находятся близ райцентра г. Сатка, Челябинская область. Все они приурочены к низам карагайского горизонта средней части верхнесаткинской подсвиты саткинской свиты бурзяния R_{st} . Залежи находятся на западном крыле Саткинской синклинали, рис. 3.19. В восточном направлении карбонатные породы свиты содержат больше терригенной компоненты, признак нахождения источника сноса в саткинское время на востоке. Мощность свиты оценивают в 3000-3500 м; в восточном направлении она резко сокращается. Саткинская свита бурзяния сложена преимущественно доломитами, в том числе стро-матолитовыми.

Рис. 3.19. Геологические разрезы Саткинского месторождения магнезитов. Авторы Л.В. Анфимов, Б.Д. Бусыгин, Л.Е. Демина (1983)



В средней части присутствует 180–200-метровая толща низкоуглеродистых глинистых сланцев, в верхней – горизонт известняков (1550 ± 30 млн. лет, Pb/Pb метод).

Если месторождения магнезита **Саткинское**, **Никольское**, **Березовское** трассируют положение карагайского горизонта, то **Ельничное** месторождение находится на контакте с Бердяушским плутоном гранитов рапакиви в доломитах верхнекусинской подсвиты. В разрезе карагайского горизонта присутствуют два, иногда три, промышленных тела. Запасы магнезита **Саткинских** месторождений до 300 млн т и считаются крупнейшими в Мире объектами кристаллического магнезита среди карбонатных пород. Содержание MgO близко к стехиометрическому и составляет 47-48%, SiO_2 и Al_2O_3 не больше 1%, FeO и CaO <1%.

Барит

В долине Тонс (Индийский сектор Гималаев), между 77°45'-77°48' В, 30°33'-30°56' С многочисленны осадочные проявления барита среди «силицикластитов» (кварциты и др.) неопротерозоя

Графит

В Китае имеется – месторождение графита Люмао в обогащенных Al силлиманитовых и графитовых гнейсах, графитовых сланцах и мраморах террейна Дзямуси. Залежи расслоенные пластовые и линзoidные, представлены графитовым сланцем с 13-16% С и графитовым гнейсом (3-8% С). Основные минералы – полевые шпаты, кварц, слюда, кальцит, доломит и более 30 метаморфогенных минеральных видов. Отдельные залежи имеют мощность 15-17 м и протяженность от сотен метров до 1 км. Пласт графитового сланца может на 80% состоять из промышленной руды. Вмещающие породы рассматривают как метаморфизованные прибрежно-морские и лагунные отложения. Рядом находятся еще несколько подобных объектов. Резервы графита Люмао – 28 млн т.

3.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза

Осадочные месторождения позднего протерозоя имеются на всех континентах, и они богаче и разнообразней эндогенных. В *Восточно-Европейской ИМП* есть небольшие месторождения урана и проявления титан-циркониевых россыпей и фосфоритов. Зато *Уральская ИМП* объединяет площади распространения промышленных объектов железных руд, медистых песчаников, магнезитов, титан-циркониевых россыпей. Выделяются крупные разрабатываемые месторождения Саткинской группы.

В *Перивосточносибирской ИМП* известны железные и, в меньшей степени, марганцевые руды. Здесь находятся золоторудные месторождения, но особенно развиты промышленные залежи меди в медистых песчаниках и микрозернистые фосфориты Хубсугула, а также полиметаллы.

Среднеазиатско-Китайская ИМП весьма богата концентрациями металлов. Здесь выявлены залежи железных руд типов Рапитан в межледниковых толщах и Алгома (BIF). Значительны промышленные залежи Mn, а также Cu в медистых песчаниках, Zn и Pb. Особенно крупное месторождение меди Айнак. Весьма значительны редкометалльные объекты в черных сланцах, содержащих Ni (4%), Mo (2-7%), Zn (2%), As, Au, МПГ. В этой ИМП находятся месторождения микрозернистых фосфоритов мирового значения в бассейне Субсугул. Имеются промышленные аккумуляции графита, бокситов.

В *Перилавrentийской ИМП* широко развиты гематитовые месторождения группы Рапитан, связанные с ледниковыми толщами. В бассейне Атабаска находятся крупнейшие урановорудные месторождения с беспрецедентно высокими содержаниями урана (до 25%), нигде более в Мире неизвестными. Месторождения типа медистых песчаников в Прикольдирьерской меденосной провинции протягиваются через Канаду и США, а также известны в районе озера Верхнего. На юге ИМП известны крупные рutil-циркониевые россыпи.

На Африканской платформе, в *Марроканской ИМП*, широко развиты стратиформные медные осадочные и эпигенетические месторождения. *Гвинейская ИМП* характеризуется крупными месторождениями микрозернистых фосфоритов синеклизы Вольта. Имеются также оолитовые железные руды в Того, Мали и Камеруне, стратиформные медные осадочные и эпигенетические месторождения, редкометалльные и золотоносные россыпи.

Южноафриканская ИМП чрезвычайно насыщена месторождениями меди первично осадочного происхождения в пределах Медного пояса Замбии, Заира, частично Анголы и Конго. Здесь находятся крупные месторождения Броккен Хилл, Шинколовбе, Кампина и другие. Кроме меди руды могут содержать Ni, Co, U, Te, Au, Se, Cd. В Намибии известен Mn-Fe объект – Отжосонду, относимый некоторыми исследователями к типу Рапитан.

В *Аргентинско-Восточнобразильской ИМП* в последнее время открыты крупные залежи железных руд типа Рапитан в межледниковых толщах. Только в Боливии подсчитаны их прогнозные запасы в 48 млрд тонн. Верхнерифейским считается крупное марганцево-железорудное месторождение Моро ду Урукум в Бразилии. Работают многочисленные рудники по добыче золота, в меньшей степени алмазов и урана из золотоносных конгломератов (Жакобина, Жоао Белу и другие). Значительные по запасам россыпи рutilа и циркона выявлены в Центральной Аргентине. Полиметаллические месторождения имеются в Уругвае.

Индостанская ИМП известна осадочными месторождениями марганца группы Пенганга. Для марганцевых руд характерны многочисленные органические остатки, свидетельствующие о влиянии биоса на осаждение этого элемента. Менее известны полиметаллические и медно-полиметаллические аккумуляции (объекты Завармала, Дариба Раджпура). Далеко за пределами Индии известны месторождения высокоглиноземистого сырья, используемое в качестве огнеупорного и недорогого ювелирного сырья.

В Австралийской ИМП имеются незначительные позднепротерозойские залежи железа типа Рапитан, намного уступающие по масштабам и запасам раннепротерозойским месторождениям джеспилитов бассейна Хамерсли. А вот рифейские месторождения марганца, среди которых

выделяется разрабатываемый гигант Вуди-Вуди, имеют большое экономическое значение. В зоне Аделаида разведаны крупные месторождения меди в медистых песчаниках и сланцах. Запасы в них исчисляются многими миллионами тонн.

Заключение

Минерагенические процессы рифея во многом уникальны и определены специфическими обстоятельствами – колоссальной длительностью (1,1 млрд лет), монотонностью, однообразием тектонических режимов, общем доминировании обстановок дилатансии (авлакогенез). В результате рифейские урановые и крупнейшие алмазные месторождения Аргайл в Австралии, Премьер в Южной Африке, Маджгаван в Индии оказались в ряде случаев соседями.

Но не одни кимберлиты определили минерагенический облик этапа. Рифей – время становления титановых и железо-титановых аккумуляций в основных породах. Они разведаны на Среднем Урале, Южной Норвегии, Северной Америке, где возникла наиболее продуктивная в мире титановая провинция Адирондак, ассоциирующая с анортозитами. (месторождения Лейк Тио с ресурсами ильменитовых руд около 150 млн т, Пьюджелон и др.).

Хорошо известны рифейские медно-никелевые руды. В Гренвильской зоне Канады к рубежу 1,2-1,1 млрд лет завершилось формирование известного Садбери (основные залежи датированы 1,8-1,7 млрд лет), а в Китае второго по запасам среди рифейских Джинчуан. К верхнепротерозойскому времени относится формирование редкометалльного гиганта Баян-Обо. В то же время месторождения благородных металлов позднего протерозоя менее масштабны по сравнению с архейскими и раннепротерозойскими.

Среди гипергенных месторождений рассматриваемого этапа своей масштабностью выделяются железорудные месторождения типа Рапитан среди ледниковых образований, особенно в Северной и Южной Америке. В Австралии и особенно в Северной Америке сформировались крупные ураноносные бассейны, а концу зона микрозернистых фосфоритов. Масштабны месторождения меди типа медистых песчаников в Африке, а месторождения Мп разрабатываются в Австралии и Южной Америке.

Контуры историко-минерагенических провинций достаточно независимо соотносятся с ограничениями основных структурных форм. Их распространенная позиция – на периферии кратонов, в других случаях они занимают центральные части последних (Южноафриканская, Австралийская ИМП, эндогенные месторождения), захватывают древний кратон и его складчатое обрамление (ИМП Аделаида, экзогенные месторождения). Это несколько размывает представления о типах полезных ископаемых собственно платформенных и подвижных поясов.

Глава 4. Раннепалеозойский (каледонский) этап

В раннем палеозое рифтогенез, формирование краевых прогибов, магматизм не были особенно характерными для континентов. Собственно магматизм раннего палеозоя проявился преимущественно в глубоководных обстановках и ассоциировал с офиолитами. Тем не менее, на западе прогиба Офисер и плато Антрим (Австралия) в раннем кембрии сформировались покровы толеитовых плато-базальтов. Только в пределах Антрим они заняли 400 тыс. км². Мощность траппов доходит до 2 км, объем излившихся лав оценен в 100-400 тыс. км³. В действительности эти цифры намного больше. Лида Гласс (2006) предложила выделить на севере и северо-западе континента новую крупнейшую кембрийскую трапповую провинцию **Калкаринджи**, по возрасту единственную на Земле. Столь сложное название новой провинции с использованием языка аборигенов – **Калкаринджи** – выбрано не случайно. Требовалось исключить путаницу с известнейшей ирландской *третичной* вулканической провинцией, которая, как и Североавстралийское плато, по стечению обстоятельств тоже называется Антрим. Одновременно (и контрастно) с австралийскими траппами на севере Африки и в прилегающих районах Аравийского полуострова, на Мадагаскаре, юге Индии и в Шри Ланке массово внедрились «граниты таурирт». В Шри-Ланке металлоносные, с драгоценными разностями многих минералов, пегматиты силурийские – 438 млн лет (K-Ar, по слюдам).

Эндеогенные полезные ископаемые этапа связаны, главным образом, с обстановками растяжения. Последние абсолютно доминировали в пределах океанических акваторий, где появились многочисленные скопления массивных сульфидов Урала, Канады, Южной Африки. В немногих местах признаки дилатансии отмечены и на палеоконтинентах (диатремы кимберлитов **Нюрбинская**, **Ботубинская** Якутии, пояса **Лимпопо** на границе Зимбабве и ЮАР). Площади, где локально проявлялись обстановки сжатия, реконструируются по местонахождениям редкометалльных-редкоземельных пегматитов Южной Гренландии, Севера Африки, Аравийского полуострова (Sn-W, с Ta), Шри-Ланки (месторождения александрита, рубина, звёздчатого сапфира, шпинели, аквамарина **Риквана**, **Рилмадулла**, **Ихиягола** и др.).

Для экзогенеза с высокой биопродуктивностью этапа характерно распространение металлоносных углеродистых сланцев. В Южном Китае нижнекембрийские черные сланцы известны конседиментационными месторождениями минерального сырья многих видов. Это самые большие в Китае месторождения фосфатов. В их разрезах встречены интервалы, обогащенные сульфидами, с очень высокими концентрациями Ni, Mo, V, Co, Cr, Au, U, As, Pb, Zn, Cu, Re, МПГ. В кембрии образовались залежи разнообразных солей на юго-западе Сибирской платформы, на Индостанском полуострове. В бассейне Персидского залива от венда-раннего кембрия осталась мощная соляная толща «Ормузских солей». Диapiroвые структуры, образованные этими солями, впоследствии оказались основными ловушками углеводородов в Месопотамском прогибе, известном месторождениями нефти и газа.

4.1. Гипогенный минерагенез

В каледонский этап появились многие важные аккумуляции вулканогенных массивных сульфидов (VMS) Канады (**Брансуик №12**, поля **Батерст**) и Урала (нижнесилурийские объекты **Северососьвинского** поля; **Кабанское-V**, **Левиха**), тела алмазоносных кимберлитов Южной Африки (**K-1** и др. диатремы поля **Венеция**, трубка **Ривер Ранч**), Северной Канады (**Драйбоунс Бэй**), Якутии (**Нюрбинская**, **Ботубинская** диатремы) рис. 4.1. Важное значение со временем будут иметь еще не вполне освоенные титаномагнетитовые объекты южной части **Платиноносного** пояса Урала – **Качканарское**, **Гусовогорское**, **Первоуральское**. Постепенно определяются пути освоения полиметаллического гиганта **Озёрного** в Забайкальском крае, алмазоносных кимберлитов Финляндии. Активно отрабатывают во Внутренней Монголии КНР уникальный комплексный объект **Баян Обо**, в становлении которого выражен и каледонский этап.

Кимберлиты и лампроиты

На западе Гренландии раннепалеозойские дайки алмазоносных и потенциально алмазоносных кимберлитов и лампроитов известны на площади **Сисиминт** (550 млн лет, K-Ar). В центральной части пров. **Квебек**, Канада, в горах Отиш (кратон Сьюперия) кимберлитовая дайка **Линкс** площади **Фоестрот** датирована 522 млн лет. В пров. **Слейв**, территория Нунавут, Канада, трубка **Драйбоунс Бэй** на у г. Йеллоунайф возраст кимберлитов по цирконам – 441-485 млн лет. Есть отсюда и более поздняя дата – 270 млн лет (пермь). Кембрийский возраст имеет периферическая диатрема – **Кеннеди Лэйк** – 539 млн лет. а также высокоалмазоносные дайки **Снэп Лейк** – 470 млн лет.

В Канадских Кордильерах щелочные потенциально алмазоносные породы внедрялись в отложения местной пассивной континентальной окраины еще до основного юрско-мелового орогенеза в этапы: 1 – средне-позднеордовикский, около 455 млн лет назад, – интрузивы **Крэнбрук**, возможно, некоторые дайки площади **Голден**; 2 -- позднесилурийский-раннедевонский, около 400 млн лет назад, некоторые трубки **Крэнбрук Голден**, а также, возможно, диатрема **Кечика**.

В Европе доказанные нижнепалеозойские алмазоносные диатремы и дайки кимберлитов пока известны лишь в юго-восточной Финляндии у городов **Каави** и **Куопио**. Кимберлитовая трубка

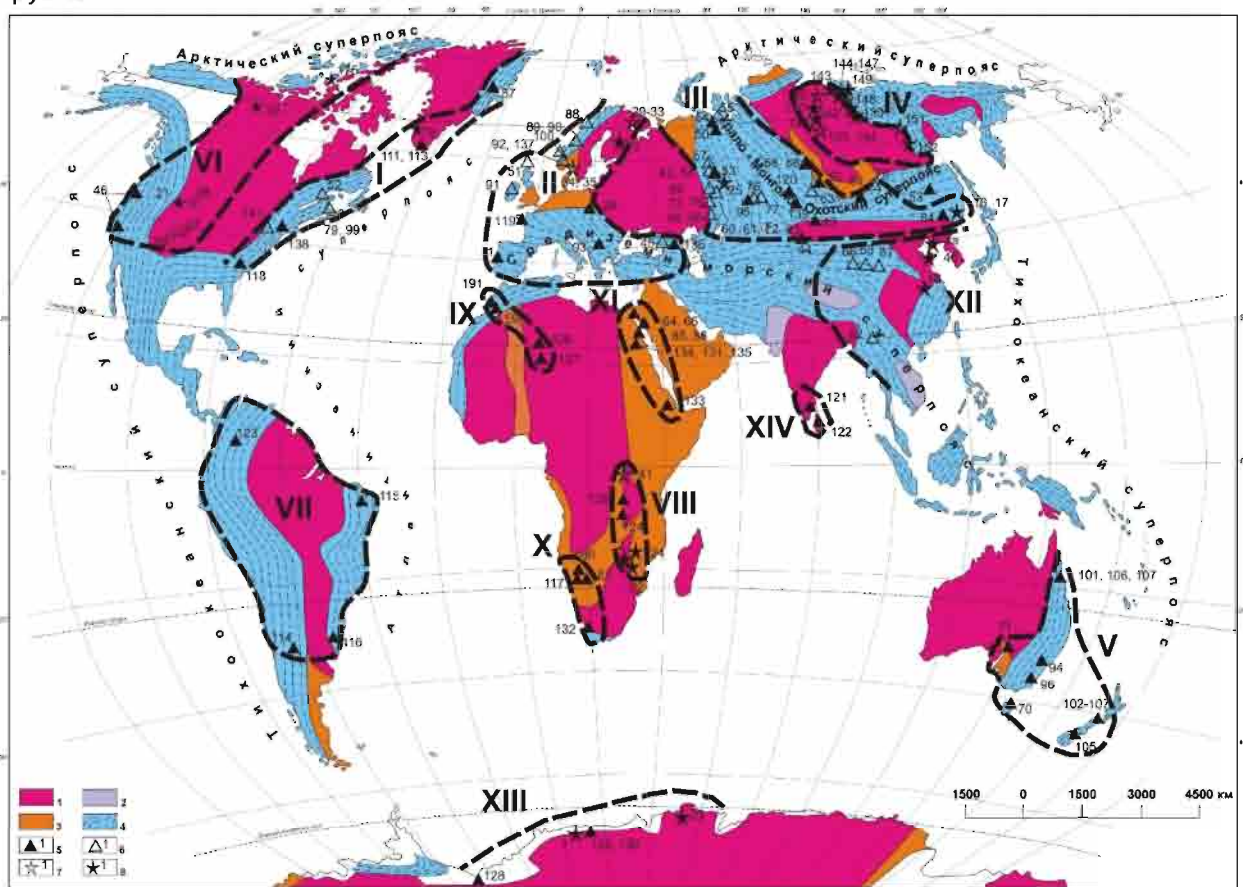


Рис. 4.1. Каледонские (540-410 млн лет назад) эндогенные месторождения континентов. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицированной. Условные обозначения: 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогена, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5-8 – эндогенные и экзогенные месторождения и проявления, в т.ч. связанные: 5 – с преимущественно коллизионными процессами – скарновые, гидротермальные; 6 – с процессами дилатансии, преимущественно основным вулканизмом (источники рудных компонентов в верхах мантии и низах коры, руды медно-никелевые, медно-молибденовые порфировые и т.д.), 7- 8 – мантийными источниками (7 – карбонатиты, 8 – кимберлиты). Жирным пунктиром околнурены историко-минерагенические провинции, в т.ч.: I – Восточнолаурентийская-Восточногренландская, II – Западноевропейско-Кавказская, III – Уральско-Казахстанско-Приамурская, IV – Восточносибирская, V – Восточноавстралийско-Новозеландская, VI – Западнолаурентийская, VII – Южноамериканская, VIII – Восточного Заира- Зимбабве-Мадагаскара, IX – Северо-Западной Африки, X – Юго-Западной Африки, XI – Северо-Восточной Африки, XII – Таримско-Китайская, XIII – Антарктическая, XIV – Южноиндийская-Шриланкийская. Каледонские эндогенные месторождения и проявления, в т.ч.:

I. Алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты, лампроиты, лампрофиты (минетты), месторождения: 1 – Пристли Пик, Земля Королевы Мод. Дайка лампроитов; 2 – Ривер Ранч, Зимбабве. Кимберлитовая трубка (Е₂); 3 – часть кимберлитовых тел юго-восточной Финляндии; 4 – трубки Бинхай (О, поле Ляонин, 4а) и Бинхай (поле Шандун, 4б), Китай; 5-15 – кимберлитовые поля Восточной Сибири, для которых получены радиологические даты РЗ₁, в т.ч.: 5 – Мирнинское, 6 – Алакит-Мархинское, 7 – Далдынское, 8 – Верхне-Мунское, 9 – Чомурдахское, 10 – Западно-Укуитское, 11 – Восточно-Укуитское, 12 – Огоньор-Юряхское, 13 – Мерчимдемское, 14 – Накынское, 15 – Беенчине-Куойкское; 16 – Курханское поле кимберлитовидов, S₁ Приморский край; 17 – Малоключевское проявление алмазоносных (S₁?) кимберлитовидов в российской части Китайской платформы; 18 – Хунань, пров. Китая. Каледонские

кимберлиты на востоке пояса глубинных разломов Тангуенг-Люянг, в 100 км к СВ от г. Чанша; 19 – **Гренландская субпровинция**. Дайки кимберлитов центральной части Западной Гренландии; 20 – **Слейв**, Северо-Западные территории Канады. Кимберлитовые диатремы **Drybones Bay, Kennedy-Lake** (трубка № 5034); 21 – **"Граница штатов"**, субпровинция Колорадо-Вайоминг. Кимберлитовый район с примерно 40 трубками PZ₁(Слоан-1, Айрон Маунтин); 22 – **Венеция**, кембрийское кимберлитовое поле на севере ЮАР близ границы с Зимбабве; 23 – **Маунт Бэйлис**, Земля Эндерби, Антарктида. Дайка лампроитов (S); 24 – **Комбо**, Зимбабве. Кимберлитовое поле; 25 – **Башкирский** мегаантиклинорий. Алмазоносные лампрофиры дайкового комплекса V-PZ₁ Маярдакского антиклинория;

II – **редкометалльно-редкоземельные, апатитоносные и другие массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатами**: 26 – **Паудерхорн**, субпровинция Колорадо и Арканзаса. Nb, TR, P₂O₅, Fe; 27 – **Джем Парк**, субпровинция Колорадо и Арканзаса, США. В корях выветривания тела бокситов. Оценены ресурсы Ni и полиметаллов; 28 – **Айс Ривер**, Западно-Канадская субпровинция. Монацит-пироксеновые руды с бастнезитом; 29-33 – массивы Кольско-Двинской провинции, в т.ч.: 29 – **Вуориярви**. Nb, Ti, Ta, Zr, U; 30 – **Кандагубский**. Nb, барит; 31 – **Ковдозеро**; 32 – **Контозеро**. P₂O₅; 33 – **Саллалатвинский**. Nb, TR, P₂O₅, барит; 34 – **Фён**, Норвегия. Nb, TR, P₂O₅, Fe; 35 – **Альнё**, Норвегия. Nb; 36-40 – массивы карбонатитов Восточной Сибири с REE оруденением, апатитом, становление которых происходило и в каледонский этап, а также прочие «ранние» карбонатиты, в т.ч.; 36 – **Томтор**, 37 – **Горноозёрский**; 38 – **Арбарастах**, 39 – Кия, 40 – Чуктукан; 41 – **Луэш (Луэше)**, пров. Киву, Заир. Nb.

III – **никелевые, медно-никелевые, платинометалльные**, в связи с интрузиями базитов-ультрабазитов, офиолитами: 42 – **Баронское**, Тагило-Кушвинский район, Свердловская область. Au-Pd, титаномagnetитовое; 43 – **Западная Монголия** металлогенические пояса (540-410 млн лет) с проявлениями Ti и Fe с V, связанные с ультрамафитами; платинометалльные Cu-Ni в связи с ультрамафитами; Fe- и Cu-рудные скарны, иногда с Au, Ag, Mo, в габброидах; 44 – **Киньбулаке**, Синцзян, Китай. Сульфидное Cu-Ni.

IV – **хромитовые**: 45 – **Беденское**, Большой Кавказ. Хромиты, титаномagnetитовая минерализация в офиолитах; 46 – хромиты в гарцбургитах штатов Орегон и Калифорния; 47 – **Лекхоили** на северо-востоке массива Войкар Сыньин, Северный Урал. Хромитовое; 48 – **Рай-Из** (массив), Северный Урал. Месторождения **Центральное и Западное**, PZ₁; 49 – **Хабарное**, Южный Урал. Хромитовое; 50 – **Кемпирсайское**, Казахстан. Cr. D₁; 51 – **Пенроз**, Шетландские острова. Промышленные платиноиды в хромит-сульфидных рудах; 52 – **Эстери-Бок**, Квебек, Канада. Каледонские расслоенные мафит-ультрамафиты. Cr, P.

V – **железорудные, титановые, ванадиевые, марганцевые месторождения**, связанные с магматитами и метасоматитами PZ₁: 53 – **Гаринское**, Зее-Селемжинское междуречье в Амурской области. Скарновое magnetитовое; 54 – **Волковское**, Свердловская область. Богатые вкрапленные и массивные апатит-титаномagnetитовые, халькопирит-борнитовые, халькопирит-борнит-титаномagne-титовые руды среди такситовых габбро; 55 – **Высокогорское** (горы Высокой), Нижний Тагил, Свердловская область (Средний Урал). Magnetитовое, скарновое, в габбро-сиенитах, D₁₋₂; 56 – **Самсоновское**, Кузнецкий Алатау. Кембрийское железорудное скарновое, E; 57 – **Качканарское**, Свердловская область, Урал. Раннедевонское (?) плутогенное титаномagnetитовое. Fe, V, Ti; 58 – **Абаканское**, Хакасия. Кембрийское пластовое и скарновое magnetитовое; 59 – **Глиб-эн-Нам**, Марокко. Вулканогенно-гидротермальное марганцевое в нижнепалеозойских породах; 60 – **Юбрышкинское**, Урал. Рифей-кембрий. Fe, Ti, V; 61 – **Кусинско-Копанское**, Челябинская область, Средний Урал. Рифей-кембрий. Ильменит-magnetитовое. Fe, Ti, V; 62 – **Харловское**, Западный Саян. Титаномagnetитовые со скандием, в связи с каледонскими массивами перидотит-габбро-плагиогранитной формации; 63 – **Патынское**, Куль-Тайгинское, Западный Саян. То же; 64 – **Вали Миялик**, Египет. Вулканогенно-гидротермальное, Mn; 65 – **Халаиб**, Египет. Вулканогенно-гидротермальное марганцевое в нижнепалеозойских породах.

VI – **колчеданные полиметаллические, серебряные, медные, медно-молибденовые порфировые месторождения**: 66-68 – север Тибетского плато. Месторождения вулканогенных массивных сульфидов, PZ₁, в т.ч.: 65 – **Хонггоу**, 67 – **Байннианханг**, 68 – **Жунжуба**; 69 – колчеданные районы Среднего Урала Красноуральско-Нижнетагильский (месторождения **Имени III Интернационала**, **Красногвардейское**, **Заводское**) и Кировоградский (**Левиха**, **Дегтярское**); 70 – Маунт Лайель, о. Тасмания. Кембрийские кислые и средние лавы с массивным и вкрапленным пирит-халькопиритовым оруденением; 71 – **Мунта**, байкалиды пояса Аделаида. Медное жильное в порфирах. PZ₁ (?); 72 – **Дергамыш**, **Ивановка**, башкирский сектор Южного Урала. Силурийские месторождения массивных

сульфидов с халькопирит-пирит-пирротиновыми рудами, содержащими Co; 73 – **Ишкинино**, 20 км западней г. Гай Оренбургской области. Силурийское пирит-пирротиновое. Si, Ni, Co, Zn, As, Pt, Au, Ag; 74 – **Яман Касы**, Южный Урал. Si-Zn среди пород силурийской риолит-базальтовой ассоциации. Si, Zn, Au, Ag, Ga, Ti, Ge, In, Se, Te; 75 – **Юбилейное**, Южный Урал (Макан-Гайская зона, Западно-Магнитогорская дуга). Гидротермально-осадочное и гидротермально-метасоматическое месторождение с медноколчеданными, медно-цинк-колчеданными и серноколчеданными залежами, D₁; 76 – **Божекуль**, в 90 км западней Экибастуза Павлодарской области, Казахстан. Золотоносное медно-молибденовое порфиоровое, PZ₁; 77 – **Майкаин** в Баян-Ульском районе Павлодарской области. Медно-порфиоровое, O₁; 78 – **Озёрное**, Удино-Витимская островодужная система Забайкальский край. Уникальное раннекембрийское колчеданно-полиметаллическое; 79 – **Батерст**, пров. Нью Брансуик, Канада. Горнорудный район с 47 крупными месторождениями массивных сульфидов в толщах O₂; 80 – **Цумеб** (рудный район, 600x200 км, северная Намибия). Месторождения: **Цумеб** Si-Pb-Zn с Ge и Ga, **Комбат** Si-Pb, **Берг Аукас** Pb-Zn; 81 – Витвелей, рудный район, Центральная Намибия (площадь 450x150 км). Колчеданные месторождения **Аджихейс**, **Витвелей**, **Клейн Ауб**, **Матчлес**; 82 – Бодуин-Намту, в национальном государстве Шан, Мьянма. Нижнепалеозойское колчеданное, необычно богатое Pb и Zn. Сопутствующие Si, Ni, Co, Sb, Ag; 83 – **Кабанское V**, Урал. Силурийское Si-колчеданное; 84 – **Ханкайский массив**. Ордовикские скарновые полиметаллические залежи; 85 – **Эль-Амар**, Саудовская Аравия. Si-полиметаллическое, с Au, в зеленокаменном поясе (R- E); 86 – **Джебел-Саид**, Саудовская Аравия. В зеленокаменном поясе (V- E). Si-полиметаллическое, с Au, PZ₁ (?); 87 – Pb-Zn и U руды восточной зоны каледонид Гренландии; 88-90 – Норвегия, каледонские Si-колчеданные, связанные с габбро, в т.ч.: 88 – **Сулихельма (Сулительма)**, фюльке Нурланн, 89 – **Лёккен**, фюльке Сёр Трённелаг, юго-западной Тронхейма, 90 – **Рёрус**, там же; 91 – **Авока**, Ирландия. Каледонское серноколчеданное; 92 – **Лексдаль** и рудник Стордэ, между г.г. Берген и Ставангер. Каледонское серноколчеданное; 93 – **Македония**. Залежи стратиформных серноколчеданных руд, в связи с диабазами PZ₁;

VII – **золоторудные месторождения**: 94 – **Гилмор и Уогт**, Новый Южный Уэльс, Австралия. Зоны смятия 417 млн лет (S₂), с богатыми месторождениями Au; 95 – **Степняк**, Степнякский район, Кокшетаусская область. Кварцево-жильное с вольфрамитом, шеелитом, пиролюзитом и золотом (O₃); 96 – Дейлсфорд, рудный район Бендига. Каледонское жильное золото-кварцевое; 97 – Агардаг, юго-запад Южно-Тувинского гипербазитового пояса. Кембрийские золотоносные родингиты; 98 – **Тисса-Сархойская рудная зона**, ЮВ Восточного Саяна, Бурятия. Золото-кварцевая и Au-Te минерализация отчасти среди березитов; 99 – **Гитард Брук**, север пров. New Brunswick, Канада. O₃-S₁ Au-As-Sb. Здесь же подобные **West Gabbro Zone** (Au-As), **Middle River** (Au-As-Sb), **Tetagouche Property** (Au-Sb), **Caribou Road** (Sb-Au); 100 – **Бёмлу** (остров), Норвегия. Золото-кварцевое (S); 101– **Голден Плато**, Квинсленд, Австралия. Золото-кварцевое жильное в андезитах (O-S); 102-105 – Южный остров, Новая Зеландия. Небольшие гидротермальные месторождения Au в породах PZ₁, в т.ч.: 102 – **Аорера**, 103 – **Маунт Оуэн**, 104 – **Голден Блокс**, 105 – **Инвинсибл**; 106 – **Чартерс-Тауэрс**, Квинсленд, Австралия. Золоторудное кварцево-жильное (O₃-D₁); 107 – **Ровенвуд**, Там же. Золоторудное, O₃ –D₁; 108 – **Пезас-Золотокидатский** золоторудный район, СЗ Кузнецкого Алатау. Золоторудные скарны, метасоматиты, в связи со штоками гранитоидов D₁ – Фёдоровско-Пезасское рудное поле с скарновым месторождением Au **Фёдоровско-Талановским**; 109 – Северная Бурятия. Многочисленные золото-кварцевые месторождения (**Кедровка**, **Ципикан** и др.); 110 – Сисимский рудный район, Восточные Саяны. Au-кварцевые жильно-прожилковые месторождения (O) **Сейбинске**, **Буреломное**, **Ольховое**, **Нижне-Сисимское**;

VIII – **редкоземельно-редкометалльные, урановые, доагоценных камней**, ассоциирующие с щелочными массивами, пегматитовые, скарновые, в связи с иными процессами метасоматоза: 111 – **Ролианехааб**, Южная Гренландия. Каледонские пегматиты. Церий; 112 – **Турупья**, верховья рек Верхняя Турупья и Малая Тулаяня на восточном склоне Северного Урала, Республика Коми. Раннепалеозойские постордовикские щелочно-карбонатные метасоматиты с Be, Nb, Ta, TR; 113 – **Нарсарсук**, Южная Гренландия. Каледонские пегматиты. Nb, Se; 114 – **Сьерра ла Веласко**, пров. Ла Риоха, Аргентина. Пегматиты с бериллием; 115 – **Борборема** (плато), часть штатов Риу Гранди ду Норте, Пернамбуку и Параиба, Бразилия. Месторождения пегматитов. Ta, Be, Li; 116 – **Касапава-Лаврас**, штат Риу Гранди ду Сул. Бразилия. Редкоземельные граниты. Сфен, апатит, циркон, флюорит; 117 – **Россинг**, Намибия. Пегматиты с уранинитом; 118 – **Айллик**, Аппалачи, США. Каледонские пегматиты. Nb; 119 – **Монбеле**, Армориканский массив, Франция. Граниты. W, Sn; 120 – **Каменка**, **Колывань**, **Мульчиха**, Саяны. Пегматиты и грейзены с редкими металлами (O-S₁); 121 – **Одара**, г. Траванкор, юг Индостана. Пегматиты

с драгоценными камнями. (Е-S); 122 – **Ратнапур**, центральная часть Шри-Ланки. Пегматиты (Е-S) с рубинами, сапфирами, александритами; 123 – **Сан Хосе де Гуавьяре**, центральная и восточная Колумбия. Берилл и колумбит; 124 – **Ниамбембе**, Заир. Пегматиты. Та; 125 – Чонка Ниамбези, Заир. Пегматиты. Та; 126 – **Таманрассет** (рудный район), Ахаггар, Алжир. Sn и W.; 127 – Лауни (рудный район), Ахаггарский щит, Алжир. Месторождение W **Нахда** (б. Ренессанс) и ряд соседних точек с минерализацией Li, Be, W. Танталовые месторождения **Тиллик**, **Гексагон**, **Титенир**; 128 – север Трансантарктических гор. Пегматитовые жилы с U; 129 – **Земля Королевы Мод**. Тела пегматитов с бериллом, сподуменом, горным хрусталём; 130 – **Горы Гумбольдта**. Более десяти пунктов с блоковыми пегматитами и горным хрусталём; 131 – **Умм-Нагат**, Восточная пустыня, Египет. Позднекембрийское Танталовое (Е₃) среди Li-F редкометалльных гранитов; 132 – **Ривьера**, складчатый пояс Салдания, ЮАР. Скарновое Мо-W; 133 – **Кентича**, Эфиопия. Позднепротерозойские или раннекембрийские сподумен-микроклин-альбитовые пегматиты с Та; 134 – **Абу-Даббаб**, Восточная пустыня, Египет. Та, Nb, Sn; 135 – **Нузейби**, Египет. В позднепротерозойских или позднекембрийских альбититовых пегматоидных гранитах минералы Та; 136 – **Белягидон**, Большой Кавказ. Sn-W-Мо проявление, ассоциирующее с аплитами и пегматитами, (О-S); 137 – **Кнобен**, Южная Норвегия. Кварц-молибденовое, PZ₁; 138 – **Мурдохвилль**, Квебек, Канада. Крупное каледонское скарновое Си-Мо. Связано с гранитоидами.

IX – волластонитовые, асбестовые: 139 – **Синюхинское**, Горный Алтай. Волластонитовое, скарновое на контактах известняков и гранитов ордовика-силура; 140 – **Окунёвское**, бассейн р. Казыр, Красноярский край. Волластонитовое, в основных-средних вулканитах Е₁; 141 – **Тетфорд Майн**, Квебек, Канада. Каледонское асбеста

1 имеет возраст 434 млн лет, диатремы №№ 5, 9, 10, 14 датированы 450, трубка № 7 - 500 млн лет. Самые надежные определения получены по перовскитам **Каави-Куопио**. Перовскит – идеальный материал для датирования кимберлитов, так как кристаллизуется при охлаждении их расплава.

В США, **Граница штатов Вайоминг и Колорадо**, около 40 кимберлитовых тел возрастом около 0,4 млрд лет. В районе **Айрон Маунтин**, 170 км северней, возраст кимберлитов 408,4±2,6 млн лет.

В Якутии раннепалеозойские даты формируют ранний массив данных для продуктивных позднедевонских кимберлитов Вилюйской субпровинции. Однако они доминируют в случае кимберлитов **Накынского** поля, что находится к северу от **Мало-Ботуобинского**. Флогопит из кимберлита трубок **Нюрбинская** и **Ботуобинская** дал разброс возраста от 1842 до 370 млн лет (Ar-Ar). По совокупности всех Rb-Sr определений изохронный возраст для трубки **Ботуобинская** раннесилурийский, 445±4 млн лет. Кимберлитовый магматизм **Накынского** поля (450-380 млн лет) согласуется с возрастами габбро-долеритов, проявившимися здесь дважды, в интервалах 450-460 млн лет и 346-386 млн лет (K-Ar) (Зайцев и др, 2001).

В пределы российского Приморья Китайско-Корейская платформа заходит небольшим так называемым Северо-Восточным выступом. Нижнесилурийскими и условно нижнесилурийскими являются алмазсодержащие кимберлитовиды проявлений **Курханского** и **Малоключевского**.

На востоке Китая раннеордовикский возраст 460 млн лет имеют трубки **Бинхай** в поле **Ляонин**, и **Шенгли** в пров. Шаньдунь. В последней кимберлитовый район **Чангма** объединил 2 трубки и 8 даек, эксплуатируемых рудником Виктори № 1. Для диатремы **Менгын** получена дата 470±4 млн лет, U-Pb и Sr-Nd-Hf изотопные системы, по перовскиту.

В ЮАР в позднеархейском зеленокаменном поясе Лимпопо, разделившим Каапваальский и Зимбабвийский кратоны, локализованы кимберлиты поля **Венеция**. 14 диатрем и даек, из которых две алмазоносные, локализованных среди метаморфитов комплекса Бейтбридж. Возраст кимберлитов 519 млн лет, по другим данным, 550 млн лет.

В Зимбабве кимберлитовое поле **Комбо** образовано 6 трубками, из которых две алмазоносные. Ордовикский возраст (490 млн лет) доказан для диатремы **Колосс**. Еще одна кембрийская (530-550 млн лет) трубка **Ривер Ранч** обнаружена компанией Де Бирс в 1970-х годах в Зимбабве у границы с ЮАР и в 50 км северней поля **Венеция**. Наконец, северней границы между Зимбабвийским кратоном и поясом Лимпопо, среди гранитных батолитов Чибви и Зимбабве (2,6 млрд лет), находится кластер диатрем и кембрийская кимберлитовая трубка **Мурова**.

Карбонатиты

В Заире, пров. Киву, крупное карбонатитовое Nb месторождение **Луэш (Луэше)** датировано 516 млн лет. Подсчитаны запасы 1,3 млн т Nb₂O₅.

В США массивы карбонатитов с пироксеном каледонского этапа известны на юго-западе – **Мак-Клур**, **Джем-Парк**, **Паудерхорн**. Последнее отнесли к P-Fe-Ti формации. Возраст массива 579 млн лет. В раннем девоне (390 млн лет назад) в пров. Британская Колумбия на западе Канады возник массив **Айс Ривер** Известным телом является **Джем Парк**, Колорадо, датированное 551 млн лет

В Норвегии раннекембрийский интрузивный комплекс **Фён** в муниципалитете Номе, округ Телемарк, – один из всемирно известных «культовых» геологических объектов. Интрузия имеет примерно кольцевую форму в сечении, занимает 9 км² площади. Её вмещают мезопротерозойские (1105 млн лет) гнейсы Телемарк Готско-Свеконорвежского террейна Южной Скандинавии. Концентрации Th здесь столь значительны, что Норвегию считают обладателем одних из крупнейших в мире его ресурсов. Массив разрабатывали на Nb в руднике **Сёве**. В Мурманской области разновозрастные рудоносные массивы базит-гипербазитов с карбонатитами тоже есть: **Вуориярви** (390 млн лет), **Кандагубский** (400 млн лет), **Ковдозеро** (450 млн лет), **Контозеро** (510 млн лет), **Кургинский** (420 млн лет), **Салланлатва**, Кандалакшский район (450 млн лет). На северо-западе **Оленегорского** района выявлен массив **Себлярьв** (рудные пироксениты 410±7 млн лет, Rb-Sr; карбонатиты 408±7, Rb-Sr).

В Якутии, хребет Сетте-Дабан, **Горноозерский** массив сформирован в интервале 480-320 млн лет. Самыми ранними считают пироксениты (480-460 млн лет), в т.ч. магнетит-апатитовые.

В пров. Внутренняя Монголия КНР преимущественно рифейский гигант с REE **Баян Обо** имел рудоносную раннепалеозойскую (позже, и герцинскую) стадию. Некоторые его монациты датированы 595 млн лет; основная масса магнетита, гематит, арфведсонит, остальные монациты – 445 млн лет; Th-Pb и Sm-Nd изотопные возрасты по Ba-REE-F карбонатам и эшиниту – 474-402 млн лет.

В Трансантарктических горах, Земля Южная Виктория, впервые обнаружены карбонатиты в Антарктике. U-Pb дата по цирконам дайки раннекембрийская, 531±5,5 млн лет.

Хромиты

В пределах **Большого Кавказского хребта** известны небольшие аккумуляции каледонских хромитов. Наиболее значительно **Беденское**, Урупский район, Карачаево-Черкессия.

На севере Урала нижнепалеозойские хромиты **Центрального** ассоциирует с массивом базитов-гипербазитов **Рай-Из**. Пояса с богатыми хромитами прослежены на 2200 км вдоль Главного Уральского разлома. Особенно важны массивы гарцбургитовой ассоциации – **Алапаево**, **Верблюжегорский**, **Волькар Сыныин** (участок **Лекхоили**), **Кемпирсай**, **Ключевский**, **Рай-Из** (рис. 4.2), **Сыум-Кей**, **Халилово**.

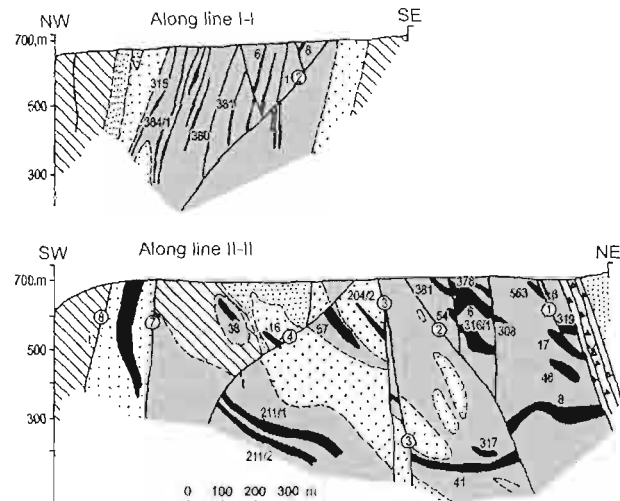


Рис. 4.2. Раннепалеозойское месторождение хромитов Центрального, массив Рай-Из, Северный Урал. Геологические разрезы. По (Gusev et al., 2000).

В Горнозаводском районе Пермского края известны **Северный** и **Южный Сарановские** ультраосновные массивы с хромитами, предположительно ордовик-раннедевонского возраста. В Казахстане нижедевонское **Кемпирсайское** месторождение – крупнейшее в Мирове среди образований подвижных поясов – 294 млн т высококачественной руды,

Медно-никелевые объекты с Co и МПГ

В Норвегии каледонские скопления Ni связаны с расслоенными массивами базитов-ультрабазитов – **Рана**, или **Бруванн**, комплекс габбро **Стуттутплуттен**, объект **Лиллефьельклумпен**. Минерализация **Бруванн** представлена интерстициальными сульфидами в оливиновых кумюлятах расслоенной мафитовой интрузии Рана (S). Здесь добыто 8,5 млн т руды с 0,5% Ni, 0,1% Cu. Содержания МПГ аномально низкие. Оставшиеся запасы 9,15 млн т руды со средним 0,36% Ni (бортное 0,30% Ni) либо 5,5 млн т с 0,39% Ni при бортном 0,35% Ni.

На Урале коренные платинометалльные аккумуляции локализованы в дунитовых ядрах плутонов **Нижнетагильского**, **Светлый Бор**, **Каменуша** и других(S-D). К числу наиболее важных, связанных с **Волковским** плутоном, относят **Волковское** и **Баронское** (Au-Pd).

В Южной Хакасии основным типом гидротермальных кобальтовых руд **Абаканского** кластера является Ni-Co-As; по периферии – жилы с Cu-Co-сульфосолями. Высокие значения МПГ характерны для высокотемпературных Co-As объектов, ассоциирующих с базитами, Au и Ag – с низкотемпературными Ni-Co-As в связи с гранитоидами. U-Pb (SHRIMP, цирконы) даты для гранитов – 437,2±4,4 млн лет. Ag-Ag по серициту кварц-серицит-карбонатных жил кобальтовых месторождений **Абаканское** – 409,1±4,9, **Карадгул** – 379,9±3,8 млн лет. Базиты Минусинской котловины имеют возраст: интрузии **Новая Кузурба** – 392±11 млн лет, **Чёрная Сопка** – 405,8±1,2 млн лет, Ag-Ag.

На западе китайского **Тянь-Шаня** (Синьцзянь) с мафитами-ультрамафитами **Киньбулаке** связано небольшой сульфидный Cu-Ni объект, датированный 434.4 ± 6.2 млн лет, U-Pb, SHRIMP.

В Аргентине, рудный район **Лас Агильяс**, административная провинция Сан Луис, средне- и интенсивно метаморфизованные нижнепалеозойские породы содержат тела мафитов-

ультрамафитов. С ними связаны большинство ресурсов Ni страны и значительная часть Cu, Co, МПГ (2,2 млн т руды с 0,5% Ni, 0,5% Cu, 0,035% Co).

В штате Новый Южный Уэльс, юго-восток Австралии выделяют по аналогии с Уральским платиноносным поясом как **Платиновую провинцию Файфилд**. Это единственный регион на континенте с исторической добычей МПГ. Пояс интрузий базитов-ультрабазитов протягивается на 500 км. Из большого числа массивов ультрабазитов упомянем лучше известные **Оуэндэйл** (~40 км²), **Тоут** (~70 км², протяженность 16 км), **Карс** (2,0 км²). Для многих тел характерно двухфазное строение. Ранние средние фельзические образования сменяются эпидиоритовой свитой шошонитового состава, более поздними ультрамафит-мафитами, затем эпидунитовой ассоциацией с чертами бонинитов. Эпидиоритовую свиту полагают щелочным эквивалентом комплексов габбро-эпигаббро Урала и Аляски. Поздние монзониты и кварцевые монзониты обнаруживают выраженные связи с линейными структурными элементами; они по хронологическим и пространственным параметрам ассоциируют с **платиноидно-полиметаллической минерализацией**. Завершилась магматическая деятельность становлением гранитов Гобондерри. Ресурсы руды массива **Оуэндэйл** до глубины 50 м составили 13,1 млн т, содержания 0,7 г/т Pt (около 10 т, ~293 тыс. унций) при бортовом 0,4 г/т Pt. Прогнозируемые (Inferred) ресурсы для Sc – 4,8 млн т, 344 г/т Sc (~1700 т) при бортовом содержании 200 г/т.

Железо

На Урале скарновые магнетитовые гиганты **Горы Высокой** (рис. 4.3) и **Горы Благодать** сопряжены с нижнедевонским комплексом габбро-сиенитов. Их возраст 380-370 млн лет.

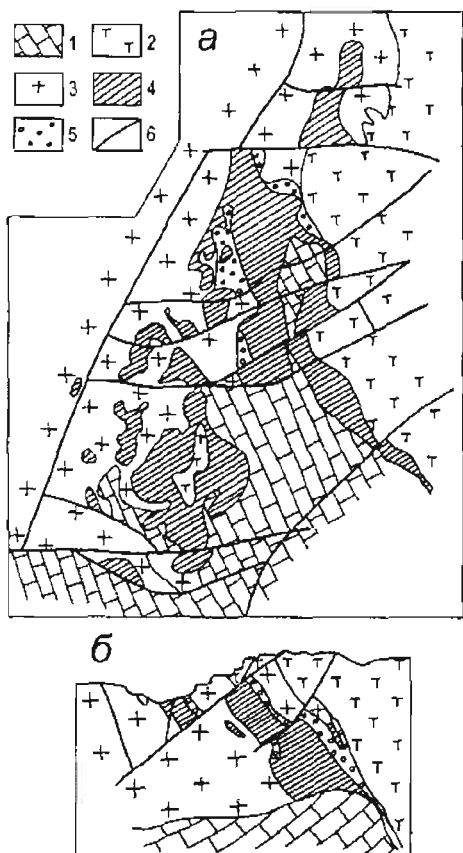


Рис. 4.3. Скарновое магнетитовое месторождение Горы Высокой у г. Нижнего Тагила находится на контакте габбро-сиенитов тагильского комплекса и известняков верхнего силура (Аристов, 2000); а – план по горизонту + 150 м, б – разрез. 1 – известняки; 2 – туфы и туфобрекчии; 3 – сиениты; 4 – магнетитовые руды; 5 – скарны безрудные; 6 – разрывы.

В Хакасии, Тыве, Красноярском крае кембрийские железорудные скарны известны на площадях **Самсоновское** в Кузнецком Алатау, **Ирбинское**, **Абаканское**, **Анзасс** Алтае-Саянской области. Четыре рудных тела **Абаканского** месторождения (протяженность по простиранию 550-1000 м, по падению – 430-1130 м, средняя мощность 14-60 м) залегают на юго-восточном крыле Салаирской антиклинали среди среднекембрийских эффузивов и туфогенно-осадочных пород (известняки, песчаники, сланцы, туфы), приурочиваясь к алевролитам и песчаникам с прослоями известняков. В этом районе породы E_2 прорваны интрузивным телом порфировидных альбититов, известны интрузии пироксенитовых диоритов, плагиогранитов, дайки плагиогранит- и альбит-порфиров, диабазов, порфиров. Главная залежь мощностью 4-70 м прослежена по поверхности на 1016 м, в глубину на 600 м. Рудное тело №3 мощностью 18-90 м имеет установленную длину 0,2 км. В глубину оно изучено на 0,33 км. Слои магнетитов и сланцев чередуются. Наиболее распространены массивные и полосчатые руды. Магнетитовые руды содержат кобальтоносный пирит, в них присутствуют кальцит и хлорит. Запасы руды – 128 млн т, в

т.ч. до глубины 1,7 км – 80 млн т. Средние содержания железа – 41,5%, серы – 2,36%, фосфора в верхнем этаже – 0,19 и 0,7% в нижнем. Помимо кобальта (0,021%), постоянно присутствуют Zn (0,018%), As (0,013%), Sn (0,031%). Кроме собственно магнетитовых тел на площади рудного поля и в пределах других рудных полей Хакасии установлены рудные скарны, содержащие 23,4% железа, 1,95% серы, 0,24% фосфора. Их слепые залежи обнаруживаются магниторазведкой (**Абаканское**, **Бурлукское** и другие месторождения).

В Хакасии **Тейская** группа крупных месторождений PZ_1 находится на восточном склоне Кузнецкого Алатау, в 186 км западней Абакана. Помимо собственно **Тейского**, в нее входят месторождения **Ельген-Таг**, **Хабзасское**, **Тузуксинское**, **Абагасское**. На рудном поле **Тейского** месторождения породы E_1 образуют крупную синклиналиную складку СВ простирания. Региональный разлом на юго-восточном крыле вмещает на протяжении 10 км небольшие тела граносиенитов D_1 . В южной его части находится рудная залежь протяженностью 1,2 км при ширине 0,37 км, дугообразная, обращенная выпуклостью на восток. Мощность её 250 м. Руды

преимущественно серпентино-магнетитовые и, меньше, карбонатно-магнетитовые. Средние содержания отдельных компонентов руд: 34,6% Fe, 0,65% S, 0,059% P, 0,01% Zп. Залежи обогащены W, Ti, Mn. Присутствуют Co (0,003-0,005%), Mo (0,015%). Весьма высока доля и такой полезной примеси как MgO – 16,4%. Запасы руды по категории A+B+C₁, в своё время, составили 109,3 млн т.

На Дальнем Востоке в Амурской области обнаружено **Гаринское** месторождение магнетитовых скарнов среди осадочно-эффузивных образований PR-PZ₁. Магнетитовые руды **Гаринского** бывают массивными сплошными и полосчатыми, а также несплошными полосчатыми, вкрапленными, пятнистыми. Сплошные разности содержат, в среднем, 56% железа. В них 58% запасов. В несплошных железа 37% (14% запасов), в полосчатых – 42,6% железа (14% запасов).

В пров. Оетария, Канада, возможно, раннепалеозойскими (до O₂) являются магнетитовые скарны **Марморатон**, округ Гастинг. Его залежи находятся в мраморах PR у контакта с плутоном диорит-сиенитов под известняквсм среднеордовикской формации Галл Ривер группы Симкоу

Марганец

В Горноуральском округе Свердловской области находится **Сапальская** группа девонских гидротермальных марганцевых объектов. **Сапальское** приурочено к карбонатным отложениям туринской свиты S₁-D₁ и располагается в низах ее теплогорско-валуевской толщи. Со спилито-кератофировыми формациями D₁ восточного склона **Южного Урала** на протяжении 300 км связано около 200 проявлений Mn руд, включая 23 месторождения силикатного Mn. В **Марокко** изветен марганцевый вулканогенно-гидротермальный объект **Глиб-эн-Нам**, с залежами в породах нижнего палеозоя.

Титан

В **Норвегии** к новому типу минерализации относят рутилоносные эклогиты, возникшие при метаморфизме высоких фаций на площади каледонид. Один из объектов – **Энгебёфьеллет**.

На **Урале** скопления плутоногенных титановых руд – нижедевонские (?) **Качканарское**, **Гусовогорское**, **Первоуральское**, рифейско-кембрийское **Копанское**, – находятся в южной части Платиноносного пояса, где связаны с ассоциацией дунитов-клинопироксенитов-габбро. Они нередко обогащены ванадием и относятся к природно-легированным.

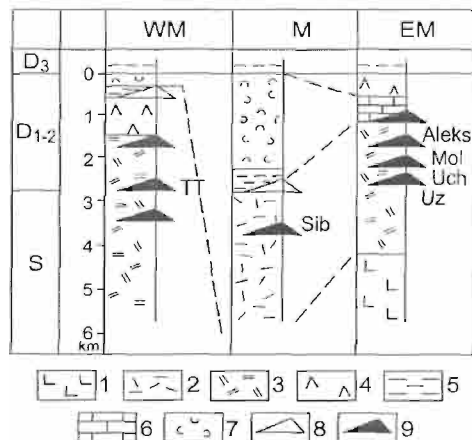
В **Западном Саяне** развиты каледонские массивы перидотит-габбро-плагиигранитной формации с титаномагнетитовыми скандиеносными объектами **Харловское**, **Патынское**, **Куль-Тайгинское**.

Сульфидные объекты

На юго-востоке **Ирландии** из основных аккумуляций полиметаллов **Ирландской** полиметаллической рудной провинции лишь **Авока** оказывается каледонской, на стратиграфическом уровне ордовика. Массивные руды по разрезу обнаруживают первичную зональность: обогащенные медью пирититы кверху сменяют пирититы с Pb, Zп, Cu. Не смотря на сильную дислоцированность минерализованных зон, местные геологи склоняются к отнесению их к типу «куроко».

В **Норвегии**, рудный район **Тронхейм**, отрабатывают каледонские Cu-Zп объекты **Киллингдаль**, **Лёккен**, **Тверрфьеллет**, **Фолдаль**. В пределах **Большого Кавказа** каледонскими с разной степенью уверенности являются колчеданные месторождения **Урупское** (D₁₋₂), **Худес**, **Бескес**.

Близ **Челябинска** расположено **Березняковское** (Томинско-Березняковское) рудное поле. К местному **Бергильдинско-Томинскому** рудному узлу относят раннесилурийское мезогипабиссальное Cu-порфировое **Северо-Томинское** и субвулканическое (Cu)-Au-порфировое эпитермальное **Березняковское** месторождения. U-Pb возраст циркона из кварцевого диорита **Северо-Томинского** месторождения 429 ± 4 млн. лет. Скарновое медно-порфировое **Гумешевское** (D₁), южнее



Екатеринбурга, ассоциирует с монцогранитоидным магматизмом, малой интрузией кварцевых диоритов. Заметная часть сульфидных объектов Южного Урала тяготеет к рубежу позднего силура-раннего девона. В **Северососьвинском** бассейне восточного склона они нижнесилурийские (**Малососьвинское**). Залежи колчеданов Среднего и Южного Урала связаны с породами «непрерывной формации» венлока (S_{1v}). Самые древние колчеданы **Кабанского V** и **Левихи** (430-410 млн лет). Стратиграфическое положение подобных объектов Урала характеризует рис. 4.4.

Рис 4.4. Стратиграфическое положение залежей массивных сульфидных руд на Южном Урале, в т.ч. верхнесилурийских-девонских месторождения Таштау. По G.S. Gusev et al. [2000, рис. 28, с. 251].

Вулканические и осадочные комплексы: 1 – базальтовый, 2 – бимодальный риолит-базальтовый, 3 – риолит-дацит-андезит-базальтовый, 4 – андезит-базальтовый, 5 – кремнистый, 6 – терригенно-карбонатный, 7 – вулканомиктовый; гидротермальные место-рождения: 8 – железисто-кремнистые и марганцевые, 9 – медно-цинковые массивных сульфидов. Структуры палеозойских островных дуг: WM – Западно-Магнитогорская дуга, М – Магнитогорский междужный бассейн, EM – Восточно-Магнитогорская дуга. Рудные месторождения: ТТ – **Таштау**, Sib – **Сибай**, Aleks – **Александринка**, Mol – **Молодёжное**, Uch – **Учалы**, Uz – **Узельга**.

На Салауре в Кемеровской области основные рудные поля: **Салаирское**, **Урское**, **Каменушинское**, **Кскандинское**. Руды первого магматогенные, генетически связанные с вмещающими кембрийскими вулканогенно-осадочными толщами. Для **Каменушинского** рудного поля (рис. 4.5) выявлена приуроченность сульфидного оруденения к зонам рассланцевания кварцевых порфиров (Є).

В Забайкальском крае крупнейшие скопления колчеданов выявлены в пределах рудного поля **Озёрное**. Рудоносная толща слагает останец, сохранившийся среди гранитоидов среднего палеозоя.

В Казахской горной стране меднопорфировые каледонские руды формировались: 1 – в среднем кембрии; 2 – раннем ордовике (**Божакол**, **Майкаин**, O_1 ; **Кызылту**, **Степняк**, **Алмалы**), 3 – силуре (мелкие объекты Чингизтау); 4 – раннем девоне (**Шалгия**, **Сарышагхан**, **Коксай**).

На севере Тибетского плато большинство объектов медных массивных сульфидов – раннепалеозойские вулканогенные (VMS). Они локализованы по северному краю орогенов, южнее блоков Тарим и Алашань – **Хонггоу**, **Жунжуяба**, **Байннень**.

На юго-западе Африки, Намибия, предположительно раннепалеозойские рудные объекты Дамарского складчатого пояса относят к геолого-промышленным типам: гидротермально-метасоматическому (рудный район **Цумеб**); колчеданному (**Матчлесс**) и др.; меднопорфировому (**Хаиб**); стратиформному (рудный район **Витвлей**). Район **Цумеб** объединил собственно **Цумеб**, **Є** (?) гидротермальное Cu-Pb-Zn с Ge и Ga; **Комбат**, Cu-Zn; **Берг Аукас**, Pb-Zn. В соседнем Заире, пров. Шаба, известно раннепалеозойское (?) Cu-Pb-Zn, с Ge **Кипуши**. Еще два подобных, но малых объекта **Ломбе** и **Кенгере** присутствуют на южном фланге Заирской меденосной дуги. На юге Эфиопии отрабатывают месторождения **Лега**.

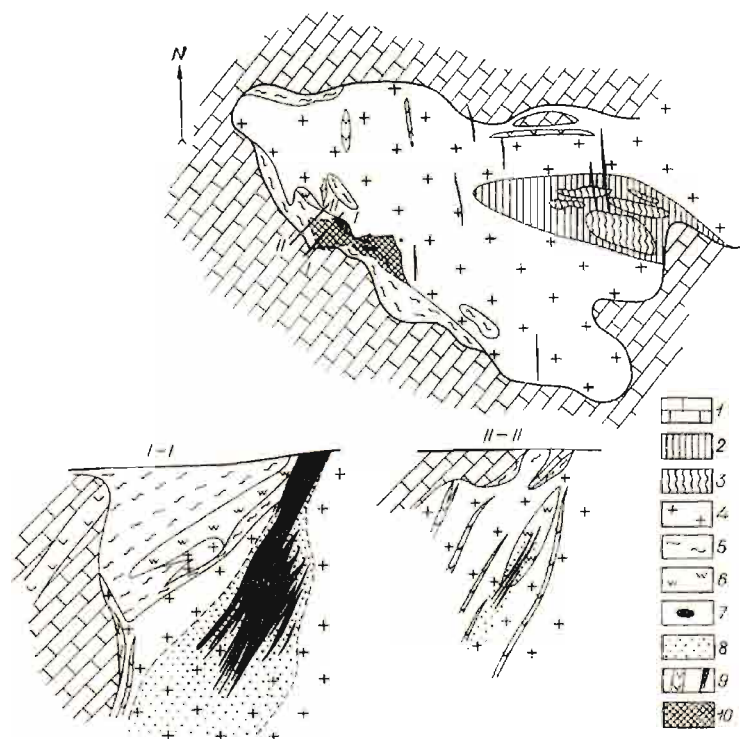


Рис. 4.5. Среднекембрийское Каменушинское колчеданно-полиметаллическое месторождение на северо-востоке Салаирского кряжа, Кемеровская область. 1 – гавриловская свита нижнего кембрия (мраморизованные известняки); 2 – породы несчлененной метаморфической толщи; 3 – кварц-хлорит-серицитовые сланцы; 4 – кембрийские преимущественно кварцевые порфиры с реликтами кислых туфов и туфобрекчий; 5 – зоны повышенной каолинизации; 6 – участки интенсивного окварцевания; 7 – зоны повышенной сульфидной минерализации; 8 – зоны рассеянной прожилково-вкрапленной и вкрапленной минерализации; 9 – дайки диабазовых порфиров; 10 – проекция зоны рудной минерализации на горизонтальную плоскость.

В провинции Нью Брансуик, Канада, нижнепалеозойские офиолиты района **Батерст** содержат залежи массивных сульфидов среди вулканогенно-осадочных толщ среднего ордовика (группа Тетануш) объектов **Брансуик №12** (рис. 4.6), **Брансуик №6** и др. В этом рудном районе с 1952 г. в толщах PZ₁ уже открыто 47 месторождений, суммарные запасы 39 из них превышают 500 млн т.

Появление в раннем палеозое крупнейших залежей массивных сульфидов района **Батерст** произошло благодаря сочетанию условий: 1 – морских глубоководных, с мощным тепловым потоком; 2 – присутствию металлоносных щелочных (фельзических) континентальных толщ; 3 – концентрированной (фокусированной) разгрузки гидротерм; 4 – бескислородной, богатой сероводородом придонной среде, способствовавшей выпадению сульфидов; 5 – длительности

существования бескислородной среды, достаточной для возникновения промышленной залежи; 6 – захоронению сульфидных скоплений до их контакта с насыщенной кислородом морской водой.

На о. Тасмания крупное медное месторождение **Маунт Лайель** связывают с развитием кембрийской вулканогенной ассоциации, хотя и содержит типичные для гранитов топаз, турмалин, флюорит, моусонит $\text{Cu}_6\text{Fe}_2\text{S}_8\text{Sn}$, станноидит. Поздняя минерализация и ее недислоцированные жилы указывают на вклад в рудогенез кембрийских или девонских гранитоидов.

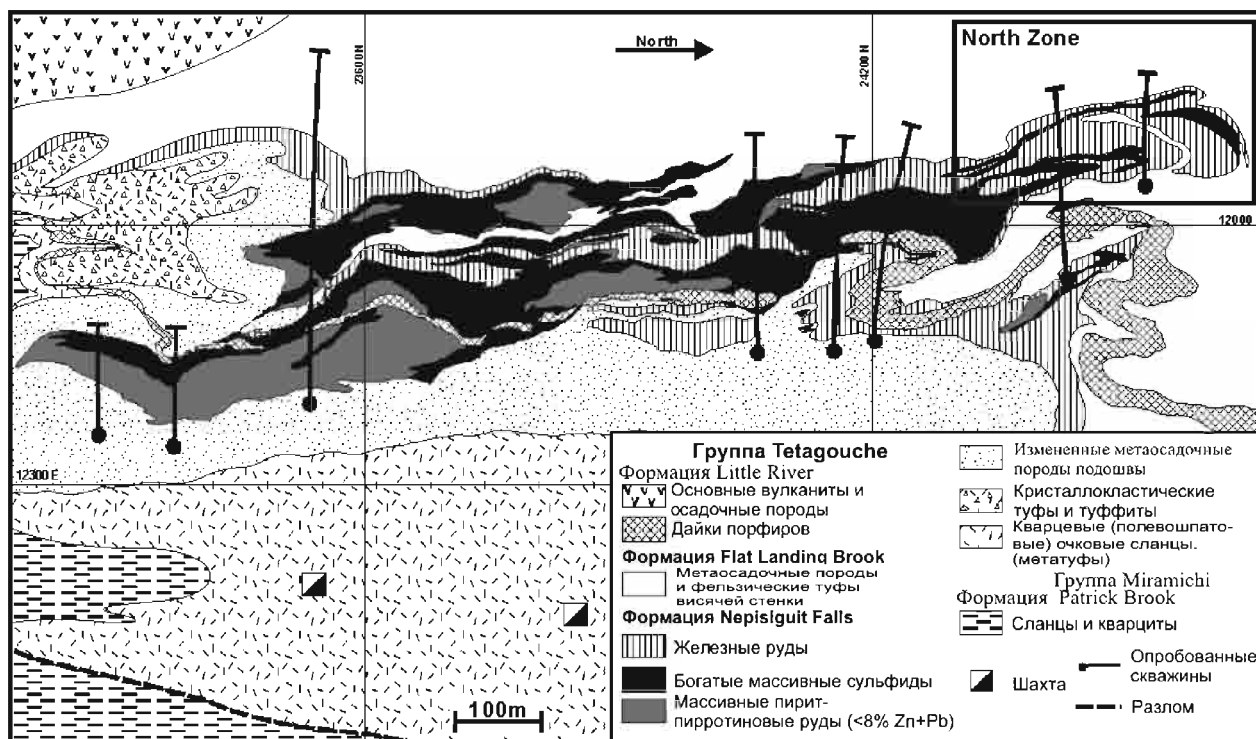


Рис 4.6. Геологическая карта месторождения вулканогенных массивных сульфидных руд (O₂) Брансуик № 12 по горизонту 850 м, север рудной зоны. По Jillian Martin et al. (2006).

Золото

В каледонидах Норвегии золоторудные объекты раннедевонские – кварцевые жилы и шир-зоны. Определение времени внедрения по цирконам (U-Pb) для базитов интрузии **Рана**, Северная Норвегия, с которой связывают стратиформные медно-колчеданные с золотом руды в аллохтонных офиолитовых пластинах каледонид, 440 млн лет. Аргиллиты PZ₁, полагают, уже были первично рудоносными. Позднее, но тоже в силуре, сформировались вторичные рудные залежи, и имело место собственно надвигообразование. На норвежском острове **Бёмлу** каледонскими считаются золотоносные жилы серого кварца с сульфидами и скарны на контакте габбро и прочих пород, относимых к «ликлинским офиолитам» (зелёные сланцы, серпентиниты, плагиограниты и т.д.). Возраст и первично осадочных бассейнов (440 млн лет) и вторичных руд в надвигах – силурийский.

На **Французском срединном массиве** золоторудные объекты возникли в интервале 335-315 млн лет в результате реактивизации нормальных, с вертикальным положением сместителей, разрывов и, одновременно, становления гранит-мигматитовых куполов. Золоторудный потенциал массива (60 тыс. км²) невелик – не более 200 т.

В **пров. Брансуик Канады** зоны сдвигов Мирамичи и Элмтри Инлайер с Au-Ag карбонатно-сульфидно-кварцевыми жилами находятся в аллохтоне, образованном ордовикскими основными и осадочными породами под силурийско-девонскими метаосадками холмов Шалёр. Тела мафитов Блэк Пойнт датированы по цирконам $463,9 \pm 1,0$ млн лет (U-Pb).

На северо-западе Кузнецкого Алатау, **Пезас-Золотокитатский** золоторудно-россыпной район, коренными источниками золота являются нижнедевонские штоки гранитоидов (**Фёдоровско-Пезасское** рудное поле со скарнами **Фёдоровско-Талановского** объекта).

В Западной Бурятии (Восточный Саян) **Холбинское** рудное поле содержит малые и средние кварцево-жильные объекты, иногда, с содержаниями Au до 1 кг/т. Они появились 0,4 млрд лет назад здесь сформировались золото-кварц-пиритовые и колчеданно-полиметаллические тела в результате преобразования рифейского первично осадочного вещества. Au-Te минерализация **Тисса-Сархой-ской** зоны Бурятии имела последовательность: 1 – вмещающие граниты комплекса Хоронгол – 633 ± 140 млн лет; 2 – эффузивы сархойской серии – 606 ± 70 млн лет; 3 – березиты – 537 ± 15 млн лет. На севере Бурятии многочисленные рудные объекты предположительно

раннепалеозойские. Они концентрируются в золоторудные зоны **Кедровско-Витимконская, Келяно-Ирокинд-ская, Ципинская, Верхнеципинская. Кедровско-Витимконская.**

На севере Казахстана штокерное Au-сульфидно-кварцевое **Васильковское** месторождение имеет возраст 440 млн лет.

В *Южном Китае* каледонские золоторудные объекты – вторые по экономическому значению в Каледонском поясе и на примыкающем поднятии Жианьнан.

В северо-западных районах *Саудовской Аравии* среди образований зеленокаменных поясов V-Є₁ известны аккумуляции золотоносных медно-полиметаллических руд **Эль-Амар** и **Джебел-Саид**. Возможно их возраст PZ₁. В залежах Аравийского полуострова концентрации Au тяготеют к субмаринным брекчиям. В саудовском месторождении **Эль-Амар** руды содержат 10% Zn, 4% Cu и 35 г/т Au. В залежах месторождения **Джебел-Саид**, – 230 г/т Ag и до 6 г/т Au (Беневольский, 1995).

В *Австралии*, Лакланский каледонский складчатый пояс Нового Южного Уэльса, богатые золотоносные жильные объекты тяготеют к зонам смятия **Гилмор** и Уогг. Возраст жильной минерализации – 417 млн лет. Вулканы O₃-S₁ здесь прорваны и гранитизированы каледонскими гранитоидами. В лавах с повышенной основностью Au больше. Отмечено обогащение Mo, Pt, Pd. **Бендигго**, (S₃), штат Виктория, – одно из крупных Au плутогенных гидротермальных. Золоторудное поле **Вудс-Пойнт-Валхалла** вмещает (PZ₁, 440-455 млн лет) мезотермальное **Балларат**, сформировалось, как и **Бендигго**, в пик метаморфизма на восточной окраине Западно-Лакланского орогена. В Квинсленде к позднему ордовики-раннему девону (455-395 млн лет, металлогеническая эпоха Равенсвуд) относят руды **Чартерс-Тауэрс** и **Ровенвуд**. Раннедевонскими признаются залежи **Портленд**.

В *Южной Америке* рудный район золотоносных жил **Ля Ринконада** находится в одноименных горах на плато Пуна. Он прослежен от Боливии до 23°00' параллели южной широты в Аргентине. Здесь эксплуатировались многочисленные рудные объекты – **Асулес, Эль Томо, Санто Доминго, Фарильон, Пабельон, Эль Кармен**. Обычно жилы локализованы в турбидитовой толще среди ордовикских морских слабометаморфизованных отложений формации Акойте. Повсеместно протяженность жил составляла от нескольких метров до сотен метров, а мощности – от сантиметров до нескольких дециметров. Содержания золота средние, хотя отмечены и ураганные – до 120 г/т и выше.

Сурьма

В Центральном Ньюфаундленде, восток Канады, крупный раннедевонский сурьмяный объект **Бивер Брук** открыт в 1989 г. Руды антимонитовые, эпитемальные, с крустификационными и колломорфными текстурами, пиритом, доломитом, кварцем. В коре выветривания – стибиконит и валентинит. Залежи тяготеют к брекчиям с антимонитовым цементом в разломах среди первично осадочных пород ордовикской группы Дэвидсвилль и верхнесилурийских группы Индиан Айлендс. Западной рудника развит бимодальный интрузивный комплекс Маунт Пейзон. Его пегматитовые габбро в южной части и габбро в северной имеют возраст 424±2 млн лет.

Редкометалльно-редкоземельные пегматиты, метасоматиты

В пределах *Большого Кавказа* известно крупное Sn-W-Mo проявление **Белягидон**. Его залежи связаны с телами аплитов и пегматитов, дериватами массива плагиогранитов (O-S). В *Тыве* золотоносные альбит-пироксеновые родингиты и нефритоиды с вкрапленностью сплава AuCu в ассоциации с маухеритом Ni₁₁As₈ **Агардагского** массива имеют кембрийский возраст. В *Коми* раннепалеозойские щелочно-карбонатные метасоматиты с минералами Be, Nb, Ta, REE выявлены в верховьях рек Верхняя Турупья и Малая Тулаяня на восточном склоне Северного Урала.

В *Китае*, юг пров. Хунань, хребет Наньлинь, раннепалеозойский гранитный батолит Пеньгоньяо (387 млн лет, K-Ar) содержит W минерализацию. Средний по ресурсам объект – **Жаньжиалонь**. Его граниты датированы по циркону U-Pb (LA-ICP-MS): 1 – среднезернистые биотитовые разности формировались 435-438 млн лет назад; 2 – аплитовые дайки с шеелитом, расклевывающие гранит, появились 426,5±2,5 млн лет назад.

В *Индии* **Южно-Индийский-Шри-Ланкийский** пегматитовый район с минералами редких металлов и камнецветным сырьем – самый южный и наиболее поздний по времени формирования. Пегматиты **Одара** в нижнеархейских додхарварских гнейсах на юге полуострова имеют даты 700-500 млн лет, K-Ar, U-Pb. Пегматиты Шри-Ланки с графитом и драгоценными минералами (звездчатый сапфир, берилл и т.д.) еще моложе. А.Е. Ферман в 1931 г. по радиоактивным минералам датировал их 548-418 млн лет, А.И. Тугаринов и Г.В. Войткевич – 461-645 (550±10) млн лет, В.М. Моралев – 480-500 млн лет). Для пегматитов южного штата Керала в 2006 г. получена усредненная дата 469 млн лет (монацит). Наиболее древние цирконы плутона Патанапурам Южной Индии датированы 961-1149 млн лет, их поверхностные слои – 540-560 млн лет. Ядра монацитов имеют возрасты 526-574 млн лет, тогда как краевые зоны и выраженные поздние наслоения – 506-539 млн лет.

В *Африке* нижнепалеозойские пегматиты встречаются в полосе от восточной части Заира до Мозамбика и Мадагаскара. В провинции Шаба (Катанга) олононосны граниты **Митваба**, пегматиты

Манано. В провинции Киву на площади **Маньема** многочисленны аккумуляции Sn (**Калима**). Пегматиты с бериллом, колумбитом, минералами урана распространены в **Кобокобо**, с Та – пегматиты **Ниамбембе** и **Чонка Ниамбези** (0,6-0,5 млрд лет) (Беляев и др., 1996). В Мозамбике известны пегматиты (530 млн лет, Rb-Sr) **Альто-Лигонья** с изумрудами – на рудниках **Мария III** и **Ниане** в 1994 г. их добыли 1145 кг. Кембрийские пегматиты имеют и специализацию на Li (лепидолит), содержат танталит, колумбит, берилл, поллуцит, иногда висмутин. Мадагаскар славится множеством пегматитовых полей, содержащих драгоценные камни и редкие элементы. Плутоны сиенитов и гранитов датированы 570-540 млн лет. Мелкозернистые ураноносные пегматиты (0,458 млрд лет) разрабатывают в пределах рудного поля **Россинг**, Намибия.

На севере Африки, алжирский сектор Ахагар (Туарегский), распространены кембрийские «граниты таурирт». Они содержат богатые рудные залежи оловянных, вольфрамовых руд, время возникновения которых относится к началу палеозоя. В рудном районе **Таманрассет** минералы Sn и W наблюдаются в кварцевых жилах и грейзенах, риолитах (**Эль Курусса**). На юге Эфиопии скопления сподумен-микроклин-альбитовых, микроклин-альбитовых пегматитов с танталом района **Кентича** называли позднепротерозойскими. Другие исследователи считают эти несколько жил, прослеженных на расстояние до 1,5 км, раннекембрийскими.

На западе Африки, в Нигерии, с Древними (раннепалеозойскими) и Молодыми (юрскими) гранитами ассоциируют пневматолитовые аккумуляции Sn, Nb, Ta и т.д. плато **Джос**. Полевые наблюдения подтверждают, что: появление пегматитов было действительно одним из эпизодов Панафриканского (венд-ранний кембрий) цикла становления Древних гранитов, но они не обнаруживают пространственных отношений с гранитными массивами. То же следует и из Rb-Sr определений: металлоносные пегматиты датированы 550 млн лет, граниты – 650 млн лет. Пегматиты обнаруживают большое участие в составах корового вещества. K-Ar даты указывают на мезозойский возраст некоторых пегматитовых тел, признак позднего термического воздействия Молодых гранитов.

Пегматиты *юго-восточной Бразилии* на площади от г. Итабира до г. Гуанаеес, районы **Санта Мария де Итабира**, **Капарао-Эпера Фелиз**, **Марилак**, связаны с гранитами Борракудос (1,7 млрд лет). Монацит из них имеет возрасты 450-520, 512 млн лет, титаниты – 509 млн лет. Rb/Sr, K/Ar даты для слюд и калиевого полевого шпата – 409-520 млн лет. В «Железном четырехугольнике» штата Минас Жераис редкометалльные пегматиты ассоциируют с гранитами, датированными 550-450 млн лет (кембрий-ордовик). Они метасоматически замещают кварц-аркозовые отложения слоев Караса и Пирасикаба серии Минас (рифейский альгонкский комплекс). Определения радиоизотопного возраста для пегматитовых полей, расположенных южнее, юго-восточней и юго-западной столицы штата г. Белу Оризонте (млн лет): 926, 749, 603, 498, 395, 340. Более надежны даты по ураниниту: 520 и 510 млн лет, отвечающие позднему кембрию. В Колусбии, район **Сан Хосе де Гуавьяре**, биотитовые граниты датированы по биотиту (K-Ar) – 495-445 млн лет. С ними, возможно, связаны пегматиты восточно-колумбийского департамента **Сантандер** (правый берег р. Магдалена, г. Букараманга), содержащие берилл и колумбит.

На юге Гренландии, поле **Ролианехаб**, среди нефелиновых сиенитов залегают пегматитовые тела до 20 метров мощностью, возможно, каледонские. Еще один подобный объект – **Нарсарсук**, с Nb пироксеном, паризитом $\text{CaCe}_2[\text{F}_2(\text{CO}_3)_3]$, бастнезитом $\text{Ce}[\text{F}, \text{CO}_3]$. В пров. Онтарио, Канада, в округах **Ренфру** и **Халибартон** среди габбро встречены пегматиты, обогащенные ортитом. В штате Нью-Йорк пегматиты каледонских интрузий габбро и анортозитов обогащены монацитом и ортитом.

На востоке Антарктиды нижнепалеозойские (500-530 млн лет) пегматиты известны в пределах полей распространения архейских пород. Раннепротерозойские пластовые пегматиты (500-522 млн лет) и редкие дайки основных мафитов (466–482 млн лет) отразили финальные события в истории магматизма области распространения пород архейского комплекса Напир Восточной Антарктиды.

4.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза

Каледонские эндогенные месторождения очень важны для экономики некоторых стран Евросоюза, Канады, Казахстана и, в меньшей степени, России. В ЮАР, где каледонские месторождения редкость, среднекембрийские диатремы поля **Венеция** обеспечивают добычу алмазов до 5,6 млн кар./год [Фролов и др., 2005, с. 113]. Неравномерное распределение эндогенных месторождений по площади континентов позволяет выделить историко-минерагенические провинции, или ИМП (см. рис. 4.1): I – Восточнолавернтийскую-Восточногренландскую, II – Западноевропейско-Кавказскую, III – Уральско-Казахстанско-Приамурскую, IV – Восточносибирскую, V – Восточноавстралийско-Новозеландскую, VI – Западнолавернтийскую, VII – Южноамериканскую, VIII – Восточного Заира-Зимбабве-Мадагаскара, IX – Северо-Западной Африки, X – Юго-Западной Африки, XI – Северо-Восточной Африки, XII – Таримско-Китайскую, XIII – Антарктическую, XIV – Южноиндийско-Шриланкийскую.

Восточнолавернтийская-Восточногренландская ИМП известна крупными месторождениями массивных сульфидов (рудный район **Батерст**, Нью Брансуик), асбеста (**Тетфорд Майн**, Квебек), небольшими, но многочисленными Au-As-Sb в офиолитах – **Гитар Брук**,

Уэст Габбро (Au-As), Мидл Ривер (Au-As-Sb), Тантагуш (Au-Sb), Карибу Роуд (Sb-Au) и др. в пограничных районах США и Канады. Только в районе **Батерст** в среднеордовикских толщах открыты 47 крупных месторождений массивных сульфидов, а 39 основных имеют суммарные запасы более 500 млн т руды. Руды **Au-As Гитар Брук** содержат более 1,5 т Au при содержании по лучшему пересечению 2,84 г/т. Месторождения прочих типов преимущественно связаны с гранитоидами. К ним относят каледонские танталоносные пегматиты **Айлик** в Аппалачах США, тела пегматитов Гренландии с **Се (Ролианехааб, до 20 м мощности), Nb и Се (Нарсарсук)**, крупные скарновые **Си-Мо аккумуляции Мурдохвиль**, Квебек, сурьмяное месторождение **Бивер Брук**, Центральный Ньюфаундленд.

Западноевропейско-Кавказская ИМП приурочена к обширной, по преимуществу, горной стране, где раннепалеозойские эндогенные полезные ископаемые присутствуют в эрозионных окнах среди покровов каледонид и альпид (Норвегия, Австрия, Италия) или в центральных частях крупных поднятий (Большой Кавказ). С древними метаморфитами Апеннин связаны месторождения **Pb, Zn, Fe Сицилии (Иглезиенте)**, железные руды острова **Эльба** и **Тосканских Рудных гор**. К докембрийским-кембрийским месторождениям региона относятся залежи графита и графитистых сланцев, сульфидные полиметаллов и железа среди кремнистых и карбонатных пород (вулканогенно-гидротермальные массивные сульфиды в вулканитах типов **VHMS** и **Кислягерг**), железорудные в карбонатных толщах, **Sp-W-Au-Pb-Cu (Фрайбург)**, **Cr-Ti-Ni-МППГ**, магнезитовые. Добавим сюда рудные объекты, ассоциирующие с основным-ультраосновным щелочным магматизмом (кимберлиты, карбонатиты), высокоглиноземистое сырье.

Уральско-Казахстанско-Приамурская ИМП при всей огромной протяженности имеет общий знаменатель – приуроченность к Урало-Монголо-Охотскому подвижному суперпоясу. Собственно *Уральский рифтоподобный прогиб* протяженностью до двух тысяч километров при ширине 100-150 км вместе с нынешними Тиманом и Печерской депрессией со среднего рифея были единой, по выражению Е.Е. Милановского (1987), «метаплатформенной областью». Превращение его в подвижный пояс началось в позднем кембрии-раннем ордовике. Именно тогда здесь появились субмеридиональные грабенообразные прогибы, заполнившиеся морскими и континентальными обломочными, плохо сортированными толщами. В западной части осадочный процесс сопровождался становлением тел щелочных ультрамафитов, калиевых базальтоидов, трахилипаритов. В пределах осевой зоны Камско-Бельского перикратонного прогиба **Башкирского** мегаантиклинория выявлены дайки алмазонасных лампрофиров (минетт). Все они принадлежат дайковому комплексу венда-нижнего палеозоя. Коренные платинометалльные месторождения, локализованные в дунитовых ядрах плутонов **Нижнетагильского, Светлый Бор, Каменуша, Гладкая Сопка, Денежкин Камень, Соловьевы Горы**, к настоящему времени полностью выработаны. И.К. Высоцкий и А.Н. Заварицкий считали эти тела силурийскими-девонскими. И.Г. Магакьян (1972) отметил завершение их формирования в ранний доскладчатый этап, т.е. в раннем девоне. На севере Урала множество хромитоносных массивов с рудами не очень высокого качества – массивы **Рай-Из (Центральное)**, **Восточно-Тагильский** и т.д., на Среднем Урале – **Северный и Южный Сарановские** ультраосновные массивы. Эти интрузии **O-D₁** входят в состав хромитоносного Сарановско-Вишерского пояса ультрамафитов. Запасы хромитовых руд Сарановского массива оцениваются по разным источникам от 10 до 15 млн т. На юге отрабатывают качественные залежи раннедевонского **Кемпирсая**. ИИП богата скоплениями железа (скарновые магнетитовые гиганты **Горы Высокой** и **Горы Благодать**, титановыми (**Качканарское, Гусовогорское, Первоуральское, Копанское**), полиметаллов (**Ускандинское, Озерное**), **Au (Кузнецкий Алатау)** и т.д.

Восточносибирская ИМП охватывает значительную часть Сибирской платформы, в пределах которой выявлены каледонские кимберлиты и массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатитами. Редкоземельные-редкометалльные карбонатиты каледонского этапа обнаружены в Сетте-Дабанской субпровинции. Наиболее известен **Горноозерский** массив – плутон центрального типа, локализованный среди алевролитов, аргиллитов, известняков рифея. Он образован нефелиновыми и нефелин-содалитовыми сиенитами. Карбонатиты в его пределах распространены преимущественно в обрамлении. Внедрение магматитов происходило в несколько фаз, в интервале 480-320 млн лет, т.е. с конца ордовика до конца раннего карбона.

Восточноавстралийско-Новозеландская ИМП объединила месторождения золоторудные и вулканогенно-гидротермальных массивных сульфидов. В Лакланском каледонском складчатом поясе Нового Южного Уэльса есть целый ряд богатых золотоносных жильных месторождений. Все они тяготеют к зонам смятия **Гилмор** и **Уогг**. Возраст жильной минерализации. (Беневольский и др., 1995, с. 116) – 417 млн лет. Австралийские геологи всегда уделяли большое внимание хронологическим аспектам становления рудных месторождений. К позднему ордовика-раннему девону (455-395 млн лет, металлогеническая эпоха Равенсвуд) относятся руды золотоносных объектов **Квинсленда Чартерс-Тауэрс** и **Ровенвуд**. Раннедевонским им признавалось месторождение **Портленд**.

Западнолаверентийская ИМП включает алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты и лампроиты PZ₁ субпровинции **Слейв** и **Вайоминг-Колорадо**. За пределами основных кимберлитовых полей провинции находятся высокоалмазоносные дайки **Снэп Лейк**, В штатах Орегон, Калифорния среди серпентинизированных гарцбургитов **гор Котмиат, Береговых хребтов, Сьерры-Невады** выявлены хромиты. Содержания МПГ в них невелики (платины, например, только 0,2 мг/т).

Южноамериканская ИМП известна древнейшими месторождениями складчатого пояса Анд, которые наблюдаются в немногих эрозионных окнах. На стыке Чили, Боливии, Аргентины оконтурена "провинция **Агиляр**" с проявлениями меди и полиметаллическими, содержащими серебро, в кембрий-ордовикских метаморфитах. Оруденение предполагается метаморфогенным и осадочно-сингенетическим. В районе **Сьерра ла Веласко**, пров. Ла Риоха, Аргентина, пегматиты с Ве ассоциируют со светло-розовыми биотит-роговообманковыми гранитами. Возраст для уранинитов рудника **Сан Виторио** 385 млн лет, примерный рубеж раннего и среднего девона

ИМП Восточного Заира-Зимбабве-Мадагаскара включает площади распространения кимберлитовых тел поля **Венеция** в административной провинции Лимпопо, ЮАР. Поле включает 14 диатрем и даек (две алмазоносные), локализованных среди метаморфитов. Общая площадь поля 4 км². Пегматиты PZ₁ встречены по всей провинции, от восточной части Заира до Мозамбика и Мадагаскара. Центральная часть острова (75 тыс. км²) славится множеством пегматитовых полей, содержащих драгоценные камни и редкие элементы. Среди образований блока **Итремо** пегматиты имеют близкие геохимические и минералогические особенности, содержат много данбурита Ca[B₂Si₂O₈], формировавшегося в магматическую стадию, целый ряд минералов борсодержащих и боратов.

ИМП Северо-Западной Африки в марокканском сегменте (западная часть Анти-Атласа) включает рудный район **Талат-Нуаманн** со стратиформным и жильным оруденением в породах нижнего кембрия. Содержания меди – 1,8%. В кальцитовых и кварцевых прожилках распространены алланит, виттихенит, молибденит. Другое показательное месторождение сектора – вулканогенно-гидротермальное марганцевое **Глиб-эн-Нам** в нижнепалеозойских породах. В секторе Ахаггар (Туарегском) распространены кембрийские «граниты таурирт». Они содержат богатые рудные залежи оловянных, вольфрамовых руд, время возникновения которых относится к началу палеозоя.

ИМП Юго-Западной Африки объединила многие уникальные объекты. Среди них ураноносные пегматиты, медноколчеданные с германием, иногда с галлием. **Россинг** был единственным пегматитовым месторождением урана, эксплуатируемым на континенте (В.Ф.Романович, 1992). В наши дни правительство Намибии стимулирует поиск аналогичных месторождений на примыкающих к старому руднику площадях **Россинг-Север** и **Россинг-Восток**. Учитывается, что помимо урана, пегматиты, локализованные среди конгломератов, гнейсов, доломитов, известняков формации Носиб, содержат минералы W, Ta, Ве. При этом бериллы могут быть и ювелирного качества. Отметим замечательный рудный район **Цумеб** Северной Намибии. В него входят месторождения: собственно **Цумеб**, ϵ_1 (?) гидротермальное Cu-Pb-Zn с Ge и Ga; **Комбат**, Cu-Pb; **Берг Аукас**, Pb-Zn.

ИМП Северо-Восточной Африки занимает площади нескольких зеленокаменных поясов на северо-востоке Африки и Аравийском полуострове. Все они пережили гранитизацию в венде (0,6 млрд лет назад), но, возможно, это не вполне точно, и процесс гранитизации продлился и в кембрии. Месторождения сподумен-микроклин-альбитовых, микроклин-альбитовых пегматитов с танталом, района **Кентича** (Южная Эфиопия), иногда называли позднепротерозойскими. Другие исследователи считают эти несколько жил, прослеженных на расстояние до 1,5 км, раннекембрийскими (Беляев и др., 1996). Ресурсы Ta₂O₅ оценены в 1,3 тыс.т.

Таримско-Китайская ИМП. Каледонский эндогенный минерагенез широко проявился на значительной части этой историко-минерагенической провинции, однако в наиболее изученных ее восточных, северных, северо-восточных районах КНР сильно затушеван более поздней яньшаньской активизацией (мальм-палеоген). Влияние последней настолько велико, что в китайской профессиональной литературе широко обсуждается сам вопрос: имеет ли каледонский рудогенез какие-то реальные экономические последствия для страны, уже три года подряд занимающей первое место в Море по производству золота, мирового лидера по добыче вольфрама, сурьмы, редких и редкоземельных металлов, талька. Между тем, материалы по югу провинции Хунань убедительно показывают: каледонские шеелитоносные гранитоиды – вполне самостоятельный и новый вид вольфрамового сырья. Впрочем и без этого известно, преимущественно рифейский редкоземельный-редкоме-талльный гигант **Баян Обо** имел рудоносную раннепалеозойскую (позже ещё и герцинскую) стадию. В разных регионах Китая разрабатывают каледонские Cu-Ni, золоторудные объекты, кимберлиты.

Антарктическая ИМП. Сведений о ней немного. Лампроитовая дайка **Маунт Бэйлис** мощностью до 5 м открыта в поле архейских фельзитов. Возраст ее среднезернистых пород (ранее

диагностировались как меланосиениты) с микроклином, калиевыми арфведсонитом и рихтеритом, флогопитом, цирконом и пр. составляет $413-430 \pm 12$ млн лет, силур. К-Аг определения выполнены по К-рихтериту и К-арфведсониту (3 анализа). Их геохимические характеристики соответствуют описываемому типу: соотношения $K_2O/Al_2O_3 = 1,1$, $K_2O/Na_2O = 3,2$, но степень дифференциации выше обычной.

Южноиндийско-Шриланкийская ИМП. Все известные раннералеозойские месторождения ИМП связаны с позднерифейской-раннепалеозойской активизацией, которую пережил юг субконтинента. Индийские авторы прямо называют эту эпоху активизации Панафриканской, указывая на черты сходства южноиндийских и мадагаскарских пегматитов (минеральный состав, время становления).

4.3. Гипергенный минерагенез

На экзогенный минерагенез раннего палеозоя оказало влияние изменение условий осадконакопления, резкое по сравнению даже с вендом. Наступило время прозрачной атмосферы, без первичной густой газовой пелены. Солнечная радиация стала впервые проникать в водные толщи на значительные глубины, а на суше участвовать в качестве важного агента в процессах выветривания горных пород. Одно из важнейших обстоятельств, влиявших на минерагенические особенности – расцвет фаунистических сообществ, возникших на Земле лишь в венде. В кембрии впервые и сразу же массово появились скелетные организмы (археоциты, трилобиты, кишечнополостные и т.д.). Важным оказалось обилие живых существ с фосфатным скелетом – томмотид, хиолительминтов и т.д. В начале кембрия возникли 55 родов с фосфатной раковиной, из 475 новых Invertebrata. Доля родов, представители которых имели фосфатную раковину, оказалась в начале кембрия рекордной для всего неогей. Увеличение объемов специфической по составу биомассы способствовало накоплению огромных толщ фосфатов в самых разных регионах Мира. Ещё один эффект, связанный с высокой биопродуктивностью этапа – распространение металлоносных углеродистых сланцев. В кембрии образовались залежи разнообразных солей на юго-западе Сибирской платформы, на Индостанском полуострове.

Месторождения железных руд

Оолитовые железные руды ордовика и других подразделений раннего палеозоя широко представлены в Тюрингии, Португалии, Франции, Чехии и других регионах рис. 4.7.

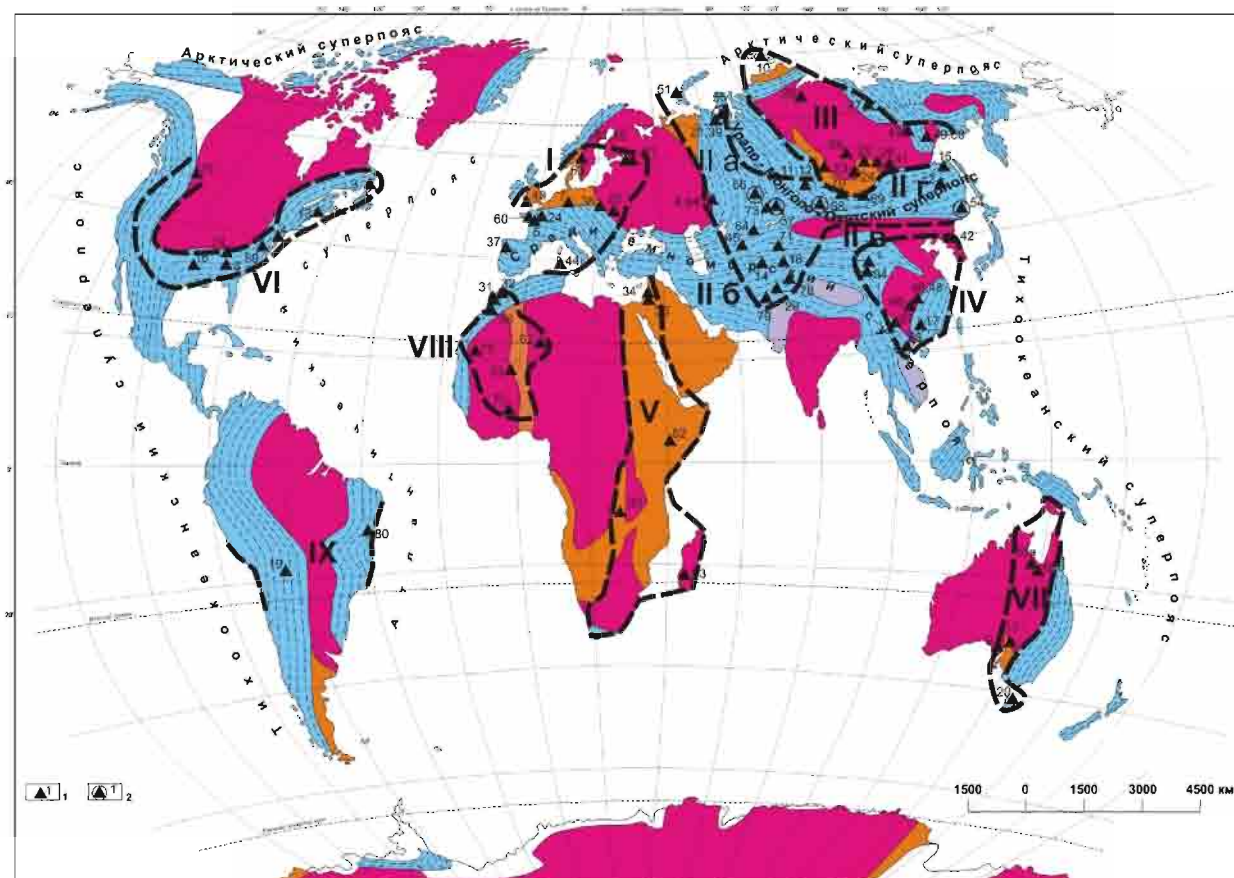


Рис. 4.7. Каледонские (кембрий-ранний девон, 570-400 млн лет) экзогенные месторождения полезных ископаемых. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина, 1971. Условные обозначения; 1 – медистые песчаники, железные руды, калийные соли и

т.д.; 2 – бокситы. Прочие условные обозначения см. рис. 1.1. Историко-минерагенические провинции (ИМП, экзогенный минерагenez) в т.ч.: I – **Европейская** ИМП, II – **Уральско-Центральноазиатско-Приморская** мегапровинция и ее ИМП: IIa – **Уральская**, IIб – **Казахстанско-Централь-ноазиатская**, IIв – **Тувинско-Восточносибирская**, IIг – **Приморская**), III – **Восточносибирская**, IV – **Китайско-Корейская**, V – **Восточноафриканская**, VI – **Перилавrentийская**, VII – **Центральноавстралийская**, VIII – **Западноафриканская**, IX – **Южноамериканская**.

Каледонские экзогенные месторождения и проявления:

I – железорудные стратифицированные: 1 – северо-западный и северный Китай. Железорудные вулканогенно-осадочные залежи ордовика «**цзиньтешаньского**» типа; 2 – **Мало-Хинганский** железорудный район, Еврейская автономная область. Нижнекембрийские джеспилиты, марганцевые руды. **Кимканское** месторождение – наиболее крупное; 3 – **Вабана**, Ньюфаундленд, Канада. Железорудное, S; 4 – **Нью-Йорк** (штат). Гематитовые руды, S₁; 5 – **Бретань, Нормандия**, Франция. Месторождения железных руд среди пород, O; 6 – **Бакальская** группа, Саткинский район Челябинской области. 24 рифейских-кембрийских железорудных месторождений сидеритов и бурых железняков; 7 – **Тюрингия**, Германия. Железорудный бассейн. Оолитовые руды, O; 8 – **Бирмингем**, штат Алабама, США. Гематитовые руды, S₁; 9 – **Эйр** (полуостров), Южная Австралия. Остаточные железные руды PZ₁ (?); 10 – **Октябрьской Революции** (остров), архипелаг Северная Земля. Целестин в отложениях D₁. Железные руды в девонских костеносных терригенных и карбонатно-глинистых отложениях.

II – первично осадочные марганцевые: 11 – **Дурновское**, Кузнецкий Алатау. Марганцевое, в отложениях E, 12 – **Мазульское**, Кузнецкий Алатау (Горная Шория). Марганцевое, в отложениях E₁; 13 – **Мегума** (тектонический блок). Пров. Новая Шотландия, Канада. Марганцеворудное в черном флише E-O; 14 – **Тахта-Карача**, Зеравшанский хребет. Марганцевое в кремнисто-карбонатных толщах S₂; 15 – **Удско-Шантарский район**. Залежи марганцевых и железных руд в толщах PZ₁; 16 – **Бейтсвилл**, Арканзас, США. Марганцевое, в углеродистых сланцах и синхронных корах выветривания, S-O; 17 – **Танганьшань**, Южный Китай. Марганцеворудное, PZ₁.

III – первично осадочные (эксгальационно-осадочные) медные: 18 – **Айнак**, пров. Логар, Афганистан. Медное среди доломитов, мергелей, алевролитов и углеродистых пелитов V-E; 19 – **Агиляр**, металлогеническая провинция в Андах, на стыке Боливии, Чили, Аргентины. Проявления меди и полиметаллов в метаморфитах E-O; 20 – **Маунт Лайель**, о. Тасмания. Медистые глины, O₃; 21 – **Полярный Урал**. Медистые песчаники в отложениях O₁; 22 – **Волыно-Подольская** плита, Приднестровье. Проявления медной минерализации в отложениях D₁; 23-28 – меденосные залежи среди осадочных толщ PZ₁ провинций Восточной Сибири, в т.ч.: 23 – **Приенисейской** (Приангарская зона), 24 – **Присяянской**, E₁, 25 – **Прибайкальской** (зоны Западно-Прибайкальская, Верхнеленская, Ангара-Тунгусская, E₂₋₃ "Ленские медистые песчаники", O₁₋₂), 26 – **Приалданской** (зоны Кодаро-Удоканская, Ньюско-Березовская, Восточно-Алданская), 27 – **Приверхоянской** (от хребта Сетте-Дабан до устья Лены), 28 – **Прианабарской** (западная граница Анабарского щита); 29 – восток **Соляного кряжа** в Пакистане. Предполагаемая меденосность пестроцветов E₁, залегающих на эвапоритах; 30 – **Кипуши**, Заир. E₁ (?), Cu-Pb-Zn, с Ge, Cd; 31 – **Талат-Нуаманн** (рудный район), Западный Анти-Атлас, Марокко. Стратиформное и жильное оруденение в породах E₁; 32 – **Азегур**, между Марракешем и Агадиром, Высокий Атлас, Марокко. Меднорудные залежи в такритах, кремнистых мергелях E; 33 – **Таудени** (синеклиза), восточный склон щита Регибат, малийский сектор. Медное на контакте глинистых сланцев и известковистых песчаников с долеритами E; 34 – **Тимна**, Южный Израиль. Из четырех меденосных горизонтов два – в кембрийских морских отложениях; 35 – **Вади Араба**, Иордания. **Вади эль Араба**, Иордания. Си-Мо, среди углеродистых сланцев E; 36 – **Тизерт, Амадуз, Эль Ассель, Тазлафт, Биркик, Турзит**, Анти-Атлас, Марокко. V-E₁ медные.

IV – первично осадочные золотоносные, связанные с черными сланцами и прочими осадочными толщами (реювенированы в поздние этапы): 37 – **Дюрику Бейру**, север Португалии. Рудный район с золото-сурьмяными и золото-мышьяковыми месторождениями в связи с "чёрными слоями" O₁; 38 – **Клеца-Радомице**, юго-западная Польша. Золоторудный район, жильные тела в черных сланцах O-S; 39 – **Саурей**, депрессия Талото-Пойпу-дын Полярного Урала. Черные сланцы, (O₁₋₂), барит-полиметаллические залежи, золотоносные; 40 – **Долаукоти**, Уэльс. Золотоносные пиритизированные графитовые сланцы (турбидиты) S-O; 41 – **Чагойанский** рудно-россыпной узел, Верхнее Приамурье. Золотоносные джаспероиды в карбонатных толщах V-E; 42 – **Пхеннамский** прогиб, север Корейского полуострова. Металлоносный горизонт E₁. Фосфаты, цветные, благородные металлы; 43 – **Кыллахское**, Южное Верхоянье. Оруденелые углеродистые аргиллиты E₁₋₂, прослойки фтанитов с Au, Ag, V, Mo;

V – **первично осадочные (экспозиционно-осадочные) полиметаллические, серебряные, редкометалльные, урановые:** 44 – **Саррабус**, юго-восточная Сардиния. S_2 - D_1 Cu-Zn-Pb залежи, с Ag ("проторуды"); 45 – **Амантайтау**, Кызыл-Кумы, Узбекистан. Полиметаллическое вулканогенно-осадочное, O-S; 46 – **Сонлинь** в пров. Гуйчжоу). Ni-Mo-МПГ, связанное с черными сланцами E_1 ; 47 – **Хуаньжиавань** в округе Зуньи (север пров. Гуйчжоу, Южный Китай). Рудоносные черные сланцы (E_1) с Ni, As, Mo, Sb, Rh, Cu, Pd, Ru, Zn, Pt, Ir, Co, Pb; 48 – **Сяо Зу**, округ Зуньи, пров. Гуйчжоу на юге Китая. Медно-молибденовое в черных сланцах E_1 ; 49 – **Сегеньях**, Сетте-Дабан. Свинцово-цинково-флюоритовое, S_2 ; 50 – **Чугучан**, Сетте-Дабан. Цинково-флюоритовые руды в доломитах D_1 ; 51 – **Безымянский** рудный узел, Новая Земля. Север о. Южный. Стратиформные залежи полиметаллов в породах нижнего девона; 52 – **Лега Демби**, южная Эфиопия. Cu-Zn-Pb стратиформное, возможно, E_1 ; 53 – **Ранстад**, Швеция. V-Mo-U в черных сланцах E_3 - S_1 .

VI – **бокситоносные и благороднометалльные коры выветривания:** 54 – **Спасск**, Приморский край. Залежи бокситов в известняках нижнего кембрия; 55 – **Малдынырд**, Приполярный Урал. Высокоглиноземистые породы в составе кембрия-нижнего ордовика; 56 – **Терсколь** (озеро), 35 км юго-восточней г. Акмолы. Диаспор-каолинитовые породы, O; 57 – **Керегетас**, Прибалхашский железорудный район, юго-восток Центрального Казахстана. Части разреза пород O, обогащенные Al_2O_3 ; 58 – **Кзыл-Эспе**, Прибалхашье, Казахстан. То же.

VII – **титан-циркониевые россыпи:** 59 – **Робинсон Коп**, штат Вирджиния, США. Раннекембрийские Ti-Zr пляжевые россыпи; 60 – **Армориканский** массив, Франция. Россыпи минералов Ti и Zr в песчаниках, начинающих разрез нижнего палеозоя; 61 – **Ленинградская область**. Кембрийские-ордовикские Ti-Zr россыпные; 62-63 – слабо метаморфизованные предордовикские рутил-лейкоксен-цирконовые россыпные месторождения с небольшими ресурсами, но значительными содержаниями, в т.ч.: 62 – **Туарегского щита**, 63 – **Бетрок** на Мадагаскаре.

VIII – **экзогенные аккумуляции фосфатов, графита, барита, магнезита, калийно-магниевых солей и т.д.:** 64-80 – крупнейшие фосфатоносные бассейны, отдельные месторождения и проявления фосфоритов E_1 с датами формирования от 590 до 540 млн лет, в т.ч.: 64 – **Каратау**, Джамбульская, Чимкентская области, Южный Казахстан. Фосфоритовый бассейн, E_1 . 45 участков самостоятельных месторождений (**Аксай**, **Джанатас**, **Кокджон**, **Коксу**, **Чулактау** и др.), 65 – **Джорджина** (Дачес и Ардмор, 65а и 65 б), 66 – Центрального Китая (пров. Гуйчжоу, г. Гуйян), 67 – Юго-Западного Китая (**Юньнань**, г. Куньмин), 68 – Вьетнама (**Лаокай**), 69 – Северной Монголии (**Хубсугул**), 70 – впадины Вольта, 71 – Тянь-Шаня, 72 – Алтае-Саянской области, 73 – Центрального Казахстана (мелкие месторождения **Атасу**, **Шидерты**), 74 – штата Теннесси, США, 75 – Северо-запада США, 76 – Маверитании, 77 – Южной Австралии, 78 – Низкие Гималаи, Индия, 79 – **Хазар**, Пакистан, 80 – **Бамбуи** (группа), северо-восточная Бразилия, фосфориты V E_1 ; 81 – месторождения фосфатов в ордовикских оболовых песчаниках Северной Эстонии (**Маарду**) и запада Ленинградской области (**Кенгисепп**, **Ульяновское**); 82 – **Шань Гоньтянь**, восток пров. Гуйчжоу, Китай. Крупнейшее баритовое конседиментационное в черных сланцах E_1 ; 83 – **Дахебянь**, пров. Гуйчжоу, Китай. Баритовое в черных сланцах E_1 ; 84 – **Саткинское**, Урал. Магнезиты. Рифей-кембрий; 85 – **Кукерс**, Эстония. Месторождения горючих сланцев-кукерситов, O_2 ; 86 – **Непское** калийно-магниевое месторождение, верховья Лены и Ангары. Раннекембрийский Непско-Гажинский бассейн. Калийные соли приурочены к нижней части разреза нижнекембрийской ангарской свиты).

Часть железорудных залежей осадочного генезиса Нормандии, Тюрингии, Богемии – нижнесилурийская. Как заметил в свое время А.Л. Яншин (1974), их первичные осадки всегда отлагались при участии подводных экспозиций, а высвобождение соединений железа из пород происходило путем гальмиролиза. На многочисленных месторождениях Нормандии и Бретани (Армориканский срединный массив) железорудные залежи обнаруживают не только среди пород ордовика, но и в нижнедевонской части разреза. Эти месторождения в Европе не разрабатывают несколько десятилетий, но внимание к ним не слабеет. Старые карьеры и шахты изучают на пригодность для хранения радиоактивных отходов, в связи с экологическими обстоятельствами (рекультивация), некоторые стали музеями горной промышленности прошлых веков (особенно в Люксембурге). Не оставляются попытки обнаружить в рудах новые компоненты, добыча которых могла бы оказаться рентабельной. В этой связи интересна попытка исследовать процессы сульфидизации в ордовикских железяках Армориканского массива. Ученые ставили перед собой целью понять, отчего с полосчатыми железистыми кварцитами докембрия часто ассоциируют месторождения золота, а с масштабными оолитовыми залежами Западной Европы – нет. Они пришли к мнению о больших отличиях во внешнем окружении бассейнов осадконакопления этих временных интервалов. В докембрии было очень значительной эндогенная активность, в раннем палеозое она

носила ограниченный характер, но там, где она все-таки наблюдалась. сульфидизация была довольно заметной. По экологическим соображениям, эти месторождения ныне не отрабатываются во Франции, Германии и Люксембурге, так как металл считается дешевле купить на Украине, в России или Швеции. Однако, горнорудные подвиги предков не забыты, созданы музеи, распространен «промышленный» туризм. Особой статьей являются сборы в старых отвалах и рудниках весьма недешевого коллекционного минерального сырья.

В Северной Америке осадочные образования верхнего лландовери с высоким содержанием железа прослежены от Нью-Йорка до Алабамы по территории штатов Висконсин, Вирджиния, Джорджия, Теннесси (рудники Чаттануга), Миссури. В них обычны морские окаменелости, но – железо происходит из хребта Таконика. В железистых образованиях присутствуют мелкие пеллеты, или оолиты, с зернами кальцита в середине и гематитовой оболочкой. Рудные пласты имеют мощность до 2 м в штате Нью-Йорк. Слои оолитовых руд до 15 м мощностью наблюдаются в горах Ред Маунтин Алабамы. Нижнесилурийские (лландовери) гематитовые руды в штате разрабатывали с 1836 г., достигнув пика в 1850-е гг. Добыча тогда прекратилось в связи с войной Севера и Юга/ В XX веке разработки продолжились, но не очень удачно и с тенденцией к сокращению.

Нижнесилурийские гематитовые руды района **Бирмингем** образуют несколько горизонтов в составе формации Ред Маунтин. Среди «красных железных руд» различают типы «ископаемых» и «оолитовых». Основным минералом является аморфный гематит с примесью известковистого и доломито-известковистого материала. В «ископаемых» рудах гематит замещает многочисленные остатки брахиопод, криноидей, кораллов, мшанок. Оолитовые руды образуют плоскоокруглые зерна размером с льняное семя. В центре каждого оолита присутствует зерно кварца, покрытое многочисленными разными по составу слоями окислов железа, пленками глиноземистого и кремнеземистого составов. От дневной поверхности вглубь «мягкие» руды сменяют «твердые». Мягкие разности были созданы выветриванием из-за выноса известковистой составляющей. Металлического железа в товарных рудах 32-45%, извести – 5-20%, кремнезема – 2-25%, глинозема – 2-5%, магнезии – 1-3%, Р – 0,25-1,5%, серы – до 0,5%, воды – 0,5-3%, Мп – менее 0,25%. Изучение разреза позволяет предполагать, что железорудное осадконакопление происходило на пологом прибрежном шельфе при мягком тропическом-субтропическом климате. Особую контролирующую роль играли в минерогеническом процессе линейно расположенные барьерные рифы. Отмечают такую зональность в распределении осадков разных типов: 1 – с лагунной стороны поднятий, намывных прибрежными юго-западными течениями, отлагались кальцит-гематитовые осадки; 2 – с морской стороны распространялись менее окисные сидерит-шамозитовые осадки; 3 – сидерит-шамозитовые осадки к юго-востоку переходили в глины; 4 – на северо-восток кварц-гематитовые песчаники рифов сменяли безжелезистые пески.

Богатые гематитовые залежи нижнего силура, рис. 4.8, широко представлены в штате Нью-Йорк. Они были обнаружены у поверхности в 1763 г. и разрабатывались до 1963 г. Полагают, что первичные силурийские отложения были известняками, которые постепенно заместились железом, сносимым потоками с гор Адирондак. Вмещающие породы представлены морскими серыми, зелеными, фиолетовыми сланцами, перемежаемыми известняками с богатой фауной. Содержащиеся в разрезе гематиты считают отложенными в результате деятельности бактерий-осадителей.

Пояс оолитовых гематитовых руд протянулся через весь штат Нью-Йорк в провинцию Онтарио Канады, западней водопада Ниагара. Руды содержат 40-45% Fe, немного магния и алюминия. Их смесь с антрацитом или древесным углем позволяла получать из 2,25 т гематита 1 т качественного чугуна. Полагают, только у города Керкленд в недах еще сохранилось близ поверхности 150 млн т гематитовых руд. Оолитовые железные руды с примесью V в Канаде (Ньюфаундленд) добывают на месторождении **Вабана**. Они относятся к гематит-сидерит-лептохлоритовой формации. Их накопление происходило в подводных условиях на удалении примерно 600 км от берега. Об этих рудах стало известно впервые в 1578 г., но руки до них дошли только в 1895 г., когда началась разработка месторождения на о. Белл, где работали 73 года, до 30 июня 1966 г. Произведено более 80 млн т руды.

Китай. Железорудные залежи ордовикских вулканогенно-осадочных руд «цзиньтешаньского» геосинклинального типа известны в его северо-западных и северных районах. Возникновение их связывают с вулканическими процессами на ранней стадии прогибания геосинклинали. Впервые они открыты в пределах Северо-Цилиньшаньского антиклинория, но китайские специалисты прогнозируют подобные же образования в Кунь-Луне, Тянь-Шане, Циньлине. Гематит-сидерит-лептохлоритовые руды рассматриваемого этапа известны и в южной Америке.

Месторождения марганца

Европа. Единственный российский объект, в запасах которого велика доля высококачественных пероксидных руд марганца, – разрабатываемое **Парнокское** месторождение в республике Коми в западных отрогах Полярного Урала. Залежи мощностью до 25 м распространены на площади 35 км² среди отложений S-D₁. Они образуют рудные зоны, прослеженные на 2-3 км по поверхности и до 650 м по падению. В разрезе продуктивной толщи чередуются пласты и линзы руд Мп и Fe, глинистые Мп-

содержащие известняки, углистые сланцы, известковистые алевролиты. Основные типы руд - богатые оксидные (15-57% Мп, а в пероксидных более 45% MnO_2), карбонатные и силикатно-карбонатные (24% Мп, 0,05-0,2% Р), бедные окисленные (10-15% Мп). В зоне окисления (10-50 м) псиломелан-пиролузитовые руды заместили первичные родохрозитовые. Развиты они и по марганцевоносным известнякам. В пластах богатых оксидных руд распространены криптомелан, тодорокит, пиролузит, в прослоях бедных окисленных – вернадит, тодорокит. Помимо Мп, в разрезах наблюдаются пластовые тела богатых руд Fe (18 млн т), содержащих 49,8% $\text{Fe}_{\text{общ}}$ и 0,22 P_2O_5 . Общие запасы Мп – 1256 тыс. т разведанных, 3900 тыс. т балансовых.

Сибирь. В Горной Шории известно **Мазульское** месторождение Мп, первично осадочные руды которого сформировались в позднем кембрии. **Усинское** месторождение силикатных руд марганца в Кузнецком Алатау, Западная Сибирь, локализовано в нижнекембрийских карбонатных толщах.



Рис. 4.8. Гематитовые руды лландоверийской формации Клинтон, округ Онейда, штат Нью-Йорк. Слева – типичная оолитовая руда. Справа – темная серая масса раскристаллизованного гематита. Её первично оолитовое происхождение обнаруживается по сферическому облику частных конкреций. На сколах гематитовых сферул заметна их радиальная текстура. Образец 80 мм x 60 мм x 40 мм отобран до 1920 г. [minfind.com Hematite] <http://www.free-photos.biz/images/luxury/jewellery/hematite - oolitic with shale iron oxide clinton oneida county new york 2878.jpg> http://www.minfind.com/mfthumbs/800_600_2153519594ca2c87988e1f.jpg

Дальний Восток. В пределах Удско-Шантарского осадочного бассейна известны образования всех отделов кембрия. Среди спилитов и яшм там встречены горизонты гидротермально-осадочных руд марганца - браунитовых, гаусманитовых, гаусманит-родохрозит-родонитовых. Присутствуют железорудные залежи – гематитовые, магнетит-гематитовые, магнетит-лептохлоритовые. Самым важным признано **Ир-Намийское** марганцевое месторождение. Пик железорудного образования в Удско-Шантарском бассейне пришелся на D_1 . Среди кембрийских микрокварцитов и карбонатных пород – небольшие месторождения прожилково-брекчиевых фосфоритов, накопившихся на поднятиях.

Казахстан. В Казахстане руды марганца установлены среди вулканогенно-осадочных пород в дислоцированных кремнисто-терригенных образований нижнего ордовика (**Жаксы, Тасоба, Жюньжен**). Браунитовые руды содержат 23-27% Мп [Железорудная база..., 1957, с. 375].

Узбекистан. На территории страны известны месторождения марганца эксгальационно-осадочного, осадочного и гидротермального генетического типов. Эксгальационно-осадочные месторождения обнаружены в Зеравшанских, Зирабулакских, Каратюбинских Лолабулакских и др. горах и связаны с силицитовой вулканогенно-осадочной формацией $O-S_1$. Внутри этой толщи известны месторождения Зиадинское, Дауташское, Кызылбайракское, Тахтакарачинское, Терсаксайское, Чапанатинское. Содержание Мп 8—28%. Запасы отдельных месторождений небольшие, но перспективные, в целом по зоне порядка 8 млн. т. В Зеравшанском хребте (**Тахта-Карача**) марганценакопление связано с вулканогенно-осадочными формациями верхнего силура. Залежи выявлены среди кремнисто-карбонатных толщ с частицами тефры, слоями лав и туфов.

Монголия. Вулканогенно-осадочное месторождение марганца **Сайхангол** представлено пластовыми телами кремнистых пород мощностью 10-20 м с пиролузитом и, меньше, гематитом среди нижнекембрийских образований. Собственно рудные залежи с пиролузитом прослежены на 300 м при мощности 1,5-2,0 м. Они круто наклонены к северу. Средние содержания полезных

компонентов – 4,0-36,72% MnO , 3,2-21,88% Fe_2O_3 . Ресурсы определены в 293 млн т руды с 65 млн т Mn , 43 млн т Fe .

Китай. Южнокитайское месторождение **Таньганьшань** локализовано в нижнепалеозойской сланцево-граувакковой толще, подвергшейся яньшаньской юрской-меловой гранитизации. Предполагают, что первичные руды были осадочными манганокальцитовыми и родохрозитовыми. Наложенные процессы привели к перераспределению элемента, ныне входящего почти в тридцать минералов Mn .

Канада. В провинции **Новая Шотландия**, юго-восточная Канада, промышленные руды марганца обнаружены среди кембрийско-ордовикского флиша блока Мегума в аллохтоне офиолитового пояса. Запасы марганцевых руд – 337 млн т. Породы флиша обогащены Pb , Zn , Au , Mo , W .

США. В Арканзасе разведано месторождение **Бейтсвилл**, первично родохрозитовые залежи которого локализованы в углеродистых глинистых сланцах ордовика и силура. В развитой здесь нижнепалеозойской коре выветривания оксиды и гидроксиды марганца выполняют карстовые полости. Мощность залежей в корах достигает 25 м при содержании до 50% Mn . Согласно данным геологической службы Арканзаса, основные марганцеворудные объекты распространены в двух районах Арканзаса – Бейтсвилл и Западно-Центральном. В районе Бейтсвилл добыча концентрировалась на площади около 100 квадратных миль (300 км²). Руды района отнесены к типам: 1 – марганцевистых известняков; 2 – остаточных *in situ* глин; 3 – остаточных делювиальных глин; 4 – россыпному.

Колчеданные месторождения

В Марокко, западная часть Анти-Атласа, замечен рудный район **Талат-Нуаманн** – стратиформное и жильное оруденение в породах нижнего кембрия. На Сардинии объекты с рудами Pb , Zn , Fe в связи с метаморфитами распространены в районе **Иглезиенте**. Большинство залежей в нижнекембрийских карбонатных породах, особенно в формациях Пунта Манна и Санта Барбара. Различают доварисские руды (стратиформные, стратоподобные Zn - Pb - Ba с ресурсами более 150 млн т $Zn+Pb$) и постварисские (Pb - Zn - Ba - Ag - Cu - F скарновые, жильные, палеолкарстовые), меньшего промышленного значения. На Центральной Сардинии герцинские руды, связанные с гранитными интрузиями, сложены преимущественно рудным веществом, мобилизованным из пород PZ_1 .

На Новой Земле в отложениях нижнего девона (север о. Южный) рудные поля **Павловское**, **Северное**, **Перевальное** содержит 6 млн т Pb и Zn до глубины 50 м по геологическим данным, и до 40 млн т до глубины 200 м, по данным геофизическим. На Полярном Урале углеродисто-терригенно-карбонатные породы O_{1-2} в депрессии Талото-Пойпудын включают стратиформные залежи барит-полиметаллические **Саурей** и **Орангское**. На площади **Саурей** черные сланцы O_{1-2} ассоциируют с кварц-альбитовыми метасоматитами, несущими богатую сульфидную Pb - Zn минерализацию.

В Верхнем Приуралье, **Чагоянский** рудно-россыпной узел, на площади одноименного объекта рудная залежь с минералами полиметаллов приурочена к пласту аркозовых песчаников среди терригенно-карбонатных пород венда-кембрия под доломитизированными известняками. Руды находятся в пределах останца дислоцированных терригенно-карбонатных толщ венда-кембрия и силура.

В Якутии, хребет Сетте-Дабан, верхнесилурийская оронская свита вмещает свинцово-цинково-флюоритовые руды объекта **Сегеньях** (метасоматические доломиты с вкрапленностью галенита и сфалерита, запасы $Pb+Zn > 1$ млн т). Еще один объект Сетте-Дабана – **Чугучан**, цинково-флюоритовое в нижнедевонских доломитах сеттедабанской свиты.

В Узбекистане, Кызыл-Кумы, перспективные рудные объекты известны в районе **Амантайтау-Даугызтау**. **Амантайтау** – вулканогенно-осадочное, формировалось синхронно с вмещающими углеродисто-терригенными, с повышенной кремнистостью, породами бесапанской свиты $O-S$.

В Таиланде стратиформные Ag - Pb - Zn объекты **Нонг Пай** и **Сонг То**, регион Канчанабури, выявлены среди известняков среднего ордовика.

На территории США и Канады особым распространением пользуются аккумуляции полиметаллов типа «Долины реки Миссисипи» (MVT) среди карбонатных отложений, в т.ч. и нижнего палеозоя, рис. 4.9.

Их особенности: 1 – локализация преимущественно в доломититах, меньше – среди известняков и песчаников; 2 – эпигенетический характер и стратоподобный облик залежей; 3 – отсутствие видимых связей с интрузивной активностью; 4 – положение на малых глубинах в периферических частях осадочных бассейнов; 5 – тяготение к карбонатным платформам, меньше, к надвиговым поясам форландов на границе с прогибами; 6 – огромные занимаемые площади, которые по этому параметру могут соответствовать металлогеническим провинциям. Так, районы свинцовый **Южного Миссури** покрывает более 2,5 тыс. км², свинцово-цинковые **Три Стэйтс** – не менее 1,8 тыс. км², **Пайн Пойнт** – более 1,6 тыс. км², **Апа Миссисипи Вэлли** – 7,8 тыс. км²; 7 – типоморфные особенности для каждого рудного района (связи с разломами, поднятиями фундамента, брекчиями, «сланцевыми гребнями»), обусловленные особенностями миграции рудоносных флюидов; 8 – низкие

температуры отложения руд (50-200°C), которые, однако, обычно выше тех, что обусловлены температурным градиентом для фундамента. Геологи США гордятся тем, что ими в стране открыты и исследованы самые крупные в Мирове месторождения описываемого типа. К ним относятся полиметаллические объекты района Юго-востока Миссури с поясом Оулд Лэд), Вибурнум Тренд, Индиан Крик, районов Три Стэйт, Апа Миссисипи Вэли), Центрального Теннесси, Восточного Теннессис подрайонами Маскот-Джефферсон и Копа Ридж, Остинвиль-Иванхоу, Пайн Пойнт, Нанисивик, Поларис, Даниелс Харбор, Гэйс Рива. При этом в США разрабатываются ныне только Вибурнум Тренд на юге Миссури, а также месторождения районов Центрального Теннесси и Восточного Теннесси. Многие из них локализованы в породах нижнего палеозоя.



Рис. 4.9. Месторождения полиметаллов в карбонатных породах типа «Долины реки Миссисипи» (MVT) на континентах Земли. По Sangster, из (Leach, 1995, рис. 1). Месторождения MVT, номера на схеме: 1 – Поларис.; 2 – Эклипс, 3 – Нанисивик, 5 – Гайна, 6 – Биа Твит, 6 – Годлин, 7 – район Пайн Пойнт, 8. – Лэйк Моунт, 9 – Нэнси Айлэнд, 10 – Руби Лэйк, 11 – Роб Лэйк; 12 – Монак-Кикинг Хос, 13 – Джайэнт, 14 – Силва Бэсин, 15 – Гэйс Рива, 16 – Дэниэлс Харбор, 17 – район Металайн, 18 – район Апа Миссисипи Вэли, 19 – район Юго-востока Миссури, с объектами пояса Оулд Лэд), Вибурнум Тренд, Индиан Крик, 20 – район Центральный Миссури; 21 – район Три Стэйт; 22 – район Северного Арканзаса, 23 – Остинвиль, 24 – Фриденсвил; 25 – район Центрального Теннесси, 26 – район Восточного Теннесси, 27 – Сан Висенте, 28 – Вазанте, 29 – Нарбертон Бридж, 30 – район Силезии, 31 – Альпийский район, 32 – Перинг, 33 – Сорби Хиллс, 34 – Кокско, 35-37 – район Леннад Шельф, месторождения Каджебут, Блендвэйл, Твелв Майл Бо, 38 – район Эль Абадекта.

В Южной Америке ордовикские толщи, прослеженные от южной части центрального Перу через Боливию на северо-запад Аргентины, выглядят наиболее перспективными с металлогенической точки зрения. В Аргентине, где ордовик распространен, выделены Pb-Zn-Ag рудный район осадочно-эксгалационных месторождений (SEDEX) **Агилляр-Эсперанса**. Не граниты, а подводный вулканизм, синхронный с осадконакоплением в ордовике, был основным фактором, который обеспечил накопление крупных масс Pb-Zn-Cu и Ba SEDEX-объектов. Этот ордовикский Pb-Zn-Ag рудный район оказался наиболее важным в своем типе во всей Южной Америке. Начиная с 1936 г., он ежедневно поставляет 2,0-2,2 тыс. т руды с 8,4% Zn, 5,55% Pb, 90-120 г/т Ag. И в наши дни рудники работают на полную мощность, сохраняя хороший уровень резервов. Площади ордовикской вулканической дуги полагают перспективные на вулканогенные (VMS) скопления сульфидов типа Куроко. На северо-западе Аргентины оконтурен бассейн **Фаматина** с благоприятными перспективами на открытие сульфидов Sedex и VMS. В Прикордильерском регионе открыты промышленные объекты со

стратоподобными баритовыми телами в толщах ордовика. Прогнозируются залежи сульфидных руд. В провинции Буэнос Айрес в выявлены месторождения глинистого сырья ордовикского возраста.

Минерализация в черных сланцах (Au, Ag, Ni, Mo, V, Co, Cr, Au, U)

На севере Португалии золотую минерализацию рудного района **Дурику Бейрао** принято относить к Au-Ag и Au-As типам. Небольшие содержания драгоценного металла также установлены в залежах Ag-Pb-Zn и Sn-W. Au-Ag рудные аккумуляции явно контролируются литостратиграфическими характеристиками измененных нижнеордовикских толщ. "Черные слои" – важный стратиграфический маркер. Они наблюдаются среди толщи переслаивания в аренигской части разреза и содержат часть золотоносной минерализации. Появление сульфидов в черных сланцах до стадии жильной гидротермальной минерализации видно и по находкам пирита, кристаллизовавшегося в "барической тени" кварцевых линз. Подобные "черные слои" в слоистой аренигской толще с рассеянными сульфидами и самородным Au известны в рудниках **Рибейру да Игрежа** и **Вале ду Инферну**, но там они очень тонки (от 1 мм до 1 см), особенно по сравнению с разрезом Банжас. В пределах рудного поля **Рибейру да Эстивада**, где добывают Pb-Zn-Ag руды с низким содержанием Au, есть шесть слоев. Во всех встречены Au (8-151 мг/т) и Sb (8-124 г/т). Полагают, что первичное оруденение в "чёрных слоях" появилось в результате взаимодействия фильтрующихся сквозь аренигские толщи флюидов с рудным веществом в обстановке, характеризующейся значительным восстановительным потенциалом, высокими pH. Сами отложения заметно обогащены Au (30 мг/т), Sb (16 г/т), Pb (0, %). Первичная сингенетическая металлоносность способствовала пополнению полезными компонентами осаждающихся сульфидов. Так как Au часто переносится в виде дисульфидного комплекса $Au(HS)_2$, вновь появившиеся пирит и арсенопирит оказались обогащенными этим элементом.

В польском секторе Богемского массива, горы Кашава Западных Судет, золотоносные кварц-сульфидные жильные тела выработанного месторождения **Клеча** локализованы в черных сланцах ордовика-силура, относимых к комплексу Кашава. В Уэльсе, Великобритания, золотоносные пиритизированные сланцы (турбидиты) ордовика-силура на месторождении **Долаукоти** вмещают складчатые кварцевые залежи до 6 м мощностью с возрастом 410-390 млн лет.

На Полярном Урале, депрессия Талото-Пойпудын, углеродисто-терригенно-карбонатные породы нижнего-среднего ордовика содержат стратиформные залежи месторождений барит-полиметаллических **Саурей**, **Орангское** и фосфатного **Софроновского**. На месторождении **Саурей** (рудоносные черные сланцы O_1-O_2) ассоциируют с кварц-альбитовыми метасоматитами, несущими богатую сульфидно-полиметаллическую минерализацию: 5.8 % Pb (до 28 %), 0.3 % Zn (до 2 %), 9.8 % барита (до 20 %). Встречены и благородные металлы (г/т): Ag – 30 (до 400), Au – 0.1-0.9, Pd – 0.2-3.7, Pt – 0.03-0.06, Ir – 0.02-0.05, Rh – 0.06-0.13, Ru – 0.03-0.2. Основными рудными являются сульфиды Pb и Zn, а также некоторые сульфиды Cu. Определены минералы платиноидов: самородные палладий, палладистая платина, твердые растворы, принадлежащие системе Au-Pd-Ag-Cu. Минералы Ag представлены аргентитом Ag_2S , пираргиритом Ag_3SbS_3 , стефанитом Ag_5SbS_4 . Минералы образуют вкрапленники в глинистом материале, обогащенном органикой и сульфидами. Наибольшие содержания драгоценных металлов наблюдаются в зонах дробления и на участках выклинивания таких зон, где развиты тела метасоматитов плагиоклаз-полевошпат-кварцевых и серицит-альбит-кварцевых. Максимальные содержания (0,2-2,5 г/т Pd, 0,3 г/т Pt, 0,1 г/т Au, 30-400 г/т Ag) в высоко углеродистых сланцах, обогащенных сульфидами. Здесь же и более высокие концентрации Ge, Sc, TR.

В Кожимском районе Тимана известна золотоносность кварцевых песчаников, гравелитов, конгломератов E_3-O_1 , ниже-среднекембрийских кор выветривания (**Каталамбинское**)

В Южном Верхоянье пиритизированные сапропелевые аргиллиты E_{1-2} проявления **Кыллахское** содержат: 2,6-4,0 кг/т V, 50-82 г/т Mo, 1-2,8 г/т Ag, 0,2 г/т Au. В Верхнем Приамурье, **Чагойанский** рудно-россыпной узел, в карбонатных толщах V-Є выявлены золотоносные джаспероиды, кавернозные буроватые образования из халцедоноподобного кварца, полевого шпата и карбонатов. Их стратиформные линзы и зоны протяженностью 100-800 м при мощности от 10-30 м до 80 м наблюдаются в замках складок. Обычно контакты с доломитами постепенные, но изредка секущие. Практическое значение джаспероидного золотого оруденения может быть значительным.

В Восточном Забайкалье на площади **Барун-Шивея** повышенными содержаниями вольфрама характеризуются обогащенные $C_{орг.}$ (2-3%) кварциты и кварц-слюдисто-графитовые породы позднего рифея-кембрия (?) Агинской плиты. Наиболее богатые руды брекчиевые. Первичные залежи возникли в ходе седиментации в результате их обогащения W, позднее многократно перераспределённым.

В КНДР раннекембрийский осадочный бассейн **Пхеннамского** прогиба (рис. 4.10) на площадях более 20 тыс. км² содержит в основании разреза металлоносный горизонт. С внешней стороны бассейн оконтурен полями развития красноцветов, с внутренней – осадочных железных руд. Кремнистые железистые и фосфорсодержащие осадки накапливались в пределах хорошо аэрируемой прибрежной полосы. Среднее содержание Mo в углеродистых породах металлоносного горизонта нижнего кембрия – 200-3400 г/т, с увеличением на отдельных участках до 6-9 кг/т. Молибден тяготеет к наиболее углеродистым отложениям. Его концентрации коррелируют с C, P, Li, Cu, Sb.

Минерализация представлена молибденитом. Концентрации фосфора колеблется в интервале 0,5-5%, участками до 10-15% и более.

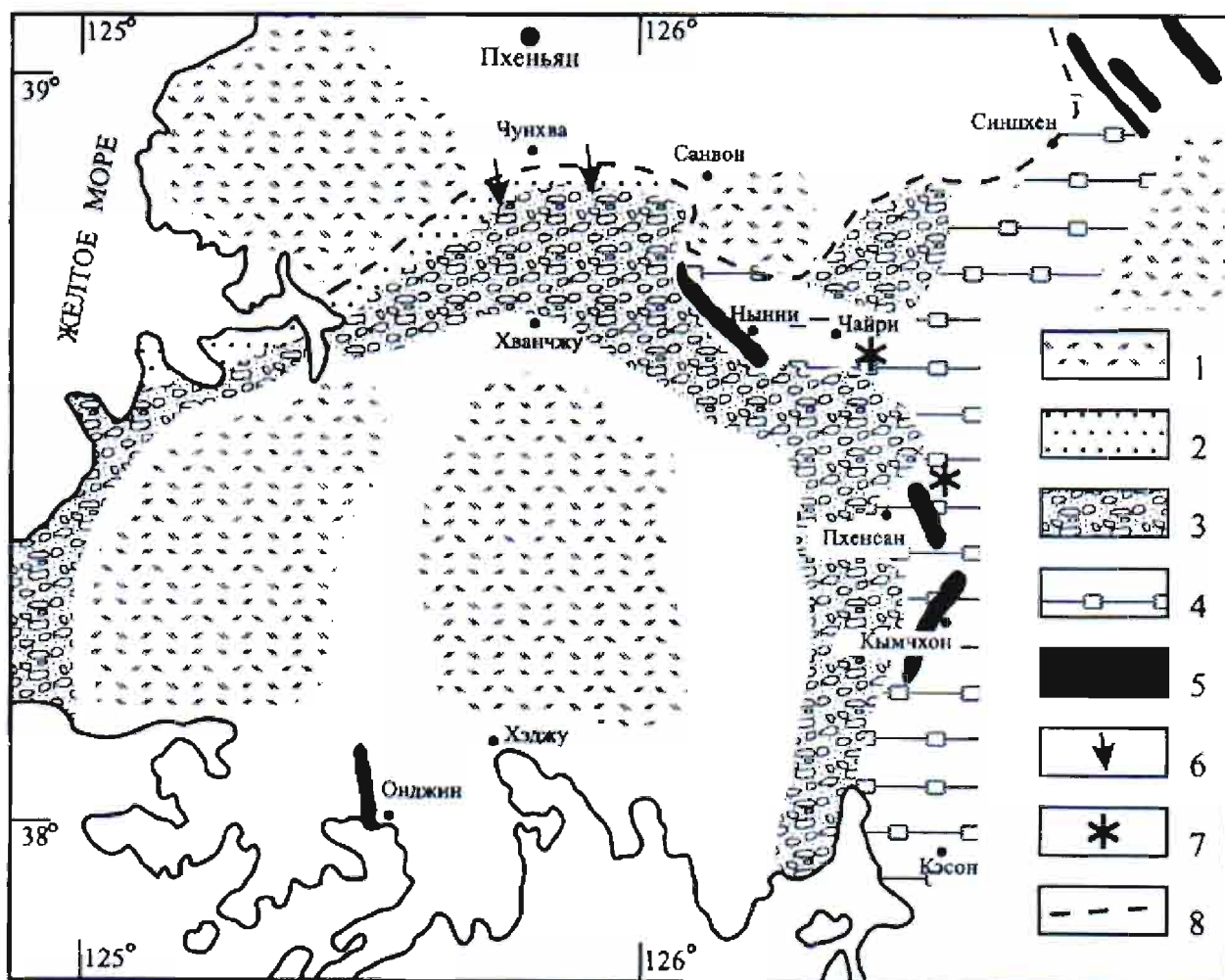


Рис. 4.10. Литолого-фацальная карта времени накопления осадков металлоносного горизонта в раннем кембрии Пхеннамского прогиба на севере Корейского полуострова. По (Н.А. Созинов, 2008). 1 – области, в настоящее время уничтоженные эрозией; 2 – песчаные и алевритовые осадки прибрежного мелководья; 3 – кремнисто-фосфатная фацис-зона; 4 – алевритовые осадки со стяжениями сфероидов; 5 – высокоуглеродистые алевритовые и пелитовые илы в трогах; 6 – направление сноса обломочного материала; 7 – возможные места развития подводного синхронного вулканизма; 8 – северная береговая линия границ бассейна.

Полосы максимального фосфатонакопления вытянуты вдоль берега бассейна и имеют ширину 10-30 км. Ni (0,03-0,6%, до 0,8%) присутствует в хлорите и, намного меньше, в никелистом пирите, тяготея к наиболее мелководным частям бассейна, где происходило и фосфатонакопление. Содержания коррелируют с Li, Mg, Hf, V, Co, а в высокоуглеродистых породах с Zn, P, V. в количестве цинка в металлоносных отложениях варьируют в интервале 300-1000 г/т, в углеродистых разностях до 1300 г/т, кремнисто-фосфатных сфероидов – до 1500 г/т. В силицитах Zn меньше – 41-140 г/т, в пелитах с хлоритом-тюрингитом – 190 г/т. Немало этого металла и в подстилающих породах венда – до 360-530 г/т. Вместе с Ni, V, P цинк положительно коррелируется с S_{org} . В кремнисто-углеродистых сланцах содержится до 3 г/т серебра, изредка до 200 г/т Ag. Платиноиды и золото тяготеют к фосфатно-углеродисто-кремнистым отложениям. Pt и Au коррелируют друг с другом, Pd отрицательно коррелирует с Pt. В кремнистых фосфоритах с. Хыккери содержания Au – 180 мг/т, 2,4 мг/т, Pt – 48 мг/т, 15 мг/т (по двум пробам, соответственно).

В высокоуглеродистых сланцах с. Нынни благородных металлов (мг/т): Au – 27; Pt – 22; Pd – 96. Кремнисто-фосфатные сланцы с. Чайри обогащены только палладием – 96 мг/т. МПГ и Au чаще образуют повышенные концентрации в высокоуглеродистых сланцах, содержащих до 30% S_{org} , а также в сульфидизированных участках, обычно обогащенных V, Mo, Ni.

Серы в высокоуглеродистых породах металлоносного горизонта нижнего кембрия обычно 10-15%, при большом количестве сульфидных конкреций – 10-15%. Сера и углеродистое вещество тесно коррелирует. Она же положительно коррелирует с As, Mo, Cu, Ag, Pb, Zn, V. Мышьяка в высокоуглеродистых сланцах с обилием конкреций пирита может быть до 4 кг/т, в среднем же, в металлоносном горизонте его 0,015%. В богатых мышьяком конкрециях наблюдается арсенопирит, повышенные концентрации U, Mo, Co, иногда Ag. Содержания бария повышены до 3-5% в фосфатно-углеродистых алевролитах близ вулканических очагов. Там отмечены баритовые туфы. Довольно бедны барием кремнистые сфероиды (80-220 г/т). С барием в баритовых туфах коррелирует литий, которого и в силицитах, и в углеродистых сланцах от 13 до 40 г/т. В кремнисто-фосфатных конкрециях лития 10-235 г/т. В породах, наиболее обогащенных фосфатами, отмечена повышенная сумма TR, среди которых преобладают элементы цериевой группы.

В Восточном Китае нижнекембрийские черные сланцы формации Нютитань и ее стратиграфических эквивалентов в Южном Китае известны конседиментационными скоплениями минерального сырья многих видов. Среди них аккумуляции барита **Шань Гонгтянь, Дахебянь** на востоке пров. Гуньчжоу, самые большие в Китае месторождения фосфатов, тонкие (сантиметры), но протяженные, обогащенные сульфидами слойки, местами с повышенными концентрациями Ni, Mo, V, Co, Cr, Au, U, As, Pb, Zn, Cu, Re, МПГ. Международная группа ученых исследовала рассеянные элементы, азот и углерод в нижнекембрийских черных сланцах Си-Мо месторождения **Сяо Жу**, пров. Гуйчжоу на юге Китая. Отобранная для анализов проба содержала: 7 вес.% Mo, 2 вес.% Ni, 19 вес.% S, а также 13 вес.% C_{орг.} и C_{общ.}, 14 вес.% CaO, 1,2 вес.% As, 2000 г/т Se, 5400 г/т Zn, 450 г/т U и V. В рудоносных породах отмечено до 1 г/т платиноидов.

Обнаружены также смешаннослойные Mo-S-C фазы. Их выделения образуют округлые «галечки» диаметром в несколько сотен мкм с включениями фрамбоидного пирита (шарики из кристаллов), реликтовые включения в скоплениях диагенетического пирита, субэвгедральные и эвгедральные зерна вокруг фрамбоидного пирита. Идеализированная формула этих фаз: (Mo, Fe, Ni, Cu, Co, Zn, Sb)₁ (S, Se, As)₂C₇N₁O_{0,5}. Вклады отдельных компонентов составляют: ≈ 6 ат. % Mo, 3,4 ат. % Fe, 0,7 ат. % Ni, 0,06 ат. % Cu, 0,24 ат. % As, 0,11 ат. % Se, 19 ат. % S, 60 ат. % C, 1 ат. % N, 0,3-0,8 ат. % O. Палладий (400-1000 г/т) равномерно распределён в Mo-S-C фазах и, возможно, положительно коррелируется с углеродом, селеном, молибденом, отрицательно – с азотом и сурьмой. Содержания платины меньше уровня определений (50 г/т) в фазе Mo-S-C. Она обнаружена только в пирите и Ni-Fe-сульфидах, где ее до 80 г/т. Соотношение C/N в описываемых фазах такое же как в органическом веществе морского происхождения и растворах из глин приразломных брекчий среди палеозойских карбонатных пород других металлоносных ассоциаций Южного Китая, возникших при подпитке гидротермальным флюидом. Аналогично оно и тому, что характерно для зоопланктона гидротермальных жерл. Молибден накапливается на стенках труб субмаринных выходов. Мелководные морские отложения, сквозь которые просачиваются гидротермальные флюиды (~35 мг/кг Mo) близ Японских островов, и ныне плотно заселены гипертермофильными серофильными гетеротрофами. Следовательно, чрезвычайное обогащение Mo и возникновение фаз Mo-S-C в черных сланцах E₁ Южного Китая можно объяснить диффузией сквозь осадки гидротермальных растворов-поставщиков металлов, создавшей благоприятную среду для массового размножения азотофиксирующих молибденозависимых бактерий, от гипертермо- до мезотермофильных. Этот же механизм мог быть задействован и для объяснения высоких содержаний прочих биофильных элементов таких как Pd, Se, As, Sb в Mo-S-C фазах. Становится понятней, отчего менее биофильные Pt, Ni оказываются вне названных фаз, накапливаясь в позднедиагенетическом пирите и Ni-Fe сульфидах.

В китайской пров. Цинхай открыт первый собственно кобальтовый (с Au) объект – **Туолугуо**. Минерализация связана с четырьмя вытянутыми в субширотном направлении вулканогенно-осадочными подразделениями раннепалеозойской группы Начитай. Рудные тела стратиформные или линзовидные, находятся среди кварц-альбитовых и серицит-кварцевых сланцев, согласны с литологическими контактами. Изохронная дата по семи образцам пирита составила 429±29 млн лет при начальном ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os отношении 0±2 (средневзвешенное квадратичное отклонение =7,9) на графиках ¹⁸⁷Re/¹⁸⁸Os-¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os. Эта дата близка возрасту вмещающих пород, что подтверждает представления о первичном сингенетично-эксталяционном происхождении кобальтовой минерализации. Этот и другие типично стратоподобные Co-Cu-Au объекты имеют черты первичных гидротермально-эксталяционно-осадочных. Таким образом, Co объектом Куньлуна древнее залежей горноалтайского **Карадгул** (379,9±3,8 млн лет) и тувинского **Ховуаксы** (конец раннего-начало среднего девона), но несколько ближе по возрасту к рудам **Абаканского** месторождения – 409,1±4,9 млн лет.

Медистые песчаники

На Полярном Урале медистые песчаники (O₁) протянулись меридиональной полосой шириной 30-40 км на 600 км между Байдарацкой губой Карского моря и 62-й параллелью. Это медепроявления

Малюдовожское, Подъягинское, Саурипейское в песчаных дельтовых отложениях, **Косьюнское** – в заливных и лагунных песчаниках и сланцах, **Байдарацкое** – в морских песчаниках и сланцах.

В Сибири стратиформные меденосные залежи в осадочных толщах PZ_1 распространены в провинциях **Приенисейской** (Приангарская зона, E_1, E_{2-3}), **Присяянской** (E_1), **Прибайкальской**, **Приалданской** (пестроцветной свиты E_1 , перекрывающей породы юдомской свиты – объект **Кильчерис.**), **Приверхоанской** (пестроцветы S), **Прианабарской** (байкитская свита O_1 , **Амбардахское**).

На юге **Израиля** и в **Иордании** толщи E_1 промышленно меденосны. В Акабско-Сафахской металлогенической зоне (Восточно-Аравийская) известно месторождение **Тимна**. Это о ней говорил в Библии пророк Захария: «...и горы те были горы медные». Здесь добывали этот металл фараоны в 5-м тысячелетии до Рождества Христова и библейский Израиль. Основные меднорудные залежи обнаружены в формации Нехуштан, третьей снизу в разрезе морского кембрия, а также в формации Михрот, завершающей разрез. Среди слабофосфатных песчаников Нехуштан, с линзами песчаных строматолитовых доломитов, внутрiformационными брекчиями, известен промышленный горизонт с Cu (4-8 м), содержащий её до 2-2,4%. Иорданский **Вади Араба** очень похож на израильскую **Тимну**, с которым находится в единой **Акабско-Сафахской** металлогенической зоне.

В **Тасмании** продуктивный пласт медистых глин (O_3) выделяется вкрапленностью и гроздьями конкреций самородной меди, куприта, халькозина. Его мощность до 100 м, протяженность до 2,5 км.

Титан-циркониевые россыпи

В **Ленинградской области** кембрийские-ордовикские $Ti-Zr$ россыпные проявления наблюдаются в песчаниках мощностью 30-40 м, полоса которых прослежена на 300 км.

В штате **Вирджиния, США**, раннекембрийские пляжевые россыпи известны вдоль Гренвильского фронта в штате Вирджиния. Ильменит-рутиловая россыпь месторождения **Робинсон Коп** возникла при размыве анортозитов группы Пиней. "Гренвильско-каледонская" метаморфизованная россыпь **Буэна Виста** там же содержит до 50% Sc -ильменита.

Золотоносные и алмазоносные россыпи

На площади **Башкирского мегаантиклинория** кристалл алмаза найден в коре выветривания по ордовикским отложениям. На **Вишерском Урале** алмазы выявлены в прибрежно-морских кластитах (S_1), главного промежуточного коллектора Полудовско-Колчимского поднятия. Алмазы и пиропы присутствуют в базальных горизонтах S_1 Тимана и п-ва Канин. На С. Тиммане найдены кристалл алмаза и спутники - пироп, хромшпинелид, хромдиопсид. Обломок алмаза открыт в базальных конгломератах O_1 р. Желтой края Пай-Хой (между Полярным Уралом и проливом Маточкин Шар).

Уран

В **Восточной Германии**, Тюрингия, находится крупнейший урановый объект – **Роннебург-Кауэрн**. Месторождение открыто в варисском Саксотюрингинском интракратонном поясе PZ_3 , к северу от Рудных гор. Оно имело резервы 160 тыс. т U , с 0,07-0,14% U . Залежи находятся среди толщ черных сланцев в переслаивании со сланцами серовато-зеленоватыми, черными кремнистыми, кварцевыми литоаренитами и доломитизированными известняками (O_3-D_1) мощностью 350-500 м. Толща прорвана девонскими диабазами и амигдалоидными базальтами (силлы). Углеродистые отложения содержат до 7% $C_{орг}$. В них присутствуют повышенные содержания Mo, V, Ni, Cu, Pb , а также 50-130 г/т U в пачке кремнистого черного сланца и карбонатов ($S-D_1$) мощностью 70-100 м. Рудное поле занимает 164 км². Оно тяготеет к меридиональному разлому, пережившему многократную активизацию. Рудные тела стротоподобные, мощностью около 100 м. Выявлены несколько зон, штокверкоподобных, приуроченных к трещинам с выполнением урановой смо-лкой, пиритом, с редкими находками минералов Ni, CO, Cu, As . Оруденение сходно с встреченным в **Мина Фе** у г. Сюдад Родриго в Испании. Оно практически слепое, без зоны окисления. Предполагается, что первичная минерализация (PZ_1) конседиментационная, реювенированная в варисский рудогенез.

В **Карелии**, Медвежьегорский район, зона трещиноватости среди базальтов на севере депрессии Салми содержит проявление **Коталахти**. Вмещающие залежь базальты перекрывают песчаники, с которыми связаны руды месторождения **Карху**. Возраст урановой смолки – 412 ± 73 млн лет.

Горючие сланцы

В начале ландейльского века среднего ордовика у деревни **Кукерс**, Эстония, накопились глинисто-известковистые осадки с огромным количеством синезеленых водорослей *Gloeocapsomorpha prisca*, весьма похожих на современных *Gloeocapsa*. Они со временем превратились в залежи лучших в мире горючих сланцев-кукерситов с содержанием органического вещества до 75%.

Фосфориты

На севере **Эстонии** и в западных районах **Ленинградской области** распространены так называемые оболовые пески и песчаники, занимающие промежуточное положение в стратиграфической шкале между самыми верхами кембрийского разреза и низами тремадокского яруса нижнего ордовика. Они содержат полезные ископаемые различных типов, в т.ч. пески

формовочные и стекольные. Месторождения фосфатов Эстонии (**Маар-ду**) и Ленинградской области (**Кингисепп, Ульяновское**) представлены ракушечными (оболовыми) фосфоритами.

На Полярном Урале углеродисто-терригенно-карбонатные породы O_{1-2} в депрессии Талото-Пойпудын содержат фосфаты **Софроновского** объекта. Другое перспективное месторождение – **Нярминское**. Его мелкозернистые фосфориты залегают среди углеродистых пород $S-D_1$.

На юге Казахстана, Джамбульская и Чимкентская области, хребет Малый Каратау, выявлен осадочный фосфатоносный бассейн с запасами руд 1,6 млрд т среди пород чулактаусской свите E_1 . В более поздних работах её, мощностью в 75 м, относят к E_2 , включая в состав тамдинской серии E_2-O_2 .

В Китае скопления природных фосфатов в вендских-нижнекембрийских толщах почти одновозрастны с подобными образованиями казахстанского **Каратау** и монгольского **Хубсугула**. Как и там, продолжительность фосфатонакопления оценивают в 20-25 млн лет. При этом в разрезах уже среднего и верхнего кембрия фосфоритов практически нет. В **Юньнань-Сычуанской** фосфатоносной провинции (рис. 4.11) существенно больше нижнекембрийских фосфоритов, чем вендских, что отличает ее от северо-монгольского Хубсугула.

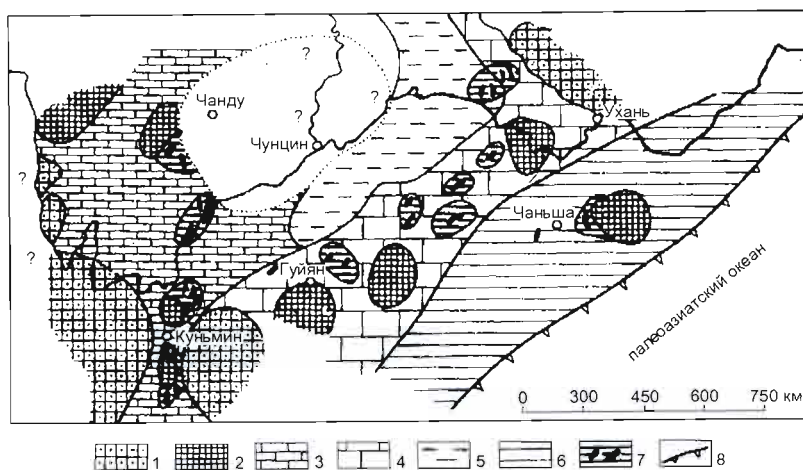


Рис. 4.11. Палеогеография и фации отложений платформы Янцзы в позднем синии-раннем кембрии: 1 – суша; 2-7 – отложения окраинно-континентального бассейна: 2 – маломощные доломиты, сформировавшиеся в пределах относительно поднятых участков морского дна – «платформ», 3 – темные глинистые доломиты, 4 – светлые глинистые доломиты, аргиллиты, кварцевые песчаники, 5 – черные сланцы, 6 – известняки, аргиллиты (внешняя часть шельфа), 7 – основные фосфатоносные районы; 8 – край континента. По А.Л.Яншину, 1984.

доломиты, 5 – черные сланцы, 6 – известняки, аргиллиты (внешняя часть шельфа), 7 – основные фосфатоносные районы; 8 – край континента. По А.Л.Яншину, 1984.

Во Вьетнаме фосфориты района **Лаокай** относят к той же фосфатоносной **Юньнань-Сычуанской** провинции. В отличие от месторождений Южного Китая здешние фосфориты претерпели значительный метаморфизм, их пласты деформированы.

В Австралии каледонские месторождения фосфатов гигантские по масштабам. В раннем кембрии осадконакопление привело к образованию лишь незначительных прослоев фосфатов в единственном районе – прогибе Аделаида Южной Австралии. Маломощные продуктивные слои наблюдались среди отложений, сформировавшихся на краю шельфа и в верхней части склона. Фосфориты ассоциируют с богатым органическим веществом черных сланцев и кремнистыми породами. Основное фосфатонакопление произошло в E_2 с основными месторождениями бассейна **Джорджина**.

Месторождения высокоглиноземистого сырья, бокситов

В Аппалачском поясе США промышленные объекты с кианитовыми кварцитами образуют два кластера на западной окраине так называемого «террейна Каролина». В Виржинии они связаны с поясом Шарлот, в Северной и Южной Каролине – с поясом Кингс Маунтин. Время среднего по интенсивности метаморфизма, в ходе которого появились местные кианитовые руды, относится либо к Таконскому (O), либо к Акадскому ($S-D$, 465-450 млн лет) тектоно-термальному событию.

В Аргентине пояс распространения высокоглинозёмистых пород прослежен между г. Салар де Пастос Грандес в провинции Салта и находящейся южнее провинцией Катамарка. Обнажения не очень распространены, но связи с комплексом кристаллофиллитов формации Ойре устанавливаются уверенно. Глиноземистые образования представлены волокнисто-призматическими агрегатами андалузита, силлиманита, кианита, ассоциирующими со слюдистыми сланцами и согласными кварцевыми жилами. Происхождение их полагают связанным с процессами метаморфизма и гидротермальными, в ходе которых находящиеся в составе первичноосадочных пелитов биотит, полевой шпат и мусковит трансформировались в алюмосиликаты и кварц. Возраст глиноземистых пород определен среднеордовикским (472 млн лет), т.е. отвечающим событию максимального метаморфизма пород.

В норвежских каледонитах распространены промышленные скопления силлиманита. Перспективны на кианит слюдистые сланцы объектов **Сёрёй** и др., кварциты **Салтфьеллет**.

Кианитовые кварциты обнаружены в нескольких местах страны, прежде всего, в тектонических окнах среди каледонид, где с севера на юг находятся объекты **Скьёмен, Салтфьелл, Тверрёдаллен. Солёр** в юго-восточной Норвегии – единственный объект, известный за пределами каледонид.

В проявлении **Малдынырд Приполярного Урала** высокоглиноземистые породы Е-О содержат предположительно первичноосадочные диаспор и бёмит. С субровским и богословским уровнями D₁ в **Северо-Уральском** бокситоносном районе связывают часть местных бокситов.

В **Приморье** небольшие тела раннекембрийских бокситов открыты среди известняков у г. **Спасска**. Диаспор-каолиновые бокситы встречены среди ордовикских известняков Казахстана: в толще известняков у г. Акмолы на оз. **Терсколь**. Это месторождение диаспор-каолиновых пород, образующих включения и жилы во вмещающих толщах, находится в 35 км к юго-западу от города, близ озера **Терсколь**. Повышенные отношения глинозема к кремнезему приводят для пород ордовика **Прибалхашского** железорудного района Прииртышья (**Керегетас**) и Прибалхашья (**Кзыл-Эспе**).

В **Китае**, восток пров. Гуньчжоу, черные сланцы Е₁ в Южном Китае известны конседиментационными месторождениями минерального сырья многих видов, в т.ч. крупнейшими скоплениями барита **Шань Гоньтянь, Дахебянь**. Промышленные месторождения барита формировались одновременно с полиметаллическими Mo-Ni-Au-платинометалльными слоями и в той же тектонической обстановке. Их относят, к типу SEDEX. Судя по геохимическим данным по крупному баритовому месторождению **Шань Гоньтянь** на востоке пров. Гуньчжоу, базальная часть баритовой залежи и пиритовый прослой в барите имеют более высокие межэлементные отношения, нежели те, что характерны для нормальных морских вод. Содержания Ag, As, Cг, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn и других металлов падают в направлении от кровли баритового тела к кровле всей черносланцевой толщи. При этом они *примерно одинаковы* как в надбаритовых черных сланцах Е₁, так и в черных сланцах R, подстилающих баритовый пласт. Пиритовый прослой в баритовом теле геохимически не похож на многокомпонентную Mo-Ni руду, он лишь слегка обогащен Pb, Cu, Ni, Mo. Ян Пашава и др. (2006) полагают, что он однозначно свидетельствует: низкотемпературные гидротермальные рассолы выщелачивали металлы из подстилающих рифейских черных сланцев и, смешавшись с морскими водами, становились дополнительным источником Ag, Cг, Cu, Pb, Sb, Zn, Ni, V, МПГ в черных сланцах нижнего кембрия.

В **Аргентине** баритовые районы гор **Санта Виктория** и **Зента** находятся в пределах Восточной Кордильеры, административная провинция Салта. Все месторождения представлены пластовыми или жильными телами среди осадочных толщ ордовика, сложенными либо только баритом высокой чистоты, либо баритом в ассоциации с сульфидами Pb, Zn, Cu, иногда самородными Au и Ag.

Огнеупорные глины

В провинции Буэнос Айрес, район **Тандилиа**, в отложениях ордовика известна мощная толщ глин, разрабатываемая на протяжении десятилетий. Существенно глинистые горизонты перемежаются кварцевыми аренитами и выходят преимущественно на площадях **Балкарсе** и **Кларас**. В большинстве они принадлежат огнеупорному типу, менее распространены высокопластичные глины.

Калийно-магниевые соли

Непско-Гажинский бассейн с **Непским** калийно-магниевым объектом (полагают крупнейшим в Море, рис. 4.12) содержит калийные соли в разрезе гажинской пачки общей мощностью 250-300 м в низах нижнекембрийской ангарской свиты. Разрез ее таков (снизу вверх): ангидриты; каменные соли; калийные соли мощностью 30-150 метров; каменные соли; ангидриты. Ресурсы K₂O оценены в 13,5 млрд т, карналлитовых руд – 450 млрд т, сильвинитовых – 70 млрд т [Аристов, 2000, с. 405-407]. Собственно месторождение **Непское** открыто в 1984 г. Содержания KCl в рудах составляет 30-60% (34,68% в среднем), по пластам S₁ – 36,4%, S₂ – 34,3%, S₃ – 35,2%. Вредными считаются нерастворимый остаток (0,12%) и хлорид магния (0,28%). Но их немного, и они не снижают качество залежей. Попутными являются Вг (0,1106-0,197%, среднее 0,155%), Rb (0,0016-0,028%, среднее 0,0019%), Li (0,001-0,003%), Cs (0,001-0,003%). При флотационном обогащении выгодно получать только бром. Для месторождения детальной разведкой подсчитаны запасы 23111258 тыс. т руды, содержащей 799285 тыс. т KCl и 504982 тыс. т K₂O. Средние содержания KCl определены в 34, K₂O – 21,5%. К настоящему времени говорят об освоении 2 рабочих пластов сильвинитов со средним содержанием KCl 38% и 39%. Запасы в них полезных компонентов по в по категории 2,3 млрд. т

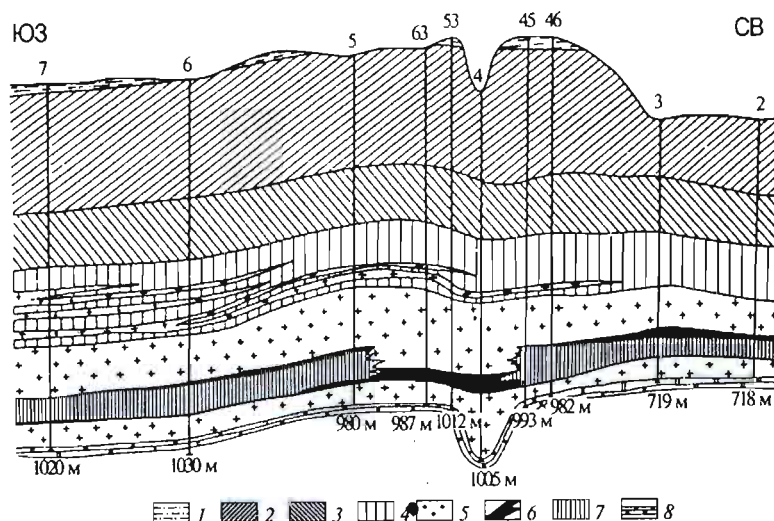


Рис. 4.12. Геологический разрез через раннекембрийское Непское месторождение калийно-магниевых солей. По В.Ф. Дубинину, Г.М. Другову, В.И. Бахтину, И.И. Ризнич, 1 – алевролиты, аргиллиты, песчаники кривоуцкой свиты O_2 ; 2 – алевролиты, аргиллиты, мергели, песчаники E_{2-3} верхоленьской свиты; 3 – известняки, известковистые доломиты, ангидрито-доломиты, гипсы, карбонатные брекчии литвинцевской свиты E_{1-2} ; 4 – доломиты, известковистые доломиты, доломито-ангидриты,

ангидриты ангарской свиты E_1 (гаженская пачка); 5 – каменная соль; 6 – сильвиниты; 7 – карналлиты; 8 – доломиты булайской свиты E_1 .

4.4. Историко-минералогические провинции гипергенного минералогенеза

Для каледонского этапа их выделено 9 (см. рис. 4.7).

Европейская ИМП. Оолитовые железные руды ордовика и других подразделений раннего палеозоя провинции широко представлены в Тюрингии, Португалии, Франции, Чехии и других регионах. Часть железорудных залежей осадочного генезиса Нормандии, Тюрингии, Богемии – нижнесилурийская. Осадочные морские нижнеордовикские оолитовые сидерит-гематитовые (преимущественно, гематитовые) руды Чехии распространены в Барандианской зоне, где образуют линзообразные тела. Содержания железа 25-30%. Характерно высокое содержание SiO_2 . В 1997-1999 гг. все подсчитанные резервы осадочных железных руд Чехии были отменены и сняты с баланса. В юго-западной Сардинии свинцовые, цинковые, железорудные месторождения в связи с метаморфитами рудного района **Иглезиенте** эксплуатировались с дороманских времен. Еще в начале XX века действовало более 50 рудников; последний закрыт только в 1998 г. Большинство залежей распространено в нижнекембрийских карбонатных породах, особенно у границы формаций Пунта Манна и Санта Барбара. В вулканогенно-осадочных отложениях нижнего девона герцинского Армориканского массива (**Французская** меденосная провинция) открыты крупные залежи с цинково-свинцово-медно-серебряным оруденением, которым предрекают большое экономическое значение.

Уральско-Центральноазиатско-Приморская мегапровинция, грандиозная по протяженности (6 тыс. км), тем не менее, может быть выделена: в ее пределах присутствуют все известные на континентах Земли проявления раннепалеозойских аллитов. Несомненно, это связано со специфической климатической зональностью характеризуемого временного интервала. Другая важная черта мегапровинции – близкое соответствие ее контуров очертаниям Урало-Монголо-Охотского подвижного мегапояса. В ее составе различаем несколько ИМП:

1 – **Уральская ИМП**, в которой экзогенное происхождение имеют многочисленные месторождения марганца, стратиформные полиметаллические руды, металлоносные черные сланцы, фосфориты, золотоносные коры выветривания;

2 – **Казахстанско-Центральноазиатская ИМП с Прибалхашским железорудным районом** (проявления железных руд (**Жиндау, Итбас, Калмакжактан I и II, Карашат, Сузыскара**), марганцевыми объектами среди вулканогенно-осадочных в дислоцированных кремнисто-терригенных образований нижнего ордовика (**Жаксы, Тасоба, Жюнжен**));

3 – **Тувинско-Восточноаянская ИМП**, известная кембрийскими месторождениями марганца, многочисленными аккумуляциями медистых песчаников, крупнейшим **Непско-Гажинским** бассейном калийно-магниевых солей;

4 – **Приморская ИМП** с редкими по «молодому» возрасту месторождениями полосчатой железистой формации **Мало-Хинганского** района в разрезах нижнего палеозоя Еврейской автономной области, Приморье, восточной части Хабаровского края),

Китайско-Корейская ИМП включает монгольское Fe-V осадочное месторождение **Хитагин гол**, выявленное в нижнекембрийских карбонатных и терригенных толщах формации Хоридол группы Ховсгол. Открыты три ванадиеносные уровня, из которых два сложены окремнелыми углеродистыми сланцами, а один – кремнистыми сланцами. Более молодыми (О) являются железорудные залежи вулканогенно-осадочных руд в северо-западных и северных районах Китая, где их относят к «цзиньтешаньскому» геосинклинальному типу. Упомянем также месторождения

марганца, редкометалльную минерализацию нижнепалеозойских черносланцевых бассейнов Монголии, Китая, Кореи.

Восточноафриканская ИМП не очень богата каледонскими экзогенными объектами. Тем не менее, они в Эфиопии, Израиле. На юге Эфиопии выявлено медно-полиметаллические стратиформные аккумуляции **Лега Демби** (пояс Адола). Углеродистые сланцы участвуют в строении всего его разреза, первично осадочные отложения которого формировались с позднего рифея по ранний кембрий. В зонах рассланцевания углеродистых пород наблюдаются рудные жилы до 30 м мощностью. Они преимущественно кварцевые, имеют в раздувах мощность до 150 м. В 1998-2008 г. месторождение дало 34 т золота, но эксплуатирующая его компания заявила об истощении объекта. По состоянию на ноябрь 2011 г., тем не менее, доказанные резервы карьера **Лега Демби** составляли 66 т при среднем содержании Au 3,7 г и годовой добыче 3,5 т. В 2000 г. начались подземные работы по освоению дополнительных запасов около 11 т с 3,59 г/т Au. На юге Израиля и в Иордании кембрийское толщи промышленно меденосны. В 25 км к западу от порта Элат) известно месторождение **Тимна**.

Западноафриканская ИМП. Здесь широко распространены месторождения меди, связанные с вулканитами и осадочными толщами. Из проявлений прочих полезных ископаемых выделим слабо метаморфизованные предордовикские рутил-лейкоксен-цирконовые россыпи **Туарегского** щита, с небольшими ресурсами, но значительными содержаниями полезных компонентов. Крупные не изученные аккумуляции вендских-кембрийских фосфоритов встречаются во впадине Вольта и в Мавритании. Выдающейся металлоносностью, проявления и месторождения которой формировались в неопротерозое и раннем палеозое, отличается марокканской Анти-Атлас.

Перилаврентийская ИМП объединяет многочисленные богатые месторождения железных и марганцевых руд, россыпные титан-циркониевые аккумуляции, скопления фосфоритов. Относимые к группе Клинтон, осадочные образования верхнего силура с высоким содержанием железа прослежены от Нью-Йорка до Алабамы по территории штатов Висконсин, Вирджиния, Джорджия, Теннесси (рудники **Чаттануга**), Миссури. Железо транспортировалось в море из хребта Таконика.

Австралийская ИМП. Пояс Аделаида в провинции известен гипогенными медными месторождениями. Среди них рудный район и Au-Cu месторождение **Мунта**, представленные жильными залежами в штоке полевошпатовых порфиров площадью 14 км x 8 км. В жилах, помимо кварца, флюорита, турмалина, биотита, апатита, присутствуют халькопирит, борнит, гематит, магнетит. Зона окисления содержала до 30% меди, теперь же ее количества в жилах составляют 2,2-3,3%. Содержания золота – около 3,9 г/т, серебра – 4,8 г/т. К типу медистых глин относили местонахождение у г. Квинстаун на западе острова Тасмания. Каледонские месторождения фосфатов на платформе гигантские по масштабам. На севере континента они были открыты в 1966 г. Разрез осадочных толщ основного фосфоритового бассейна **Джорджина** начинают вендские ледниковые образования, а заканчивают среднеордовикские существенно песчаные отложения-арениты. Фосфориты ассоциируют с богатыми органическим веществом черными сланцами свиты Канманту и кремнистыми породами.

Южноамериканская ИМП. Стабилизация Южноамериканской платформы в палеозое (540-250 млн лет) вела к появлению обширных интраконтинентальных синеклиз, таких как Парана, Парнаиба, Амазон, Солимёс, Альту Тапажос, Паресис. В это время, вероятно, формировались рудные объекты: 1 – медные синеклизы Паресис, в т.ч. **Су-Колорадо** в грабене Рондония; 2 – девонских оолитовых железных руд синеклиз, в т.ч.: а – Амазон, месторождение **Жатапу**; б – Парана, объекты гор **Серра ду Ронкадор**; в – Парнаиба, месторождение **Парайсо ду Норте**.

Выводы

Для каледонского минерагенического этапа особенно характерны месторождения эндогенных полезных ископаемых, сформировавшихся в связи с глубоководным вулканизмом. Таковы скопления массивных сульфидов различных типов, известные на всех континентах. В Центральном Средиземноморье (Сардиния) они представлены позднесилурийскими-раннедевонскими конседиментационными стратиформными вулканогенно-осадочными Cu-Zn-Pb "проторудами" **Саррабуса**, в Мьянме – уникальными по содержаниям компонентов залежами Шанского плато (**Бодуин-Намту**, или Баудвин), в Периатлантической зоне Северной Америки – богатейшим горнорудным районом **Батерст** (пров. Нью Брансуик, Канада). Распространены подобные образования и на Урале, где собственно каледонскими признаются аккумуляции сульфидов **Сибая**, **Таш-Тау** и др. Площади палеоконтинентов в каледонский этап были в большой степени амагматичными (Восточно-Европейская платформа), хотя и здесь обстановки растяжения преобладали. Раннепалеозойскими оказываются высокопродуктивные кимберлиты **Накынского** поля Якутии, диатремы кимберлитовой субпровинции **Слейв** на севере Канады, **"Границы штатов"** в субпровинции **Колорадо-Вайоминг**, юго-восточной Финляндии. Большая часть добычи алмазов в ЮАР ныне производится из кембрийских диатрем поля **Венеция**.

Каледонские скарновые аккумуляции не очень характерны, но кое-где обнаруживаются и они. Примерами являются кембрийские железорудные месторождения **Самсоновское** в Кузнецком

Алатау, **Ирбинское, Абаканское, Анзасс** в Алтае-Саянской области, вольфрамовое **Ривьера** в складчатом поясе Салдания ЮАР. Замечательные жильные месторождения золота возникли в конце силура (417 млн лет назад) в Лахланском поясе Нового Южного Уэльса Австралии – **Бендиго, Гилмор и Уогг, Дейлсфорд, Голден Плато, Вудс-Пойнт, Кобар, Розбери, Кью-Ривер**.

Богаты REE пегматиты PZ₁ Гондванских платформ, локализованные на перикратонных позициях. Для Индостана это крайний юг (штат Керала) и соседняя Шри-Ланка. В Африке – Мадагаскар и соседние районы Мозамбика. В Южной Америке – плато **Борборема** Восточной Бразилии. На востоке Антарктиды – остров **Тонаг**. В гондванской Австралии каледонские пегматиты не известны.

Эволюцию полиметаллического оруденения в истории Земли рассмотрели В.И. Старостин с соавторами (2001, с. 5-32). Они констатировали: в фанерозое осадочно-катагенетические стратиформные месторождения в карбонатных формациях возникали преимущественно на древних, в меньшей степени, на молодых платформах и на срединных массивах. На Северо-Американской платформе они находятся на стратиграфических уровнях «средний кембрий-средний ордовик» и «средний девон-ранний карбон (миссисипий)», но второй уровень экономически более важный.

Очень характерны для каледонского этапа металлоносные черные сланцы. Первично осадочные скопления Au гиганта **Мурун-Тау** (P₁) возникли в позднем ордовике-раннем силуре именно в таких породах. Огромны аккумуляции барита, малых и редких металлов в кембрийских отложениях восточных провинций Китая, на севере Корейского полуострова, в Западной Европе, на Урале.

Еще одна важная особенность экзогенного минерогенеза связана с изменившимися климатическими обстоятельствами, особенностями биоса раннего палеозоя – гигантские фосфоритоносные осадочные бассейны: **Каратау** в Джамбульской и Чимкентской областях Южного Казахстана (45 месторождений), **Юньнань-Сычуанский** на юге Китая, **Джорджина** Северной Австралии и др.

Глава 5. Девонско-раннекаменноугольный (раннегерцинский) этап

Признаки раннегерцинских минерагенических процессов обнаруживаются преимущественно в пределах Евразии и Австралии. Там со среднего девона по ранний карбон в пределах древних платформ возникли многочисленные поля алмазоносных кимберлитов, промышленные месторождения бокситов, богатые редкометалльные россыпи. На площадях подвижных поясов этих континентов появились аккумуляции массивных сульфидов (Урал, Алтай, Китай), золоторудные скопления. В Южно-Монгольском металлогеническом поясе в пределах островной дуги Gurvansaikhui, сформировались золотоносные медно-порфировые месторождения **Shuteen** и **Harmagtai** (321±9 млн лет, Rb-Sr). Здесь же недавно обнаружены крупнейшие позднедевонские-раннекаменноугольные (380-320 млн лет) меднопорфировые залежи **Oyu Tolgoi**. Значительный практический интерес представляют девонские грейзеновые оловорудные аккумуляции **Davis Lake** в канадской провинции Новая Шотландия, датированные 380 млн лет (U/Pb по цирконам, Ag/Ag по слюде). На о. Тасмания, в раннегерцинский этап появились олово-полиметаллические грейзены и жилы месторождений **Ardlethan**, **Cleveland**, апокарбонатные замещения руды **Маунт Бишоф** [Крупные..., 2006¹, с. 123]. В субмаринных условиях девонского периода возникли вулканогенно-осадочные и гидротермальные месторождения Мп **Южно-Уральской, Центрально-Казахстанской, Карской** субпровинций.

Мощные коры верхнего девона-нижнего карбона на Восточно-Европейской, Китайской платформах, Таймыре и в Средней Азии содержат промышленные скопления бокситов, а также богатых железных руд в участках развития раннедокембрийских железистых кварцитов.

5.1. Гипогенный минерагенез

В раннегерцинский этап эндогенные рудные месторождения формировались преимущественно в палеозойских орогенных областях Западной Европы, Урала, Центрального Казахстана, Алтая, рис. 5.1. В это время возникли огромные скопления апатит-нефелиновых руд Кольского полуострова, связанные с основными щелочными породами, в других регионах – колчеданные медные, полиметаллические, железорудные, изредка благороднометалльные, медно-никель-кобальтовые, редкометалльные. На Восточно-Европейской, Сибирской и Китайской платформах в течение этапа формировались диатремы нескольких высокопродуктивных кимберлитовых полей. Отдельные примеры раннегерцинских гипогенных месторождений известны для Западной Европы. В «древневарисскую эпоху» (360-330 млн лет) возникли меднорудные залежи **Злати Гори** с селеном, баритом на Чешском массиве (для этого месторождения известны и более поздние руды, но – другого состава). В позднем девоне (360 млн лет) в Центральной Чехии появились кварцевые жилы **Йилов** с Pb, Zn, Cu, Au, Bi, Te, W, Mo. Тогда же (0,36-0,28 млрд лет назад) продолжилось формирование месторождения редких металлов и олова **Эшассер** во Франции, связанного с куполами альбититов.

Наиболее ярко и разнообразно раннегерцинское рудообразование выражено в пределах Уральского металлогенического пояса, разделившего Евразийский континент на две неравные части. Исследование становления и развития Уральского пояса в неогее позволяет увидеть постепенное, последовательное продолжение в герцинском этапе процессов, начавшихся в раннем палеозое, эволюцию магматизма и рудообразования. В раннегерцинский этап западный и восточный склоны становились все более минерагенически отличными.

Раннегерцинский этап интересен платформенным глубинным магматизмом. Основные продуктивные коренные месторождения алмаза Сибирской, Восточно-Европейской, Китайской платформ имеют позднедевонский возраст. Имеются сведения о девонских алмазоносных кимберлитах, открытых и в Северной Австралии. Раннегерцинские щелочные породы вмещают уникальные месторождения апатит-нефелиновых, редкоземельно-редкометалльных и магнетитовых руд Кольского полуострова. В девоне-раннем карбоне продолжилось становление залежей массивных сульфидов на Урале.

Кимберлиты и лампроиты

К описываемому этапу относится становление всех ныне известных диатрем кимберлитов Архангельской алмазоносной субпровинции (с Терским берегом Кольского полуострова), кимберлитов и кимберлитоподобных пород Приазовья, Белоруссии, Лужского района Главного девонского поля, Шпицбергена, Вилкойской субпровинции Якутии, Северной Австралии.

Архангельская субпровинция. А.Д. Харьков и др. (1997) отметили свойственную ей концентрическую зональность. В центре субпровинции расположены кимберлитовые тела, по периферии – пикритовые диатремы, а еще далее от центра – базальтовые. Собственно Архангельская субпровинция занимает восточную часть архейского Кольского кратона, рассеченного несколькими рифейскими рифтами, входящими в состав Керецко-Лешуконского авлакогена, в понимании Р.Н. Валеева [1978]. Общие сведения о кимберлитах субпровинции помещены в таблице 5.1.

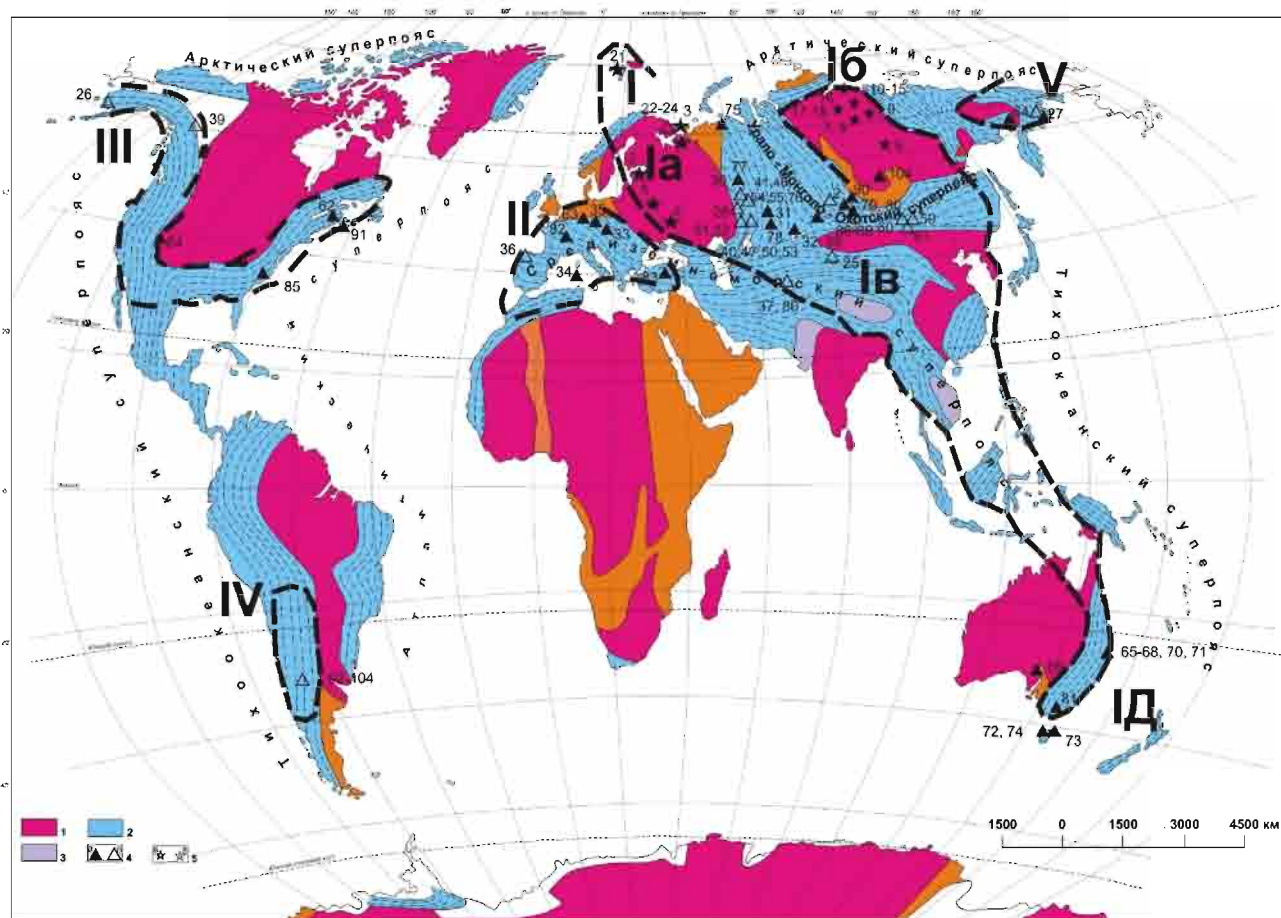


Рис. 5.1. Раннегерцинские (средний девон-серпуховской век раннего карбона, 400-310 млн лет) месторождения на континентах (эндогенный минерагенез). С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина, модифицировано. Условные обозначения: 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогее, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5-8 – эндогенные и экзогенные месторождения и проявления, в т.ч. связанные: 5 – с преимущественно коллизионными процессами – скарновые, гидротермальные; 6 – с процессами дилатансии, преимущественно основным вулканизмом (источники рудных компонентов в верхах мантии и низах коры, руды медно-никелевые, медно-молибденовые порфировые и т.д.), 7-8 – мантийными источниками (7 – карбонатиты, 8 – кимберлиты); 9 – контуры историко-минерагенических подразделений, в т.ч.: I – историко-минерагеническая мегапровинция Восточного полушария («**Великая полоса** алмазоносного кимберлитового и другого глубинного металлоносного магматизма»), в составе ИМП: Ia – **Восточно-Европейской**, Ib – **Восточно-Сибирской**, Ic – **Монголо-Алтайской**, Id – **Восточно-Китайской**, Ie – **Восточно-Австралийской**, II-IV – ИМП, в т.ч.: II – **Западноевропейская**, III – **Перилавrentийская**, IV – **Западной Аргентины и Боливии**, V – **Северо-Востока Азии**. Раннегерцинские месторождения и значительные рудопроявления, в т.ч.:

I. Алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты, лампроиты, лампрофиры (минетты), месторождения: 1 – Зимнебережный кимберлитовый район ААП; 2 – «Лужский кимберлитовый район» – две диатремы; 3 – Терскобережный район; 4 – трубки взрыва Приазовского массива (Новоласпинский куст), зоны сочленения Приазовского массива и Донбасса (Покровская, Горняцкая); 5 – слабоалмазоносные кимберлитоподобные породы Северо-Припятского района Белоруссии; 6-17 – кимберлиты полей ЯАП с раннегерцинскими датами, в т.ч.: 6 – Мирнинское, 7 – Алаakit-Мархинское, 8 – Далдынское, 9 – Верхне-Мунское, 10 – Чомурдахское; 11 – Западно-Укуитское, 12 – Восточно-Укуитское, 13 – Огоньор-Юряхское; 14 – Мерчимдемское, 15 – Молодо-Оленекское, 16 – Беенчиге-Куойкское, 17 – кимберлиты (дайка) участка Хатырык, центральная часть Анабарского щита, 18 – кимберлиты (дайка) участка Сербиян, там же; 19 – Мерлин, Северные Территории, Австралия. Кимберлитовое поле из 12 диатрем, три из них алмазоносны. Кимберлиты диатремы Экскалбур, локализованной на пересечении меридионального и северо-западной ориентировки разрывов, датированы поздним

девоном – 367 млн лет; 20 – девонские-раннекаменноугольные кимберлитовые поля **Фушунь** (на севере) и **Фусянь** (на юге) в пров. Ляонин, северо-восточный Китай; 21 – **Шпицберген**. Дайки кимберлитоподобных пород Земли Андре (пять даек) и Земли Джеймса I (одна). Содержат пиропы алмазной ассоциации. Возраст – от $315,0 \pm 3,0$ до $334,8 \pm 3,8$ млн лет (Rb-Sr) и от $297 \pm 23,8$ до $422 \pm 33,8$ млн лет (K-Ar).

II – апатитоносные и другие массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатами: 22 – **Ковдорский**, Мурманская область. Щелочно-ультраосновное карбонатитовое, железорудное (Fe – 27,5%). Добывается также апатит и бадделлит; 23 – **Ловозерский** рудный район, Мурманская область. Луавриты, фойяиты, уртиты. Nb, Ta, Zr, Ti; 24 – **Хибинский**, Мурманская область. Месторождения **Кукисвумчорр**, **Юкспор**, **Расвумчорр**, **Апатитовый цирк**, **Эвеслогчорр**, **Партомчорр**, **Куэльпор**, **Коашва**, **Олений ручей**, **Ньоркпах** Апатиты, Al.

III – никелевые, медно-никелевые, платинометалльные, в связи с интрузиями базитов-ультрабазитов, офиолитами: 25 – **Каратунк** (Karatunk), южная окраина Аляйского орогена, **Хуаньшаньдон** (Huangshandong), Восточный Тянь-Шань, Китай. Медно-никелевые; 26 – **Гудньюс** (Goodnews), Аляска. Герцинский гипербазитовый массив уральского типа с платиноидами в каледонском поясе. В работе [149, с. 163] назван верхнемеловым или третичным. **IV – хромитовые:** 27 – **Гальмознан**, Корякия. Ватыно-Вывенкский сегмент Олюторской тектонической зоны. Гипербазитовый массив с платинометалльным-хромитовым оруденением, датированным 350-250 млн лет (Re-Os), при том, что сам массив предположительно ларамийский (70-65 млн лет).

V – железорудные, титановые, ванадиевые, марганцевые месторождения, связанные с магматитами и метасоматитами: 28 – **Магнитогорское**, Урал. Визейское скарновое магнетитовое, в вулканогенно-осадочных толщах; 29 – **Дурновское**, Салаирский кряж, юг Западной Сибири. Марганцевое, в образованиях кварц-кератофировой формации верхнего девона; 30 – **Сапальская** группа месторождения, Средний Урал. Юг Тагильского мегасинклинория. Гидротермальные девонские Mn; 31 – **Джездинской** группы месторождения, Казахстан (**Джезды**, **Промежуточное**, **Найзатас**, **Жаксы-Комр**). Гидротермальные девонские марганцевые; 32 – **Прибалхашский** железорудный район, юго-восток Центрального Казахстана. Скарновые железорудные пластовые в карбонатных породах формаций медно-магнетитовой (**Каратас**, **Мыншукыр**, **Новалы**, **Саяк**) и магнетит-гематитовой (**Бапы**, **Дюсень**, **Уштобе**). Проявления железных руд (**Жиндау**, **Итбас**, **Калмакжактан I и II и др.**) формации железистых кварцитов среди яшмокварцитов кызыльской свиты O₂ Кызык-Итмурундинского антиклинория; 33 – **Шляйцкая** (группа месторождений), Тюрингия, Германия. Железорудные эксгальационно-осадочные среди пород D. Обогащены Mn, до 10%.

VI – колчеданные полиметаллические, серебряные, медные, медно-молибденовые порфировые месторождения: 34 – **Силуус**, рудный район **Sarrabus**, юго-восток Сардинии. Крупная кварцевая жила герцинского возраста, содержит около 40% CaF₂ и 1,5 % PbS; 35 – **Раммельсберг**, Германия. Сульфидное полиметаллическое-серноколчеданное-баритовое; 36 – **Мозче**, северо-запад Испании. Медные вкрапленные и массивные сульфидные руды Кипрского типа; 37 – **Ашенташ**, Северный Памир. Раннекаменноугольное (327 ± 12 млн лет) массивных сульфидов типа VMS; 38 – **Таму**, зона сочленения Северного Памира и Западного Куньлуня. Раннекаменноугольное меднопорфировое; 39 – **Финлэйсон Лэйк**, бассейн рек Юкона и Танана, Канада. Горнорудный район с месторождениями массивных сульфидов типов Besshi (**Fyre Lake**), Kuroko (**Kudz Ze Kayah**, или KZK, и **GR4F**), «массивных сульфидов среди вулканогенно-осадочных отложений» (**Wolverine**). Cu, Pb, Zn, Ag, Au; 40 – **Касаргинское**, Южный Урал (внутренняя зона Восточно-Магнитогорской дуги). Медноколчеданное; 41 – **Учалы**, башкирский сектор Восточно-Магнитогорской дуги. Штокверк из массивных пиритовых и халькопирит-пиритовых руд; 42 – **Узельга**, **Молодежное**, запад Челябинской области. **Верхнеуральский** рудный район. Залежи массивных медных, медно-цинковых и серноколчеданных руд; 43 – **Сибай**, в Башкирии, 110 км к ЮЗ от Магнитогорска (Западно-Магнитогорская вулканогенная зона, Сибайский структурно-формационный блок). Массивные сульфидные руды, первично осадочные (Старый Сибай), гидротермально-осадочные (Новый Сибай); 44 – **Александринское**, в Учалы-Александринской рудной зоне, 25 км северо-восточнее Магнитогорска Челябинской области. Медно-цинковое массивных сульфидных руд; 45 – **Таштау**, в 110 км к ЮЮЗ от Магнитогорска, башкирский сектор Южного Урала. Баймакский рудный район. Месторождение богатых пирит-халькопирит-сфалеритовых руд; 46 – **Иберийский Пиритовый Пояс**, юго-запад Пиренейского полуострова. Более 80 позднедевонских-раннекаменноугольных месторождений массивных сульфидов **Рио Тинто**, или **Уэльва**, **Алхустрель** (Aljustrel), **Невес Корву** (Neves-Corvo), **Ла Сарса** (La Zarza) и др.; 47 – **Актогай**, **Мугоджары**, Казахстан. Халькопирит-сфалеритовые массивные руды; 48 – **Жангана**, **Мугоджары**, Казахстан. Массивные сульфидные руды меди; 49 – **Летнее**, Северные Мугоджары. Руды магнетитовые, магнетит-пиритовые, сфалерит-халькопирит-магнетит-пиритовые; 50 – **Зимнее**, Южный Урал (Северные Мугоджары), у восточного ограничения зоны Домбаровка. Медно-цинковое магнетит-халькопирит-пиритовое; 51 – **Октябрьское**, Южный Урал (внутренняя

Тубинско-Гайская зона Западно-Магнитогорской дуги). Медноколчеданное; 52 – **Гайское**, в Оренбургской области на Южном Урале (внутренняя Тубинско-Гайская зона Западно-Магнитогорской дуги). Медноколчеданное. *Си, Zn, Au*; 53 – **Им. 50-летия Октября**, Северные Мугоджары. Медноколчеданное; 54 – **Михеевское**, восток Челябинской области. Медно-порфировое; 55 – **Салават**, Башкирия, в 188 км южнее Уфы. Центральная часть зоны Ирендык Западно-Магнитогорской островной дуги. Меднопорфировое. *Си, Мо*; 56 – **Коунрад**, Казахстан. Вторичнокварцитовое молибденово-медное штокерковое многофазное; 57 – **Змеиногорский** рудный район Алтая. *Си, Zn, Pb*; 58 – **Золотухинский** рудный район Рудного Алтая. *Си, Zn, Pb*; 59 – **Цагаан Суварга**, Восточная Монголия. Медно-порфировое; 60 – **Шутеен**, Монголия. Медно-порфировое; 61 – **Ою Толгой**, Монголия. Рудный район с золотоносными *Си-Мо* месторождениями **Южный Оуи, Юго-Западный Оуи, Центральный Оуи, Hugo Dimmett**; 62 – **Нью Брансуик**, юго-восток Канады. Меднорудный район; 63 – **Злате Гори**, Чешский массив. *Си, Ва, Се*, пирит.

VII – золоторудные месторождения: 64 – **Кубака**, Северо-Эвенский район Магаданской области. Золото-серебряное кварц-адуляровое жильное; 65 – **Чиллаго**, Квинсленд, Австралия. Золото-кварцевое; 66 – **Мунгана**, Квинсленд, Австралия. Золото-кварцевое; 67 – **Палмер Ривер**, Квинсленд, Австралия. Золото-кварцевое; 68 – **Ходкинсон**, Квинсленд, Австралия. Золото-кварцевое; 69 – **Кобар**, Новый Южный Уэллс, Австралия. Рудное поле из трех раннегерцинских *Си-Аи* месторождений; 70 – **Маунт Виатт** в Квинсленде. *Аи-Аг*; 71 – **Селлхейм** в Квинсленде. *Аи-Аг*; 72 – **Роузбери**, Тасмания, Австралия. Золото-барит-полиметаллическое; 73 – **Биконсфилд**, Тасмания, Австралия. Золото-кварцевое; 74 – **Ки Ривер**, Западная Тасмания. *Си-сульфидное*; 75 – **Новогоднее-Монто**, Полярный Урал, Ямало-Ненецкий национальный округ. Золото-сульфидно-кварцевое жильное и прожилково-вкрапленное; 76 – **Куросан Западный**, Челябинский сектор Восточно-Магнитогорской островной дуги. *Аи-Аг* адуляр-кварцевое; 77 – **Березовское**, Свердловская область. *Аи* в березитах; 78 – **Акбакайский** рудный район. Юго-западная периферия Центрально-Казахстанского девонского вулканоплутонического пояса. *Аи-сульфидно-кварцевые* **Акбакай, Аксакал, Алтынмас, Бескемпир, Думан-Шуак, Карьерное, Кенжем, Кенгир, Олимпийское**; 79 – **Синюхинское**, Северо-Алтайский золотоносный пояс. Золоторудное скарновое; 80 – **Черёмуховая сопка**, Горный Алтай. **Синюхинский** рудный узел. Крупнообъемное *Аи-порфировое*; 81 – **Вудс Пойнт** (рудное поле), Австралия. Золото-кварцевые жильные **Уалхалла, Морнинг Стар, Гриффис**.

VIII – редкоземельно-редкометалльные, графитовые, драгоценных камней, ассоциирующие с щелочными массивами, пегматитовые, скарновые, в связи с иными процессами метасоматоза: 82 – **Эшассер** (Эшассьер), деп. Альё, Франция. Купола альбититов с *Li, Та, Nb, Sn*; 83 – **Каргылык**, вилайет Yozgat, Турция. Палеозойские (?) редкометалльные пегматиты с розовыми (ювелирного качества) и черными турмалинами, циннвальдитом; 84 – **Хоникомб-Хилл**, Юта. Пегматитовые риолиты. *Та, Nb, TR*; 85 – **Хокинс-Бренч**, Северная Каролина. Монцогранитовые лейкосомы в кристаллических гранитизированных сланцах *Sn*; 86 – **Калба** (хребет), Восточно-Казахстанская область. *REE*, в щелочных гранитах, с *Та* и *W*; 87 – **Ленинское**, Восточно-Казахстанская область. Касситерит-шеелитовое, с топазом, флюоритом в куполах щелочных гранитов; 88 – **Карасу**, Восточный Казахстан. Грейзены с *Та*. Герцинское (?); 89 – **Верхнее Эспе**, Восточный Казахстан. Грейзены с *Та*; 90 – **Ховуаксы** в Туве. *Со-Ni*, скарновое; 91 – **Дэвис Лейк**, пров. Новая Шотландия, Канада *Sn* в кварц-мусковит-топазовых грейзенах; 91-103 – месторождения раннекаменноугольных (?) редкоземельно-редкометалльных пегматитов Западной Аргентины, в т.ч.: 92 – **Ла Мета**; 93 – **Ла Росада**; 94 – **Кабеса де Новильо**; 95 – **Мария дель Хуерто**; 96 – **Сема**; 97 – **Сан Луис**; 98 – **Сан Элиас**; 99 – **Ла Викита**; 100 – **Дель Моро**; 101 – **Комечингонес**; 102 – **Лас Тапиас**; 103 – **Каньяда де Альварес**, 104 – **Ла Тотор**; 105 – **Ботогольское**, Иркутская область, графитовое.

Таблица 5.1

Характеристика кимберлитовых тел **Зимнебережного** района, по (А.А. Фролов, 2005, табл. 2.2)

Поле	Названия трубков	Морфология и размеры			Мощность кратерной фации, м
		Площадь, га	Длина, м	Ширина, м	
Золотицкое	Им. Ломоносова	20,2	600	450	-
	Карпинского-1	18,8	880	250	-
	Карпинского-2	10,2	575	430	22
	Архангельская	20,6	620	550	43
	Пионерская	38,0	1200	500	55
	Поморская	5,616,6	400	240	-
Верхотинское	Им. В.П. Гриба	16,6	570	48-	110
	Верхотина	16,0	173	138	40

Ныне во многих работах принято различать поля **Верхотинское** с трубкой **им. В. Гриба** и **Кепинское**, с небогатыми трубками (рис. 5.2).

На **Восточносибирской платформе** раннегерцинские радиологические даты имеются для трубок 12 кимберлитовых полей ЯАП. Обычно этот “поздний” – второй основной, – массив определений возраста вещества кимберлитов укладывается в интервал 380-310 млн лет и отделен “пустым” промежутком в 10-20 млн лет от массива “каледонских” дат (400 млн лет и древнее, например, **Накынского** поля). Основные поля среднепалеозойских кимберлитов расположены в центральной части платформы, Вилюйской субпровинции ЯАП

В **Австралии** на Северных Территориях в тропе Баттен, бассейны МакАртур, Джорджина, открыто поле **Мерлин**, где к настоящему времени известны 15 диатрем и ряд перспективных аномалий. Все они алмазоносны в разной степени. Кимберлиты диатремы **Экскалибур** локализованы на пересечении меридионального и северо-западной ориентировки разрывов. Они датированы поздним девонem – 367 млн лет. Трубка **Экскалибур** имеет длину 200 м, ширину – 150 м и площадь 2,4 га.

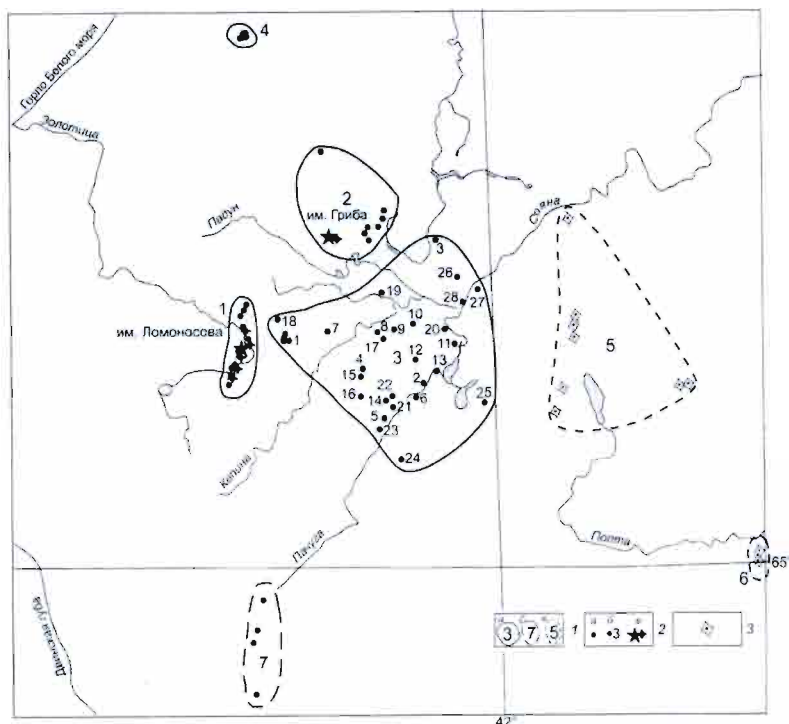


Рис. 5.2. Проявления щело-чно-ультраосновного магма-тизма Кепинского поля. В качестве основы использованы построения О.А. Богатикова, В.К. Гаранина, В.А. Кононовой и др. По Ю.К. Голубеву с соавторами (2010, с. 39, рис. 1). Поля: 1 – Золотицкое, 2 – Верхотинское, 3 – Кепинское, 4 – Мельское, 5 – Турьинское, 6 – Полтинское, 7 – Ижмозерское: а – кимберлитовые, б – проявлений родственных кимберлитам по-род, в – проявлений толеитовых базальтов; 2 – отдельные проявления кимберлитового и родственного маг-матизма (а – в целом, б – Кепинские кимберлиты, номер соответствует порядковому номеру в табл. 2.2), в – кимберлитовые трубки месторождения им. М.В. Ломоносова и им. В.П. Гриба; 3 – проявления толеитовых

базальтов.

Рудник **Мерлин** четыре года был вторым в Австралии после **Аргайл** горным предприятием, добывающим алмазы. В середине 2003 г. его закрыли. К этому времени получили 0,5 млн каратов высококачественного алмазного сырья. Собственник рудника компания Striker Resources начала его разработку в 2000, получив первые 200 тыс. каратов, при том, что мощности позволяли довести это количество до 300 тыс. Было обнаружено несколько крупных камней, включая кристалл массой 25,9 карат из трубки **Паломайдс**. В дальнейшем во всех трубках, кроме **Экскалибур**, встречали камни массой более 10 каратов. Производство концентрировалось на южных трубках **Паломайдс**, **Сакрамор**, **Экскалибур**, **Лонфол**. Алмазы поля дорогие – US \$108 за карат, что связано с высоким выходом (30%) ювелирных и доминированием (55%) неокрашенных разностей.

Трубки поля **Мерлин** в 90 км южнее Борролула и в 725 км юго-восточнее Дарвина образуют пять разобщенных групп-кластеров. Крупнейшая диатрема **Эму-1** имеет диаметр 250 м. Добычу алмазов вели на 9 трубках 40-110 м в диаметре, рис. 5.3. Самый крупный из найденных в Австралии алмазов обнаружили в кимберлите трубки **Гарет** – 105 каратов. Кристалл массой 44 карата и стоимостью US\$110 тыс. найден в породах трубки **Паломайдс**. Из 15 алмазоносных объектов поля с площадью 100 тыс. км² 13 – кимберлитовые трубки, еще два – тела трубочных брекчий. Все они занимают восточное плечо тропы Баттен, 6 км от разлома Эму, на предполагаемом продолжении разлома Калверт. Трубки носят названия: **Паломайдс**, **Сакрамор**, **Экскалибур**, **Лонфол**, **Кэй**, **Айвэйн**, **Гэвэйн**, **Тристрэм**, **Гарет**, **Эктор**, **Бедевер**, **И. Му-1** и **2**. Расстояния между трубками каждого кластера 100-400 м. Самая крупная трубка поля – **И. Му-1** с площадью 4,5 га и диаметром 250 м. Все диатремы имеют крутые контакты, цилиндрическую форму и не меняются в размерах в пределах первых ста метров от поверхности. Внедрение их было многофазным, последовательность такая: 1 –

ранние вулканокластические кимберлиты; 2 – микробрекчированные вулканокластические кимберлиты; 3 – вулканокластическая кимберлитовая брекчия трубочной фации.



Рис. 5.3. Слева алмазодобывающие рудники на площади Мерлин). Начало 2000-х гг. Справа – алмазы поля Мерлин. http://australianmines.files.wordpress.com/2011/m10/merlin_2010_01.jpg?w=850

Редкометалльно-редкоземельные, фосфатоносные, флогопитсодержащие и др. карбонатиты и щелочные породы

Балтийский щит. На Кольском полуострове некоторые рудоносные интрузивные массивы имеют девонский-раннекаменноугольный возраст: **Африканда, Озерная Варака, Турий Мыс.** В позднем девоне (365-369 млн лет) сформировалась крупнейшая в мире (1327 км².) многофазная интрузия нефелиновых сиенитов, представленная в современном рельефе горной страной **Хибинские тундры.**

Интрузивное тело **Хибинского массива** по одним данным, лакколит, по другим, пополит, находится на сочленении Имандра-Варзугской зоны карелид и архейских гранито-гнейсов. С ним связаны крупнейшие в мире месторождения апатит-нефелиновых руд магматического типа, связанных с йолиит-уртитам, 365-369 млн лет. Это апатит-нефелиновые руды месторождений **Кукисвумчорр, Юкспор, Плато Расвумчорр, Юкспор, Апатитовый цирк, Эвеслогчорр, Партомчорр, Куэльпор, Коашва, Олений ручей, Ньоркпакх.** По содержанию апатита различают руды существенно апатитовые пятнистые и пятнисто-полосчатые (60-80% апатита), апатит-нефелиновые линзовидно-полосчатые и полосчатые (30—50%), блоковые (30—40%), сетчатые и массивные (20-30%), брекчиевые (20-40%). Пироксенит-оливинит-йолиитовое тело Хибинского месторождения **Африканда** содержит титанильменит-перовскитовые залежи, в которых присутствуют минералы Nb и редких земель, а концентрации перовскита с 2-11% TR₂O₃ могут составлять 30%. Массивы **Ковдор и Лесная Варака** в апатит-магнетитовых рудах содержат бадделеит ZrO₂. В массиве **Вуориярви** встречены два штока карбонатитов, перовскит и титаномагнетит которых обогащены этим элементом.

Ковдорский массив (Кировский район, Мурманская область) щелочно-ультраосновных пород с карбонатитами занимает площадь 40,5 км². Его позднедевонский возраст доказан: оливиниты и пироксениты формировались в интервале 376-373 млн л (Rb/Sr), бадделеиты из фоскоритов и карбонатитов (U-Pb) –382±3 млн лет. Руды апатит-форстерит-магнетитовые, форстерит-магнетитовые, вкрапленные и массивные. Их запасы составляют 0,54 млрд т. Средние содержания железа – 27,5%, фосфора – 2,9%. Залежи дают значительное количество апатитового и бадделеитового концентрата. С массивом связаны также месторождения: уникальное флогопитовое (крупнейшее в мире), вермикулитовое (самое большое по запасам в СНГ), оливинитовое (для производства огнеупоров), апатит-штаффелитовое (фосфатная шляпа на апатитоносных кальцитовых карбонатитах, в связи с линейно-трещинными корами выветривания).

Залежи флогопитов в 1,5 км к СЗ от Ковдора разрабатывает ОАО Ковдорслюда. Флогопитовый комплекс здесь образует полукольцо на севере массива. Он сложен апатит-флогопит-оливиновыми, амфибол-диопсидовыми породами. Флогопитовые тела мощностью от 30-50 м на флангах до 0,3-1,2 км обнаруживаются под толщей вермикулитов на глубине 40-50 м на контакте метасоматических мелилититов с оливинитами ядра. Главная залежь 0,7 км длиной и 10-200 м мощностью связана с зоной гигантозернистых и пегматоидных гипербазитов. Она ориентирована согласно с кольцевым строением массива и прослежена одной из скважин до глубины 817 м. Руды образованы оливином (50%), пироксенитом (30%), флогопитом (10%), кальцитом и апатитом (10%). Кристаллы флогопита Ковдора площадью от 4 см² перерабатывают в слюдопласт; отходы используют тоже (молотая слюда, товарный скрап, дробленая слюда-чешуйка) (В.И.Пожиленко и др., 2002)

Массивы ниобиеносных нефелиновых сиенитов Хибин содержат дополнительные интрузивные фазы эвдиалитовых луявритов, щелочных лампрофиров, нефелиновых сиенитов. В разрезах – 65

слоев апатит-лопаритовых руд в нижних частях циклов. В лопарите $(\text{Na,Ce,Ca})(\text{Ti,Nb})\text{O}_3$ пентоксида ниобия 8-9%, редких земель 30-35% (К.Д. Беляев и др., 1996).

Редкоземельно-редкометалльные месторождения ассоциируют и с Ловозерским щелочным массивом (луявриты, фойяиты, уртиты). **Ловозерский рудный район** связан с одноименным массивом каменноугольного возраста, судя по тому, что в тот содержит ксенолиты осадочно-вулканогенных пород флористически охарактеризованной ловозерской свиты $\text{D}_2\text{-C}_1$. Основные типы руд: лопаритовые дифференцированного комплекса, эвдиалитовые эвдиалитового комплекса, эвдиалит-лопаритовые из порфиroidных юитов эвдиалитового комплекса. Массивы **Ловозерской группы** Кольского полуострова несут оруденение с Fe, TR, Zr, Nb, Ta в поздних гидротермальных карбонатитах и эвдиалитовых-ловозеритовых луювритах (нефелиновых сиенитах). Запасы эвдиалита, которого в породах до 30%, – миллионы тонн. Концентрации полезных компонентов (%): ZrO_2 – 3-3,5, Nb_2O_5 – до 0,4, Ta_2O_5 – 0,02, TR_2O_3 – 3. Здесь известны участки распространения ловозеритовых луювритов площадью до нескольких км^2 , породы которых содержат (%): Nb_2O_5 – до 0,2-0,3, TR_2O_3 – 0,5-0,76 Ta_2O_5 – 0,015-0,02, ZrO_2 – 0,5. Эвдиалитовые луювриты распространены в верхней части Ловозерского массива. Их мощность около 200 м. Запасы циркония оценивают в несколько миллионов тонн].

Железорудные скарновые и вулканогенные месторождения

Урал. В раннем карбоне крупные аккумуляции магнетитовых скарнов появились в пределах Магнитогорской островодужной системы. Они существенно моложе позднесилурийских-раннедевонских месторождений Тагильской системы. Магнитогорское рудное поле (рис. 5.4) занимает часть вулканогенного пояса, образованного породами визейской трахибазальт-андезитовой ассоциации и комагматичными штоками, дайками и силами габбро-гранодиорит-гранитного интрузивного комплекса. В его пределах визейские базальты, андезит-базальты и их туфы перемежаются линзами средних и кислых вулканитов, детритусовых известняков. Небольшие залежи стратиформных рассеянных и расслоенных массивных сульфидных руд, а также оксидов железа, сингенетичных вмещающим породам, наблюдались на периферии рудного поля. В пределах последнего распространены месторождения двух морфологических типов, так или иначе связанных с интрузивами. К первому типу отнесены согласные линзообразные жилы в карбонатных или осадочно-вулканогенных породах месторождений Гора Магнитная, Дмитровское, Южное. Второй тип объединяет секущие жильные и колоннообразные рудные тела с круто падающими контактами (месторождения Подонвальное и Малый Куйбас).

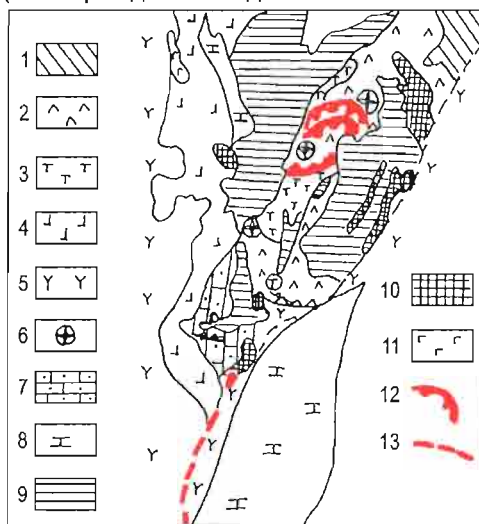


Рис. 5.4. Геологическая карта фаменско-турнейского Магнитогорского рудного поля. По В.М. Мосейчук. 1 – известково-щелочные вулканиты верхов разреза живетской риолит-базальтовой толщи; 2 – субщелочные андезит-базальты надрудной франской формации Колтубан; 3 – шошониты (оливинсодержащие породы, близкие трахибазальтам) рудоносной фаменско-турнейской Шумиловской формации; 4 – известково-щелочные базальты, андезиты и риолиты надрудной нижневизейской Березовской формации; 5 – субщелочные трахибазальты и риолиты визейско-серпуховского возраста; 6 – нежки трахитов, ассоциирующие с породами фаменско-турнейской рудоносной Шумиловской формации; 7 – рудоносные фаменские-визейские вулканогенные карбонатно-терригенные образования **Горы Магнитной**; 8 – карбонатные породы надрудной визейско-серпуховской кизилской (грековской) формации; 9 – граниты, сиениты, диориты; 10 – габброиды; 12 – тектонические границы внутренних и внешних кальдер; 13 – тектонические границы рудного поля.

тонические границы внутренних и внешних кальдер; 13 – тектонические границы рудного поля.

Месторождение Малый Куйбас связано с крупным колонноподобным ксенолитом местных вулканогенно-осадочных пород в пределах интрузии габбро-гранодиорит-граносиенитов. Вмещающие породы представлены субщелочными андезит-базальтами, андезитами трахитами с прослоями известняков, прорезанные многочисленными апофизами и дайками. Массивные титаномagnetитовые руды образуют мощные круто падающие жилы, окруженные ореолом высококачественных вкрапленных ильменитоносных магнетитовых руд.

Марганцевые месторождения

Свердловская область. В девоне формировались гидротермальные марганцевые месторождения Сапальской группы Горноуральского городского округа. Сапальское месторождение представлено штокообразными залежами руд, но есть и пласто- и линзоподобной форм. Вмещающие породы – мраморизованные известняки, переслаивающиеся с ортофирами. В минеральном составе преобладают браунит $\text{Mn}_2+\text{Mn}_{6-4}+[\text{O}_8\text{SiO}_4]$ и гаусманит $\text{Mn}_4+\text{Mn}_{22}+\text{O}_4$; присутствуют и карбонаты

марганца. Шесть рудных тел сложены окисленными, окисными и карбонатными рудами. Открытым способом добывали валунчатые и рыхлые окисленные руды на закарстованной поверхности известняков. Залежи сложены гаусманитом, браунитом, псиломеланом, родохрозитом, манганокальцитом. В карбонатных рудах в среднем 19,7 % Мп, в окисдных в среднем 38,8% Мп. В окисленных рудах 15%-27,5 % Мп, в среднем – 25,6%. Прогнозные ресурсы по категории Р1 – 374 тыс. т, со средним 23,2% Мп.

ассоциирующей со спилитизированными трахитами и риолитами.

Сульфидные руды

В восточной Баварии у г. Боденманс пирротиновое тело **Зильберберг** мощностью до 6 м прослежено в кордиеритовых гнейсах и роговиках на 0,6 км. Вмещающие породы считают герцинскими: роговиками, претерпевшие перекристаллизацию в каменноугольный период под воздействием на слюистые сланцы (продуктом метаморфизма протерозойских "альгонкских" глин) гранитных интрузий. В горах Гарца Германии объекты Cu-Zn-Pb типа **Раммельсберг** и **Мегген** связаны с единым бимодальным вулканизмом среднего девона его щелочными умеренно кислыми морскими лавами (кератофиры) – залежи цветных и благородных металлов. В генетическом отношении **Раммельсберг** (рис. 5.5, 5.6) считают промежуточным между типами SEDEX и Куроко с возрастом D-C₁. Рудный слой объекта **Мегген** имеет мощность 1-7 м, в среднем, 3,5 м. Он состоит на 65-70% из пирита, содержит 13% сфалерита, 1% марказита, 0,6% галенита, 15-20% нерудных.

В Чехии в «древневарисскую эпоху» (360-330 млн лет) возникли меднорудные залежи **Злати Гори** с селеном, баритом на Богемском массиве (для него известны и более поздние руды, но – другого состава). В позднем девоне (360 млн лет) сформировалось и другое месторождение Центральной Чехии – кварцевые жилы **Йилов** с Pb, Zn, Cu, Au, Bi, Te, W, Mo.



Рис. 5.5. Руды девонского-раннекаменноугольного сульфидного полиметаллическо-серноколчеданно-баритового месторождения Раммельсберг, Северная Германия: А – полосчатая галенит-сфалеритовая; В – полосчатая халькопирит-сфалерит-пиритовая с 3 г/т Au, 230 г/т Ag. По (A.G. Mueller, 2008).

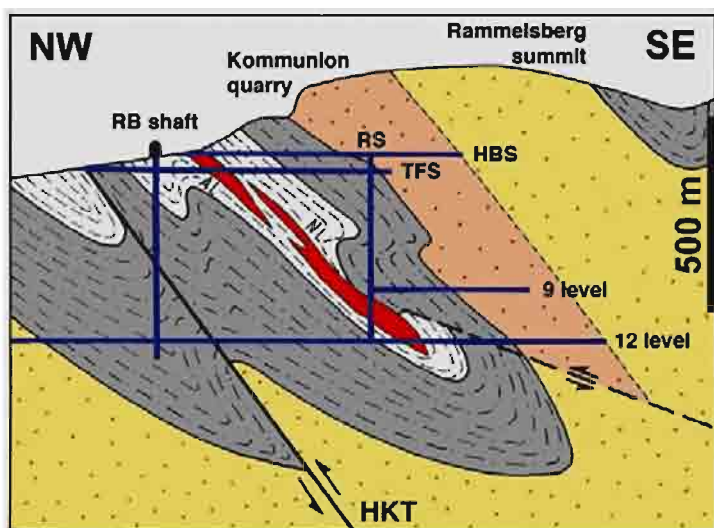


Рис. 5.6. Геологические разрез через девонское-раннекаменноугольное крупное Cu-Zn-Pb сульфидно-баритовое месторождение Раммельсберг, земля Нижняя Саксония, ФРГ. По F. Hinze et al. (1998).

Тело массивных сульфидов (маркировано красным) находится в опрокинутой синклинали, образованной эйфельскими известковистыми сланцами Верхний Виссенбах (не закрашены) и черными сланцами с прослоями песчаников Нижнего Виссенбаха (серый). Положение надвига Гессенкопф предполагаемое. Залежи руд ориентированы субпараллельно надвижу. Они сформировались после взбросообразования предшествующего складчатости.

Сланцы Калцеола не показаны. Нижнедевонские песчаники (желтым) закрашены оранжевым в местах распространения тонких сульфидных слоев типа «мантос» и вкрапленности в виде агрегатов сульфидов по рудничным сечениям (темно-синим). Шахты Раммельсберг (RB) и Рихтшахт (RS) соединены штольней Хёнгебанк (HBS) и штреком Тагесфёрдер (TFS). Нижнедевонская толща, представленная преимущественно слюистыми мелководно-морскими

песчаниками и кварцитами содержит бентос, например, спирифериды. Её мощность более 1 км. Мощности всех подразделений девона возрастают с юго-востока на северо-запад: сланцево-известняковая толща Калцеола с 30-40 м до более 100 м, черные сланцы с прослоями песчаников Виссенбаха с 60-80 м до более 200 м, известковистые сланцы Виссенбах с 70-150 м до более 600 м. Всё это признаки нахождения объекта у края осадочного палеобассейна. Совокупно сланцы Калцеола и Виссенбах содержат по меньшему мере 24 слоя фельзических туфов, используемых как маркеры при стратиграфических построениях.

По юго-западу Пиренейского полуострова **Иберийский Пиритовый Пояс** протянулся на более 200 км, объединив около 80 месторождений девон-каменноугольного возраста. Среди них гиганты **Рио Тинто**, или **Уэльва**, **Лос Фрайлес-Асналкольяр**, **Тарсис**, крупное золотоносное **Ла Сарса**, **Алжустрел**, **Невес Корву**, последние два – в Португалии. В Поясе сконцентрировано 1700 млн т массивных сульфидов с Cu, Zn, Pb, драгоценными и стратегическими металлами.

На востоке **Французского срединного массива** около 360 млн лет назад утонение земной коры привело к выделению отдельных бассейнов, развитию толеитового магматизма в вулканогенно-осадочном бассейне Бревенн с появлением скоплений вулканогенных массивных сульфидов (VMS), Zn-Cu-Pb-Ba объектов таких как **Шасси**, **Шизель**. В бассейне Шатолэн Армориканского массива тогда же сформировались сульфидные полиметаллические месторождения **Боденэ**, **Порт-о-Муан**.

На **Южном Урале** (рис. 5.7, 5.8) среди вулканогенных пород среднего девона известны сульфидные месторождения, которые относят к типам Бесси (магнетит-халькопирит-пиритовые руды, **Зимнее** в зоне Домбаровской), уральскому (сфалерит-халькопирит-пиритовые рудных районов **Учалы**, **Сибай**, **Верхнеуральского** Восточно-Магнитогорской дуги), кипрскому (сфалеритовые халькопирит-пиритовые, месторождения **Блява**, **Яман-Касы** Сакмарской зоны, **Жарлы Аша**, **Актогай**, **Жангана** Западно-Магнитогорской, **Летнее** в зоне Домбаровка), атлантическому (халькопирит-пирит-пирротинные с кобальтом, месторождения **Дергамыш**, **Ивановка**, **Ишкинино** Предсакмарской зоны).

Различают четыре сорта промышленных руд – медные, медно-цинковые, цинковые, пиритовые. В Тубинско-Гайской зоне (восток Оренбургской области) расположено и уникальное **Гайское** медноколчеданное месторождение, открытое в 1950 г., рис. 5.9. Некоторые считают объект крупнейшим в Мирове по запасам массивных сульфидов и золота (566,4 т, по [Крупные..., 2006]) среди вулканогенно-гидротермальных аккумуляций в вулканогенных толщах (английская аббревиатура – VHMS). Становление руд **Гая** было длительным. Начальные стадии формирования залежей относят к D₃ (375-350 млн лет), финальные – C₁ (325-310 млн лет, все K-Ar). Другие авторы считают, что рудогенез начался с появлением ранних тел «Главной системы рудных залежей» в раннем девоне, одновременно с ранними липарит-дацитами. Богатые руды верхних тел возникли позже, в конце времени формирования образований «непрерывной формации» D₁-D₂e. Перераспределение рудного вещества продолжилось и позже. Открыты на Урале и Cu-порфировые объекты – самое крупное **Салават** в Башкирии.

В вулканическом поясе **Центрального Казахстана**, завершившего развитие перед фаменом, обнаружены жильные объекты меди (**Коджанчад**), медно-порфировые (**Самарское** у Караганды; **Шалгия**; **Сарызаган**; **Коксай** в Джунгарском Алатау). На крайнем юге в раннем карбоне появились скопления халькозин-борнитовых руд и самородной меди, наиболее крупное из которых – **Темирлик**.

На **Алтае** эйфельскими и франскими считают крупные скопления массивных Pb-Zn, Cu-Pb-Zn с Ag и Au сульфидных руд **Змеиногорского**, **Черепановского**, **Лениногорского**, **Зыряновского**. Все они находятся преимущественно в зонах смятия. В Северо-Восточной зоне они полиметаллические – **Гусляковское**, **Зареченское**, **Зыряновское**, **Корболихинское**, **Лениногорское**, **Рубцовское**, **Среднее**, **Степное**, **Стрижковское**, **Таловское**, **Тишенское**. Cu-Pb-Zn залежи более свойственны зоне Иртышской – месторождения **Белоусовское**, **Березовское**, **Золотушинское**, **Николаевское**, **Орловское**. Большинство объектов ассоциирует с контрастной базальт-риолитовой ассоциацией эйфеля и франа, на 80-90% образованной кислыми породами.

В металлогенических поясах **Западной Монголии** (410-320 млн лет) встречены объекты: 1 – полиметаллические (Pb, Zn±Cu, Ba, Ag, Au) в метасоматитах по вулканитам; 2 – Cu в осадочных толщах; 3 – Au жильные, ассоциирующие с гранитоидами; 4 – с Nb и Zr в агпайтовых (перенасыщенных щелочами) гранитоидах среднего-верхнего кембрия. Важный Cu-порфиновый объект Монголии **Тсагаан Суварга** исследователи склонны считать позднедевонским – 370 млн лет. Крупное Mo месторождение **Эрденет** более молодое, 240 млн лет. На юге Монголии предполагается несколько золотоносных медно-порфировых объектов, таких как **Шутеен** и **Хармагтай**. На площади первого распространены туфы, песчаники, известняки C₁, прорванные монцодиоритами, гранодиоритами, гранитами плутона Шутеен (321±9 млн лет, Rb-Sr). Там же обнаружены Cu-порфировые с Au залежи **района Оуи Толгой** и Толгой с несколькими крупными системами сульфидизации – **Южный Оуи**, **Юго-Западный Оуи**, **Центральный Оуи**, **Хухо Думетт**. Все они, видимо, ассоциируют с гранитоидами D₃-C₁, но могут быть и более поздними.

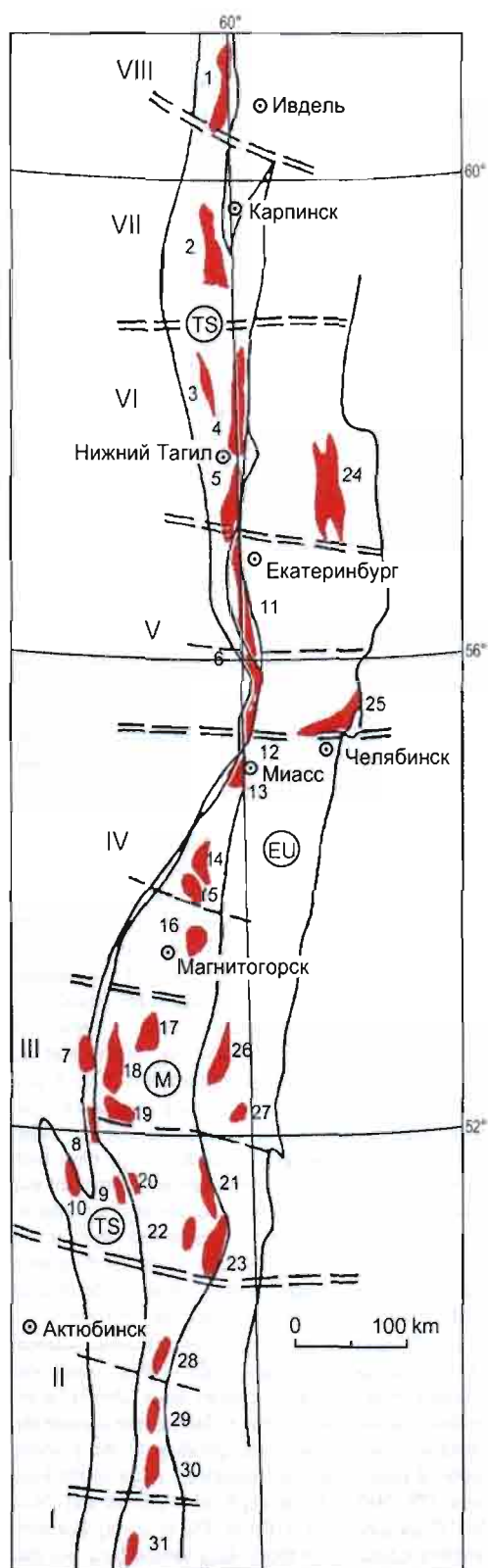


Рис. 5.7. Рудные районы Среднего и Южного Урала с месторождениями массивных сульфидов. По V.V. Maslennikov et V.V. Zaykov. Рудные районы (цифры): 1 – Ивдельский, 2 – Карпинский, 3 – Кабанский, 4 – Красноуральский, 5 – Кировоградский, 6 – Иаукский, 7 – Юлукский, 8 – Ивановский, 9 – Ишкининский, 10 – Медногорский, 11 – Дегтярский, 12 – Карабашский, 13 – Миасский, 14 – Учалинский, 15 – Верхнеуральский, 16 – Александринский, 17 – Сибайский, 18 – Баймакский, 19 – Бурибай, 20 – Гайский, 21 – Теренсай, 22 – Ащебулак, 23 – Домбаровский, 24 – Сафьяновский, 25 – Кунашакский, 26 – Амурский, 27 – Айдырлы, 28-31 – Западно-Магнитогорской группы. Римскими цифрами обозначены номера тектонических сегментов, пунктирные линии обозначают поперечные разрывы. Металлогенические зоны (буквенные обозначения): EU – Восточно-Уральская, М – Магнитогорско-Мугоджарская, TS – Тагильско-Сакмарская.

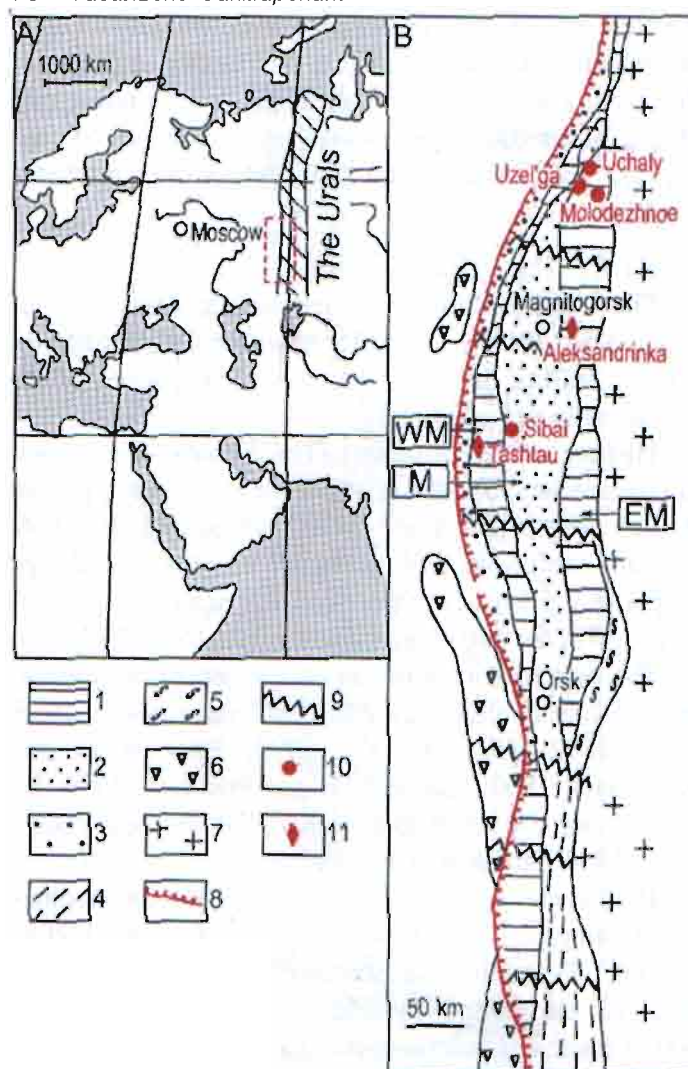


Рис. 5.8. Южный Урал. Месторождения массивных сульфидных руд Учалы, Узельга, Молодежное, Таштау, Александринка, Сибай в палеозойских структурах островных дуг: А – обзорная схема, В – геодинамическая схема. По G.S. Gusev et al. (2000). 1 – островные дуги PZ; 2 – междугуовые бассейны; офиолитовые зоны: 3 – фрагмент Предсакмарской субдукционной зоны, 4 – Западные Мугоджары (тыловодужный бассейн позади Западно-Магнитогорской островной дуги), 5 – Домбаровская зона (тыловодужный бассейн позади Восточно-Магнитогорской островной дуги), 6 – площадь перед фронтом аллохтонов; 7 – Восточно-Мугоджарский микроконтинент; 8 – Главный Уральский разлом; 9 – скрытые поперечные разломы; 10-11 – типы месторождений: 10 – массивных сульфидных руд сфалерит-халькопирит-пиритовых уральского типа, 11 – Au-барит-Cu-Pb-Zn («Куроко»). Палеозойские островодужные структуры: WM – Западно-Магнитогорская дуга, М – Магнитогорский междугуовый бассейн, EM – Восточно-Магнитогорская дуга.

В Марокко, близ г. Марракеш, разрабатывают гидротермальные сульфиды с каменноугольным возрастом. На площади **Хажар** Pb-Zn залежи локализованы в породах C_1V . Рядом находится подобный объект **Драа Лафар**. Еще одна рудная площадь с рудами динанта – **Драа Сфар**.

В Канаде, юго-восток Территории Юкон, рудный район **Финлэйсон Лэйк** вмещает скопления сульфидов, локализованных среди пород от D_3 до C_1 . Все они накопились в пределах вулканических дуг или задужных бассейнов. Залежи отнесены к типам Бесси (**Файр Лэйк**), Куроко (**Кудз зе Кая, GR4F**), «массивных сульфидов среди вулканогенно-осадочных отложений» (**Волверайн**). К настоящему времени в районе **Финлэйсон Лэйк** сульфиды открыты в 34 пунктах.

Золото. Серебро

На Полярном Урале в Ямало-Ненецком национальном округе известен объект **Новогоднее-Монто** с рудами золото-сульфидно-кварцевыми жильными и прожилково-вкрапленными, а также золото-сульфидно-магнетитовыми скарновыми. Золото-кварцевая жильная и прожилково-вкрапленная минерализация связана с дайками монцодиоритов поздней фазы конгорского комплекса D_{2-3} .

На Среднем Урале в Восточно-Магнитогорской островной дуге (Гумбейская зона Челябинской области, по р. Гумбейке, левому притоку р. Урал) эксплуатируют позднедевонские золото-адуляр-кварцевые объекты **Куросан Южный**, **Западный** (рис. 5.16) и **Северный**. Старейшее **Березовское** месторождение, Свердловская область, ассоциирует с среднепалеозойскими туфогенно-осадочными породами. Березиты образуют лестничные жилы мощностью до 0,1 м. Наиболее распространены кварц-золото-сульфидные и кварц-шеелит-турмалиновые жилы. Содержания золота – 7-12 г/т. Золотоносные родингиты открыты на площади Карабашского плутона, Челябинская область (родингитами называют жильные кальцево-силикатные метасоматиты интрузий габбро-перидотитов). Тела родингитов залегают в тектонической зоне протяженностью до 3 км. Они золотоносны на небольшом участке протяженностью 350 м, где разрабатывается месторождение **Золотая Гора**.

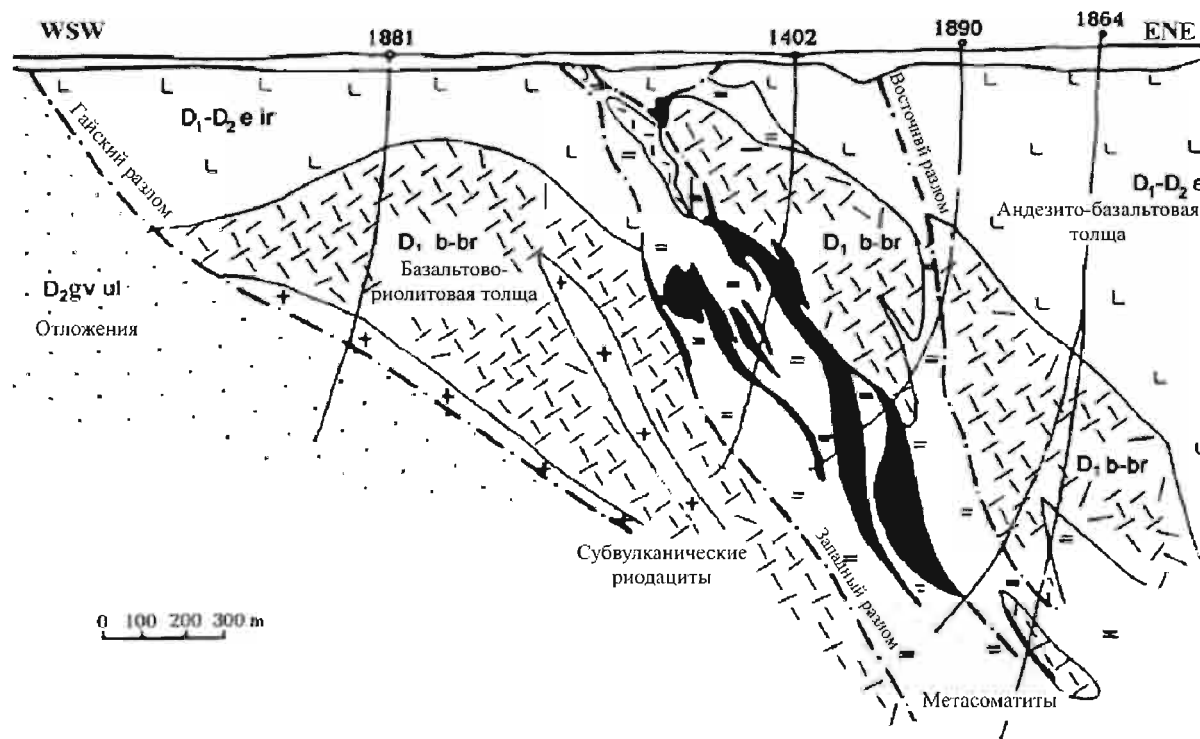


Рис. 5.9. Геологический разрез 107 через Гайское месторождение, по данным Гайской горнообогатительной компании. Из работы I. Vikentyev et al. (2006).

В девонском вулcano-плутоническом поясе *Центрального Казахстана*, завершившего развитие перед фаменом, обнаружены девонские золото-сульфидно-кварцевые **Акбайкайского** Sb-As-Au-рудного типа. Локализованы они в висячем боку офиолитового шва. В **Акбайкайском** рудном районе известны **Акбайкай**, **Аксакал**, **Алтынтас**, **Бескемпир**, **Думан-Шуак**, **Карьерное**, **Кенжем**, **Кенгир**, **Олимпийское**. В районе Майкабат-Алтынсай выявлены **Алтынсай**, **Жаксы**, **Майкабат**, **Узуетас**.

На Алтае золотоносные скарны объектов **Мурзинское-1**, **Мурзинское-2**, **Майское**, **Синюхинское**, **Баяниха** залегают в карбонатных породах фундамента и перекрывающих терригенно-карбонатных (O-S)а близ контактов с девонскими гипабиссальными гранитоидами. Ныне рудником **Веселый** эксплуатируется

только **Синюхинское** скарновое месторождение (19 т запасов). На **Мурзинском** месторождении кучным выщелачиванием обрабатывали тело аргиллизитов участка **Рудный Лог** с 1,5-2,0 г/т металла.

В **Магаданской области**, Омолонский срединный массив, эпохой тектоно-магматической активизации (D_2-C_1) связано становление объектов **Кубака** (рис. 5.10), **Ольча**, **Юное**, **Биркачан**, **Дубль**, **Магнитное**.



Особенностями древних Au-Ag месторождений Омолонского массива считают не только низкое отношение Au:Ag в рудах, но и более позднее отложение арсенопирита по сравнению с полисульфидами и собственно золотом, а также широкое распространение минералов серебра, относимых к группам маккинстриита $(Fe, Ni, Co)_{1+x}S$ -ялпаита Ag_3CuS_2 и штернбергита $AgFe_2S_3$ -штрмейерита $CuAgS$. Жильные и прожилковые тела локализованы среди метасоматитов в пределах полей распространения кидонской серии D_3-C_1 , а также среди пород кислого состава экзотризм и в подстилающих трахиандезитах. Залежи встречаются в краевых частях крупных вулканогенных депрессий или впадинах просадочного происхождения. Последние осложнены по периферии экзотризмами, вулканическими куполами с породами кислого состава в ядрах.

Рис. 5.10. «Омолонский хаб» – проект крупного перерабатывающего центра в Магаданской области вокруг визейских (от 335 ± 5 млн лет до 337 ± 8 млн лет (Полиметалл,

2009) месторождений золота и серебра Биркачан, Орош, Сопка Кварцевая, Цоколь и Дальнее
<http://www.polymetal.ru/admin/content/edit/?q=attachment.rpc&fid=16526> <http://www.polymetal.ru/14505>

И.Н. Котляр с соавторами (2001) показали, что основное оруденение **Кубаки** имеет возраст от 335 ± 5 млн лет до 337 ± 8 млн лет, т.е. отвечает визейскому веку раннего карбона. С более поздними этапами регенерации связаны более молодые даты интервала 212-110 млн лет, отчего Н.Е. Савва допустил полихронное формирование руд, указав на присутствие поздних кварц-адуляр-халцедоновых жил с серебряно-селенидным парагенезисом в штольне №1. Запасы месторождения определены в 96,1 т Au (среднее содержание 20,2 г/т) и 101,5 т Ag (21,3 г/т). В **Кубакинский** узел Н.Е. Савва [Крупные..., 2006] включил серебряное месторождение **Биркичан** и ряд рудопроявлений, открытых в радиусе 60 км: **Дубль**, **Иняга**, **Ёлочка**, **Орош**, **Юное**, **Зет**, **Туманное**. Для **Биркачана**, рис. 5.11, оценены общие ресурсы 15,76 млн т руды со средним 2г/т Au (всего около 32 т) и 10,4 г/т Ag (около 160 т).



Рис.

5.11. Золото-серебряное месторождение (C_1) Биркачан, Омолонский массив. Экспериментальный карьер. <http://is.park.ru/servlets/GetDocBody?guid=cc7f0049-3a3e-4122-9349-f2b31d03c052>

В китайском Восточном Тянь-Шане раннегероцинские золоторудные объекты, мало- и высокосульфидные, приурочены к терригенно-вулканогенной впадине Туласу (C₁). Наиболее значительным считается **Ащи** визейского возраста. Оно размещено в толще, образованной потоковыми андезитовыми автобрекчиями, обломочными андезитовыми туфами и прочими брекчиями формации Дахалажонгшань (C₁), рис. 5.12. Среди подобных эпитермальных золоторудных объектов – **Йерманд**, или Йелменд, **Цзинси**, **Тавуэрбиеке**, **Киабуканжуота**.

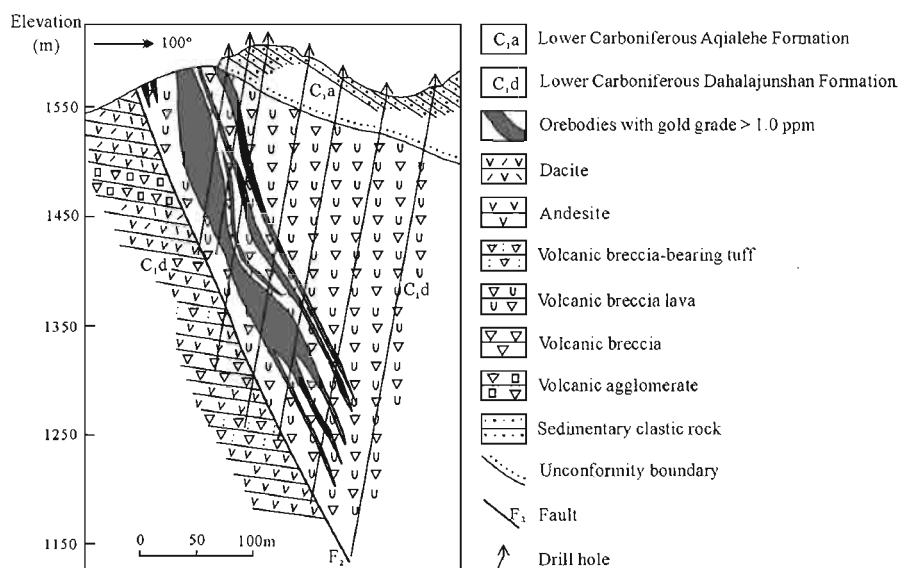


Рис. 5.12. Геологический разрез по разведочной линии 24 золоторудного месторождения Ащи. По данным Первой геологической группы Бюро геологии и минеральных ресурсов Синцзяна. Условные обозначения, перевод, сверху вниз: 1 – формация Акиалехе (C₁); 2 – формация Дахалажонгшань (C₁); 3 – рудные тела с содержанием Au более 1 г/т; 4 – дациты; 5 – андезиты; 6 – туф с обломками вулканитов; 7 – лавобрекчия; 8 – вулканогенная брекчия; 9 – вулканогенные агломераты; 10 – кластиты осадочного происхождения; 11 – границы несогласий; 12 – разлом; 13 – буровые скважины.

Золотоносный кварц **Северной** залежи преимущественно халцедоновидный, скрытокристаллический, друзовидный, шлакоподобный, местами полосчатый. **Южное** рудное тело, имеет штокверкообразный облик, сильно окремнено, брекчировано, намного протяженней. Основные изменения в проксимальной зоне – силицифицирование, в периферической – филлизитовые (серицит-пиритовые).

В **Центральной Австралии** известен регион исторической золотодобычи **Аранта** в составе полей **Арлтунга** и **Уиннеке**. Они дали 2758 кг и 41 кг золота соответственно из кварцевых жил с золотоносным пиритом и примесью халькопирита. Вмещающими породы – кварциты Хэвитри, Бита Спрингс и породы фундамента. Возраст жил в кварцитах – 322 млн лет, К-Аг, мусковит. Значительная Au-минерализация тяготеет к зоне зеленосланцевого метаморфизма региона **Аранта**, покровно-надвиговым комплексах, формировавшихся в орогенез Элайс Спрингс, 450-300 млн лет назад. Золотоносные кварцевые жилы полей **Арлтунга** (рис. 5.13) и **Уиннеке** вмещают породы фундамента, неопротерозойские кварциты Хэвитри, породы формации Биттер Спрингс. Минерализация появились 322 млн лет назад (мусковит кварцевых чёток, К-Аг. ⁴⁰Ar/³⁹Ar исследования дату подтвердили: серицит из метасоматитов рудной стадии, ассоциирующий с кварцевыми жилами, имеет возрасты 342-320 млн лет. В общем, геологи признают ⁴⁰Ar/³⁹Ar возраст золотой минерализации Центральной Австралии 368-308 млн лет (серицит) и связь ее с орогенезом Элайс Спрингс. Предполагается, Au гидротермальным путем выщелачивалось из вулканитов и метасадочных толщ фундамента флюидом, возникшим при ретроградном зеленосланцевом метаморфизме и отлагалось в благоприятных структурах.

На СЗ Квинсленда известно золоторудное поле **Аманда Бел** палеозойской провинции Брокен Рива и ее субпровинции Кэмел Крик. Здесь выявлены Au-Sb-As, Au-As объекты: **Тара**, **Вестерн Ант**, **Литтл Ант**, **Фар Ант**, **Ред Ант**, **Ред Голд**, **Блю Голд**, **Блю Ант**, **Эапот Голд**, **Спартан**, **Дэд Хос**, **Голден Кап**, **Космик Коубой**, **Джако Зоун**, **Дипи**, **Лайн Фиси**, **Дора Крик**, D₃-C. Формировались они в три фазы, из которых две ранние были золотоносные, а третья самая поздняя – сурьмяная. В штате Виктория рудное поле **Уалхалла-Вудс Пойнт** объединяло около десяти богатых объектов, среди которых собственно **Уалхалла**, **Морнинг Стар**, **Гриффис** и др. Их Au-кварцевые жилы возникли на рубеже раннего и среднего девона, 380 млн лет назад, в связи с внедрением изогнутых даек диорит-порфировитов мощностью 50-250 м и протяженностью до 200-500 м. В штате Новый Южный Уэльс Cu-Au поле **Кобар** Лакланского пояса объединило субмеридиональный кластер структурно-контролируемых скоплений месторождений Au, Cu, Pb, Zn. Все они локализованы на контакте двух раннедевонских толщ: песчаников, алевролитов формации Чесни и вышележащих алевролитов, аргиллитов **Грэйт Кобар Слэйт**. Протяженность коридора с месторождениями – 11 км. Среди них: 1 – **Пик** (Au), на юге; 2 – **СиЭсЭй** (Cu-Pb-Zn); 3 – **Грэйт Кобар**; 4 – **Чесни**; 5 – **Оксидентал**; 6 – **Коронэйшн-Квин Би**. Четыре последних – Cu-Au. Контролирующая шир-зона находится близ края

девонского рифта, в котором накопились отложения, вмещающие перечисленные рудные объекты. Zn-Pb-Ag месторождение **Елура** отработано в той же структурной позиции, на удалении 40 км к северо-западу.



Рис. 5.13. Раннекаменноугольные (322 млн лет, K-Ar, мусковит) золотоносные руды из карьера Уайт Рэйндж, поле Арлтунга, Центральная Австралия. По (М.М. Ahmad et al., 2009). Слева – кварцевая жила с крупными выделениями пирита. Справа – золотоносный кварц с многочисленными трещинами скола («шир-трещинами»)

На Тасмании с ранними гранитоидами (D₁-C₃) ассоциируют залежи Au и Cu, с поздними – Sn (**Ренисон Белл, Росарден**). Стратиформные и жильные залежи Au-Ba-Pb-Zn **Роусбери** находятся среди гранитизированных в девоне кембрийских лав и пирокластов. Содержания Au здесь 2,9 г/т, Cu – 0,77%, Zn – 16,2%, Pb – 5%. Линзы барита мощностью до 12 м наблюдаются в верхних частях разреза. В Западной Тасмании открыто месторождение **Кве Рива**, которое одновозрастно с Роусбери.

Редкие, малые и редкоземельные металлы (W, Sn, Sb)

В Горном Алтае Sc-TR с U грейзено-метасоматический объект **Кумир** связан с девонскими субвулканическими гранит-порфирами-аляскистыми порфирами Коргонской вулcano-плутонической структурой. Залежи **Кумирское-II, Спартак, Кумирское-III** тяготеют к тектонически нарушенным контактам Кумирского штока, прорвавшего вулcanoгенно-осадочную толщу D₁₋₂. В конце раннего-начале среднего девона в Тыве сформировалось кобальтовое месторождение **Ховуаксы** (Хову-Аксы).

В Казахстане, **Кокчетаусская** зона, комплексные руды с Ta имеют возраст 390-300 млн лет. Рудоносны метасоматиты апикальных частей альбититовых гранитов. Содержания Ta₂O₅ – первые сотые процента. Редкометалльные с танталом объекты Калбинского хребта (**Калба**) и **Ленинское** касситерит-шеелитовое, с топазом, флюоритом связаны с куполами щелочных гранитоидов Чу-Илимской, Чингиз-Тарбагатайской, Северо-Тяньшаньской зон. Их возраст – 0,42-0,28 млрд лет. Руды принадлежат гранит-лейкогранитной W-Sn-Ta формации. Залежи **Карасу** и **Верхнего Эспе** ассоциируют с грейзенами (альбититами). Они предположительно регенерированы на герцинском этапе. Есть указания на их пермский возраст. Собственно Sc-TR объект – **Кумар** на СЗ каледонид Северного Казахстана. Там вулcanoгенно-осадочные красноцветы D прорваны кварцево-полевошпатовыми порфирами D₂. Присутствуют грейзены (метасоматические альбититы) с минерализацией на площади 600 м x 150 м, 250 м в глубину. В рудах – уранинит, тортвейтит (Sc,Y)₂Si₂O₇, фергусонит (Y,TR)(Nb,Ta)O₄, бастнезит Ce[FCO₃], гадолинит Y₂FeBe₂[OSiO₄]₂, берtrandит Be₄[(OH)₂SiO₄ SiO₃], касситерит, берилл, ортит, браннерит (U⁴⁺,Ca,Th,Y)[(Ti,Fe)₂O₆]_x nH₂O и др.

На северо-западе Тасмании находится небольшой девонский объект **Кара**, содержащий, помимо шеелита, и магнетит. Магнетит-пироксеновые скарны развиты на контакте известняков O и гранитов D. Это единственный в Австралии производитель W (2007 г.): 17 т концентрата с 55% WO₃.

В Канаде, пров. Новая Шотландия, верхнедевонские кварц-мусковит-топазовые грейзены с оловянной минерализацией связаны с плутоном **Дэвис Лэйк**. Плутон сложен лейкогранитами

пералюминиевыми (перенасыщенными Al) и подчиненными топаз-мусковитовыми, датированными – 380 млн лет (U/Pb по циркону, Ag/Ag по слюде). Грейзены месторождения **Сп Дэвис Лэйк** на контакте лейкогранитов имеют запасы руды 56 млн т с 0,165% Sn. Пегматиты с REE на Востоке Канады формировались в четыре орогенических цикла, в т.ч. акадский (375-325 млн лет) Аппалачской структурной провинции. Экономически перспективно раннегерцинское Li пегматитовое поле **Бразил Лэйк** в пров. Новая Шотландия: две дайки гранитных пегматитов с Ta, Be, Li, Rb, Sn и т.д.

В Аппалачах США ряд объектов с Ta, Be, Li формировались в интервале 0,45-0,35 млрд лет назад. Среди них **Хоникомб-Хилл**, штат Юта, – пегматитовые риолиты с Ta, Nb, Sn одноименного купола. Объект **Хокинс-Бренч**, Северная Каролина, связан с монцогранитовыми лейкосоматами в кристаллических гранитизированных сланцах (касситерит с вростками Ta-Nb рутила, монацит). В Северной Каролине известны многие пегматитовые жилы с колумбитом и танталитом.

В Южной Америке **Боливийско-Аргентинский пояс** редкоземельных-редкометалльных пегматитов запада Бразильского щита для пегматитов долгое время характеризовался единственной датой – 325 млн лет. Редкометалльные пегматиты Аргентины рассекают вмещающие толщи (месторождения **Сан Луис, Сан Элиас, Кабеса де Новильо, Сема**), но изредка согласны со сланцеватостью в них (**Ла Тотора**). Все крупные тела содержат литиевое или бериллиевое оруденение, а иногда и танталит-колумбит, урановые, висмутовые минералы, касситерит. Лепидолит в значительных количествах известен на единственном месторождении – **Сан Элиас**.

Из 150 бериллиевых месторождений страны **Лас-Тапиас**, пров. Кордова, крупнейшее не только в Аргентине но, возможно, и в мире. Только в провинции Кордова в свое время действовал 191 рудник и подготавливались к эксплуатации еще несколько. Одно из важных пегматитовых полей Аргентины, содержащее бериллы ювелирного качества – **Веласко** в провинции Ля Риоха, рис. 5. 14, 5.15.

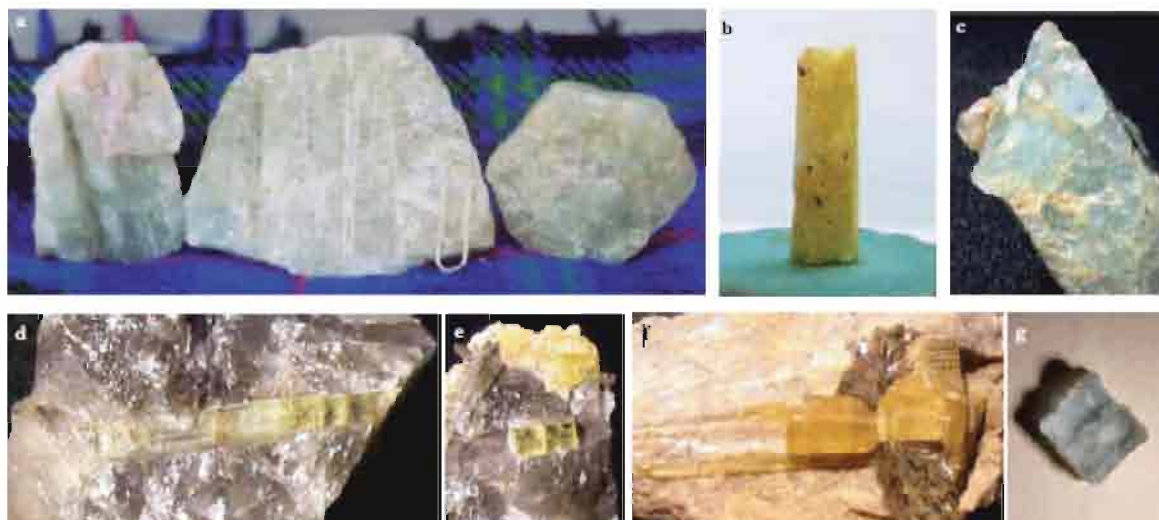


Рис. 5.14. Берилл из раннекаменноугольного пегматитового района Веласко, провинция Ля Риоха, Аргентина. По Fernando Guillermo Sardi (2008). а – молочный, зеленоватый берилл. Слева и в центре на поверхности заметна полосчатость. Берилл права сохранил контуры шестигранника. Ширина снимка 12,2 см; б – идиоморфный желтый берилл. Ширина поля снимка 3,2 см; с – бледно-голубой (бирюзовый) берилл-аквамарин. ширина снимка 0,6 см; d и e – просвечивающие и прозрачные бериллы – разновидности гелиодора на сером кварце. Ширина фото 1,5 см и 0,6 см. соответственно; f – гелиодор с полевым шпатом и слюдой. Ширина снимка 1,7 см; g – обломок аквамарина. Ширина снимка 1,8 см.

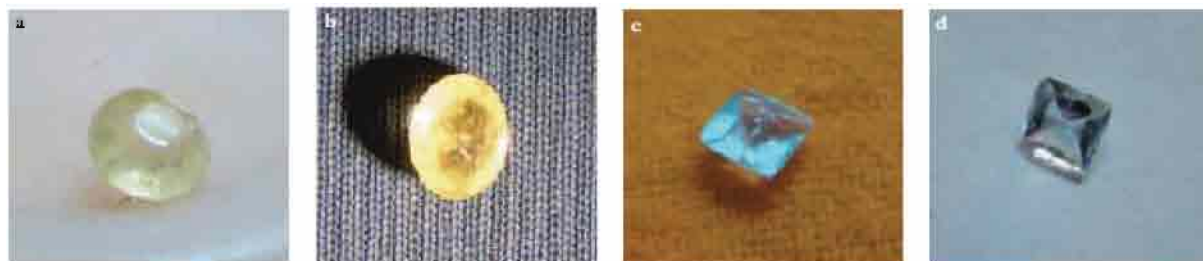


Рис. 5.15. Ограненные бериллы из раннекаменноугольного пегматитового района Веласко, провинция Ля Риоха, Аргентина. По Fernando Guillermo Sardi (2008, рис. 4). а, b – гелиодор,

образец длиной 7 мм, 0,615 карат, на разном фоне и под разным освещением; с, d – аквамарин, 5 мм², 1, 279 карата, на разном фоне и под разным освещением.

Высокоглинозёмистое сырьё

В Северном и Восточном Забайкалье в 1960-е гг. открыт новый тип Al-K-Si руд – нефелиновые псевдолейцитовые сиениты-сынныриты. Из трех объектов только **Сакунский** в Бурятии (15 км от БАМа, 20 км от станции Хани) нижнекаменноугольный (330-320 млн лет).

Графит

В Иркутской области, Бельские гольцы Восточного Саяна, с 1847 г. отработывают крупные скопления графита **Ботогальское**. Залежи вмещает позднедевонский (373 млн лет) одноименный массив нефелиновых сиенитов овальной в плане формы (10 км²), прорвавший среднепротерозойские кристаллические сланцы и известняки.

5.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза

В раннегерцинский этап эндогенные рудные месторождения формировались преимущественно в палеозойских орогенных областях Западной Европы, Урала, Центрального Казахстана, Алтая. На территории континентов выделяются восемь историко-минерагенических провинций (см. рис. 5. 1). Пять из них (Ia – Восточно-Европейская, Ib – Восточно-Сибирская, Iv – Уральско-Монголо-Алтайская, Ig – Восточно-Китайская, Id – Восточно-Австралийская), в пределах которых сосредоточены все проявления кимберлитового магматизма, объединены в историко-минерагеническую мегапровинцию Восточного полушария, которую ранее авторы именовали Великой полосой кимберлитового магматизма. Прочие ИМП: II – Западноевропейская, III – Перилаврентийская, IV – Западной Аргентины.

Восточно-Европейская ИМП. К описываемому этапу относится становление всех ныне известных диатрем кимберлитов Архангельской алмазонасной субпровинции (с Терским берегом Кольского полуострова), кимберлитов и кимберлитоподобных пород Приазовья, Белоруссии, Лужского района Главного девонского поля, Шпицбергена, Вилуйской субпровинции Якутии, Северной Австралии. С интрузивом Хибинского массива связаны крупнейшие в мире месторождения апатит-нефелиновых руд магматического типа в йиолит-уртитях. **Ковдорский** массив содержит руды апатит-форстерит-магнетитовые, форстерит-магнетитовые, вкрапленные и массивные. Их запасы составляют 0,54 млрд т. С ним связаны также месторождения: уникальное флогопитовое (крупнейшее в мире), вермикулитовое (самое большое по запасам в СНГ), оливинитовое (для производства огнеупоров), апатит-штаффелитовое (фосфатная шляпа коры выветривания на апатитоносных карбонатах).

В **Восточно-Сибирской ИМП** основные поля среднепалеозойских кимберлитов расположены в центральной части платформы, Вилуйской субпровинции ЯАП. Однако появляется все больше данных о среднепалеозойских алмазонасных диатремах Анабарской субпровинции, где они соседствуют с мезозойскими и даже палеогеновыми. В периферических частях платформы (Прианабарская, Сетте-Дабанская провинции) продолжилось становление карбонатитовых массивов. В Прианабарье (массив Томтор) в раннекаменноугольную эпоху появились кальцит-хлорит-серпентиновые метасоматиты по щелочным габброидам, в Сетте-Дабане (Горноозерский массив) – нефелиновые сиениты центральной части; магматические карбонатиты; магнезиальные апокарбонатитовые скарны (по флогопитам, кальцитам). В южной части произошло становление тел нефелиновых сиенитов.

Урало-Монгольско-Алтайская ИМП. На Урале в раннем эйфеле возникли крупные и уникальные месторождения массивных сульфидных руд, такие как **Гайское**, **Касаргинское**, **Октябрьское** (Маканское рудное поле), **Сибайское**, **Юбилейное** и др. Установлены несколько ритмов поступления кислых вулканитов, с каждым из них связано отложение массивных сульфидов. В позднем живете здесь появились золото-полиметаллические и золото-барит-полиметаллические массивные сульфидные залежи Баймакского («куроко») типа ассоциируют с кислыми вулканитами. На Алтае имеются крупные месторождения массивных сульфидных руд полиметаллов, медно-полиметаллические с Ag и Au (**Змеиногорское**, **Черепановское**, **Лениногорское**, **Зыряновское**), а также Cu-Pb-Zn залежи – месторождения **Белоусовское**, **Березовское**, **Золотушинское**, **Николаевское**, **Орловское**. Их и полагают основой рудного потенциала региона. В раннем карбоне образовались крупные аккумуляции магнетитовых руд в **Магнитогорском** рудном поле с месторождениями **Гора Магнитная**, **Дмитровское**, **Южное**, **Подонвальное** и **Малый Куйбас**). Многочисленные мелкие аккумуляции Mn развиты на Южном Урале. Вулканогенно-осадочные месторождения **Атасуйского** типа (**Каражал**, **Ушкатын III**, **Жайрем**) концентрируются в вулканическом поясе Центрального Казахстана.

В Центральном и Восточном Казахстане известны девонские золото-сульфидно-кварцевые месторождения **Акбайского** типа. И медно-порфировые, и золото-кварцевые залежи одновозрастные, пространственно связанные с дайками диорит (монцодиорит) -гранодиоритов. В **Кокчетауской** тектонической зоне Казахстана развиты богатые танталом комплексные руды. В Восточно-Казахстанской области известны редкометальные с танталом месторождения Калбинского

хребта, или **Калбы**, и **Ленинское** касситерит-шеелитовое, с топазом, флюоритом. Руды принадлежат гранит-лейкогранитной W-Sn-Ta формации. Залежи **Карасу** и **Верхнего Эспе** ассоциируют с грейзенами (альбититами). Sk-REE с U месторождение **Кумир** Горного Алтая принадлежит грейзено-метасоматическому типу. Оно связано с вулканизмом D₃. В конце раннего-начале среднего карбона формировалось кобальтовое месторождение **Ховуаксы** в Туве. В Монголии имеется важное медно-порфировое месторождение **Чаган Суварга**, а также крупное молибденовое месторождение **Эрденет**, несколько золотоносных медно-порфировых месторождений, таких как **Шутеен** и **Хармагтай**.

Восточно-Китайская ИМП. Наиболее богатые коренные алмазоносные месторождения поля **Ляонин** в одноименной провинции локализованы в центре платформы, где имеется около 100 тел, из которых четверть – трубки, а остальные – дайки. В ИМП открыты золото-сульфидные месторождения, из которых наиболее крупное **Аши**.

Восточно-Австралийская ИМП. Поле **Мерлин**, Северные Территории, включает 12 диатрем. Три из них алмазоносны. Кимберлиты диатремы **Экскалибур**, локализованной на пересечении меридионального и северо-западной ориентировки разрывов, датированы поздним девонem – 367 млн лет. Трубка **Экскалибур** имеет длину 200 м, ширину – 150 м и площадь 2,4 га. В штате Виктория на юге Австралии девонскими являются залежи золоторудного месторождения **Бендигго**. Раннекаменноугольными определены месторождения **Чартерс Тауэрс**, **Чиллаго**, **Мунгана**, **Палмер Ривер**, **Ходкинсон**, проявления Sn, W, Bi, Mo. Золото-серебряные **Маунт Виатт** и **Селлхейм** в Квинсленде датированы 330 млн лет. Рудное поле **Кобар**, Новый Южный Уэльс, – медно-золото-рудное. Три основные месторождения кварцево-сульфидных руд на его площади связаны с зонами разломов в вулканогенно-осадочной силурийско-девонской толще. В залежах присутствуют медь – 1,3% и золото – 9-10 г/т. С ранними гранитоидами (D₁-C₃) Тасмании ассоциируют залежи золота и меди, с поздними – олова (месторождения **Ренисон Белл**, **Росарден**).

Западноевропейская ИМП. На западе Европы к девонским-нижнекаменноугольным отнесены месторождения железо-марганцевые, осадочно-экспляционные, в английской аббревиатуре, SEDEX), сульфидные полиметаллические-серноколчеданные-баритовые (тип **Rammelsberg**), вольфрамовые, магнезитовые, порфировые Cu-Mo-W. В граувакковой зоне австрийских Восточных Альп имеются месторождения магнезита **Сатлеркогль** в Фетче, возраст которых дискусионен. В «древневарисскую эпоху» (360-330 млн лет назад) возникли меднорудные объекты **Злате Гори** с селеном, баритом на Чешском массиве (для него известны и более поздние руды, но – другого состава). В позднем девоне в Центральной Чехии появились кварцевые жилы **Иилов** с Pb, Zn, Cu, Au, Bi, Te, W, Mo. Примерно в то же время формировались месторождения редких металлов и олова **Эшассьер** во Франции, связанного с куполами альбититов.

На северо-западе Иберии распространены медные вкрапленные и массивные сульфидные руды, интенсивно разрабатываемые. В **Иберийском Пиритовом Поясе**, юго-запад Пиренейского полуострова, более 80 месторождений, в т.ч. гиганты **Рио Тинто**, или **Уэльва**, **Алхустрель**, **Невес Корву** (последние два – в Португалии). 1700 млн т массивных сульфидов с Cu, Zn, Pb, драгоценными и стратегическими металлами – крупное золотоносное **Ла Сарса**. Содержания меди 0,5-1,5%, во вновь открытом в Португалии **Невес Корву** – до 15%. Общие ресурсы Cu в Иберийском Пиритовом Поясе оценены в 14,6 млн т.

Периалавентийская ИМП. В крупном горнорудном районе **Финлэйсон Лэйк** находятся позднедевонские-раннекаменноугольные месторождения массивных сульфидов. среди вулканогенно-осадочных отложений». Залежи содержат Cu, Pb, Zn, Ag, 1,38 г/т Au. Запасы руд 34 млн т. На Северо-Западных территориях Канады (бассейн Юкона) вольфрамоносный пояс **Селуин** включает крупнейшее месторождение **Маунт Плезант**. Раннегерцинскими оказываются некоторые грейзеновые месторождения олова (**Дэвис Лейк**), редкометалльные,

ИМП Западной Аргентины. Основные полезные ископаемые, сформировавшиеся в раннегерцинский этап, – редкоземельные-редкометалльные пегматиты. Редкометалльные пегматиты рассекают вмещающие толщи (месторождения **Сан Луис**, **Сан Элиас**, **Кабеса де Новильо**, **Сема**), но изредка согласны со сланцеватостью в них (**Ла Тотора**). Все крупные тела содержат литиевое или бериллиевое оруденение, а иногда и танталит-колумбит, урановые, висмутовые минералы, касситерит. Лепидолит в значительных количествах известен на единственном месторождении – **Сан Элиас**. Из 150 бериллиевых месторождений страны **Лас-Тапиас**, пров. Кордова, крупнейшее не только в Аргентине но, возможно, и в мире. Только в провинции Кордова действовал 191 рудник. На площади рудного поля Лас Тапиас пегматиты содержали массивный берилл на протяжении 60 метров при ширине 40 метров и средней мощности около одного метра. За четверть века до 1960 г. пегматитовое тело Лас Тапиас дало 20% всей мировой добычи берилла. В южном секторе месторождения, отдельно от скоплений берилла встречено и сплошное сподуменовая минерализация. Крупные залежи известны и в

других местах Кордовы. На руднике Эль Криольо одно из скоплений кристаллов берилла весило 30 тонн.

На севере пегматитовый пояс Аргентины углубляется в Боливию. В 200 км к ЗСЗ от г. Санта-Крус известно пегматитовое поле **Ла Белья**. Пегматиты Боливии залегают в виде линз до 25 м мощностью в слюдяных сланцах докембрия. Из них добывают берилл и колумбит.

5.3. Гипергенный минерагенез

Экзогенные процессы среднего девона – раннего карбона способствовали формированию месторождений полезных ископаемых многих генетических типов (рис. 5.16). Девонские толщи во внутренних и краевых впадинах Восточно-Европейской (Поволжье) и Северо-Американской платформ содержат крупные запасы нефти и газа. В Тыве, Центральном Казахстане, Восточной Европе, Австралии, Северной Америке сохранились залежи девонских каменных солей и сульфатов, а в бассейнах Виллистон (США), Припятской впадине Белоруссии – калийных солей. Широко известны месторождения медистых песчаников в каменноугольных сероцветах Центрального Казахстана (**Джезказган**). Есть повышенные содержания меди и в девонских красноцветах Западной Украины (Приднестровье). В Центральном Казахстане распространены осадочные железо-марганцевые и цинковые руды девона, сочетающиеся с гидротермальными барит-цинково-свинцовыми (атасуйский тип). Крупные залежи руд железа связаны с мощными корами выветривания, например, на Восточно-Европейской платформе (богатые руды КМА). На Урале и в Салаирском кряже обнаружены девонские бокситы, а в пределах Тиманского кряжа – уникальные россыпи минералов титана и циркония.

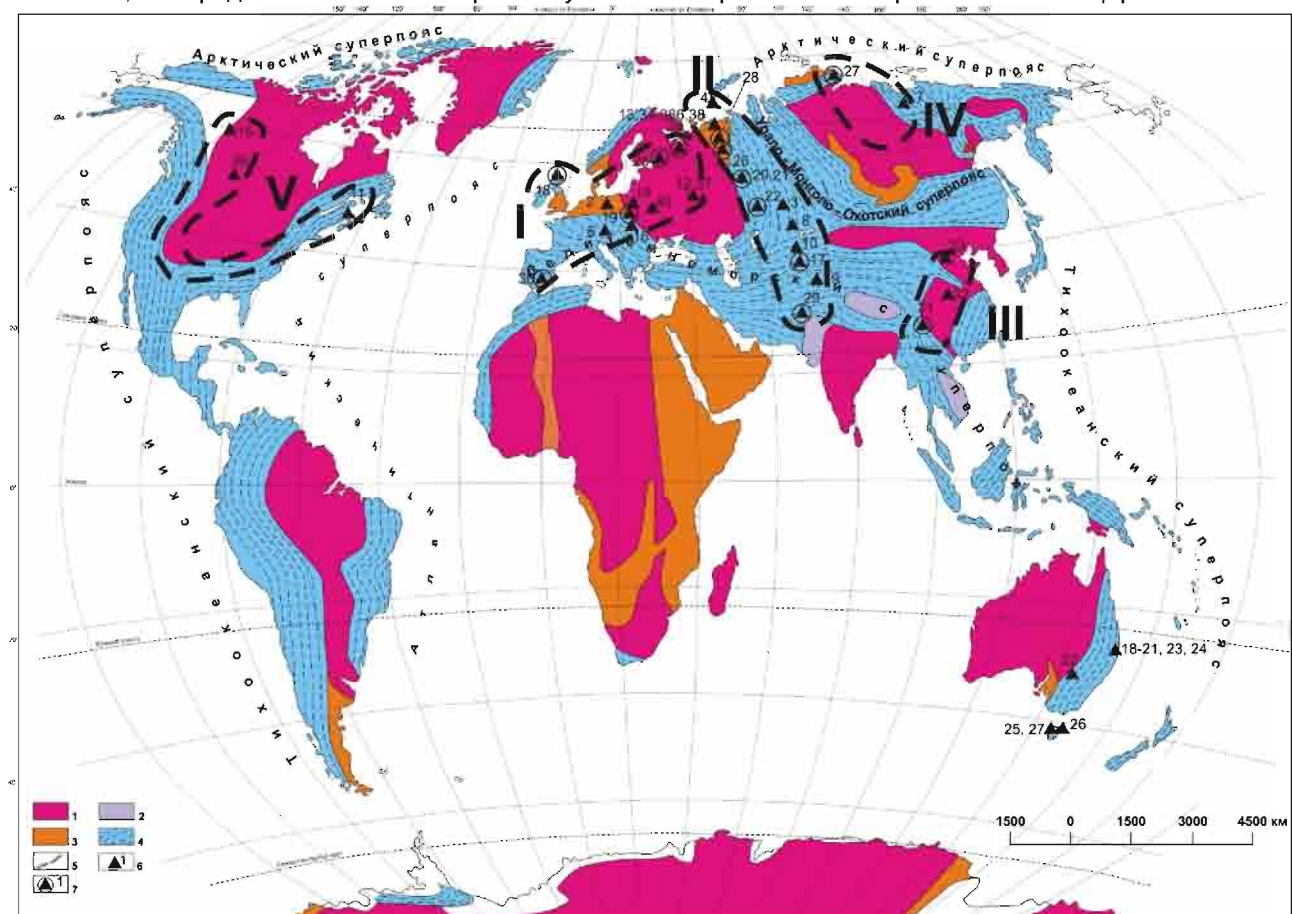


Рис. 5.16. Раннегерцинские (средний девон-серпуховской век раннего карбона, 400-310 млн лет) месторождения континентов Земли (экзогенный минерагенез). С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицировано. Условные обозначения: 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогей, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5 – геологические границы; 6-7 – экзогенные месторождения, в т.ч.: 6 – бокситы и высокоглинозёмистые породы. 7 – железные, марганцевые руды, медистые песчаники, каолины, титан-циркониевые россыпи. см. рис. 1.1 и 1.18. Римскими цифрами обозначены историко-минерагенетические провинции (оконтурены крупным пунктиром): I – Европейская, II – Уральско-Казахстанско-Гималайская, III – Восточно-Сибирская, IV – Восточно-Китайская, V – Перилавентийская. Раннегерцинские экзогенные месторождения и проявления:

I – железорудные стратифицированные: 1 – **Прибалхашский** железорудный район, юго-восток Центрального Казахстана. Проявления гематитовых железных руд формации железистых кварцитов (**Жиндау, Итбас, Калмакжактан I и II, Карашат, Сузыскара**), среди яшмокварцитов среднего ордовика; 2 – **Шляйцкая** (группа месторождений), Тюрингия, Германия. Железорудные эксгальационно-осадочные среди пород девона. Обогащены марганцем, до 10%.

II – первично осадочные марганцевые: 3 – **Атасуйский** (тип марганцевых и железорудных эксгальационно-осадочных месторождений), Центральный Казахстан – **Каражал, Ушкатын III, Жайрем, Ктай, Южный Клыч, Кеткен, Дальнезападный Каражал**; 4 – **Рогачевско-Тайнинский** район, Мл, Р, Южный остров, Новая Земля; 5 – **Примагнитогорский** марганцеворудный район.

III – первично осадочные (эксгальационно-осадочные) медные: 6 – **Эрцберг, Штирия**, Австрия. В девонских известняках железные руды, сопровождаемые меденосными образованиями; 7 – **Верхоянский** мегаантиклинорий, Якутия. Медистые сланцы; 8 – девонские медепроявления рудных районов **Атбасарского, Верхне-Ишимского, Джезказганского, Терсакканского, Улутау** в Центральном Казахстане; 9 – **Хандиза**, Южно-Гиссарская зона. Стратиформное Cu-Zn среди отложений среднего палеозоя; 10 – **Большой Каратау**. Медная минерализация среди сланцев D₁₋₂ типа Мансфельд; 11 – **Нью Брансуик**, юго-восток Канады. Меднорудные залежи; 12 – **Липов куст, Подколодновка**, ЮВ Воронежской антеклизы. Проявления Cu и Ni в песчаниках D_{2-D3}; 13 – **Тиман**, бассейн р. Цильма. Стратиформное медное оруденение среди нижнефранских отложений; 14 – **Медзяна Гура**, Свентокшиские горы, Польша. Стратиформные меднорудные залежи в породах D₃;

IV – первично осадочные благороднометалльные, связанные с черными сланцами и прочими осадочными толщами (реювенированы в поздние этапы): 15 – **Юкон**, герцинский черносланцевый бассейн, Канада. Ni, Mo, Zn, Pt; 16 – **Суша Рудна**, горы Есеник, Словакия. Au;

V – бокситоносные коры выветривания: 17 – **Южнотяньшаньский** бокситовый пояс. Протяженность 1500 километров от Ферганы до Кызыл-Кумов. Низкосортные диаспоровые и бёмитовые бокситы; 18 – **Эршайр**, Шотландия. Диаспор-бёмит-каолинитовые бокситы дианнта; 19 – **Нова Руда**, южная Польша. Диаспоровые бокситы; 20 – **Вагранский** бокситоносный район, Восточный Урал. Бокситы субровского (кобленцкого D₁²) горизонта, **Красная Шапочка** и др.; 21 – **Ивдельское**; 22 – **Кыштым**, Челябинская область. Выходы бокситов богословского горизонта (верхний эйфель D₂^{1a}), превращенных в наждаки; 23 – **Талицкое**, Тагильская полоса бокситовых месторождений Восточного Урала; 24 – **Северо-Онежский** район. Бокситы; 25 – **Тихвинский** бокситоносный район. Латеритные бокситы; 26 – **Южнотиманский** бокситоносный район; 27 – **Таймыр**, восточная часть. Залежи бокситов и бокситистых глин на закарстованной поверхности в кровле известняков франа; 28 – **Верхневорыквинское, Вежаю-Ворыквинское, Верхнеузорское**. Средний Тиман. Месторождения среднедевонских бокситов; 29 – **Домун Гол**, Пакистан. Диаспор-бёмитовые бокситы; 30 – **Леон**, Испания. Гиббсит-галлуазитовые бокситы; 31 – бокситоносный район **Куньмин** (на известняках ордовика бокситы **Цаопу** – C₁, в других залежах – C₂₋₃; 32 – **Гуньсянь**, пров. Хэнань. Огнеупорные глины и бокситы; 33 – **Амнокван** (бассейн реки), КНДР. Залежи бокситов.

VI – титан-циркониевые россыпи: 34 – **Пижемская** россыпь, Средний Тиман. Ильменит-лейкоксеновая; 36 – **Ичень-Ю**, Средний Тиман. Комплексная редкометально-алмаз-золотоносная россыпь; 37 – **Павловская, Верхнемамоновская, Нижнемамоновская** площади, юго-восток Воронежской антеклизы. Титаноносные россыпные месторождения среди туфогенно-осадочных толщ; 38 – **Пембой**, Северный Тиман. Визейская циркон-ставролит-ильменитовая россыпь.

VII – аккумуляции калийно-магниевого солей и т.д.: 39 – **Саскачеван**, Канада. Север штата Монтана, США и пров. Саскачеван, Канада. Крупные эксплуатируемые месторождения калийных солей **Саскатун, Белл-Плейн, Эстерхейзи**; 40 – **Старобинское** месторождение у г. Старобин Минской области. Калийные соли данково-лебежанского горизонта верхнего фамена.

Железные руды

Австрия. Среди девонских известняков горы **Эрцберг** в Штирии распространены железные руды, сопровождаемые меденосными образованиями, рис. 5.17. В прошлом месторождение давало до одного миллиона тонн сырой руды в год. Месторождение находится в 60 км северо-западной г. Грац и в 260 км юго-западной Вены. Его рудные резервы составляют 235 млн т. Максимальная ежегодная добыча достигает 2153 тыс. т руды. Руды содержат 32% Fe и 2% Mn. Основные рудные минералы – анкерит, железистый доломит, сидерит.

Среднепалеозойские месторождения железа эксгальационно-осадочного типа известны в мульдах **Лан** и **Диль**, ФРГ. Скопления гематита формировались среди кератофилов девона. В Рейнских складчатых горах весьма крупными считают подобные залежи **Линденберг, Ауменау, Мартенберг**. Все они тяготеют к краевым частям геосинклинальных прогибов. Линзообразные рудные тела прослежены на расстояние до 5 км при мощности 6-10 м в толще, образованной чередованием базальтовых покровов, чередующихся с известково-кремнистыми сланцами и известняками.

Собственно руды – кремнисто- и карбонатно-гематитовые, сидеритовые. В залежах наблюдаются слои черных пиритовых сланцев. Карбонатные руды содержат 30-35% железа, прочие – до 50%. Подобные руды в Тюрингии (**Шляйцкая** группа месторождений) обогащены марганцем (до 10%).

В Бразилии девонские оолитовые железные руды выявлены в разрезах синеклиз, в т.ч.: 1 – Амазон, месторождение **Жатапу** 2 – Парана, горы **Серра ду Ронкадор**; 3 – Парнаиба, месторождение **Парайсо ду Норте**.

Китай. Раннегерцинские скопления железа известны в отложениях девона («ниньсяньский» тип) и под отложениями среднего-верхнего карбона («тип шанси»). В прибрежных условиях преимущественно позднего, реже среднего, девона на юге платформы формировались залежи железных руд «ниньсяньского» типа – оолитовые гематитовые, частично сидеритовые. Резервы месторождения



Рис. 5.17. Девонское первичноосадочное железорудное месторождение Эрцберг <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/9d/Erzberg3.jpg/800px-Erzberg3.jpg>

Юаньдзиакун в округе Лан насчитывают 896 млн т с 32,37% Fe. Залежи рассланцованных и полосчатых руд находятся среди кластитов, пелитолитов, карбонатных пород и прослежены в меридиональном направлении на более чем на 10 км. Их мощности доходят до 300 м.

Вьетнам. Наиболее важное месторождения железных руд в стране – **Ки Кса** у г. Бао Ха, в северной административной провинции Хоанг Льен Сон.

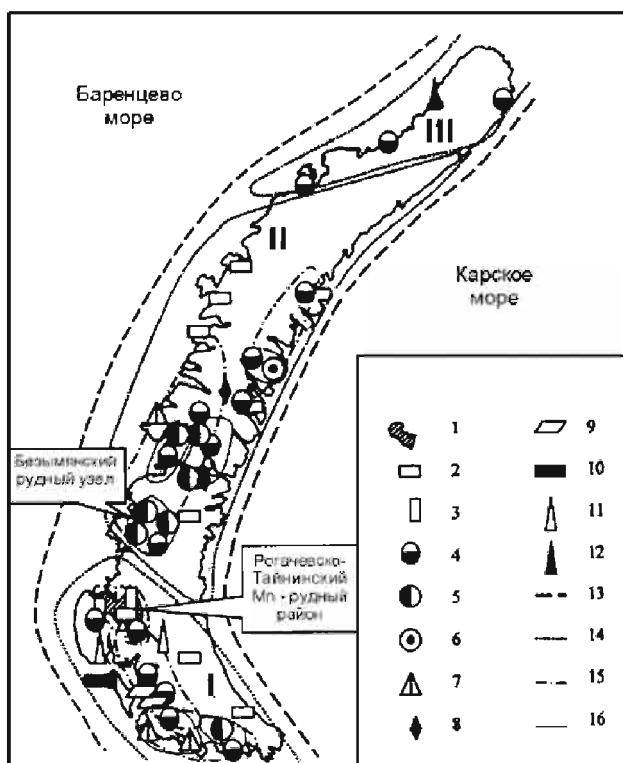
Залежи находятся у железной дороги Ханой-Ланг Сай. Руды магнетитовые (мартиты), а также лимонитовые, содержат 54-60% Fe, в среднем 55% Fe, и 2-4% Mn. Общие доказанные резервы – 118 млн т, – доступны для отработки карьером.

Марганцевые руды

На Новой Земле, о. Южный, пирролюзит-псиломелановые и пирролюзит-псиломелан-манганитовые

руды (1,7 млн т) образуют две залежи среди карбонатно-глинистых и карбонатных толщ (C₁), рис. 5.18.

Рис. 5.18. Минерагеническое районирование архипелага Новая Земля и положение позднегерцинских стратиформных месторождений марганца, фосфатов, полиметаллов. По А.Н. Евдокимову, 2000): *Полезные ископаемые. Марганец:* 1 – площади распространения карбонатных руд, 2 – карбонатные руды, 3 – окисленные руды; 4 – медь, 5 – цинк, свинец (серебро), 6 – золото, 7 – флюорит, 8 – горный хрусталь, 9 – гипс, ангидрит, 10 – каменный уголь, 11 – твердые битумы, 12 – вязкие мальты. Границы минерагенических подразделений: 13 – Пайхойско-Новоземельской минерагенической провинции, 14 – минерагенических областей (I – Пайхойско-Южно-новоземельская, II – Центрально-Новоземельская, III – Северо-новоземельская), 15 – минерагенических зон и районов, 16 – рудных узлов.



На Южном Урале месторождения Mn связаны со среднедевонскими яшмами, перекрывающими вулканиты палеоокеанические и

островодужные. Большинство залежей полагают гидро-термально-осадочными, со следующими их особенностями: 1 – связи с линзовидными и прерывистыми железисто-кремнистыми первично гидротермальными осадками; 2 – пластообразный облик рудных тел, согласных с вмещающими образованиями; 3 – фациальные переходы руд в марганцовистые кремнистые породы; 4 – полосчатые (слоистые) и нодулярные осадочные текстуры руд, кроме локальных площадей мощного проявления вторичных изменений; 5 – присутствие морской фауны в рудах; 6 – тонкое переслаивание марганцовистых и безрудных слоев.

В Ненецком А.О., хребет Пай Хой, марганцевые руды **Нижнесиловской** группы проявлений **Лемвинской** зоны открыты на стратиграфических уровнях: 1 – в углисто-кремнистых сланцах падейской свиты D_2 – четыре горизонта карбонатно-кремнистых конкреций с содержанием MnO 7-20 мас.%. («поленья» до 2 м при 0,3 м мощности, будины (5-6 м); 2 – фаменском D_3 – карбонатные яшмоиды, кремнистые известняки с содержаниями до 29 мас.% MnO в карбонатных конкрециях. Оруденение синхронно тому, что наблюдается в няньсоргинской свите *Полярного Урала*. Руды кутнагоритовые $Ca, Mn(CO_3)_2$. На *Среднем Урале* к **Примагнитогорскому** эвгеосинклинальному типу относят около 150 месторождений Mn групп **Учалинской** (север), **Абзелиловской** (средняя), **Баймакской** (юг) на 4 стратиграфических уровнях девона. Рудные залежи присутствуют только на антиклинальных поднятиях. На каждом объекте свой комплекс минералов. Залежи образованы либо оксидами Mn (**Ниазгулово, Кусимово**), либо карбонатами (**Уразово, Биккулово**). На месторождениях **Файзулинской** группы Башкирии присутствуют руды обеих фаций. **Южно-Файзулинское** в **Сибайском** рудном районе – вулканогенно-осадочное (D_2) среди яшм эйфеля. Руды силикатные, основные промышленные минералы родохрозит, кариопилит, тефроит. Осадочные марганцевые аккумуляции (C_1) распространены в Тагило-Магнитогорской зоне Восточного склона Урала: **Кипчакское** в Челябинской области.

В *Центральном Казахстане* открыто около 200 Mn объектов разных масштабов. Среди них 9 промышленных, включая два крупных (**Караджал** и **Ушкатын-II**), пять средних по запасам (**Восточный Караджал, Ушкатын-I, Арап, Камыс, Жезды**). Все они вулканогенно-осадочные и относятся к типам атасуйскому (**Жайрем**, рис. 5.19) и жездинскому. Залежи атасуйского типа локализованы в кремнисто-карбонатных породах фаменского яруса, жездинского – среди аркозово-конгломератовых толщ D_3fm . Месторождение **Джумарт** интересно тем, что марганцевые гаусманит-браунитовые, тефроит-родонит-браунитовые и железорудные магнетит-гематитовые залежи в разрезе разобщены. При этом все они принадлежат верхнефаменскому подъярису D_3fm_3 .

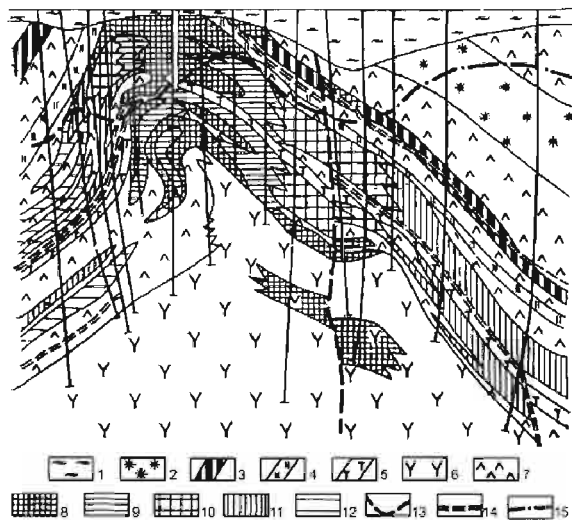


Рис. 5.19. Жайрем – пример комплексных месторождения «атасуйского типа», для которого характерно сочетание пластовых залежей железо-марганцевых и цинковых руд в вулканогенно-осадочных отложениях $D_3 fm$ с гидротермальными барит-цинково-свинцовыми. По А.А. Рожнову, из (И.Ф. Романович, 1992, с. 192). 1 – кайнозойские глины и пески; 2 – пачка красноцветных известняков; горизонты: 3 – слоистых железных руд, 4 – углисто-кварц-полевошпатовых пород (маркирующий), 5 – туфогенно-осадочных пород; 6 – калишпатовые (трахитовые) порфиры; 7 – кварцевые и кварц-пиритовые метасоматиты (зона 1); 8 – баритовые метасоматиты (зона 1); 9 – Pb -баритовые руды (зона 2); 10 – барит- Pb - Zn руды (зона 3); 11 – Pb - Zn руды со слабой баритизацией (зона 4); 12 – Pb - Zn руды I этапа (зоны 5, 6); 13 – разрывные нарушения; 14 – послослойные срывы; 15 – нижняя граница коры выветривания.

В США, штат Арканзас, **Западно-Центральный** марганцевый район известен проявлениями руд типов: 1 – марганцевистых известняков; 2 – остаточных *in situ* глин; 3 – остаточных делювиальных глин; 4 – россыпному. Марганцовистые известняки относятся преимущественно к формациям Сент Джо и Бун миссисипия (C_1). Это наиболее массовая руда, но обычно бедная. Вторичные остаточные минералы образовались при распаде и замещении некоторых пород из слоев известняков Ферндэйл-сланцев Кэсон ордовика.

Бокситы

В Архангельской области верхнетурнейские-нижневизейские бокситы **Северо-Онежского** района впервые открыты в 1949 г (рис. 5.20). Выветривание в раннем карбоне затронуло не только осадочные толщи, но и выходы кристаллического фундамента. На основных породах и метаморфитах

в охристо-каолиновой коре мощностью до 20 метров Ф.А. Киреев описал гётит-гипсбитовую зону с реликтовой структурой субстрата. В каолинит-бокситовой толще замкнутых депрессий, на их склонах, а то и непосредственно на коре выветривания имеются многочисленные бокситовые залежи. Район включает в себя **Иксинское** месторождение, уникальное по запасам, с шестью пластообразными залежами: **Беловодская, Евсюковская, Чирцовская, Кудрявцевская, Тарасовская, Казаковская**. Протяженность западного участка **Беловодской** залежи 3,5 км, ширина до 2,5 км, средняя мощность 6,6 м, максимальная – 13 м. Мощность вскрыши – около 50 м. **Северо-Онежский** бокситовый рудник ведет добычу с 1976 г. для обеспечения сырьем Бокситогорского глинозёмного завода, но первые бокситы здесь извлекли 29 июня 1974 г. Ныне рудник произвел уже 15 млн т бокситов.



Рис. 5.20. Северо-Онежский бокситовый район. Каменистые бокситы поддаются только взрыву. <http://www.moples.ru/index.php?id=496#> <http://www.moples.ru/index.php?id=496#>

Латеритные бокситы нижнего визе **Белгородского** района КМА будут вовлечены в эксплуатацию при дальнейшем развитии подземных разработок богатых железных руд. Бокситы обнаружены на многочисленных участках юго-западного склона Воронежской антеклизы со сложным эрозионно-тектоническим рельефом поверхности фундамента. Этот рельеф определяет распространение кор выветривания различных типов: для положительных формах, сложенных железистыми кварцитами и сланцами типичен латеритный профиль (рис. 5.21) с зоной свободного глинозема над сланцами. По железистым кварцитам образованы богатые руды железа и железоалюминиевые коры.

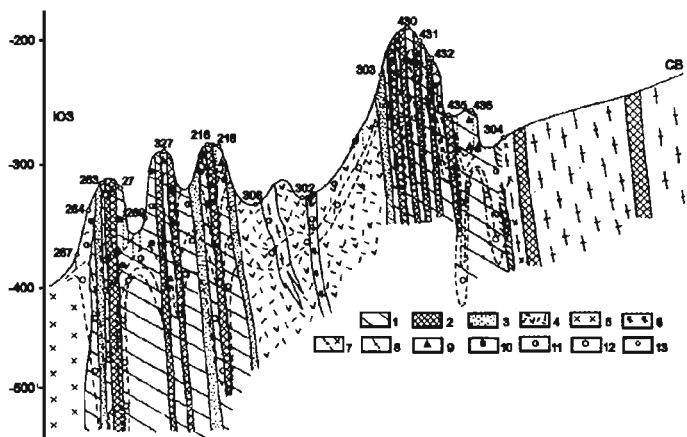


Рис. 5.21. Геологический разрез нижнекаменноугольной бокситоносной коры выветривания Белгородского района КМА (составил А.М. Янов). 1 – сланцы; 2 – кварциты железистые и безрудные; 3 – метапесчаники; 4 – амфиболиты, хлорит-амфиболовые сланцы, кератофиры; 5 – граниты; 6 – ультрабазиты; 7 – гнейсы; 8 – гранито-гнейсы; 9-12 – кора выветривания: 9 – подзона промежуточных окислов, 10 – зона конечного разложения; 11 – то же, промежуточного, 12 – то же, начального; 13 – скважины.

В.И. Сиротин и В.Н. Клекль описали на нижнепротерозойских джеспилитах и сланцах курской серии коры площадную (60 метров мощностью) и линейно-трещинную (300-700 метров). Наибольшие мощности элювия развиты на джеспилитах. Бокситы по структурно-текстурным признакам псевдобобовые (44-72% глинозема), кавернозно-микропористые (45-58%), землистые тонкопористые (до 65%) и псевдообломочные (47-50%).

В пределах Тимана и Уральского пояса распространены промышленные бокситы D и C₁. Менее исследованы они на Тянь-Шане и в Салаирском кряже. «Самыми древними в СССР и, пожалуй, в Мирах» латеритными и остаточными бокситами Г.И. Бушинский назвал те, что были обнаружены в 1970 г. в среднем девоне Среднего Тимана – площади объектов **Верхневорыкинского, Вежаю-Ворыкинского, Верхнещугорского**. Девонские бокситы восточного Урала образуют три горизонта: субровский (кобленский D₁², возможно, частью нижнеэйфельский D₂^{1a}); богословский (верхний эйфель D₂^{1a}); устькальбинский (нижний живет D₂^g). В **Вагранском** бокситоносном районе (месторождения **Красная Шапочка** и др., весьма полно развит древний субровский горизонт. В **Южно-Уральском** бокситоносном районе протяженностью 80 км известно около 40 рудных объектов в верхнедевонских породах: промышленные **Новопристанской** группы (**Блиново-Каменское,**

Кургазакское, Алексеевское и Улуирское). Бокситоносны низы верхнего франа под известняками и доломитами фамена.

В Кемеровской области и Алтайском крае среди мелководных известняков Салаирского кряжа бокситоносными оказались интервалы: в основании жедина; нижнего эмса; нижнего эйфеля; верхнего эйфеля. Самые значительные запасы отвечают нижнеэйфельскому уровню, в пределах которого известны пять залежей. Бокситы одной из них – **Обуховской**, – превращены в наждаки и диаспоро-слюдисто-корундовые породы, остальные содержат хлоритоид-диаспоровые руды. Прочие объекты: **Бердско-Майское** (Алтайский сектор), **Октябрьское, Новогоднее** (оба в Новосибирской области), **Бочкаревское, Красиловское** (Южно-Салаирский район). Бокситы **Салаирской** группы не только палеозойские диаспоровые, но и мезо-кайнозойские гиббситовые карстовые и аллювиальные. Последние известны в более 40 проявлениях и практического значения не имеют.

В Средней Азии **Южнотяньшаньский** бокситовый пояс на протяжении 1500 километров от Ферганы до Кызыл-Кумов содержит низкосортные диаспоровые и бёмитовые бокситы, с каолинитом, маргаритом (хрупкая слюда $\text{CaAl}_2[(\text{OH})_2 \times \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}]$), пирофиллитом, хлоритом. Они отнесены к среднекаменноугольному отделу, но частично, возможно, и к девону (Г.И. Бушинский, 1975).

Полиметаллы.

В хребте Каратау, Южный Казахстан, из многих полиметаллических объектов (**Кентау, Ачисай** и др.), наиболее важным считают Pb-Zn-Ba стратиформное **Миргалимсай**, рис. 5.22. На его площади рудоносна часть разреза известняков и доломитов D_3fm мощностью 700 м. Рудные залежи установлены во втором ленточном горизонте средней части, содержащем рассеянное органическое вещество, мощностью до 26 метров. На юге Узбекистана (Южно-Гиссарская зона) стратиформные залежи Pb-Zn руд установлены в среднепалеозойской части разреза. На площади **Хандиза** они залегают среди переслаивающихся кератофигов, их туфов и битуминозных известняков.

На Аляске, в горах Де Лонга, в раннем карбоне (миссисипии) появилось очень крупное стратиформное барит-колчеданно-полиметаллическое месторождение **Ред Дог**. Резервы руды 77 млн т с 17.1 % Zn, 5.0% Pb, 82 г/т Ag. Считают, рудные тела появились в миссисипии эксгальационным путем на морском дне вместе с нормальными осадками.

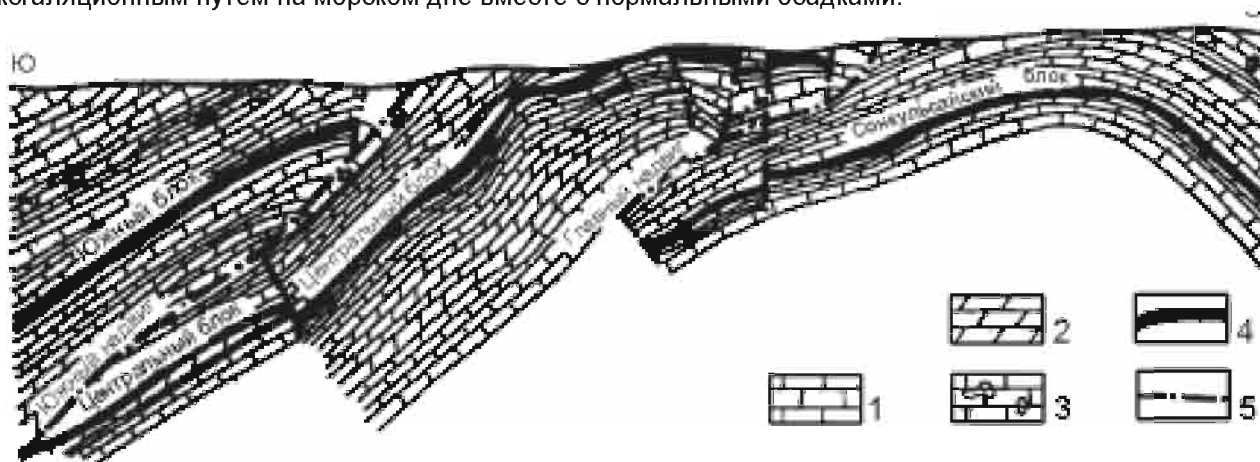


Рис. 5.22. Геологический разрез через стратиформное барит-полиметаллическое месторождение Миргалимсай. Данные Миргалимсайской ГРП, из (И.Ф. Романович и др., 1992). 1 – известняки; 2 – доломиты; 3 – брекчированные известняки; 4 – рудные тела; 5 – тектонические нарушения

В Канадских Кордильерах к месторождениям типа Долины р. Миссисипи (MVT), рис. 5.23, относятся **Пайн Пойнт, Роб Лэйк, Монак-Кикинг Хос**. В первом рудные залежи выявлены в палеокарсте среди среднедевонских карбонатных пород рифового комплекса, два других вмещают среднекембрийские карбонатные породы. Оба расположены в переходной зоне между бассейновыми (западной) и мелководно-морскими (восточной) отложениями и сформировались при участии флюида с высокой солёностью (16-26 вес.% CaCl_2) при температурах 75-150°C.

В Канадской Арктике некоторые структуры, контролирующие распределение полиметаллических месторождений типа MVT, имеют лишь случайное отношение к передовым прогибам, излюбленной структурной позиции подобных объектов. Примером является **Полярис** на о. Литтл Коруоллис и соседние аккумуляции сульфидов рис. 5.24. Появление полиметаллических месторождений типа MVT относится к позднему девону. Не смотря на то, что карбонатная платформа прослеживается на 2 тыс. км от северо-востока Гренландии на запад канадской Арктики, полиметаллические объекты концентрируются только на малой площади. Последняя приурочена к узлу, в пределах которого платформа рассечена «поднятием Бутия», меридиональным поясом деформаций (S_2 - D_1) длиной 1 тыс. км, входящим под большим углом в континентальную окраину.

Полагают, поднятие сыграло свою роль в формировании полиметаллических месторождений Полярис.

Медистые песчаники

На Новой Земле значительные проявления меди выявлены на Новой Земле в сероцветных рейской свиты верхнего девона у озера **Ящик**. В пределах **Тиманского** авлакогена) стратиформное медное оруденение встречено среди нижнефранских отложений: терригенных красноцветов (от песчаников до глин) кыновского и красноцветных известняков и мергелей с прослоями сероцветных глин пашийского горизонтов. Более рудоносны (халькозин, ковеллин, борнит, азурит, малахит) прослои глин, но рассеянная вкрапленность медных минералов отмечается и в песчаниках. **Ручьевая** площадь, западный склон Тиманского кряжа, содержит халькопирит в алевропесчаной толще франа

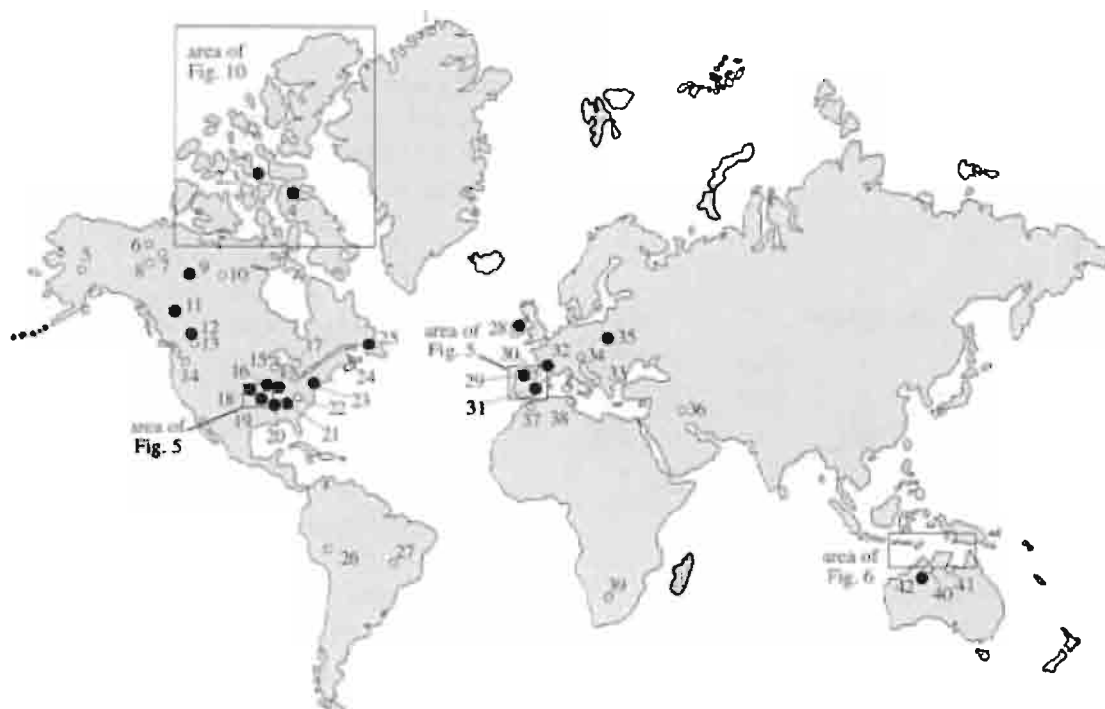


Рис. 5.23. Распространение полиметаллических месторождений типа «Долины р. Миссисипи», (MVT), в том числе объекты Ирландии, Аляски, Канадских Кордильер и Канадского Арктического архипелага. По Dwight C. Bradley et David L. Leach (2002, fig. 5, p. 657). Цифрами обозначены месторождения: 1 – Вашингтон Лэнд, 2 – Полярис, 3 – Эклипс, 4 – Нанисивик, 5 – Риф Ридж, 6 – Гайна, 7 – Биа-Твит, 8 – Годлин, 9 – Пайн Пойнт, 10 – Эскер, 11 – Робб Лэйк, 12 – Монак-Кикинг Хос, 13 – Джайэнт, 14 – Металайн, 15 – Апа Миссисипи Вэли, 16 – Сентрад Миссури, 17 – Саутист Миссури с кластерами месторождений Оулд Лэд Белт, Вибурнум Тренд, Индиан Крик, 18 – Три-Стэйт, 19 – Норсен Арканзас, 20 – Сентрал Теннесси, 21 – Ист Теннесси с месторождениями Маскот-Джефферсон Сити, Флэн Гэп, 22 – Остинвиль, 23 – Фриденсвиль, 24 – Гэйс Рива, 25 – Дэниэлс Харбор, 26 – Сан Винсенте, 27 – Вазанте, Эврасия: 28 – Ирландская провинция с месторождениями Наван, Лишин, Галмой, 29 – Пикос де Европа, 30 – Реосин, 31 – Мазстрат, 32 – Севен, 33 – Сардиния, 34 – Альпийский район, 35 – Краков-Силезия, 36 – Иранкух, 37 – Эль Абад Мекта, 38 – Бу Грин, 39 – Перинг-Буши Парк, 40 – Сорби Хиллс, 41 – Кокско, 42 – Леннард Шельф, с месторождениями Каджебут, Блендвэйл, Твелв Майн Бо.

В Восточной Сибири стратиформные залежи с Cu в породах D и C₁ известны в Приалданской и Приверхоянской меденосных провинциях. В Приалданской провинции (Восточно-Алданская зона) крупное Курпанжинское, или Менкюлинское, проявление Cu связано с осадочными толщами C₁. На севере хребта Сетте-Дабан распространены осадочные толщи свит C₁ (снизу вверх) переломной, менкюлинской, муруннинской, овлачанской. Вкрапленность халькопирита наблюдается в пестроцветных известняках в кровле первой; мощность рудоносного горизонта до 1,5 м. В Приверхоянской провинции между хребтом Сетте-Дабан и устьем р. Лены медистые песчаники D₃-C₁ распространены в Орулганском антиклинории, вытянутом с юга на север на 420 км при ширине 50-70 км.

В вулканическом поясе Центрального Казахстана, завершившего развитие перед фаменом,

обнаружены месторождения: медистых песчаников и сланцев (**Чадраозек**). В этом регионе в раннегерцинский этап возникли первично осадочные медепроявления позднедевонского и раннекаменноугольного возраста, существенно более древние, чем основные рудоносные уровни верхнесерпуховской-нижнепермской джезказганской (владимировской) свиты **Джезказгана**. Верхнедевонские медистые песчаники распространены во впадинах D₂₋₃, подстилаемых каледонским складчатым фундаментом. Их осадочное выполнение традиционно относят к орогенным образованиям, занимающим промежуточное положение между геосинклинальными и платформенными формациями. Около ста девонских медепроявлений рудных районов **Атбасарского, Верхне-Ишимского, Джезказганского, Терсакканского, Улутау** находятся преимущественно в краевых частях впадин. В **Большом Каратау** открыта медная минерализация среди сланцев D₂₋₃, которую относят к типу Мансфельд.



Рис. 5.24. Самый северный в Море Pb-Zn рудник на острове Литтл Корнуоллис в Канадской Арктике.

Титан-циркониевые россыпи

Тиман. Средне-верхнедевонские лейкоксеновые и лейкоксен-ильменитовые россыпи известны на Среднем и Южном Тимане. На Северном Тимане они приурочены и к нижнекаменноугольным образованиям. Л.Г. Зубков и И.Г. Патык-Кара др., 1997 выделили ареал распространения подобных месторождений в титаносную россыпную провинцию мирового значения. Особенности ее интересны, иногда необычны, что связано со специфическим влиянием на минералогические особенности рудных песков – углеводородов, коллектором для которых они часто являются. Россыпи приурочены к известным поднятиям фундамента, в пределах которых размывались метаморфизованные ильменитоносные породы рифея. Самыми значительными считаются **Ярегская** на юге Тимана и **Пижемская** (Средний Тиман). **Ярегская** россыпь в плане совмещена с одноименным месторождением тяжелых нефтей. Л.Г.Зубков и И.Г.Патык-Кара считали ее крупнейшей в мире. В ней содержатся 49,2% балансовых запасов титана России. Прочие ильменит-лейкоксеновые россыпные месторождения

D₂₋₃ находятся: 1 – на Порожской структуре в 30-35 км северней г.Ухта; 2 – на Чинья-Варыкской структуре в 40 км к западу от г.Ухта. По составу минералов тяжелой фракции северотиманские россыпи циркон-ставролит-ильменитовые. Россыпи Северного Тимана имеют возраст: **Сувоинная** – фаменская, **Пембой** – визейская. Известным месторождением является среднедевонская комплексная (алмаз, золото, редкие металлы) россыпи **Ичень-Ю**. Менее известны, но представляют определенный интерес в связи с золотоносностью средне-верхнедевонские россыпные месторождения **Джин-Ю**, **Ыджит-Ю**, **Югыт-Ю**.

Казахстан. В Жарминском районе Семипалатинской области известны морские титаномагнетитовые песчаники визе палеороссыпи **Сократовская**. Залежи связаны с туфопесчаниками и туфоконгломератами, локализованными среди вулканитов основного-среднего составов.

Фосфориты

На Полярном Урале (Коми) из шести фосфатоносных уровней в разрезах верхнего палеозоя **Лемвинской** зоны два нижнекаменноугольные. Нижневизейский фосфатоносный интервал представлен редкими фосфоритовыми конкрециями в верхах няньворгинской свиты р. Харота, юг Лемвинской зоны. В северной части зоны (бассейн руч. Широкого) такие же редкие небольшие конкреции встречены в углеродисто-глинисто-кремнистых сланцах верхнего турне-нижнего визе. Второй снизу уровень – серпуховской. Обилие конкреций фосфатов наблюдались в пачке углеродисто-кремнистых и углеродисто-глинистых сланцев мощностью 6-10 м (средняя часть воргашорской свиты). Содержания пентоксида фосфора в конкрециях около 15%.

Калийные соли

Восточно-Европейской платформа. Солеродные бассейны на ней впервые появились в среднем девоне. Каменные соли на различных девонских стратиграфических уровнях открыты в Днепровском, Припятском, авлакогенах, на юге Московской синеклизы и западе Прикаспия, рис. 5.25.

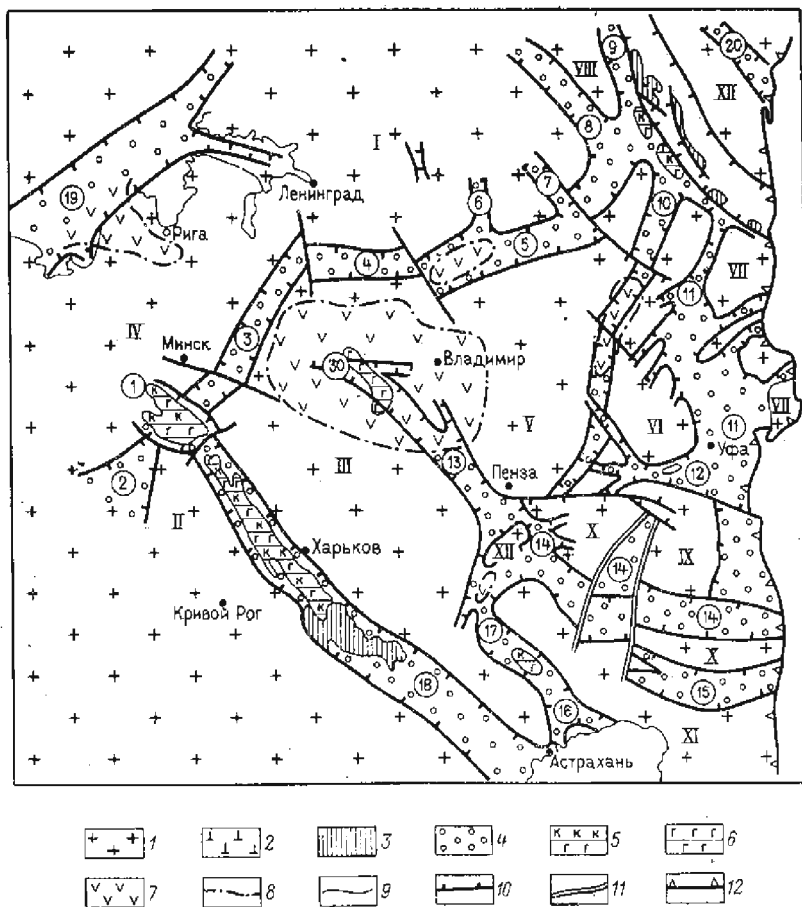


Рис. 5.25. Девонские галогенные формации Восточно-Европейской платформы. По (Р.Н. Валеев, 1981). 1 – щиты, массивы; 2 – погребенные выступы; 3 – складчатые сооружения; 4 – авлакогены; 5 – зоны развития калийных солей; 6 – зоны развития каменной соли; 7 – зоны развития сульфатных отложений; 8 – границы распространения сульфатных отложений; 9 – границы зон; 10 – сбросы; 11 – предполагаемые сдвиги; 12 – границы Предуральского прогиба и Прикаспийской депрессии. Основные тектонические элементы (щиты, массивы): I – Балтийский, II – Украинский, III – Воронежский, IV – Белорусский, V – Токмовский, VI – Татарский, VII – Камский, VIII – Кайноский, IX – Жигулевско-Оренбургский, X – Хобдинский, XI – Арал-Сорский, XII – Баранцевский, XIII – Саратовский. Авлакогены и грабены; 1 – Припятский, 2 – Вольно-Подольский, 3 – Оршанский, 4 – Крестецкий, 5 –

Солигаличский, 6 – Коношский, 7 – Кулойский, 8 – Двинский, 9 – Предтиманский, 10 – Вятский, 11 – Камско-Бельский, 12 – Сергиевско-Абдулинский, 13 – Пачелмский и Московский, 14 – Пугачевский, 15 – Индерский, 16 – Северо-Каспийский, 17 – Доно-Медведицкий, 18 – Большой Донбасс, 19 – Ботническо-Балтийский, 20 – Нарьян-Марский.

В зоне сочленения Московской синеклизы и Пачелмского авлакогена среднедевонская галитовая субформация прослежена в северо-западном направлении на 300 км при ширине ее

полосы 50 км. В наиболее прогнутых участках мощности галититов доходят до 50-90 м, а содержания собственно каменной соли составляют 50-70%. Возле д. Ярцево среднедевонские толщи содержат и калийные соли. Соленакопление в это же время

происходило в Припятском и Днепровском авлакогенах. В Предтиманьи по геофизическим данным предполагают существование двух соленосных бассейнов, на сочленении с Вятским и со Среднерусским авлакогенами. В районе Больших Порогов у с. Сергеево скважиной вскрыта толща каменных солей около 1 км мощностью, перекрытая терригенно-доломитовой толщей с глыбами диабазов мощностью 200-400 м.

Белоруссия. В Припятском прогибе Белоруссии в 1949 г. было открыто **Старобинское** месторождение у г. Старобин Минской области, залежи которого находятся на глубинах 385, 545, 563 м. Калиеносны отложения Д₃, перекрытые верхнедевонскими же образованиями галито-мергелистой свиты. Тогда же встретили калийные соли и у д. Давыдовка Гомельской области. Но Старобинским месторождением не ограничиваются их скопления. В **Петриковском** месторождении, например, вскрыты 8 калиеносных уровней.

Теперь известно, что в Припятском прогибе залегают соленосные толщи эйфельские, позднефранские, раннефаменские, позднефаменские. Эйфельские галититы встречены на севере прогиба. Калийные соли отлагались позже, в позднефранский и позднефаменский этапы. Верхнефранская соленосная толща, по палинологическим данным, позднеевлановско-ливенская. В прогибе её проследили на площади 21 тыс. км². Эти отложения в Брагинско-Лоевской седловине имеют аналогом вулканогенно-осадочную толщу. Кое-где верхнефранские отложения содержат незначительные прослои сильвинитов, которые образуют до четырех горизонтов.

Калийные соли представлены сильвинитами и карналлитовой породой. На каротажных диаграммах калиеносные уровни выделяются повышенной естественной радиоактивностью, увеличением диаметра скважин на кавернограммах и большим кажущимся удельным сопротивлением.

В верхнем фамене Припятского прогиба сосредоточено около 200 млрд т калийных солей (30 млрд т K₂O). 15% этих ресурсов залегает на глубине до 1,2 км. Закономерности размещения агоруд таковы: 1 – калийные залежи приурочены к синклиналям, в которых разрез обычно более полный, а число горизонтов возрастает к осевым частям; 2 – валлообразные поднятия оказывают отрицательное влияние на продуктивность площадей. Если в их пределах калиеносные уровни и существуют, то преимущественно в ядрах или на контакте с соляным ядром купола; 3 – на юге и в центре прогиба калийные горизонты подвержены пликативным дислокациям, на северо-западе, частично севере – наследуют блоковую структуру фундамента; 4 – конседиментационные разломы служат границами зон различной калиеносности, определяют полноту разрезов; 5 – структуры калиеносных горизонтов и кровли соленосной толщи обычно конкордантны (кроме запада Старобинской зоны); 6 – количество и мощности калиеносных горизонтов сокращаются с увеличением глубины залегания ее залежей. Р.Г. Гарецкий и др. (1984, с. 21) считают **Припятский** калиеносный бассейн одним из крупнейших в мире. По ресурсам среди девонских он уступает только Саскачевану.

Северо-Американская платформа. В среднем девоне здесь возник гигантский бассейн калийных солей Виллистон, занимающий большую часть штата Монтана США и соседней канадской провинции Саскачеван. Он считается крупнейшим в мире среди девонских. В Саскачеване подземными рудниками разрабатывают месторождения Ванкой, Саскатун, Эстерхейзи, Аллан, Ланиган, Росанвиль, Колонсэй, подземным выщелачиванием – Пэйшнс Лэйк и Бель. Собственно бассейн Виллистон назван по городку в штате Северная Дакота, который находится в его центре. Там залегающая на фундаменте толща осадочных пород имеет мощность 4,9 км, Эта крупная интракратонная структура на востоке Монтаны, западе Северной и Южной Дакоты и на юге Саскачевана. С севера на юг протяженность бассейна 760 км, с запада на восток – 480 км. Канада, благодаря бассейну **Виллистон**, является крупнейшим в Мире производителем калийных солей. Её доля несколько превышает 30% в мировой торговле. В зависимости от перемены спроса объемы производства сильно колеблются.

В США залежи калийных солей Северной Дакоты (28,5 тыс. км²) и Монтаны (7,8 тыс. км²) протягиваются от канадского Саскачевана, где успешно разрабатываются, и приурочены к слоям среднедевонской формации Прери толще эвапоритов, представленных преимущественно галититами. Залежи калийных солей Северной Дакоты (28,5 тыс. км²) и Монтаны (7,8 тыс. км²) протягиваются от канадского Саскачевана, где успешно разрабатываются, и приурочены к слоям среднедевонской формации Прери, толще эвапоритов, представленных преимущественно галититами.

Эвапориты накопились в девонском бассейне, прослеженном от северо-запада канадской провинции Альберта до северо-запада Северной Дакоты и северо-востока Монтаны. В пределах США соли формации Прери достигают мощности 168 м в округе Бурк Северной Дакоты, в Саскачеване же более 213 м. В Северной Дакоте калийные соли находятся на глубине от 1707 м на севере округа Ботино до 3360 м на востоке округа МакКензи. В Монтане глубины залегания варьируют от 2530 м в

округе Дэниэс до 3500 м в округе Ричлэнд. В Саскачеване и Северной Дакоте зон с калиевыми залежами три, в Монтане – две. В Северной Дакоте основные калиеносные слои Эстерхейзи и Бель Плен имеют максимальную общую мощность 25 м, среднюю – 17 м. В Монтане общая мощность двух калийных слоев 19 м, средняя – 13 м.

5.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза

Выделяется пять историко-минерагенических провинций раннегерцинского этапа (см. рис. 5.16).

Европейская ИМП. Среднепалеозойские месторождения железа эксгальационно-осадочного типа известны в мульдах **Лан** и **Диль**, ФРГ. Скопления гематита здесь формировались среди кератофилов девона. В Рейнских складчатых горах весьма крупными считают подобные залежи **Линденберг**, **Ауменау**, **Мартенберг**. Все они тяготеют к краевым частям геосинклинальных прогибов. Линзообразные рудные тела прослежены на расстояние до 5 км при мощности 6-10 м в толще, образованной чередованием базальтовых покровов (возраст 0,4-0,35 млрд лет), чередующихся с известково-кремнистыми сланцами и известняками. Собственно руды – кремнисто- и карбонатно-гематитовые, сидеритовые. Карбонатные руды содержат 30-35% железа, прочие – до 50%. Подобные руды в Тюрингии обогащены марганцем (до 10%). Весьма развиты богатые железные руды на джеспилитах КМА. Лейкоксоновые и лейкоксен-ильменитовые россыпи на Среднем и Южном Тимане образуют титаноносную россыпную провинцию мирового значения. Самыми значительными месторождениями считаются **Ярегское** в Ухтинском районе на юге Тимана и **Пижемское** (Средний Тиман).

На Среднем Тимане латеритные залежи среднедевонских бокситов залегают на магматитах основного состава. Осадочные бокситы здесь сформировались путем перемиыва латеритов и последующей бокситизации. На северо-восточном крыле среднетиманской Четласской горст-антиклинали изучены среднедевонские бокситы месторождений **Верхневорыквинского**, **Вежаю-Ворыквинского**, **Верхнешугорского**. Бокситы нижнего карбона известны в Шотландии (**Эршайр**), Польше (**Ново Руда**), в Белгородском и **Северо-Онежском** районах. В горах Есеник, Словакия, обнаружено значительное по ресурсам золоторудное месторождение **Суша Рудна**. Оруденение в девонских сланцах на площади около 30 км² прослежено на глубину до 700 м. Содержания золота – 1,8 г/т. Возраст руд признается герцинским. В Белоруссии известны крупные месторождения калийных солей.

Уральско-Казахстанско-Гималайская ИМП. Облик провинции определяют месторождения бокситов, марганцевых и железных руд. Девонские бокситы восточного Урала образуют три горизонта: субровский (кобленцкий D₁², возможно, частью нижнеэйфельский D₂^{1a}); богословский (верхний эйфель D₂^{1a}); устькальинский (нижний живет D₂g). В **Вагранском** бокситоносном районе (месторождения **Красная Шапочка** и др.) весьма полно развит древний субровский горизонт. Его бокситы обнаружены на закарстованной поверхности нижедевонских известняков петропавловской свиты.

В Центральном Казахстане известно около 200 проявлений и месторождений марганца, в т.ч. 9 промышленных, включая два крупных (**Караджал** и **Ушкатын-II**) и пять средних по запасам (**Восточный Караджал**, **Ушкатын-I**, **Арап**, **Камыс**, **Жезды**). В хребте Каратау, Южный Казахстан, имеются многие полиметаллические месторождения (**Кентау**, **Ачисай** и др.), но одним из наиболее важных считается **Миргалимсай**, баритово-полиметаллическое стратиформное. В карбонатных породах фаменского яруса мощностью 700 м по текстурным особенностям (комковатые, ленточные, массивные) различают 11 горизонтов. Имеются баритовые, свинцово-баритовые и свинцовые руды. Комплексные, в т.ч. золотоносные, редкометалльные, алмазоносные, россыпи среднего девона связаны с аллювиальными конгломератами свиты эмса, развитыми на Вишерском Урале.

Восточно-Сибирская ИМП. В ней распространены первично осадочные меденосные породы. На северо-востоке провинции известны бокситы, на севере - алмазоносные россыпи.

Восточно-Китайская ИМП. Для неё характерны раннегерцинские железные руды и бокситы. Оолитовые гематитовые, частично сидеритовые залежи средне- и, преимущественно, верхнедевонского возраста относят к «ниньсяньскому» типу. На континентальных поднятиях под отложениями C₂₋₃ обнаружены послесреднеордовикские-допозднекаменноугольные массивные гематитовые и бурожелезняковые руды типа Шаньси. Типоморфны для ИМП бокситы. В бокситоносном районе Куньмин на известняках ордовика выявлены раннекаменноугольные залежи месторождения **Цаопу**, средне-позднекаменноугольные аналогичные образования других подобных объектов. Серые огнеупорные глины и бокситы в кровле закарстованных известняков ордовика характерны для месторождения **Гуньсянь**, пров. Хэнань, с пластом диаспор-бёмитового боксита мощностью 2-6 м. На севере Кореи залежи бокситов обнаружены в основании среднего палеозоя в бассейне р. **Амнокван**.

Перилаврентийская ИМП. На севере штата Монтана США, и в соседней пров. Саскачеван, Канада, имеются крупнейшие девонские месторождения калийных солей **Саскатун**, **Белл-Плейн**, **Эстерхейзи**. Все они находятся в пределах калиеносного бассейна **Саскачеван**. Широко развиты полиметаллические месторождения типа «Долины Миссипи». Герцинский черносланцевый бассейн **Юкон**

занимает примыкающие части Канады и Аляски. Для него характерна минерализация – Ni, Mo, Zn, Pt. В пределах бассейна находится и каменноугольный черносланцевый пояс Джунго с золоторудным месторождением **Аляска-Джунго** – золотоносные кварц-анкеритовые прожилки, пирит в измененных дайках порфиоров. Последнее полагают герцинским, омоложенным на ларамийском рубеже (70-50 млн лет. Запасы золота 155,5 т, средние содержания 1,7 г/т.

Выводы

Раннегерцинский этап оставил минерагенические свидетельства, весьма неравномерно распределенные по континентам Земли. Он интересен платформенным глубинным магматизмом. Основные продуктивные коренные месторождения алмаза Сибирской, Восточно-Европейской, Китайской платформ имеют позднедевонский возраст. Имеются сведения о девонских слабоалмазных кимберлитах, открытых в Северной Австралии, кимберлитоидах Земли Франца Иосифа. Все они укладываются в «Великую полосу», которая протянулась через Восточное полушарие от арктических широт до залива Карпентария, маркируя площади экспозиции глубинной энергии в D₂-C₁.

Щелочные породы, формировавшиеся в раннегерцинский этап, вмещают уникальные месторождения апатит-нефелиновых, редкоземельно-редкометалльных и магнетитовых руд Кольского полуострова. В Южной Гренландии в девоне возникло гигантское месторождение криолита, не имеющее аналогов в других регионах Мира.

В подвижных поясах преобладали обстановки тектонического покоя, локальные дилатансии и коллизионные. С последними связаны крупные месторождения Sn, Au, сульфидов. В Приатлантическом суперпоясе примерами таковых являются позднедевонское оловорудное грейзеновое **Дэвис Лейк** в пров. Новая Шотландия, Канада, возникшие на рубеже девона и карбона олово-полиметаллические грейзены и жилы **Ист Кемптивиль** и **Маунт Плезант** северных Аппалачей. В Тихоокеанском суперпоясе раннегерцинский рудогенез проявился наиболее выражено в южной и восточной Австралии, ее древних Лахланском и Тасманийском поясах. На о. Тасмания грейзеново-жильные олово-полиметаллические залежи месторождений **Ардлетан**, **Кливленд**, апокарбонатные замещения **Маунт Бишоф** формировались в течение девона и раннего карбона. Более поздними, но тоже карбоновыми, оказались руды крупного жильного оловорудного месторождения **Ренисон Белл**.

К раннегерцинскому этапу в Казахстанском поясе относят становление золото-сульфидно-кварцевых жильных тел **Акбакайского типа** (Мойынкумский район Жамбылской области). В девонской коллизионной зоне на периферии Кокчетаусского массива Северного Казахстана в ассоциации с малыми интрузивными телами лейкогранитов находятся залежи важного оловорудного штокового месторождения **Сырымбет**.

Признаком дилатансии на значительных глубинах служит появление многочисленных месторождений массивных сульфидов Урала (**Актогай**, **Жангана**, **Летнее**, **Зимнее**, **Гайское** и др.), **Иберийского Пиритового Пояса** (в т.ч. крупного золотоносных колчеданов **Ла Сарса**). На Алтае эйфельскими и франскими считают месторождения массивных сульфидных руд полиметаллов, медно-полиметаллические с серебром и золотом (**Змеиногорское**, **Черепановское**, **Лениногорское**, **Зыряновское**). В Северо-Восточной зоне Алтая распространены девонские полиметаллические аккумуляции – **Гусляковское**, **Зареченское**, **Зыряновское**, **Корболихинское**, **Лениногорское**, **Рубцовское**, **Среднее**, **Степное**, **Стрижковское**, **Таловское**, **Тишенское**. Медно-свинцово-цинковые залежи более свойственны зоне Иртышской – месторождения **Белоусовское**, **Березовское**, **Золотушинское**, **Николаевское**, **Орловское**. В Сибири и на Дальнем Востоке некоторые ресурсы молибдена связывают с медно-порфировыми комплексами месторождений **Анаскырское**, **Сорское** Кузнецкого Алатау, **Вечернее** на Омолонском массиве, которые формировались не ранее девона [22, с. 116].

Экзогенные месторождения раннегерцинского этапа - это наиболее древние промышленные аккумуляции бокситов (Урал, Салаирский кряж и т.д.), редкоземельно-редкометалльные россыпи, в т.ч. содержащие значительные скопления тяжелых нефтей (Тиман), калийные соли (Северная Америка, Белоруссия). Известны месторождения девонских медистых песчаников Центрального Казахстана (**Джезказган**), более древние, чем основные рудоносные уровни верхнесерпуховской-нижнепермской джезказганской (владимировской) свиты. Есть повышенные содержания меди и в девонских красноцветах Западной Украины (Приднестровье). В Центральном Казахстане распространены осадочные железо-марганцевые и цинковые руды девона, сочетающиеся с гидротермальными барит-цинково-свинцовыми (атасуйский тип). Крупные залежи пластовых руд железа связаны с продуктами перемыва мощных кор выветривания в подвижных поясах Западно-Атлантическом, Средиземноморском, Урало-Монгольском, Кордильер, а также на Восточно-Европейской платформе (богатые КМА).

Глава 6. Среднекаменноугольный-раннетриасовый (позднегерцинский) этап

Позднегерцинские эндогенные месторождения часто связаны с гранитоидами, нередко высокотемпературные, комплексные. Среди рудных аккумуляций Западной Европы различают большие группы, характеризующиеся редкометальной (пятиэлементная формация), олововольфрамовой, благороднометальной и урановой специализацией. Они веками были основой для развивающейся европейской металлургии. В поисках руд рождалась классическая геологическая наука – минералогия, кристаллография, – и горное дело. Гидротермальное Ag-Co-Ni-As месторождение **Андреасберг** в земле Нижняя Саксония, Германия, эксплуатировали с 1487 г. Его шахта Самсон достигла рекордной глубины 1 км. Ныне большинство объектов в странах ЕЭС выработано. Оловорудные месторождения британского **Корнуолла** с бронзового века дали, по разным оценкам, 1-2 млн т олова. В 1864-1893 гг. добычу одновременно вели 400 рудников. В наши дни остаточные запасы **Корнуолла** не более 80 тыс. т.

В завершающую фазу позднегерцинского этапа (вероятней всего, в конце раннего триаса) на северо-западе Сибирской платформы вдоль глубинного Норильско-Хатангского разлома сформировались месторождения сульфидно-медно-никелевых руд **Норильского** рудного района, его **Норильского, Тальминского, Южно-Норильского и Талнахского** рудных узлов.

Огромный золоторудный потенциал оставил позднегерцинский этап в Узбекистане. Из известных более 600 месторождений и золотопоявлений в этой стране разрабатываются ныне 12 объектов. Именно они позволили стране занять в Море восьмое-девятое место по масштабам золотодобычи. Только **Мурунтау** даёт 80-85 т золота ежегодно, тогда как во времена СССР – 50 т. Д.В. Рундквист и И.К. Рундквист (1992) для крупнейшего месторождения **Сухой Лог** Ленской золотоносной субпровинции выделили несколько этапов рудообразования. Три из них рифейские (1,2-0,9 млрд лет, в связи с отложением и преобразованием высокоуглеродистых пиритизированных сланцев хомолхинской свиты R₃hm) и раннепалеозойские, но основной отнесен к описываемому временному интервалу. Они выяснили, что именно средний и поздний палеозой были решающими для зонального метаморфизма, гидротермальных процессов, гранитизации и, как результат, возникновения золото-сульфидного и золото-кварцевого оруденения в нынешнем виде.

Экзогенные полезные ископаемые этапа иногда выдающиеся по масштабам. Таковы аккумуляции медистых песчаников в цехштейне Западной Европы и в Казахстане, калийные соли бассейнов **Северогерманского, Верхнекамского, Карсбад** (Нью Мексико, США), **Амазонского**. В отложениях перми и триаса Китая медепроявления распространены в рудных районах 1 – **Вэйнин**, пров. Гуйчжоу (месторождения **Дэцжо, Сяньшань, Лаошань**); 2 – **Миличан**, юго-западный Китай; 3 – **Тунгчан** (антеклиза Юньнань-Гуйчжоу) (Р.Ф. Наркелюн и др., 1983).

6.1. Гипогенный минерогенез

В позднем карбоне-перми сформировалось складчатое горное сооружение Урала, Западной Европы, Центральной и Юго-Восточной Азии, Австралии. Это время оказалось различным по продуктивности для разных подвижных суперпоясов. Наиболее выраженные и значительные минерогенические события произошли в регионах Средиземноморья, Казахской горной страны, Монгольском и Среднеазиатском поясах, частично, в Юго-Восточной и Восточной Австралии.

На платформах ярко проявился *трапповый* магматизм, масштабы которого превзошли все подобное в прошлом – не только скромные «раннегерцинские» значения, но и кембрийскую (около 500 млн лет) трапповую провинцию **Калкаринджи** на севере и северо-западе Австралии с площадью более 1 млн км² при максимальной мощности траппов на плато Антрим около 1500 м! Первые проявления щелочных базальтоидов в Тунгусской синеклизе состоялись намного раньше основных трапповых излияний триаса, уже в ранней и поздней перми. На западе синеклизы, на нынешнем Енисейском кряже, возникли тела щелочно-карбонатитового комплекса с датами 250-270 млн. лет, что отвечает ещё пермскому периоду. В раннем-среднем триасе производные толеитовой (частично, оливин-базальтовой) магмы (диабазы, габбро-диабазы, габбро, долериты, базальты) заняли около 1,5 млн. км² (по другим оценкам, 2,0 и 2,5 млн. км²) нынешней Восточной Сибири.

Пермские интрузии, прорвавшие в складчатых областях ранее накопившиеся толщи, сформировали жильные и контактовые месторождения в Тянь-Шане, Казахстане, на Урале, Чешском массиве (рис. 6.1). По А.А. Абдулину, только в Северо-Балхашской геосинклинали со среднего карбона по раннюю пермь накопились андезито-дацит-липаритовые толщи мощностью до 3-4 км (!).

Алмазоносные кимберлиты, лампроиты и другие породы

Сибирская платформа. В.Ф. Кривonos [1997], В.Б. Василенко и др. [2000], С.А. Граханов [2001, с. 482, 485-489] отметили для севера ЯАП, помимо хорошо изученной в Вилуйской субпровинции среднепалеозойской, и триасовую продуктивную эпоху. Для шести кимберлитовых полей Анабарской субпровинции получены позднегерцинские (310-200 млн. лет) радиологические даты: **Молюдинского, Куойкского, Куранахского, Лучаканского, Ары-Мастахского, Старореченского**. В Куонамском алмазоносном районе (поля **Ары-Мастахское, Старореченское, Дьюкенское**) потенциально

промышленным объектом считается триасовая трубка **Мало-Куонамская**. Невысокие содержания алмазов в ее кимберлитах компенсирует высокий выход ювелирного сырья.

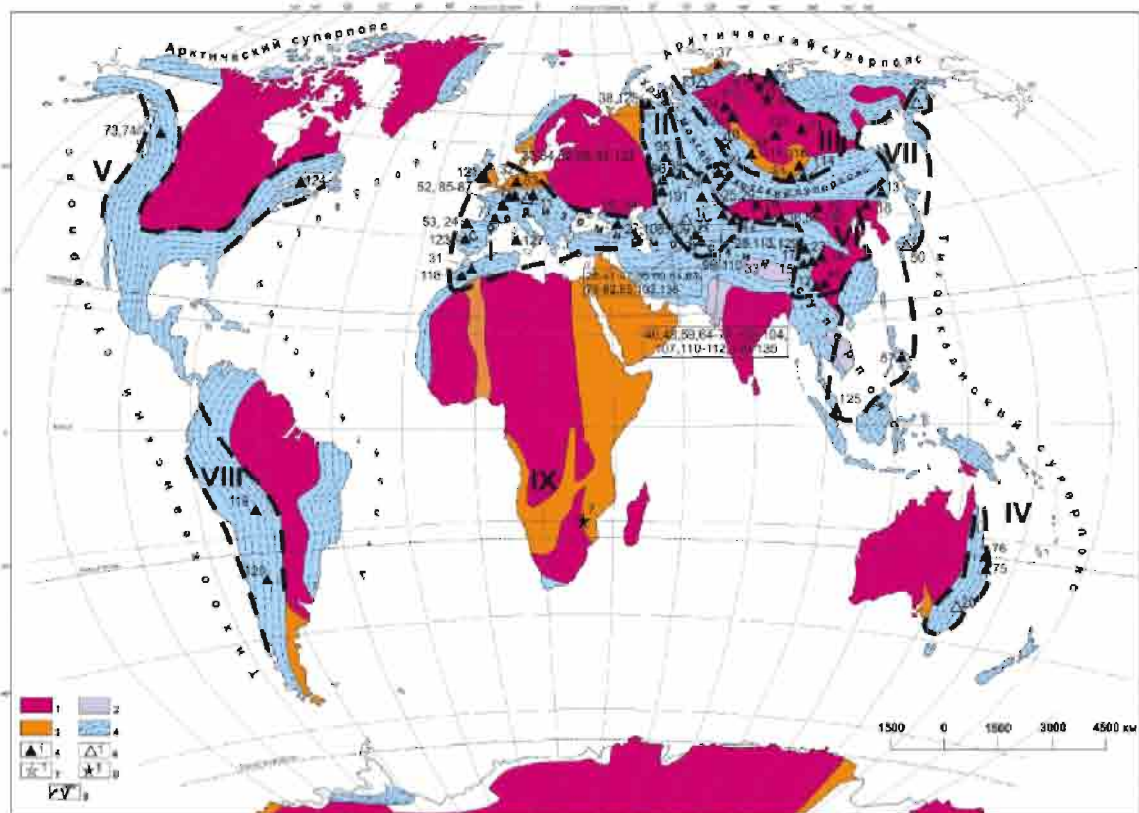


Рис. 6.1. Позднегерцинские (башкирский век среднего карбона-средний триас, 319-205 млн лет) эндогенные месторождения континентов. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина, 1971, модифицировано. Условные обозначения: 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогее, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5-8 – эндогенные и экзогенные месторождения и проявления, в т.ч. связанные: 5 – с преимущественно коллизионными процессами – скарновые, гидротермальные; 6 – с процессами дилатансии, преимущественно основным вулканизмом (источники рудных компонентов в верхах мантии и низах коры, руды медно-никелевые, медно-молибденовые порфировые и т.д.), 7-8 – мантийными источниками (7 – карбонатиты, 8 – кимберлиты); 9 – контуры историко-минерагенических подразделений. Римскими цифрами обозначены историко-минерагенические провинции (эндогенный минерагенез): I – **Западноевропейская-Североафриканская**, II – **Уральско-Казахстанско-Среднеазиатская**, III – **Восточносибирская-Центральномонгольская**, IV – **Восточно-Австралийская**, V – **Перилавrentийская**, VI – **Китайская (Тарима-Внутренней Монголии)**, VII – **Северо-Запада и Запада Тихоокеанского кольца**, VIII – **Андийская (востока Тихоокеанского кольца)**, IX – **Африканская**.

Месторождения и проявления, сформировавшиеся в позднегерцинский этап:

I – алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты, лампроиты: 1– Кошмансай, юго-западные отроги Чаткальского хребта, Узбекистан. Диатрема лампроитов поздне-среднекаменноугольного возраста; 2-7 – кимберлитовые поля Анабарской субпровинции, для тел которой получены позднегерцинские (310-200 млн лет) радиологические данные, в т.ч.: 2 – Молодинское, Куойкское, 3 – Куранахское, 4 – Лучаканское, 5 – Ары-Мастахское, 6 – Старореченское; 7 – Доколвайо, Зимбабве. Дайка кимберлитов с возрастом 300 ± 30 млн лет.

II – апатитоносные и другие массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатитами: 8 – Лугингол, Южная Гоби, Монголия. Нижнепермский массив нефелиновых сиенитов с карбонатитами. TR; 9-10 – массивы с карбонатитами, в т.ч.: 9 – Гулинской группы Маймеча-Катуйской субпровинции с пермскими-триасовыми датами (Гули, Одихинча, Бор-Урях, Кугда, Маган, Ессей. Чангит, Романиха, Сонна и др.). TR, Та, Nb и т.д.; 10 – Кийский, Енисейская субпровинция. TR.

III – никелевые, медно-никелевые, платинометалльные, в связи с интрузиями базитов-ультрабазитов, офиолитами: 11 – Ранско, Богемский массив, Чехия. Габбро-перидотитовый массив. МПГ, Си, Ni, Zn; 12 – Жиньбаошань, юго-западный Китай. Тело верлитов (P), содержащее

промышленную Pt-Pd минерализацию; 13 – **Фадеевка** (река), Приморский край. **Пограничный** золотоносный пояс. Базиты-ультрабазиты с Pt (P_3); 14 – **Киньэрблар**. Синцзян-Уйгурский национальный район, Китай. Медно-никелевое; 15 – **Данба**, запад пров. Юньнань, Китай. Пермское платинометалльное Cu-Ni; 16 – **Яньлюпинь**, район **Данба** на юго-западе Китая (пров. Сычуань). Пермское платинометалльное Cu-Ni; 17 – **Хинжи**, запад пров. Сычуань, Китай. Пермское Cu-Ni, платинометалльное; 18 – **Гирин**, северо-восточный Китай. Никеленосные интрузивы габбро-кортлан-дитового комплекса (Т); 19 – Синцзян-Уйгурский национальный район, Китай. Месторождения **Хоньлинь**, **Калатоньке**, **Тулаэрген**, рудные поля **Бакишикуан**, **Люобей**, **Хуаньшань-Ёньэркуан**. Cu-Ni; 20 – **Файфилд**, Новый Южный Уэльс, Австралия. Герцинское МПГ; 21 – **Норильский** рудный район в составе **Норильского**, **Тальминского**, **Южно-Норильского** и **Талнахского** рудных узлов. Ni, Co, Cu, МПГ;

IV – хромитовые: 22 – **Гальмознан**, Корякия. Ватыно-Вывенкский сегмент Олюторской тектонической зоны. Гипербазитовый массив с Pt-Cr оруденением, датированным 350-250 млн лет (Re-Os), при том, что сам массив предположительно ларамийский (70-65 млн лет).

V – железорудные, титановые, ванадиевые, марганцевые месторождения: 23 – **Панжихуа**, пров. Сычуань, Китай. Гигантские пермские ванадиеносные титаномагнетитовые месторождения палеорифта Пан-Хи, иногда платиноносные; 24 – **Тургайская** (Кустанайская) группа, Казахстан. Скарновые железорудные **Сарбайское**, **Качарское** и **Соколовское**; 25 – **Прибалхашский** железорудный район, юго-восток Центрального Казахстана. Скарновые железорудные пластовые формаций медно-магнетитовой (**Каратас**, **Мыншукыр**, **Новалы**, **Саяк**) и магнетит-гематитовой (**Бапы**, **Дюсень**, **Уштобе**); 26 – **Кураминская** зона Тянь-Шаня и Памира, месторождения: **Туранглы**, **Гавасайская группа**. Скарновые магнетитовые с Cu-Au; 27 – **Каратау-Чаткало-Нарынская** зона, **Сусинген**. Скарны с магнетитом и Cu; 28 – **Заккан**, **Чуянкан**, **Восточно-Кугитангское** рудное поле, **Гаурдак-Кугитангский** горнорудный район, Узбекистан. Скарново-магнетитовые руды с W и Mo; 29 – **Нижне-Тунгусский** железорудный бассейн, Красноярский край и западная Якутия. Магнетитовые скарны в связи с траппами (T_1). Имеются Au, Ag, МПГ; 30 – **Ангаро-Илимский** железорудный бассейн Иркутской области. Скарновые магнетитовые **Рудногорское**, **Тагарское**, **Нерюндинское**, **Ермаковское**, **Долоновское**, **Красноярское**, **Кежемское**, **Седановское**, **Шестаковское**, **Касьяновское**, **Тубинское**, **Коршуновское**, в связи с траппами T_1 ; 31 – **Акебаб**, **Аули**, Марокко. Жильные и стратиформные залежи; 32 – **Фрамон-Гранфонтен**, Вогезы, Франция. Скарновое магнетитовое с шеелитом.

VI – колчеданные полиметаллические, медные, медно-молибденовые порфировые, арсенопиритовые месторождения: 33 – **Злате Гори**, Чешский массив. "Полиметаллическая" стадия рудообразования, 280 млн лет назад; 34 – **Мышков**, юг Польши. Mo-W-Cu порфировое (C_2); 35 – **Тызыл**, **Чочукулак**, **Эльбрус**, Большой Кавказ. Верхнекаменноугольные-пермские Свинцово-цинковые (C_3 -P); 36 – **Юньвулинь**, глубинный разлом Кунь-Луня, Западный Китай. Триасовое Меднопорфировое (Т); 37 – **Бырранга**, горы на севере Таймыра. Полиметаллические жильные (P_3 - T_1); 38 66 – **Варнека** (бухта), Пай-Хой. Телетермальное полиметаллов (Т) среди известняков и доломитов ордовика и силура; 39 72 – **Коунрад**, Казахстан. Штокверк вторичных кварцитов. Cu, Mo. Формирование в несколько фаз, в т.ч., вероятно, и в перми; 40 – **Уч-Имчек**, **Северо-Тяньшаньская** зона. Позднепалеозойское арсенопиритовое, с Pb, Zn, Bi; 41-47 – **Кураминская** зона Тянь-Шаня и Памира. Месторождения, в т.ч.: 41 – **Чорух-Дайрон**. Руды формаций скарновой с шеелитом и молибденитом, медно-молибденовой; 42 – **Кураминская** зона Тянь-Шаня и Памира, **Алмалык**, **Калмакыр Дальнее**. Позднегерцинское гигантское Cu-Mo-Au; 43 – **Алтын-Топкан**. Скарновое полиметаллическое с малыми интрузиями гранитоидов (C_3 и P); 44 – **Кансай**. Скарновое полиметаллическое с малыми интрузиями гранитоидов; 45 – **Кургашин-Кан**. Полиметаллы в связи с малыми интрузиями гранитоидов (C_3 и P); 46 – **Такели**. Мышьяково-полиметаллическое, с малыми интрузиями P_2 и Т; 47 – **Уч-Кулач**, **Самсар**. Pb-Zn, с малыми интрузиями P_2 и Т; 48 – **Алай-Кокшаальская** зона. Скарны и метасоматиты с арсенопиритом и лёллингитом месторождений **Мосриф**, **Казнок**, **Чайкулрюк**, **Сарымат**, **Такфон**; 49 – **Тунгчан** (антеклиза Юньнань-Гуйчжоу), Китай. Медная минерализация в интрузиях и на контактах габбро-диоритов, внедрившихся в породы синия на рубеже P_{1-3} ; 50 – о. Сикоку, Южная Япония. Медноколчеданное, PZ₃; 51 – **Эрдэнет**, Центральная Монголия, Cu-Mo, в связи с мафитами P-Т.

VII – золоторудные месторождения: 52 – **Лимузен**, деп. Вьенна, Франция. Герцинский золоторудный район с месторождениями **Шени**, **Шатле**; 53 – **Салаве**, золотоносный пояс Оскос, зона Западная Астурия-Леон Иберийского массива, Испания. Пермское золоторудное в метасоматитах; 54 – **Рио Нарсеа**, Астурия, северо-запад Испании. Золоторудный пояс (месторождения **Рио Нарсеа**, **Карлес**; 55 – **Коч Булак**, Узбекистан. Крутые золото-кварц-сульфидные жилы. Золотоносные пластовые кварц-пиритовые "конгломераты" в зонах разломов; 56 – **Вулоньгоу**, возле глубинного разлома Кунь-Луня. Пермское орогенное золота; 57 – **Хайкербармайн**, о. Рапу-Рапу, Филиппины. Золото-медноколчеданное; 58 – **Кочкарское**, 50 км Ю-ЮЗ Челябинска, Урал. Золото-арсенопиритовое; 59 – **Кумтор**, Киргизия, 50 км к югу от Иссык-Куля.

Пирит-альбит-карбонатные и другие золотоносные метасоматиты с вольфрамитом. Ресурсы золота более 1000 т; 60 – **Мурунтау**, Узбекистан. Золото-кварцевое. Присутствуют Pd, Pt, Rh, Ru; 61 – **Кураминская** зона Тянь-Шаня и Памира, **Чадакская** группа. Au-Ag; 62 – Чешский массив. **Роудни**. Гидротермальное. Электрум, сульфиды железа; 63 – **Казылалмасай**, Чаткало-Кураминская зона Узбекистана. Золото-пирит-арсенопирит-кварцевое; 64-69 – Киргизия: 64 – **Сулу-Тегерек**, **Куру-Тегерек**, **Акташ**, **Насоновка**, **Алтын Жилга** – золотоносные гранат-пироксен-волластонитовые скарны C_2 , иногда с халькопиритом, МПГ; 66 – **Макмаль**. Золоторудное скарновое; 67 – **Джерой**. Золото-кварцевое жильное; 68 – **Талдыбулак Левобережный**. Золото-порфировое; 69 – **Окторкой**, **Куранджайляу**, **Джерой**, **Солтон-Сары**). Пермские (?) золотоносные березиты; 70 – **Долпран**, **Коматор**. Золото-порфировые; 71 – **Сухой Лог**, центральная часть **Бодайбинского** золоторудного района. Au; 72 – **Хадамьяо**. Внутренняя Монголия, Китай. Скарновое золоторудное; 73 – **Искупт**, Золотой Треугольник, пров. Британская Колумбия, Канада (с Долиной Десяти Тысяч Дымов). Au, Ag, Cu, Hg, As, Sb; 74 – **Брелорн Пайонир**, пров. Британская Колумбия, Канада. Золото-кварцевые жилы, со штоками диоритоидов перми и триаса; 75 – **Гимпи**, Квинсленд, Австралия. Крупное золоторудное (P_3-T_1); 76 – **Маунт Морган**. Квинсленд, Австралия. Раннетриасовые залежи Au в трубке взрыва среди девонских пород; 77 – **Салсинь**, департамент Од, Франция. Золоторудное, с каледонско-герцинской активизацией. Au, As, W, Bi, Cu.

VIII – существенно серебряные, висмутовые: 78-82 – **Кураминская** зона Тянь-Шаня и Памира, месторождения в связи с малыми интрузиями перми и триаса, в т.ч.: 78 – **Тары-Экан**. Pb-Ag, 79 – **Лашкерек**. Pb-Ag, 80 – **Брич-Мулла**. Bi-As, 81 – **Адрасман**, **Джелтимас**. Cu-Bi, 82 – **Актепа**, северо-восток Кураминского хребта. Позднегерцинское пятиэлементной формации. Ag, As, Ni, Co, Fe, Sb, Hg, Cu; 83 – **Бьебер**, плато Шпессарт, ФРГ. Постварисское жильное Co-Ni-Bi; 84 – **Виттихен**, Шварцвальд ФРГ. Месторождение пятиэлементной формации, связано с гранитами, рубеж Р и Т;

IX – редкоземельно-редкометалльные, урановые, ассоциирующие с щелочными массивами, пегматитовые, скарновые, в связи с иными процессами метасоматоза: 85 – **Эшассер**, Франция. Купола альбититов с Li, Ta, Nb, Sn; 86 – **Монтебра**. Центральный Французский массив. Штокверки, грейзены с Li, Ta, Nb, Sn; 87 – **Буа Нуар**, там же. Кварцевые штокверки с U, F; 88-93 – штокверковые, скарновые, грейзеновые месторождения Чешского массива, в т.ч.: 88 – **Меденек**. Скарновое, Fe, W, 89 – **Пехтельсгрюн**. Скарновое, W, Sn; 90 – **Овезна**. Скарновое, W, Sn; 91 – **Лота**. Скарновое, W, Sn; 92 – **Циновец-Циннвальд**. Штокверки, грейзены, Sn, W, Li; 93 – **Альтенберг**. Штокверки, грейзены, Sn, W, Li; 94 – **Урух**, **Чегем**, **Черек**, Большой Кавказ. Редкометалльные пегматиты (C_{2-3}); 95 – **Мурзинка**, Урал. Пегматиты с бериллом, топазом и т.д.; 96 – **Виш-невогорское**, Челябинская область. Альбититы и альбитизированные пегматиты, Nb; 97 – **Калба-Нарым**, Восточный Казахстан. Пояс редкометалльных месторождений пегматитовых и грейзеновых с Ta, Nb, Be, Li, Cs, Sn (**Бакенное**, **Белая Гора**, **Юбилейное**, **Асубулак**, **Лобаксай**, **Огнеизское**, **Карасу**), кварцево-жильных (**Чердоаяк**, **Палащи**, **Каинды**, **Чудскы**, **Караш**); 98 – **Тигеренско-Черневинский** пояс, Восточный Казахстан. Скарновые и грейзеновые вольфрамово-молибденовые **Египетское**, **Ивановское**. Со щелочными гранитами ассоциирует Nb-Zr-TR-минерализация (**Азумау**); 99 – **Урыл-Коктогай**, Горный и Китайский Алтай. Пегматиты с минералами Ta, Nb, Be, Li, грейзены, гидротермальные месторождения с W, Mo, Be (**Коктогай**, **Калгуты**, **Коккол**), проявления редкоземельных руд; 100 – **Акбиик-Акжайтау**, Восточный Казахстан. Нормальные гранитоиды специализированы на W, Mo (**Сор**, **Жаман-Койтас**). Редкоземельные пегматиты и рибекит-альбитовые метасоматиты с пироксеном и цирконом (**Верхнее Эспе**); 101 – **Борсуксайский** массив в Мугоджарах, Урал. Граносиениты (P_1) с Zr, Hf; 102 – **Актюз (Ак-Тюз)**, **Северо-Тяньшаньская** зона, Киргизия. Позднепалеозойское редкометалльно-полиметаллическое (Pb, Zn, Mo, Sn); 103 – **Чорух-Дайрон**. **Кураминская** зона Тянь-Шаня и Памира. Руды формаций скарновой с шеелитом и молибденитом, медно-молибденовой; 104-107 **Алай-Кокшаальская** зона, с месторождениями, в т.ч.: 104 – **Лянгар**, **Койташ**. Скарны с W (шеелит), 105 – **Ингичке**, **Каратюбе**. Скарны с W (шеелит), 106 – **Лапас**. Кварц-сульфидно-касситеритовое; 107 – **Майхура**. Скарны с W (шеелит) и Sn; 108-109 – **Каратау-Чаткало-Нарынская** зона, с месторождениями, в т.ч.: 108 – **Кумбель** (Сонкуль). Скарны с шеелитом и золотом, 109 – **Саргардон**, **Узун-Булак**. Пегматиты и грейзены с Sn, W; 110 – **Куперлисай**, западная часть поля **Ак-Тюз**, Киргизия. Тела пегматитов с оранжитом (гидратизированный торит $Th [Si O_4]$), альбититов, грейзенов с Th, Be, TR; 111 – **Кутессай**, Киргизия. Пермское редкометалльное и полиметаллическое; 112 – **Калесай**, Киргизия. Пермское бериллиево; 113 – **Пегматитовый шток**, **Восточно-Кугитанское** рудное поле, **Гаурдак-Кугитанский** горнорудный район, Узбекистан. Пегматоиды с ксенотимом, цирконом, вульфенитом, шеелитом, торитом; 114 – **Ермаковское**, Кижингинский район Бурятии, 180 км к востоку от Улан-Удэ. Бернтрэндит-фенакит-флюоритовое в связи с интрузией лейкогранитов. Бериллий, флюорит; 115 – **Ауникское**, в 25 км к СЗ от пос. Багдарин, Баунтовский район Бурятии. Пермские (?) флюорит-бернтрэндит-фенакитовые залежи; 116 – **Орон**, Бурятия. Бериллиево (P_3-T_1 ?); 117 – **Ханбогд**, одноименная впадина, Центральная Монголия. Плутон щелочных гранитов с датой 282 ± 21 млн лет (ранняя пермь, Rb-Sr). Редкометалльная минерализация в

пегматитах; 118 – **Азегур**, Южное Марокко. Герцинское скарновое. W, Mo, U; 119 – **Северная Боливия**. W-Bi- месторождения Р-Т возраста (основное оловянное оруденение кайнозойское); 120 – **Передовая Кордильера**, Аргентина. Небольшие жильные Sn-W-Bi, Pb-Zn, Au-Ag, Cu-проявления; 121 – Арморианский массив, Британские острова. Олово-вольфрамово-полиметаллические **Корнуолл**, рудные поля **Camborne-Redruth, Caradon, St. Just**; 122 – **Пшибрам**, Чешский срединный массив. Мезотермальные урановые залежи со средневарисскими датами около 260 млн лет; 123 – **Панаскейра** (Панашкейра), массив Испанская Месета, Португалия. Послепермские (триасовые ?) порфировидные граниты с Sn, W; 124 – **Маунт Плезант**, север Аппалачского пояса, Канада. Герцинское полифазное грейзеновое Sn-W-Bi порфировое; 125 – **Сунгай Лембинг**, Восточно-Малайский блок. Позднепермское, Sn; 126 – **Гумбейское**, Челябинская область, близ Магнитогорска. Скарновое шеелитовое, золотоносное.

Х – флюоритовые, баритовые, сурьмяные, ртутные, исландского шпата гидротермальные: 127 – **Асуми**, Сардиния. Залежи барита и флюорита (С-Р); 128 – **Амдерма**, Ямало-Ненецкий национальный округ. Флюорит-полиметаллическое (Т); 129 – **Такоб, Кандара, Южно-Гиссарская зона**. Флюоритовые, реже с галенитом; 130-135 – **Алай-Кокшаальская зона**, с месторождениями, в т.ч.: 130 – **Кадамджай**. Телетермальное сурьмяное, Р₃ или МZ(?), 131 – **Хайдаркан**. Sb, Hg, As (реальгар-аурипигмент), с флюоритом, 132 – **Чаувай**. Hg, As (реальгар-аурипигмент), с флюоритом, телетермальное; 133 – **Магуан** (с исландским шпатом), **Джжикрут, Рарз**. Sb, Hg; 134 – **Кули-Колон**. Месторождение оптического флюорита, 135 – **Парвин**. Месторождение оптического барита, с очагами гранитоидов Р₂ или МZ (?); 136 – **Нижне-Тунгусский** (Путоранский) (Т_{1,2}) кальцитонный район (поля **Нидымское, Алюнское, Тутончанское, Нидымканское, Нижне-Тембенчикское, Средне-Тембе-чинское, Туринское, Туру-Кочечумское, Ленко-Нэлгэкэзское, Киремкинское**). Месторождения **Скалы Сулова** и др.; 137 – **Ангаро-Виллюйский** кальцитонный район. 20 продуктивных на исландский шпат полей, связанных с ниже-среднетриасовыми трапповыми покровами; 138 – **Кураминская зона Тянь-Шаня и Памира, Кан-и-Мансур, Наугарзан**. Свинцово-флюоритовые.

Ботсвана. На юге страны с 1982 г. разрабатывается богатейшая алмазоносная диатрема **Джваненг** (рис. 6.2), которая формировалась на рубеже 240 млн лет назад. Локализована она среди доломитов и сланцев супергруппы Трансвааль (PR₁) и маломощных протерозойских силлов долеритов, диабазов, сиенитов. На поверхности выражены три трубчатых тела, слившиеся на глубине 100 м в единое площадью около 55 га. Этот объект, находящийся в 120 км западной столицы страны г. Габороне в долине р. Наледи, считают богатейшим в Мире.

Три разрабатываемых трубки на поверхности занимают площадь 520 тыс. м². В год отсюда компания Дебсвана, совместное предприятие Де Бирс и правительства Ботсваны, извлекает 9,3 млн т руды плюс 37 млн т вскрышных пород. В 2003 г. рудник произвел 14,3 млн каратов (2860 кг) алмаза. Среднее содержание драгоценного минерала оценивают в 1,25 карата/т. Резервы, подсчитанные по состоянию на 2005 г., способны обеспечить нынешний уровень производства еще 27 лет. Так как камни месторождения очень качественные, они продаются дороже, чем алмазы другой важной трубки Центральной Ботсваны – **Орапа**, где объемы производства побольше. В 1993 г. на **Джваненг** был извлечен кристалл массой 446 карат.



Рис. 6.2. Алмазный рудник Джваненг, Центральная Ботсвана. Обратите внимание на озерцо на забое, при том, что работы ведутся в одной из наиболее засушливых частей планеты – пустыне Калахари. <http://www.amnh.org/exhibitions/iamonds/images/jwaneng.gif>

Карбонатиты

В Центральной части Красноярского края выделяют **Маймечо-Котуйскую** ультрамафит-карбонатитовую провинцию (западный склон Анабарского щита). В бассейнах рр. Котуй, Маймеча, Хета (70 тыс. км²) и в 600 км от г. Норильск распространены массивы с карбонатитами пермотриаса: **Атырдык, Бахыт Восточный, Бахыт Западный, Бор-Урях, Гулинский, Далбыха, Ессей, Кара-Мени, Киндим, Кугда, Маган, Немакит, Одихинча, Чингит, Чара, Ыраас**, и др. С ними ассоциируют апатит-магнетитовые месторождения, которые обычно считают пермскими-триасовыми. Но известны и другие даты: 370 млн лет, ¹⁸⁷Os/¹⁸⁸Os; 250 млн лет, для перовскита из карбонатитов.

В Забайкальском крае, юг Алданского щита, **Бурпалинский**, крупный (250 км²) массив щелочных пород, 287 млн лет, U-Pb, цирконы, содержит апатит, флюорит, редкие металлы.

На юге Монголии в конце перми ($244,9 \pm 22,4$ млн лет назад) возник массив нефелиновых сиенитов с карбонатитами **Лугингол**, наиболее изученный из нескольких подобных тел, образующих щелочной интрузивный комплекс Южной Гоби. На площади плутона обнаружены, помимо нефелиновых сиенитов, представляющих главную фазу, щелочные габбро (ийолиты) и поздние дайки. Подсчитанные запасы полезных компонентов карбонатитов составляют 14 тыс. т.

На западе Африки, северо-восток Мали, выделяют провинцию щелочных пород с карбонатитами **Тадхак** пермо-юрского возраста. Тела прорывают образования фундамента на восточной окраине Западноафриканского кратона с возрастом 2 млрд лет или находящиеся стратиграфически выше Панафриканские покровы. Обычно щелочные интрузивы перекрыты меловыми отложениями. Массив (комплекс) **Адхар Тадхак** появился 262 ± 7 млн лет назад, **Тиркине** – 215 ± 11 млн лет, **Анезруф** – 184 ± 14 млн лет, **Тиджеразразе-Ин Иманал** – 161 ± 5 млн лет. Большинство карбонатитов доломитовые (89-95%), с апатитом, пирохлором, магнетитом. Массив **Адиунедж** включает в себя выходы интенсивно фенитизированного канкринит-содалит-эгирин-авгитового нефелинового сиенита и феррокарбонатита, содержащих фиолетовый флюорит и редкоземельные минералы – синхизит $\text{Ca, Ce}[F(\text{CO}_3)_2]$, паризит $\text{CaCe}_2[\text{F}_2(\text{CO}_3)_3]$. На юге Африки, Зимбабве, кольцевой массив **Дорова** преимущественно сиенит-ийолитовый. Собственно кальцитовых и доломитовых карбонатитов здесь $0,5 \text{ км}^2$ из общей площади $5,0 \text{ км}^2$. Возраст комплекса **Шава** 209 ± 16 млн лет. Серпентиниты и дуниты формируют центральную часть кольцевого массива диаметром 5 км, прорванную карбонатитами.

Медно-никелевые с платиноидами объекты

Красноярский край. В завершающую фазу позднегерцинского этапа (вероятней всего, в конце раннего триаса) на северо-западе Сибирской платформы вдоль глубинного Норильско-Хатангского разлома сформировались месторождения сульфидно-медно-никелевых руд **Норильского** рудного района, его **Норильского**, **Тальминского**, **Южно-Норильского** и **Талнахского** рудных узлов, рис. 6.3. В начале отработки богатые руды содержали до 5% никеля, до 15% меди, до 100 г/т платиноидов. Ныне запасы богатых руд сократились минимум на 35%, а качество ухудшилось. Более 80% составляют бедные вкрапленные руды.

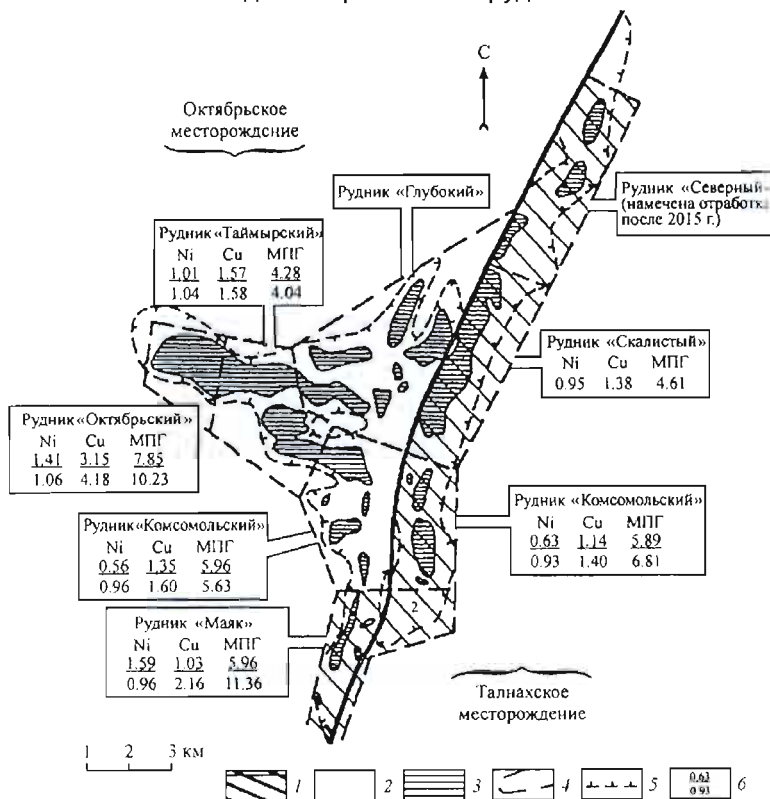


Рис. 6.3. Раннетриасовое Талнахское рудное поле. По В.А. Валетову и др. (2000). 1, 2 – месторождения, в т.ч.: 1 – Талнахское, 2 – Октябрьское; 3 – залежи богатых сплошных сульфидных платиноидно-медно-никелевых руд; 4 – граница Талнахского рудного поля; 5 – контур Талнахского интрузива и отдельных рудников; 6 – содержания металлов: Ni, Cu – в %, платиноиды – г/т. В числителе – по состоянию на 01.01. 2000 г, в знаменателе – на начало отработки.

В подстилающих породах залежи руд (пентландит, пирротин, халькопирит, кубанит) пластообразные, нередко они наблюдаются в виде жил, и шпиров-богатых рудных масс. Известны 15 подобных крупных залежей. Во вмещающих породах и донных частях интрузивов оруденение вкрапленное. **Талнахское** и

соседнее **Октябрьское** месторождения разделены разломом. Рудные тела **Норильского** рудного района с минералами Cu, Ni, Co, МПГ генетически связаны с расслоенными интрузивами базит-ультрабазитов и локализованы в придонных частях полого залегающих тел габбро-долеритов. Залежи **Талнаха** локализованы в песчано-сланцевых отложениях тунгусской свиты $\text{C}_2\text{-P}$ (верхний рудоносный горизонт), **Октябрьского** – среди девонских карбонатно-глинистых образований (нижний рудоносный горизонт). Эти два месторождения имеют ресурсы до 1,5 млрд т руды, содержащей (%): никеля – 0,4-1,5, меди – 0,6-2,5, кобальта – 0,03, МПГ – несколько г/т. Месторождения **Талнахское**, **Норильск-1**, **Октябрьское** вмещают около трети мировых запасов никеля и более 70%

общероссийских. В уникальных месторождениях Норильского района более 90% разведанных в России запасов МПГ, более 85% Ni. Первые накапливались в сульфидах и ультрабазитах. По другим данным, месторождения **Норильск-1**, **Талнахское** и **Октябрьское** в запасах и производстве России составляют: по никелю – 90-94%, по меди – 62-67%, по кобальту – 77-81%, по МПГ – 98%. Конкретные содержания полезных компонентов по рудникам см. на рис. 6.3.

Вьетнам. Триас, время индосинийского орогенеза, оставил во Вьетнаме интрузивные тела самого широкого спектра. Эндогенные скопления сульфидного никеля находятся около г. **Та Кхоа**, на р. Черной. Их вмещают мелкие серпентинизированные перидотитовые массивы и всещающие известково-кремнеземистые породы. В 1960-е гг. разведано месторождение **Бан Санг**), содержащее 3 млн т руды с 0,93% Ni, 1,2% Cu, некоторым количеством Co, малой примесью Te, Se, Au. Богатые руды, до 7% Ni, открыты в **Бан Фук**. В Северном Вьетнаме, площадь **Као Банг** выявлен еще несколько проявлений (**Бао Лак** и др.). Офиолитовый пояс, идущий вдоль р. Ма, назван французским геологом Фромаже «следом от шрама», считают обладающим значительным потенциалом на Ni и Cr.

Китай является одним из крупнейших мировых потребителей платины. На его юго-западе, пров. Сычуань, Cu-Ni с МПГ, V-Ti аккумуляции сформировались в середине перми в связи с развитием рифта Пан-Хи, или Панжихуа-Сишань. Рудные объекты, связанные с пермскими интрузиями мафитов-ультрамафитов эксплуатируются. Крупные карьерные разработки ведутся в **Панжихуа**, где залежи иногда содержат повышенные концентрации платиноидов. В 1970-е гг. на севере рифта был обнаружен Cu-Ni объект **Данба**, к разработке которого приступили в 1990-е гг., содержат МПГ. Предполагают, месторождения площади **Данба** могут быть сопоставлены с норильскими по структурному положению, геологическим обстоятельствам и стилю минерализации. Всего в Синьцзяне с 1980-х гг. обнаружено более 20 небольших и средних по запасам скоплений подобных руд. По данным Re-Os датирования, все месторождения оказались сформировавшимися в узкий временной интервал начала перми, между 285 и 275 млн лет назад. Месторождения принадлежат генетическим типам: собственно плутоническому, связанному с выбросом вещества из глубин по подводящим каналам, и магматических дифференциатов, связанных с силлами. В горах Эмейшань (центральная часть пров. Сычуань), развиты пермские плато базальты (260 млн лет и моложе), с которыми ассоциируют интрузии базитов-ультрабазитов. Одной из таких является **Жиньбаошань** – единственное в регионе тело, содержащее промышленную концентрацию МПГ.

Месторождения железа

В Восточной Сибири с траппами, имеющими раннетриасовый возраст, связаны месторождения Fe активизированных восточной и юго-восточной окраин Сибирской платформы, частично, заходящие и в ее пределы. Они относятся к крупным **Нижне-Тунгусскому (Тунгусское поле в Туруханском районе Красноярского края, магнетититы висячих бортах интрузий габбро-диа-базов, габбро-диоритов) и Ангаро-Илимскому (Иркутская область, Рудногорское (рис. 6.4), Тагарское, Нерюндинское, Коршуновское скарны) железорудным бассейнам.**

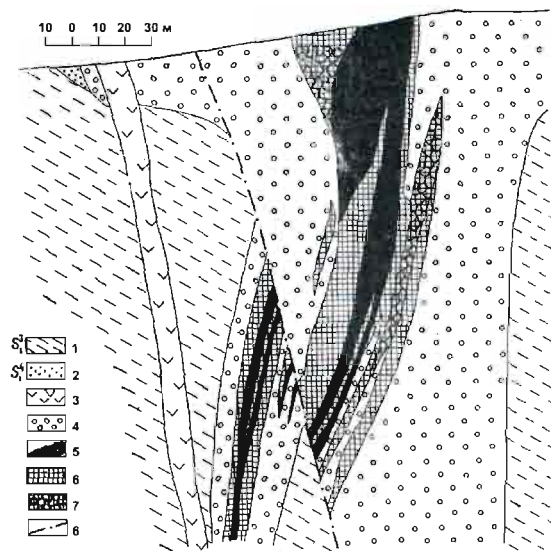


Рис. 6.4. Геологический разрез через участок с лучшими по запасам и качеству рудами раннетриасового Рудногорского месторождения Ангаро-Илимского района. Из (Железорудная..., 1957). 1 – мергели измененные; 2 – песчаники кварцевые; 3 – траппы; 4 – породы ска-рнированные; 5 – руды сплошные магнетитовые; 6 – руды вкрапленные; 7 – руды брекчеевидные; 8 – зоны нарушений.

Среднебоснийские сланцевые горы содержат крупные мезотермальные комплексные Ba-Fe объекты с Cu, Sb, Hg, As, Au в метаморфитах силура-карбона, но возникшие в связи с пермскими риолитами. В рудном районе **Горный Вакуф** на юго-западе Боснии и Герцеговины это **Машкара, Рад, Саски Рад, Мрачай**,

Сабильйине Печине, Златарика, Точак, Костайница, Трошник и др. Это сидеритовые, барит-сидеритовые аккумуляции, однако со значительными содержаниями тетраэдрита. Жилы **Машкара, Мрачай** особенно обогащены ртутистой разновидью минерала, так как находятся первое в 2 км, а второе в 0,5 км от глубинного разлома. В Хорватии является мезоэпитептермальное барит-полисульфидно-гематит-сидеритовое месторождение **Руде (P-T)** с выраженное эксгальационно-осадочной (SEDEX) составляющей. Его гипс-сидерит-гематитовые залежи локализованы среди кластиков P₂₋₃ (сидерит, гематит, сфалерит, галенит). Северо-восточней находятся подобные барит-полисульфид-сидеритовые объекты: **Бистра-Медведница** (Хорватия), **Рудобанья** (в Венгрии), **Рудняни, Рознава** (в Словакии).

На Чешском массиве в интервале 310-280 млн лет появились магнетитовые скарны **Меденек**.

В североитальянской Ломбардии несколько Ba-Pb-Zn-Fe объектов, жильных и замещения, находятся среди известняков (T_1), переслаивающихся с силицикластитами: **Альфредо, Санто Алоизио, Манина, Бариселла, Сопракроче-Фонди**. Сидеритовые руды содержат 35% Fe, 3-4% Mn.

В Казахстане скарновые железорудные месторождения **Тургайской** (Кустанайской) группы датированы 315-295 млн лет, К-Аг. В последующих работах возникновение Тургайских железных руд также отнесено к позднегерцинскому этапу, но возрастной интервал для рудных залежей резко расширен (0,35-0,28 млрд лет). **Сарбайское, Качарское и Соколовское** месторождения магнетита содержат до 3 млрд т железных руд скаполит-магнетитового, пироксен-гранат-магнетитового, актинолит-эпидот-магнетитового составов. Залегают они среди вулканитов и известняков среднего визе. В Прибалхашском районе (Кызылеспинский антиклинорий) распространены и гидротермальные проявления гематитовых и кварц-гематитовых железных руд - **Керегетас, Жаманколь, Каражингил, Конырбель, Таргыл**. Тела обычно линзо- и жиллообразные. Железа – 12-15%, иногда – до 60%. На севере Таджикистана, в Согдийской области (б. Ленинабадская), известны несколько значительных эндогенных месторождений железа. Наиболее крупное из них – **Чокадамбулак**, (C_{2-3}) скарновое магнетитовое, с залежами на контакте гранитоидов с карбонатными породами среднего палеозоя.

На севере Вьетнама рудник **Трай Кау** обеспечивает рудой металлургический завод в г. Тхай Нгуен. Отрабатываются линзы магнетита мощностью 5-10 м при протяженности 20-200 м на контакте известняков (С-Р) с диабазами даек. Средние содержания – 53% Fe. Доказанные резервы 44 млн т.

Медно-молибденовые порфировые месторождения

В Казахстане с конца раннего и в среднем карбоне в вулканогенных поясах появились медно-порфировые объекты **Кызылкаин, Кенсай** (южной озера Зайсан), **Коунрад** на северной оконечности озера Балхаш. Три давно известных рудных района **Балхашский, Актогайский и Усть-Илийский** сохраняют большой потенциал на медно-порфировое оруденение. К. Аршамов (2010) обобщил материалы, касающиеся распространению медно-порфирового оруденения в **Жонгаро-Балхашской** складчатой области, сокращенно ЖБСО. Различаются вулcano-плутонические пояса окраинно-континентальный каменноугольный **Тасты-Кусак-Котырарсан-Алтынэмельский** и внутриконтинентальный каменноугольно-пермский **Балхаш-Илийский**. В первом сосредоточены все основные промышленные меднопорфировые объекты **Конырат, Актогай, Айдарлы, Коксай, Прибрежное**. Подобные аккумуляции содержат 62% всех ресурсов меди ЖБСО, тогда как медно-скарновые только 17%), Cu-Ni – 2,0%, полиметаллические колчеданные – 10,6%, Cu-цеолитовые – 4,2%, Cu-Au-Ag – 4,2%. Собственно медно-порфировое оруденение неоднородно и отнесено к типам Коныратскому и Кенькудук-Каскы-рказганскому. Наиболее важные медно-порфировые месторождения **Конырат, Актогай, Коксай** находятся в пределах окраинно-континентального Тасты-Кусак-Котырарсан-Алтынэ-мельского вулcano-плутонического пояса (С), более мелкие **Алтуайт, Алмалы, Нурбай** тяготеют к внутриконтинентальному Балхаш-Илийскому вулcano-плутоническому поясу (С-Р). Медно-порфировые залежи обычно наблюдаются на поднятиях среднепалеозойского основания с минимальными мощностями вулканитов, на площадях глубоко эродированных вулканических форм, среди вулканических и интрузивных образований. В то же время подобные проявления **Кепчам, Каскырказган, Кенькудук** в Тасты-Кусак-Котырарсан-Алтынэмельском поясе локализованы в гранитах и гранит-порфирах среднекаменноугольной адамелит-гранитной формации (C_2). Рудоносными могут быть и пермские гранитоидные формации: габбро-монцодиорит-гранодиорит-гранитная перми вмещает все три медно-порфировых месторождения **Актогайской** группы. С телами порфиров нижнепермской гранит-граносиенитовая формации (торангылыкский комплекс, $P_{1-3}tr$) связаны небольшие объекты **Сарышаган и Сокуркой**.

В Монголии основное Cu-Mo порфировое месторождение **Эрдэнэт** находится в тропе Орхон-Селенге, выполненном вулканогенно-осадочными толщами. Рудоносная система формировалась под влиянием интрузивного процесса – становления тел порфиритов. Возраст руд – 240 млн лет. Для рудного поля подсчитаны запасы 1,78 млн т руды с содержаниями 0,62% Cu, 0,025% Mo.

В Австралии Cu-Mo-Au объекты ассоциируют с интрузивами (С-Р) на севере Квинсленда. Местные геологи (следуя за американскими) склонны выделять «связанные с интрузивами золотоносные рудные системы» (IRG), различая: 1 – порфировые Au, Cu-Au объекты, связанные с примитивными окислительными магмами в примитивных тектонических обстановках (объекты **Дуги Макквари**) в Новом Южном Уэльсе; 2 – IRG-объекты, сформировавшиеся из более восстановительных магм преимущественно континентальных обстановок. В Северном Квинсленде большинство аккумуляций второй группы, кроме **Маунт Лейсон** с его Cu-Mo залежами. Многие IRG-объекты Австралии несут раннюю высокотемпературную молибденовую (Mo-W-Bi) минерализацию, сопровождаемую пространственно удаленным золотым оруденением. Таковы связанные с гранитами **Кидстон, Ред Доум, Мунгана, Равенсвуд**. Возрасты минерализации простираются от 330 млн лет до 280 млн лет. К востоку и северо-востоку минерализация омолаживается, вслед за омоложением магматизма.

Колчеданные объекты

На северо-востоке Черногории, рудный район **Бьеласика** содержит скопления преимущественно пиритовых руд с Pb, Zn, второстепенными Cu, Ag, Hg, примесями Cd, Bi, Ge, Ga, In, Au. Вулканогенно-гидротермальный колчеданный объект **Брсково** (Т) объединил участки: собственно **Брсково**, **Жута Прла**, **Вишнийца**, **Игришта**. В дальнейшем на его площади были открыты участки **Градина**, **Жута Прла-Развержье**, **Бьелойновичи**, а на примыкающей территории – **Биоградска гора**, **Тверди поток**, **Усочки поток** и другие. Руды участка **Бьелойновичи** обогащены Hg (0,2-0,3%).

На Чешском массиве в юную варисскую (270-250 млн лет) стадию формировались полиметаллическая, ката-мезотермальная богатая сульфидами Fe минерализация (сульфиды Fe, железистый сфалерит (с Mn, In, Sn), галенит, станнин, минералы Cu, Ag, Bi, барит), связанная с гранитами (**Кутна Гора**). Ее одновозрастный малосульфидный вариант представлен объектом **Стара Возница** (Ратиборские горы). В германском секторе массива Ag-Pb-Zn жильные тела (310-280 млн лет и позже) формировались в пределах метаморфического ядра Фрайберг и позже.

На Северном Кавказе известны кварцево-карбонат-баритовые Pb-Zn жильные проявления **Чочукулак** (С₃-Р). Аналогичны по возрасту объекты Кабардино-Балкарии – **Эльбрус** и **Тызыл**.

В Таджикистане пермскими считаются полиметаллические скарны высокотемпературного месторождения **Кансай**, рис. 6.5.

На Урале в позднегерцинское время появлялись все новых месторождения медноколчеданных руд, начавшийся ещё в силуре. Если самые древние месторождения **Кабанское V**, **Левиха** этого типа датируют 430-410 млн лет, то наиболее поздними оказываются средне- и даже позднекаменноугольные – 300 млн лет и моложе. Частично позднегерцинскими являются колчеданы месторождений **Дегтярского**, **им. XIX Партсъезда**, **Учалы**, финальные стадии рудообразования **Блявинского**, **Сибаяевского**, **Гая**.

В Китае, западная провинция Цинхай, вдоль северного ограничения котловины Цайдам протянулась полоса скоплений массивных сульфидов двух типов. Оба они проявились на объекте **Циньлоньтан**, который относят к вулканогенно-гидротермальному (VHMS). Горизонт с меденосными сульфидами здесь подвергся интенсивным дислокациям, а после отложения массивных сульфидов – скарнированию. Вмещают залежи андезиты кембрия (514,2±8,5 млн лет). Скарнирование было в С₃ (290 млн лет назад). В этом же каледонском поясе известны и Pb-Zn эксгальационно-осадочные (SEDEX) объекты – **Ситъешань**. В Синьцзяне меднопорфировые объекты развиты вдоль разлома Кунь-Лунь. Из них наиболее представительным в этом рудном поясе является триасовое **Юньвулинь**.

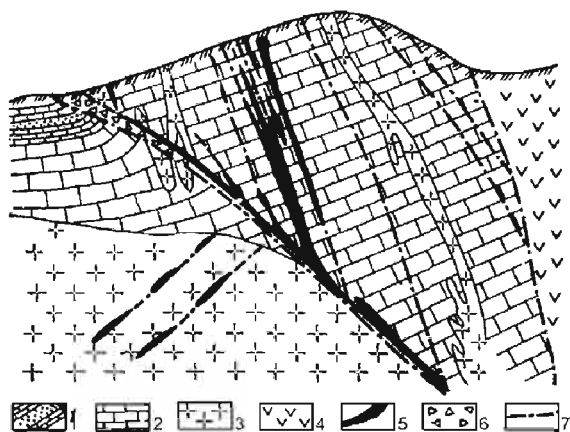


Рис. 6.5. Геологический разрез через высокотемпературное скарновое свинцово-цинковое месторождение Кансай, Таджикистан.

По В.Н. Крупину и Ш.Х. Рахимову, из (И,Ф, Романович и др., 1992, с. 190, рис. 68). 1 – осадочные породы мезокайнозоя; 2 – известняки D₃-C₁; 3 – гранитоиды C₂-P; 4 – дациты C₃; 5 – рудные тела (в верхней части галенит и сфалерит, в нижней – пирит); 6 – тектоническая брекчия; 7 – разрывы

В Японии, юг гор Китаками северо-восточного Хонсю, максимум вулканической активности пришелся на ранний карбон, тогда как на юго-западе страны максимальная вулканическая активность имела место в С₃-P₁ и P₁. В карбоне-

перми появились стратиформные медноколчеданные, Mn, Fe-Mn аккумуляции. Месторождение **Бесси**, о. Сикоку, содержит среди метабазитов массивных, полосчатых, богатых медных. Первые обычно пиритовые с халькопиритом и сфалеритом, вторые представлены чередованием сульфидов и силикатов, третьи – существенно халькопиритовые пиритсодержащие. На глубине одним из компонентов руд становится пирротин. **Бесси** как класс месторождений массивных сульфидов (VMS), впервые описанный в 1993 г. с формулировкой «мафические силикокластические вулканогенные массивные сульфиды».

На Филиппинах комплексы палеозоя представлены гнейсами, амфиболитами, хлорит-амфибол-слоистыми сланцами. На островах Палаван, Миндоро и п-ве Замбоанга острова Минданао их возрасты карбон, пермь, триас, догер. В породах PZ открыты проявления колчеданных руд и эксплуатируемое Au-Cu-колчеданное месторождение **Хайкербармайн**, о. Рапу-Рапу.

В Южной Америке древние порфировые месторождения были первоначально открыты в Аргентинских Андах в 1977 г. Потом удалось получить соответствующие K-Ar даты (298-195 млн лет) и для аналогичных объектов севера Чили, где они перемежаются с кайнозойскими медно-молибденовыми порфировыми. На этих древних рудных полях, не смотря на большие объемы

посвященных им исследований, не обнаружено экономически значимых объектов. Это может быть объяснено большим эрозионным срезом магматитов PZ₂-T₁, из-за которого сохранились лишь корни рудоносных систем. Однако детальные исследования **Сан Хорхе** в Аргентинских Андах, рис. 6.6, с ресурсами 2 млн т меди показали, что сохранность высоких уровней Cu-Mo порфировых древних систем возможна.



Рис. 6.6. Пермское (263-267 млн лет) меднопорфировое месторождение Сан Хорхе, пров. Мендоса, Аргентина. Гипергенные изменения – малахитизация. По (CORO Mining Corp., 2012).

На севере Чили открыты семь рудных аккумуляций, формировавшихся в позднем карбон-лейасе (в скобках возраст, млн лет): 1 – **Чараколья** (201), 2 – **Эль Лоа** (284-239), 3 – **Лилян** (290-260), 4 – **Торнасол** (284-198), 5 – **Лиля** (212-196), 6 – **Эль Хардин** (216-203), 7 – **Рио Фрио** (298-285).

В центре Аргентины известны позднегерцинские медно-порфировые месторождения: **Алкапаросса** (267 млн лет), **Сан Хорхе** (263-267 млн лет), **Волунтад** и соседние 13 объектов в пров. Неукен. Ма-теринский для оруденения **Сан Хорхе** шток гранодиорит-порфиров (P) вмещают песчаники и сланцы PZ. Залежи с наибольшими содержаниями Cu и Au находятся в кластитах карбона.

Медь самородная

На юго-востоке Китая промышленные скопления самородной меди **Янхе** открыты в провинции Гуйджоу на границе с провинцией Юньнань. Медь распространена в верхнепермских плато-базальтах Эмейшань и перекрывающих углеродисто-кремнистых породах на обоих крыльях синклинальной структуры (30 км²). Мощность меденосной толщи 15-80 м, богатого интервала 6 м. Генезис сингенетический гидротермальный, североамериканского типа **Кьюиноу**, руды которого, однако, рифейские. В рудном районе **Лудьян** очевидно, что геохимический раздел северо-западного простирания, совпавший с административной границей Юннань-Гуйджоу, является ответственным за эндогенную рудоносность осадочного чехла этой обширной территории. К нему также тяготеют крупные и суперкрупные скопления Ag **Лемашань**, **Ниньшаньпу** и Pb-Zn **Куаншаньчань**, **Килинчань**, **Лехонг**.

Золото. Серебро

На Чешском массиве в средневарисский этап (310-280 млн лет) появились гидротермальные жилы с пиритом и электрумом (**Роудни**), тяготеющие к кровле гранитных тел.

В Боснии и Герцоговине золотоносные пиритовые жилы типа **Баковичи** содержат 10–20 вес. % SiO₂, 5–10 вес.% Мп-сидерита, 50–75 вес.% золотоносного пирита, 21 г/т Au, 13 г/т Ag.

В Германии, земля Нижняя Саксония, гидротермальные Ag-Co-Ni-As месторождения представлены герцинским **Андреасберг**. С 1487 г. здесь разрабатывалось свыше 20 крутопадающих средне- низкотемпературных рудных жил мощностью до 1,25 м среди герцинид Гарца. Шахта **Самсон** достигала глубины 1 км. Ag руды встречались гнездами.

В Польше, региональная тектоническая зона Гамбург-Краков, на площади Малопольского блока обнаружена значительная теллуридная минерализация, связанная с гранитоидами С₃. Теллуриды Ag и Bi встречены в андрадит-гроссуляр-пироксен-карбонатном скарне объекта **Завершье**.

Во Франции позднегерцинскими (310-305 млн лет) является объект **Шатле**, рудный район **Ла Марш**. В первую стадию на его площади формировались кварц-арсенопиритовые, позже – основные Au-Sb руды. В прочих подобных – **Вильранж** (300±7 млн лет и 315±7 млн лет, K-Ag, по иллиту, фенгиту; температура рудообразования – 200-240°C); **Ле Травэ** (304±2 млн лет); **Пон де Растель** (317-306 млн лет, ⁴⁰Ag-³⁹Ag, по фенгиту); **Лорьера** (307-301±4 млн лет, K-Ag, по иллиту; 317-301 млн лет, по другим данным; температура рудообразования – 450-500°C. 70% Au исторической добычи Франции (193 т) дал **Салсинь** (305 млн лет). Месторождение содержит догерцинскую стратоподобную и позднегерцинскую жильную минерализацию в нижнекембрийской толще – чередование песчаников и карбонатных пород. Известно также и более 300 прочих варисских позднеорогенных золотопроявлений.

В Коми на Кожимском поднятии в последние годы открыта пермская Au-Pd и TR минерализация объекта **Чудное**. Оруденение локализовано среди метариолитов и осадочных пород рифея.

Характерна гематитизация вмещающих пород, интенсивное развитие фуксита в рудовмещающих зонах расланцевания. Показательно отсутствие сульфидов в золотоносных зонах.

На Урале интересны впервые описанные плутогенные золотоносные в березитах месторождения, типоморфным для которых является **Березовское** под Екатеринбургом. М.А. Гаррис (1960) по К-Аг соотношению датировала некоторые залежи **Березовского**, **Ключевского**, **Куманского** - 260-250 млн лет. В среднем карбоне (0,3 млрд лет назад) сформировался крупный гибридный массив плагиогранитов **Кочкарского** месторождения Челябинской области. Массив рассечен дайками метасоматитов («табашек»), пегматитов и плагиогранитов, сериями кварцевых жил (от ранних к поздним): арсенопирит-кварцевых и кварц-пиритовых, сфалерит-халькопирит-пирротинных, золото-тетра-димитовых, кварц-карбонат-галенитовых. В арсенопирит-кварцевых рудах золота в среднем 8-12 г/т. Тонкое золото обнаружено в экономически значимых содержаниях и в кварц-пиритовых рудах.

На Северном и Среднем Урале исследуют промышленные проявления в черных сланцах **Ашкинской** зоны, рис. 6.7.

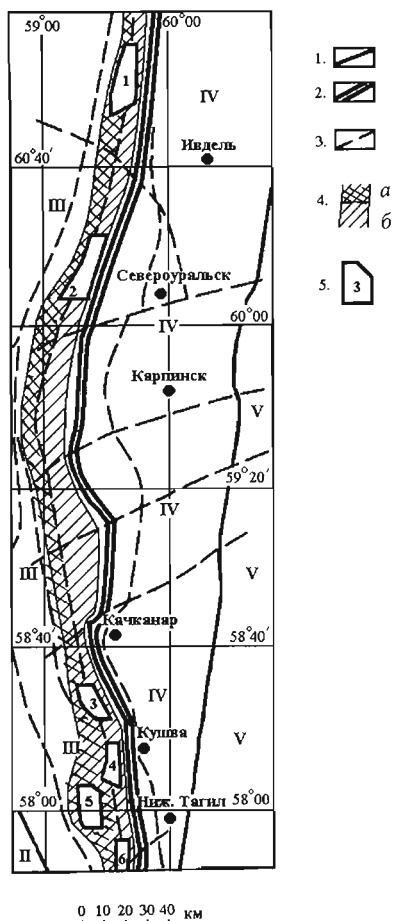


Рис. 6.7. Ашкинская и Сурьинско-Промысловская золоторудные (с МПГ) зоны в геолого-тектонических структурах Северного и Среднего Урала. Из работы В.Н. Сазонова и А.Я. Великанова (2010). 1 – границы тектонических мегазон; 2 – Главный Уральский глубинный разлом (ГУГР, сутура); 3 – разломы – границы зон влияния ГУГР субширотные более высоких порядков; 4 – золоторудные зоны: Ашкинская (а) и Сурьинско-Промысловская (б); 5 – площади с развитием Au и сопряженной МПГ-минерализацией: 1 – Мартайская, 2 – Вагранская, 3 – Промысловская, 4 – Серебрянская, 5 – Ашкинская, 6 – Синегорская. Геолого-тектонические мегазоны: II – Западно-Уральская (внешняя), III – Центрально-Уральская, IV – Тагильская, V – Восточно-Уральская.

Первичное золото полагают позднерифейским, ассоциирующим с пиритом и органическим веществом. Содержания изначально были небольшими, первые миллиграммы в тонне, но в D₃ зеленосланцевый метаморфизм способствовал появлению вторичных коллекторов, в которых концентрации благородного металла выросли до 70 мг/т. В 1997 г. по галениту **Воронковского** проявления получен возраст 368 млн лет, который и полагают временем становления вторичных аккумуляций Au и, вероятно, пропилитов. В перми (290 млн лет) и раннем триасе (240 млн лет) формировались березиты-листвениты. Зона вызывает повышенный интерес с тех пор как Д.А. Додин обосновал отнесение ее объектов к сухоложскому типу, для которого свойственны крупнообъемные полихронные, полигенные месторождения Au (с МПГ в "черных" сланцах).

В Иркутской области, **Кропоткинское** рудное поле, центральная часть **Бодайбинского** золоторудного района **Ленской** золотоносной субпровинции, находится сверхкрупное месторождение **Сухой Лог**, рис. 6.8. Оно многостадийное, в зонах расланцевания, среди углеродистых сланцев рифейской хомолхинской свиты (асимметричная опрокинутая антиклиналь), формировалось с рифея до среднего-позднего палеозоя (главный этап). Возраст оруденения – 350-290 млн лет. Содержания Au в среднем 2,5 г/т, запасы – 1450 т (Ист. мин., 2007, с. 311; Ист. мин., 2005, с. 146, 307, 308). Ресурсы месторождения составляют 3 тыс. т Au. Данные по радиоизотопному датированию пород **Сухого Лога** (U-Pb, цирконы, Rb-Sr): синметаморфические гранитоиды, образование купола, сопровождаемое зональным метаморфизмом – 354 млн лет; постметаморфические граниты – 320 млн лет; дайки лампрофиров – 313 млн лет; завершение термического эпизода в интервале 310-280 млн лет (К-Аг, по мусковиту и биотиту). Возраст продуктивной минерализации **Сухого Лога** 350-290 млн лет. В 1977 г. были утверждены запасы Au – 1041,2 т. Среднее содержание золота 2,7 г/т.

Позднее запасы возросли по сравнению с утвержденными на 502,1 т, составив 1543,3 т. 75% Au, или 1145,3 т, содержится в рудах со средним содержанием 3,5 г/т, что на 30% больше чем было утверждено (2,7 г/т). Помимо **Сухого Лога**, исследованы и прочие однотипные месторождения, связанные с черными пиритовыми сланцами рифея: **Первенец**, **Невское**, **Вернинское**. От

одновозрастных месторождений Кузнецкого Алатау и Енисейского кряжа руды Бодайбинского района отличаются отсутствием арсенопирита и распространением сульфидных зон расщелачивания.

В Центральном Казахстане на протяжении S_{1-2} внедрялись гранодиориты, сопровождаемые медно-порфировой минерализацией (месторождения Самарское, Контажал, Байское, Алмалы, Кенкудук, Борлы, Конырат, Актогай, Гюльшад, Каратас, Сарысаган и ряд проявлений). Золото-кварцевые жильные и штокерковые месторождения синхронны меднопорфировым. Аусульфидные жильные и штокерковые объекты, такие как Бақырчик (рис. 6.9), а также золото-кварцевые залежи локализируются в терригенных толщах, частично, в черных сланцах. Пространственно они связаны с дайками, внедрившимися в конце S_2 -начале S_3 . Залежи руд многостадийные, с многократной мобилизацией первично осадочного золотоносного материала в приразломной зоне

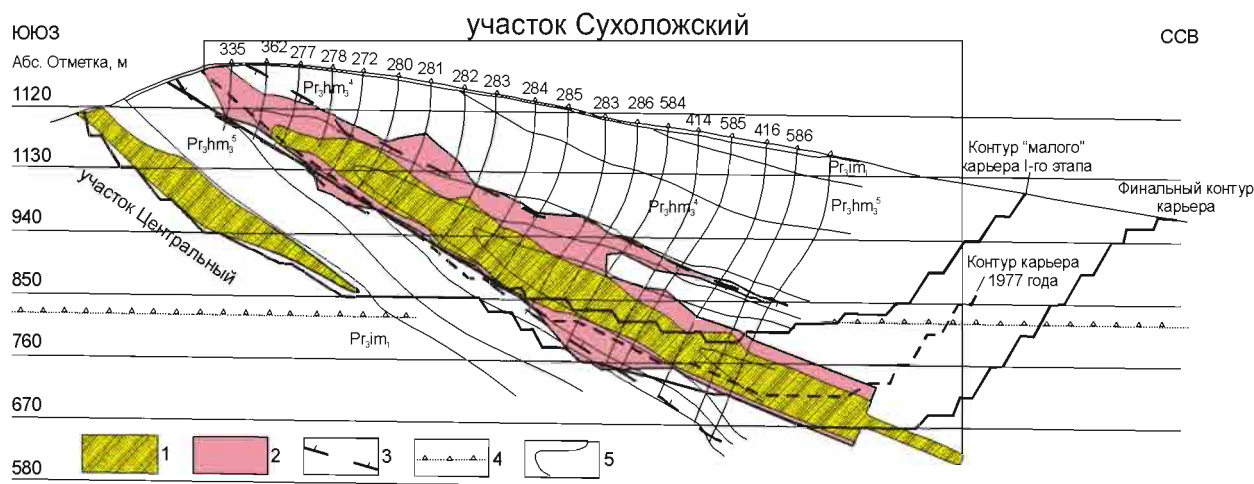


Рис. 6.8. Позднегерцинское по основному этапу рудогенеза золоторудное месторождение Сухой Лог, Бодайбинский рудный район, Иркутская область. Размещение рядовых и бедных руд в разрезе по буровой линии +23. По И.А. Карпенко, И.Ф. Мигачеву, Б.К. Михайлову, Н.Г. Петрашу (2006). 1 – рядовые руды; 2 – бедные руды; 3 – минерализованная рудная зона; 4 – нижняя граница многолетнемерзлых пород, с абсолютной отметкой – 820 м на участке Сухоложский; 5 – геологические границы вмещающих пород.

В Узбекистане (рис. 6.10) из известных более 600 объектов разрабатывают 12. Мурунтау даёт 80-85 т золота ежегодно. Месторождения Au объединяют в три группы: Кызылкум (Мурунтау, Даугыз, Амантайтау, Окьетпес, Космоначи, Мыутенбай, Высоковальное, Бальпантау), Нурота (Чармитан, Гуюмсай, Мардямбулак, Джизак, Сармич, Бирон, Зармитан), Курама (Кочбулак, Кызылалмасай, Кайрагач, Юг-1). Последовательность процессов, приведших к возникновению месторождений золота в Кызыл-Кумах такова: 1 – 520-420 млн лет или 580-570 млн лет, региональный метаморфизм; 2 – ордовик-триас – локальные дислокации; 3 – 310-275 млн лет (S_{2-3}); локальные изменения в связи со становлением плутонов; 4 – 285-250 млн лет – образование биотит-полевошпат-кварцевых метасоматитов; 5 – 274 млн лет – ареальное ороговикование; 6 – 271 млн лет

– возникновение околосильных полевошпатово-кварцевых метасоматитов; 7 – 274-255 млн лет – интенсивное формирование залежей Au; 8 – 287 млн лет – становление гранитов-гранодиоритов кызылкумского комплекса.

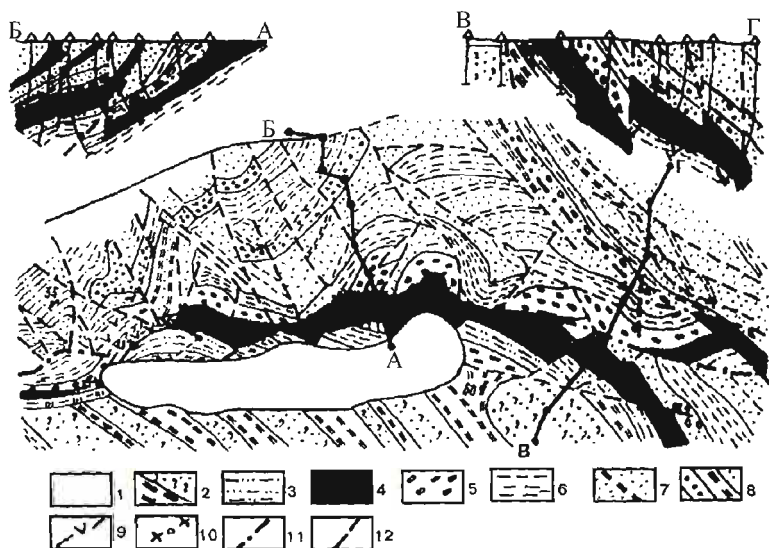


Рис. 6.9. Золоторудное месторождение Бақырчик в Ауэзовском районе Семипалатинской области Казахстана. Участки Помежutoч-ный и Глубокий Лог. По X.A. Беспяеву с соавторами (1997). 1 – рыхлые отложения; 2 – кокпектинская свита; 3 – буконьская свита S_2 , подсвета песчаников; 4 – продуктивная пачка; 5 – шаровые песчаники; 6 – аргиллиты; 7 – песчаники; 8 – переслаивание

песчаников и углеродистых сланцев; 9 – дайки диоритовых порфиритов; 10 – трахиандезитовые порфириты; 11 – шов Кызыловского разлома; 12 – прочие нарушения.

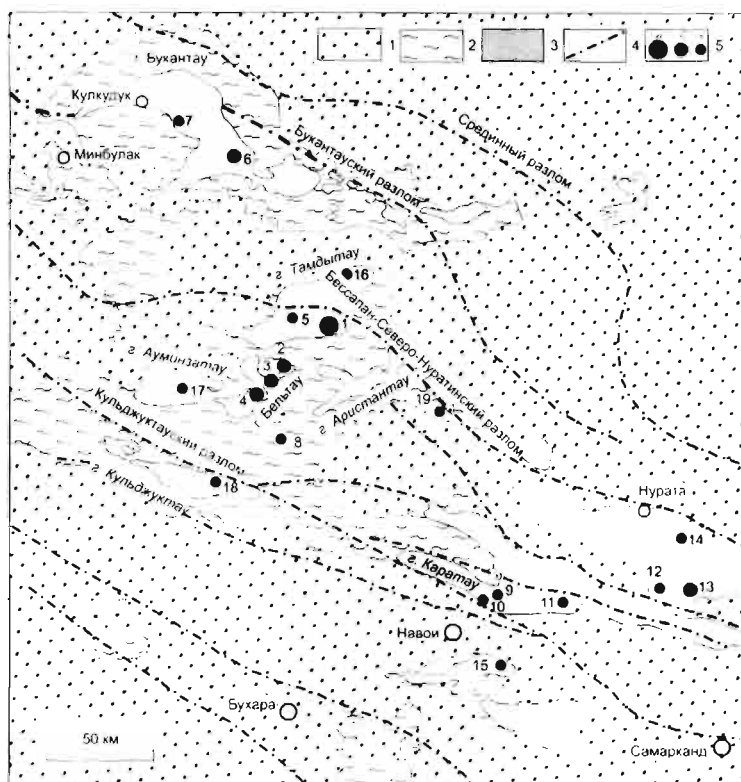


Рис. 6.10. Структурная позиция основных пермских месторождения золота Кызыл-Кумов, Узбекистан. По Ч.Х. Ариффулову [2010, с. 125]. 1 – неоген-чет-вертичные отложения; 2 – мел-палеоген-новые отложения; 3 – выходы пород палеозоя; 4 – разломы; 5 – месторождения золота (а – уникальные, б – крупные, в – средние), в т.ч.: 1 Мурунтау, 2 – Амантайтау, 3 – Даугызтау, 4 – Высоковольное, 5 – Космоначи. 6 – Кокпатас, 7 – Айтым, 8 – Караатинское, 9 – Сармич, 10 – Биран. 11 – Алтынказган, 12 – Караулхана. 13 – Чармитан, 14 – Синтаб, 15 – Каракутан, 16 – Тамдыбулак, 17 – Аджибугут, 18 – Таушан, 19 – Аяк-Кудук.

в «черных сланцах», сконцентрировано около 1000 т Au, в скарнах **Макмаль** – 60 т, золото-кварцевых жилах **Джерой** – 80 т, золото-порфировом **Талды-булак Левобережный** – 80 т. Залежи золото-вольфрамового рудного поля **Кумбель** локализованы в экзоконтакте гранодиоритов много-фазной интрузии Сонкуль. Руды тяготеют к площадям развития развития скарнов, скарноидов, роговиков по терригенным и карбонатным породам турне и визе. В Северо-Тяньшаньской зоне, 50 км южнее оз. Иссык-Куль, восточной поля **Кумбель**, обнаружено очень крупное золоторудное, с W, месторождение **Кумтор** (свыше 1000 т Au). Оно принадлежит новому для региона типу – рудным Au-W-Te-пиритовым метасоматитам в поясе распространения черных сланцев.

В *Kumae* на востоке Кунь-Луны и прилегающих с севера площадях в поздней перми формировались орогенные месторождения Au **Вулоньгоу** с возрастом $238,6 \pm 3,6$ млн лет.

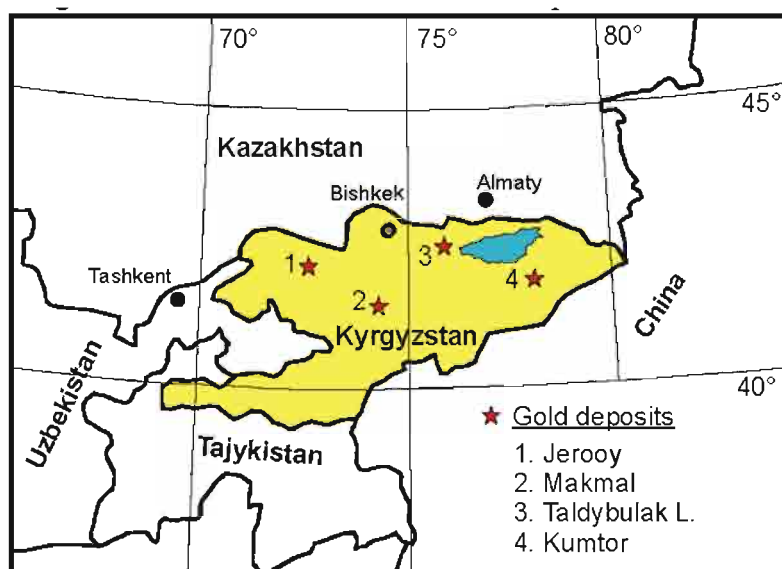


Рис. 6.11. Основные пермские месторождения золота Кыргызстана, в т.ч. (указаны звездочкой): 1 Джерой, 2-Макмаль, 3-Талдыбулак Левобережный, 4 – Кумтор). По N. Rak, 2006.

В *центральной Таиланде* самый крупный Au-Ag объект **Ча-три** локализован в пермтриасовом вулканическом поясе Лоей-Пхетчабун, граница террейнов Шан-Тхай и Индокитайского. Залежи размещены среди конгломератов, песчаников, сланцев, известняков (C-P₁). Ресурсы Au – 165 т (5 млн унций), средние содержания 1.2г/т Au и 12г/т Ag. Золоторудные скарны **Пху Тхап Фах** образуют промышленные тела. Они сложены пиритин-гранат-клинопироксеновой породой среди пермских пелитолитов, песчаников, известняков на контакте с триасовыми гранодиоритами и ассоциирующими дайками. На рудном поле золото обнаружено и в черных сланцах, вскрытых

бурением.

На севере Лаоса медно-золотоносные объекты тяготеют к сочленению складчатых поясов Лозэй и Труонгсон, 100 км северо-восточней столицы Вьентьян. По масштабам выделяются Cu-Au порфировое **Пху Кхам**, эпиптермальные **Лонг Чьенг Трак** и **Бан Хоуайксай**, тесно ассоциирующие с вулканоплутоническими породами S_3-P_1 . Все объекты открыты в начале 1990-х гг. в ходе обследования речных систем и геохимического опробования почв. Для Cu-Au порфирового **Пху Кхам** подсчитаны резервы: 192 млн т руды с 0,62% Cu и 0,25 г/т Au. Ресурсы руды **Лонг Чьенг Трак** и **Бан Хоуайксай** составляют 3,66 млн т с 0,98 г/т Au и 9,79 млн т с 1,05 г/т Au, соответственно.

В Австралии, Квинсленд, в пределах рудного поля **Гимпи** распространены жильные тела мощностью до 1,5 м с пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, крупным самородным Au.

Они локализованы среди сланцев, песчаников, конгломератов, известняков карбона. Возраст оруденения – P_3-T_1 (235, 220 млн лет). Еще один позднегерцинский Гигант из прошлого (закрит в 1981 г.) – **Маунт Морган**. Залежи вмещают породы девона, но минерализация более поздняя, T_1 . В Новом Южном Уэльсе с гранитами (C_1) связывают многочисленные месторождения жильного Au рудного района **Хилл Энд**. Одноименное место-рождение здесь находится вместе с прочими в силурийско-девонском трогее. Кварцевые жилы и штокверки локализованы среди чередования песчаников и сланцев силура. Объекты славились богатейшими бананцами и уникальными самородками. 19 октября 1872 г. на руднике **Стар оф Хоуп** найден крупнейший в Море самородок **Бейерс и Холтерман** массой 286 кг и стоимостью по тем временам £12 000, рис. 6.12.



Рис. 6.12. Крупнейший в Море золотой самородок с названием Бейерс и Холтерман массой 286 кг. Найден 19 октября 1872 г. на руднике Стар оф Хоуп, рудный район Хилл Энд, Новый Южный Уэльс. Рядом его открыватель Бернхардт Отто Холтерманн, 28 или 29 апреля 1838, Гамбург, Германия – 28 апреля 1885, Сидней, Австралия).
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/03/Bernhard_otto_holtzman_with_630lb_gold_from_Hill

На юго-западе пров. Британская Колумбия Канады с 1897 г. известно месторождение Au **Брелорн-Пайонир**, связанное со штоками диорито-идов (P-T), внедрившимися в офиолиты PZ_{1-2} , сланцы, аргиллиты, вулканы перми.

В Аргентине, рудный район **Андакольо**, выявлено более 50 золоторудных жильных объектов. В 60% тела содержат сульфиды, в остальных они отсутствуют. Наиболее важные месторождения – **Эрика** и **София**. Залежи **Эрика** находятся среди

пропилитизированных отложений верхнего палеозоя. Они представлены вкрапленной и жильной минерализацией. Основные рудные минералы – пирит и самородное золото. Резервы значительные – 129,24 т Au.

Редкометалльные объекты в связи с пегматитами, гранитоидами (Sn, W, Be, TR)

В Испании и Португалии число Sn-W месторождений, рис. 6.13, достигает нескольких сотен; все они невелики по масштабам. В последних работах их называют позднепермскими.

Более значительными являются в Испании **Вильчес**, **Ла Импенсада**, **Ла Фенисия**, **Мармалекао**, **Монтес де Галисия**, **Санта Комбо**, в Португалии – **Барралья**, **Панашкейра**, **Матта да Райны**. Залежи представлены мелкими кварцевыми жилами (кварца 90-95%). Однако иногда жилы очень значительны. На месторождения **Санта Комбо** они имеют протяженность до 2 км при мощности до 2 м.

На Чешском массиве в средневарисский этап (310-280 млн лет) возникла скарновая Sn-W минерализация – площади **Пехтельсгрюн**, **Овезна**, **Лота**. В юную варисскую (270-250 млн лет) стадию формировались Li-содержащие Sn-W-штокверки и жилы кататермального (пневматолитового типа). В середине пояса минерализованных куполов длиной 20 км, ассоциирующих с Восточным плутоном, 40 км южнее Дрездена, ФРГ, находится старинный, преимущественно оловорудный, объект – **Альтен берг**. Россыпи олова на его площади начали обрабатывать в XI веке в **Горни Круппа**, рудные тела разрабатывались в 1440-1991 гг. На нынешней границе Германии и Чехии действовали рудники **Прайсзелберг**, **Циннвальд-Циновец**, **Садисдорф**. Штокверки, грейзены, грейзенизированные граниты датированы 270-250 млн лет. Известный **Яхимов**, из руд которого впервые открыта радиоактивность, ныне полагают довольно древним. Его крупные зоны с уранинитом, связанные с гранитами, датированы 260 млн лет. Из них добыто ~1,500 т Ag, 12 тыс. т U.

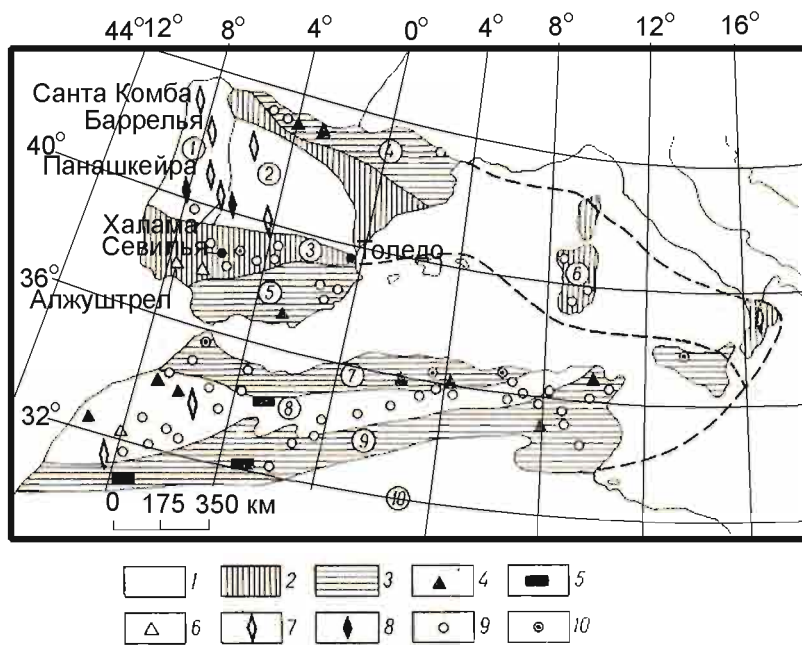


Рис. 6.13. Позднегерцинские Sn-W месторождения Западного Средиземноморья. По Г.А. Твалчрелидзе. 1 – срединные массивы и платформы; 2 – области палеозойской складчатости; 3 – области альпийской складчатости; 4-10 – месторождения: 4 – Fe, 5 – Mn, 6 – Cu, 7 – Sn и W, 8 – U, 9 – Pb и Zn, 10 – Hg и Sb. Металлогенические зоны (цифры на схеме); 1 – Лузитано-Галисийская глыбы, 2 – Испанская Месета, 3 – Сьерра Морена, 4 – Пиренеи, 5 – Бетийские Кордильеры, 6 – Сардиния, 7 – Темь Атлас, 8 – Марокканская Месета, 9 – Анти-Атлас, 10 – Сахара.

На Центральном Французском массиве распространено TR и Sn-W оруденение. На северо-западе массива с пегматитовыми дайками и малыми интрузиями гранит-порфиров, высокофосфористыми пералюминиевыми дайками риолитов ассоциирует субпромышленная минерализация с Ta, Nb, Be, Li. Геологические ресурсы оценивались только для **Бовуа-Эшассьер**, департамент Алье: 1 млн т Li с содержанием 1,3% Li₂O; 20 тыс. т Ta при 100 г/т. Возраст минерализации 310±3 млн лет. Больше всего Ta₂O₅ (0,034%) в альбититах купола Бовуа. Запасы руды оценены в 50 млн т. Возраст оруденения 305-293 млн лет. Развитие гидротермальных рудоносных систем Центрального Французского массива пережило два этапа. В первый формировались Au+Sb гидротермальные месторождения, во второй – W-Sn и редкометалльные магматогенно-гидротермальные. В короткий промежуток времени между 310 млн лет и 305 млн лет они действовали одновременно. Sn-W минерализация формировалась на уровне 323 млн лет и 310-305 млн лет. Последний интервал знаменовал пик рудогенеза на площади орогена, когда появились значительные аккумуляции Sn, W, Sb, As, Au. В районе **Северный Лимузен** открыты кварц-вольфрамитовые жилы объектов **Ла Крузиль**. Позднемиссисипский возраст имеют Sn-W **Мулэн Барра**, **Пюи-ле-Винь**, редкометалльные (Ta, Nb, Be, Li) пегматиты и малые штоки гранитов, риолитовые дайки **Бовуа**, **Эшассьер**, **Шедэвилль**, **Монтебра**.

В Великобритании оловорудные месторождения **Корнуолла** связаны с гранитами Корнубийского батолита (290-250 млн лет (Rb-Sr, K-Ar). Залежи представлены касситерит-силикатными, касситерит-сульфидными и сульфидными, без касситерита, жилами. Олово и вольфрам накапливались в осевой части Корнуолла, полиметаллы – в периферической. Наиболее древний уранинит месторождения **Гивор** датирован 290±7 млн лет. Нижний предел возраста уранинитов Корнуолла – 290 млн лет. Прочие определения по уранинитам: 225±5 млн лет, 124±4 млн лет; 60±4 млн лет. Все это интерпретируют как свидетельство многофазности становления руд.

В **Карачаево-Черкессии** крупный кварц-вольфрамит-молибденитовый объект – **Кти-Теберда** (C₂-з). Его залежи стратиформные, прожилково-вкрапленного типа.

В **Челябинской области** известны пегматиты **Ильменского** заповедника с колумбит-танталитовой минерализацией. Еще один интересный объект Челябинской области – **Светлинское** поле миароловых пегматитов. В пределах границ занимаемого им антиклинория обнаружены **Кочкарское** и **Светлинское** месторождения золота, **Светлинские** месторождения горного хрусталя и редкометалльных пегматитов. В 1967 г. на **Светлинском** месторождении извлечен самый крупный в СССР кристалл кварца весом 3,4 тонны, названный Юбилейным. В обрамлении массивов гранитоидов распространены кристаллические сланцы (содержат ставролит и кианит), амфиболиты, мраморы с дайками гранитоидов и пегматитов; по краям антиклинория выявлены визейские известняки, что указывает на поствизейский возраст пегматитов. Околокупольное пространство интересно, помимо повышенного содержания золота, рубин-шпинелевыми проявлениями в мраморах, флюоритом, розовым топазом, хризобериллом, редкометалльными пегматитами с драгоценными камнями.

В **Свердловской области** к рубежу среднего и позднего карбона (около 300 млн лет) относят становление известных пегматитовых месторождений драгоценных камней – изумрудов,

аквамаринов, топазов, турмалинов, – **Мурзинки** (рис. 6.14) в Горноуральском городском округе Свердловской области, 120 километрах от Екатеринбурга.

MURZINKA



Mineralogical
Almanac
volume 5, 2002



Рис. 6.14. Самоцветы Мурзинки. Слева – берилл и раухтапаз, справа – редкий голубой топаз. http://geo.web.ru/druza/m-alman_Murz.jpg
http://lagran-gem.com.ua/userfiles/image/katalog/vid_minerala/topaz.png

На западе Забайкальского края известны около двадцати массивов альбитизированных гранитов, большая часть которых приурочена к Ангаро-Витимскому средне-позднепалеозойскому гранитному батолиту (около 400 тыс. км²). Отмечаются только малые проявления Mo, W, Sn, Ta, Nb, TR, что объясняют глубоким эрозионным врезом. Наиболее привлекательными для поисков промышленных аккумуляций названных элементов видят площади вмещающих пород и останцы осадочно-метаморфических образований, а также апограниты и альбитизированные граниты с минералами Nb, Ta, TR, Y, Их присутствие подтвердилось при изучении участков **Безымянского** (лейкограниты, 265 млн лет, Rb-Sr), **Амнуннинского** (мелко-среднезернистые порфировидные микроклин-альбитовые породы, 279 млн лет, Rb-Sr). В Кижингинском районе Бурятии пермские бернtrandит-фенакит-флюоритовые метасоматиты крупного **Ермаковского** месторождения (180 км восточней Улаг-Удэ) эксплуатировались в 1979-1989 г.г. Рудные тела размещены в экзоконтакте лейкократовых гранитов, которые считают «синрудными» 225±5 млн лет. Залежи, подобные **Ермаковским**, встречаются на месторождении **Ауникском**, в 25 км северо-западной пос. Багдарин, Баунтовский район Бурятии. Флюорит-бернtrandит-фенакитовые руды здесь содержат BeO, в среднем, – 0,18%, флюорита – 9,99%. Еще одно соседнее месторождение – **Оротское**, – невелико по запасам и содержанию BeO – 0,4%, в среднем. Оно связано со штоком эгириновых гранитов (0,5 км²).

В Мугоджарах, Казахстан, граносиенитовый **Борсуксайский** массив – раннепермский (250-232 млн лет). Его рудные участки содержат цирконий и гафний в наибольших концентрациях. Другой массив – **Жарминский**, - лейкогранитов альбититового ряда локализован в Жарма-Саурской тектонической зоне. Он несколько древнее Борсуксайского, но тоже пермский (278-270 млн лет), с повышенными

содержаниями Zr и Hf. Еще позднее внедрились пермские же щелочные граниты **Карагетас-Эспинского** массива с аналогичной минерализацией. **Верхне-Эспинское** месторождение пермского возраста тоже связано с Жарминскими лейкогранитами, но находится в иной, Чингиз-Тарбагатайской, зоне. Метасоматиты, альбититы, пегматитовые жилы, возникшие в приконтактной зоне гранитов и вмещающих песчаников С₁, содержат циркон, пирохлор, гагаринит NaCaYF₆. Больше всего циркония в пегматитах. Все они генетически связаны с позднегерцинскими, обычно пермскими, лейкократовыми гранитами. Внедрение гранитоидов происходило в две-три фазы, но рудогенерирующей оказывалась обычно вторая фаза: среднезернистые лейкократовые двуслюдяные граниты с мелкозернистыми краевыми субфациями и составом, приближающимся к аляскиту. Рудообразование пережило фазы: эпимагматическую, пегматитовую, пневматолитовую, гидротермальную. Различаются типы месторождений: 1 – тип **Караобы** – кварцево-жильно-грейзеновые с комплексными рудами (**Аксай, Центральное, Кызылджал, Узунбулак, Куу, Майтас, Кылтау, Юго-Восточное, Дарат, Дегелен**); 2 – тип **Восточного Коунрада** – кварцево-жильные

молибденовые, выдержанные по простиранию и в глубину **Чиндагатуй**); 3 – тип **Байназара** – кварцевожильные штокерковые с комплексным W-Mo оруденением (**Акмая, Басагинское, Узунбулак, Майское, Южное**); 4 – тип **Верхнего Кайракты** – кварцевожильные шеелитоносные штокерки, редкометальное оруденение подчинено иной минерализации (**Батыстау, Аксарлы, Карасаз, Саран**); 5 – тип **Шалгии** – кварцевожильные молибденоносные штокерки в метасоматитах с серпентином (**Июльское, Селтей, глубокие зоны Сарана**); 6 – тип **Коунрада** – вторичнокварцитовые Mo-Sn штокерки (**Бощекуль, Тулагай**).

На севере Узбекистана в Чаткальском хребте, 90 км к ВCB от Ташкента, **Каратау-Чоткало-Нарынская** зона вмещает пегматиты и грейзены с Sn,W, ассоциирующие с лейкократовыми гранитами С₃. Рудные тела содержат берtrandит, вольфрамит, миметезит, селлаит, триплит, флюорит, эвклаз. Таковы месторождения **Узук-Булак, Саргардон**. Пегматиты и грейзены с Sn,W связаны с пермскими лейкократовыми гранитами. **Гаурдак-Кугитангский** горнорудный район Гиссарской металлогенической зоны Южного Тянь-Шаня на границе Туркмении и Узбекистана отличается значительной концентрацией гипогенных и гипергенных месторождений. Часть его полезных ископаемых позднегерцинская. С пермскими магматитами здесь связаны флюорит-редкометалльные пегматоиды, контактовые метасоматиты-скарны, содержащие железорудные, полиметаллические, W-Mo залежи. Они локализованы в **Восточно-Кугитангском** рудном поле в известняках и карбонатно-глинистых породах нижнего структурного этажа (докембрий?-средний палеозой). Рудоносные пегматоиды и скарны образуют месторождения **Пегматитовый шток, Чуянкан, Заккан**. Здесь же присутствуют и кварц-гематитовые жилы. Залежи тяготеют к апикальной части массивов аплитовидных гранитов близ контакта с кварцево-слюдистыми сланцами, относимыми к докембрию или раннему палеозою. Пегматоиды **Пегматитового штока** образуют неправильные тела-«шпильки». Основные минералы: ксенотим, циркон, вульфенит, шеелит, торит. Флюорит распространен в приконтактной части гранитов. На площади месторождения **Чуянкан** железорудные скарны тяготеют к подошве карбонатно-глинистой пачки у контакта с гранитами. Оруденение с W и Mo распространено в окварцеванных зонах кровли этой пачки.

В Киргизии, **Ак-Тюз-Муюнкумо-Наратский** блок, среди пород архея и нижнего протерозоя, в перми возникли крупные месторождения руд Be, Th, Pb и TR. Наиболее важны лейкограниты (260 млн лет) и слепые штоки гранофиоров (225-215 млн лет). Все рудные залежи поля **Ак-Тюз** (рис. 6.15) пространственно связаны с лейкократовыми гранитами и гранофирами, а генетически – с их постмагматической активностью. Залежи месторождения **Куперлисай** (REE, To) находятся на западе рудного поля Ак-Тюз. Редкоземельное месторождение **Кутессай-II** (вторичные кварциты с полиметаллической минерализацией, фторидами редких земель – иттрофлюорит, флюорит, – малаконом-радиоактивным цирконом. – находится в 2-2,5 км от **Куперлисай** на краю массива субщелочных лейкогранитов.

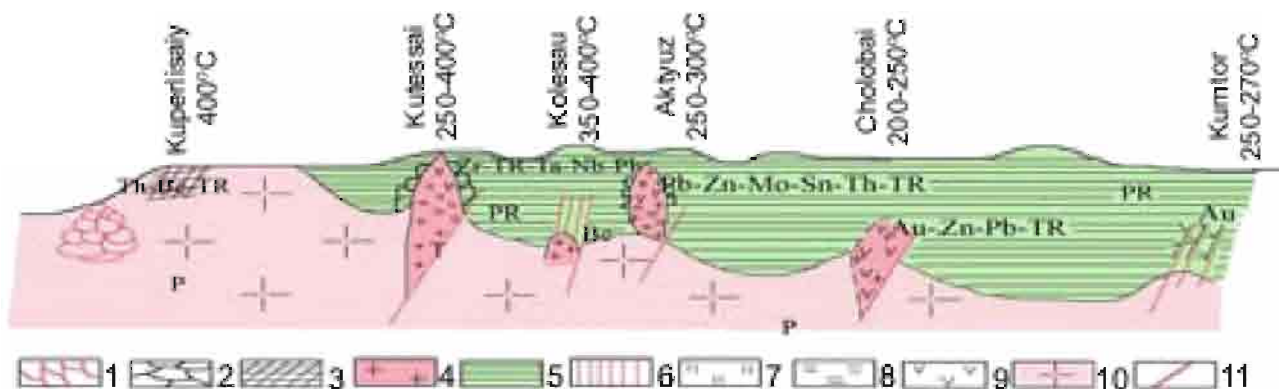


Рис. 6.15. Генетическая схема формирования полиметаллических и редкометалльных месторождений рудного поля Ак-Тюз, Киргизия. По N. Malyukova et V. Kim (2006). 1 – лавобрекчия; 2 – верхняя рудная зона – полиметаллические руды в хлорититах с иттрофлюоритом, фтороцеритом, малаконом, фосфатами, карбонатами, фторокарбонатами, TR, молибденитом; 3 – грейзены; 4 – гранофиры; 5 – хлорит-эпидот-актинолитовые сланцы (метаэффузивы) с возрастом 1,7-1,6 млрд лет (рубеж PR₂-PR₃); 6 – надрудная зона гидротермальных и пневматолитовых изменений с бериллием; 7 – кварц-серицитовые породы; 8 – кварц-мусковитовые; 9 – силифицированные породы; 10 – архейские гнейсы, мигматиты, слюдистые сланцы, мраморы с линзами амфиболитов и эклогитов серии Ак-Тюз (2,8 млрд лет); 11 – разломы.

В Марокко крупный скарновый W (Mo) объект **Азегур** локализован на контакте герцинских гранитов и осадочных пород палеозоя. Более поздним является наложенное на контактовые метасоматиты гидротермальное урановосмоловое оруденение.

В Центральной Монголии Nb-Zr-REE минерализация ассоциирует с высокощелочными гранитами. Её проявления среди верхнепалеозойских вулканогенных (базальты, андезиты, риолиты) и осадочных толщ во впадине Ханбогд связаны с одноименным плутоном, перекрытым меловыми красноцветами. Возраст местных толщ 362-245 млн лет (K-Ar). Rb-Sr изохронный возраст плутона **Ханбогд** – 282±21 млн лет. Для главной фазы магматизма получена и еще одна Rb-Sr дата: 295±5,3 млн лет. В первую фазу внедрялись щелочные граниты, во вторую – их тонкозернистые разновидности и различные дайки. REE минерализация встречается в пегматитах.

В Малайзии, Восточно-малайский блок, наиболее древним возрастом выделяется позднепермское месторождение олова **Сунгай Лембинг**.

В Северном Квинсленде, Австралия, с фельзитическим, преимущественно интрузивным, каменноугольно-пермским (345-280 млн лет) магматизмом связывают месторождения Sn-W, магматогенные золоторудные, иногда с Mo, Bi, W, порфировые Cu-Au и Cu-Mo, иногда с полиметаллами, эпитермальные золоторудные, иногда с Ag, а также предполагаемая U-F-Mo минерализация. В четырёх ведущих рудных районах («провинциях») сосредоточены основные Sn-W ресурсы. Среди них: 1 – **Хербертон-Маунт Гарнет-Джорджтаун** с месторождениями **Маунт Гарнет**, **Хербертон-Ирвинбэнк**, **Санниммаунт-Томми Бёрнс**, **Курбура**; 2 – **Кэйрнс-Куктаун**, месторождения **Коллингвуд**, **Кингс Плэйн**; 3 – **Маунт Карбайн-Каннибал Крик**, месторождение **Маунт Карбайн**; 4 – **Кангару Хиллс**, месторождение **Сардайн**. Совокупно эти районы произвели >150 тыс. т Sn (~200 тыс. т концентрата) и 4 тыс. т W. Большую часть концентрата Sn (140 тыс. т) дал район (провинция) **Хербертон**, а в его пределах – восточная площадь **Хербертон-Маунт Гарнет**, с добычей около 110 тыс. т. Большую часть W получено на месторождении **Маунт Карбайн**, но отрабатывались также небольшие трубчатые тела с W-Mo-Bi минерализацией, например, **Бэмфорд Хилл** и **Вольфрам Кэмп**.

В пров. Нью Брансуик, Канада, выделяется масштабами полифазное Sn-W-Bi-порфировое **Маунт Плезант**. Залежи сконцентрированы в грейзенизированных надинтрузивных брекчиях. Sn-полиметаллическая минерализация наблюдается в обогащенных сульфидами жилах и телах замещения, наложенных на W-Mo залежи. Для Северной зоны месторождения подсчитаны запасы руды 7,1 млн т, содержащей 0,62% Sn, 0,65% Zn, 0,05% Bi, 90 г/т In, 0,12% Cu, 0,08% WO₃, 0,04% Mo. Sn-Mo залежи появились в связи с Гранитом-I, Sn-рудная – с Гранитом-II и порфировыми дайками. Лишь несколько изолированных оловоносных зон оказались среди пород Гранита-III.

Уран

На Чешском массиве в средневарисский этап (310-280 млн лет) возникла мезотермальная в связи с гранитами и крупными зонами разрывов минерализация (уранинит, карбонаты, гематит, пирит, флюорит) – **Пршибрам** (карбонатные жилы с настураном в рвущем контакте каменноугольных гранитов и терригенных отложений рифея-кембрия), **Яхимов** (открыты радий и радиоактивность; добычу оценивают в 1500 т Ag, 12 тыс. т U). Рудный район **Яхимов** выявлен около 1516 г. Богатством залежей он привлек внимание современника Георга Агриколы, который, основываясь на наблюдениях, вынесенных из **Яхимова**, создал известный трактат 16-го века о металлах, горном деле и рудах (*"De re metallica"*). Слово доллар ('dollar') – производное от немецкого талер ('thaler'), денежной единицы, название которой напрямую связано с немецким вариантом названия месторождения – **Йоахимшталь**. Его крупные зоны с уранинитом, связанные с гранитами, датированы 260 млн лет. Прочие важные рудные районы – **Йоханнсгеоргенштадт**, **Шнееберг**. Рудный этап на месторождении **Рожна** (чешская Южная Моравия, добыто 23 тыс. т U) имел место от 277,2±5,5 до 264,0±4,3 млн лет (K-Ar, иллит; 268±50 млн лет, U-Pb, аутигенный монацит). В земле Баден-Вюртемберг, северо-запад Германии, классический гидротермальный объект пятиэлементной формации **Виттихен** связан с гранитами и вмещает урановую минерализацию, формировавшуюся в стадии: 1 – основную поздневарисскую на рубеже около 300 млн лет; 2 – несколько стадий между 200-100 млн лет (связывают с открытием Атлантики); 3 – 40-20 млн лет (открытие Рейнского грабена).

Во Франции, рудные поля **Эшасьер** и **Монтебра** Центрально-Французского массива, более поздними (260 млн лет) являются низкотемпературные жилы и штокверки красноватого кварца с урановой смолкой и флюоритом. Таково месторождение **Буа Нуар** в районе **Форе**, линзы, жилы и брекчии которого, локализованные среди позднегерцинских гранитов, содержат до 6% урана. Разработки начались в 1954 г., и в 1960-е годы это был главный центр добычи урана всей Западной Европы, подземные выработки которого уходили на глубину до 400 м.

На севере Забайкальского края, возможно, частично позднепалеозойскими являются многостадийные золото-урановые месторождения Кодаро-Удоканского прогиба. Одним из них является **Хадатканда** в **Верхнесюльбанском** рудном узле **Сюльбанского** рудного района. Богатые руды **Хадатканды** прожилково-вкрапленные, полосчатые, массивные. Минералы урана представлены колломорфным настураном с реликтами уранинита, в меньших количествах присутствуют браннерит (сростки с уранинитом и шеелитом) и коффинит (секущие микропрожилки).

Золотины (до 50 мкм) образуют вкрапленность в настуране, встречается совместно с сульфидами, висмутеллуридами, ассоциируют с алтаитом PbTe, фробергитом FeTe₂.

Сурьма. Ртуть

На Чешском массиве в юную варисскую (270-250 млн лет) стадию формировались сурьмяные объекты (антимонит, сульфиды Fe, реже бертьерит FeSb₂S₄, самородная сурьма) – **Богутин**, район Пшибрама. Ртутная минерализация (киноварь, пирит, кварц) открыта и на объекте **Дедова Гора**.

В Словении месторождение **Идрия** (рис. 6.16) – второе по значимости и производстве ртути в мире (ныне собственно ртутные объекты не обрабатывают по причине высокой токсичности). Генетически рудообразование связывают с ладинским (T₂) рифтогенезом, вызвавшим бимодальный эффузивный и эксплозивный вулканизм. Рудная минерализация приурочена к доломитовым мраморам C-T₂, переслаивающимся с вулканогенно-осадочными толщами. Отличается очень высоким содержанием самородной ртути (в Средние века здесь долго извлекали только такую ртуть). С Идрией очень схож по геологическим обстоятельствам хорватский объект **Тршче**.

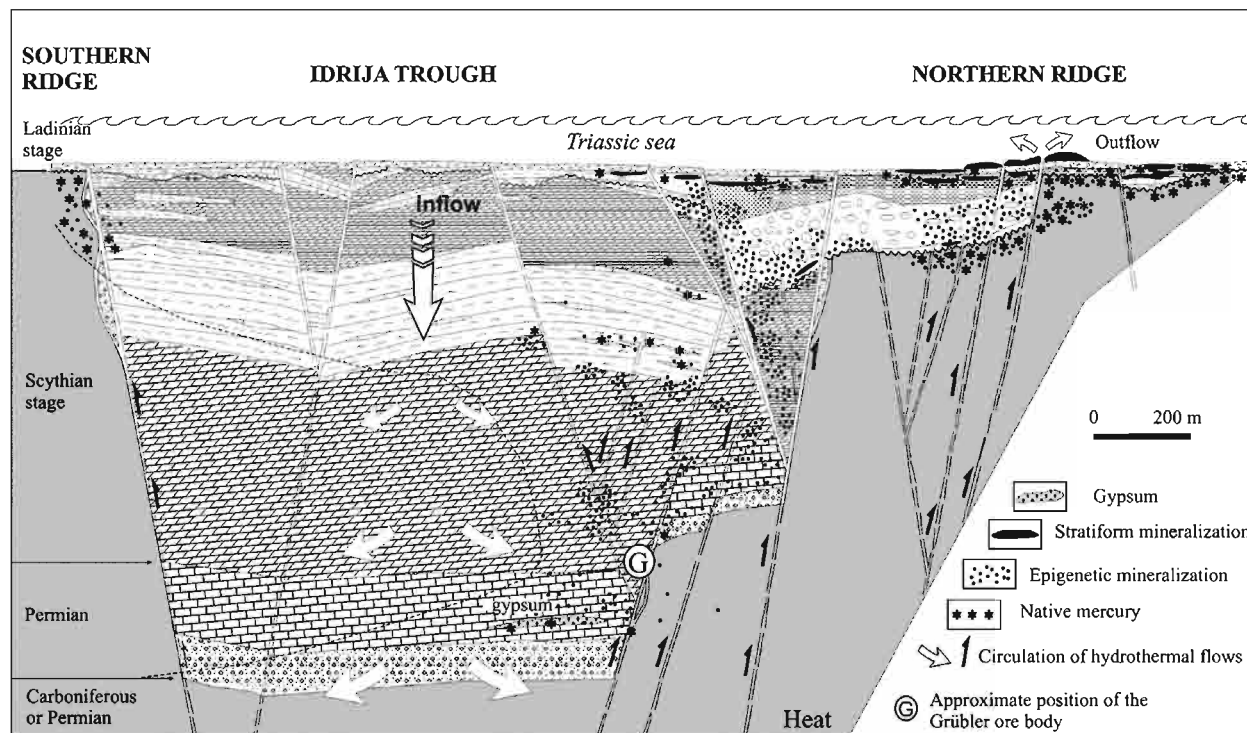


Рис. 6.16. Геологический разрез через триасовое ртутное месторождение Идрия, Крайова, Словения. Условные обозначения, сверху вниз, перевод: 1 – гипс; 2 – стратиформная минерализация; 3 – эпигенетическая минерализация; 4 – самородная Hg; 5 – направления циркуляции гидротермальных потоков; 6 – положение рудного тела Грюблер (R.A. Palinkaš et al., 2008).

В Киргизии месторождения Hg, Sb, CaF₂ полагают киммерийскими или альпийскими. Новые данные по Hg-Sb месторождению **Хайдаркан** (Южно-Ферганский Sb-Hg пояс) мнение о геологической «молодости» его руд не подтверждают. Радиологические даты, варьирующие от 230-236 млн лет до 244-268 млн лет оказываются весьма близкими к возрасту самых поздних вмещающих толщ, т.е. экранирующим сланцам C₂₋₃ (В.В. Авдонин и др., 2005, с. 339). Запасы и ресурсы самого крупного объекта **Хайдаркан** по состоянию на 25. 06. 2009 г. 15,2 тыс. т Hg, 92,6 тыс. т Sb, 0,947 млн т CaF₂.

В Боливии Au-Sb Золото-сурьмяный пояс **Восточной Кордильеры** включает более 500 Au±Sb орогенных объектов с запасами Sb 350 тыс. т, ресурсами 380 тыс. т, при среднем содержании 3,5% Sb. Он состоит из частных поясов: 1 – северо-западного простирания, протянувшегося от Ла Паса через Оруро-Чальяпата в район Амаяпампа; 2 – меридионального, из района Каракота-Карма в район Канделариана аргентинской границы; 3 – северо-западного простирания, из района Аполобамба у границы с Перу, через районы Аукапата-Яни, Кахуата-Лос Мачос в район Косапата-Эль Молино. Орогенные золотые объекты с ленточными жилами, штокверками, седельными рифами, вкрапленными рудами размещены преимущественно в осадочных породах от среднего ордовика до нижнего силура. Многие месторождения, особенно в поясе **Каракота-Карма-Канделариа**, содержат 10-20% Sb и обрабатывались на этот металл. Для них характерен близкий минеральный состав и связи с двумя событиями. В раннее появились Au, пирит, арсенопирит, соединения вольфрама в молочном кварце. Позднее событие с меньшими T оставило минералы Pb, Zn, Cu, Sb – сульфиды в микрозернистом голубовато-сером кварце. Даты противоречивы. Для месторождения

Сан Бернардино это около 314 млн лет (К-Аг), середина карбона, и поздний палеоцен, 59 млн лет (Аг-Аг) [Metallogeny of Bolivia].

Флюорит

На Сардинии возникшие в ордовике-силуре скопления «смешанных сульфидов» оказались переработанными в герцинский этап, примерами чему являются месторождения Филоне Аргентифера и **Бакку Локки** района **Саррабус** на юго-востоке острова. Определенное значение в трансформациях рудного вещества имел F, обычный элемент вулканических газов. Проявления флюорита в породах ордовика и силура распространены. Полагают, что древний фтор в герцинский этап тоже участвовал при становлении экономически важных жил месторождения **Силиус** (район **Саррабус**). Крупная кварцевая жила последнего, разрабатываемая и ныне, содержит около 40% CaF_2 и 1,5 % PbS. Полагают, это один из крупнейших флюоритовых рудников в Европе.

В Башкирии, 23 км от станции Улу-Елга, выявлено месторождение плавленого шпата **Суранское**. Максимальные содержания флюорита – 99%, среднее – 37,7%. Флюорит принадлежит нескольким генерациям. Раннемезозойский возраст хотя бы части залежей предполагается по присутствию богатых аккумуляций флюорита в мезозойской коре выветривания. В Пермском крае на реке Сыра близ границы со Свердловской областью флюоритовая минерализация открыта в известняковых конгломератах P_1 (флиш). По данным $\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0,38$, $\text{Y}/\text{Ce} = 3$ она связана с гранитами и активизацией разлома, отвечающего Тулумбасовскому валу. Его поднятие произошло позже в кунгурский век.

Исландский шпат

В Красноярском крае (Тунгусская синеклиза) известны два кальцитоносных района – Нижне-Тунгусский, или Путоранский (поля Нидымское, Алюнское, Тутончанское, Нидымканское, Нижне-Тембенчикское, Средне-Тембечинское, Туринское, Туру-Кочечумское, Ленко-Нэлгэкэгское, Киремкинское) и Ангари-Вилуйский, или Катангский (еще 20 полей). Все месторождения связаны с трапповыми покровами Т1-2, рис. 6. 17. Одно из самых богатых полей – Нидымское. Здесь на вулканогенно-осадочных тощах известны семь покровов базальтов нидымской свиты. Основные проявления минерала тяготеют к первому и третьему покровам, где в шаровых лавах обнаруживаются гнезда с цеолитами и кристаллами исландского шпата. Иногда обнаруженные «погреба» содержат более одного кубического метра оптического кальцита.

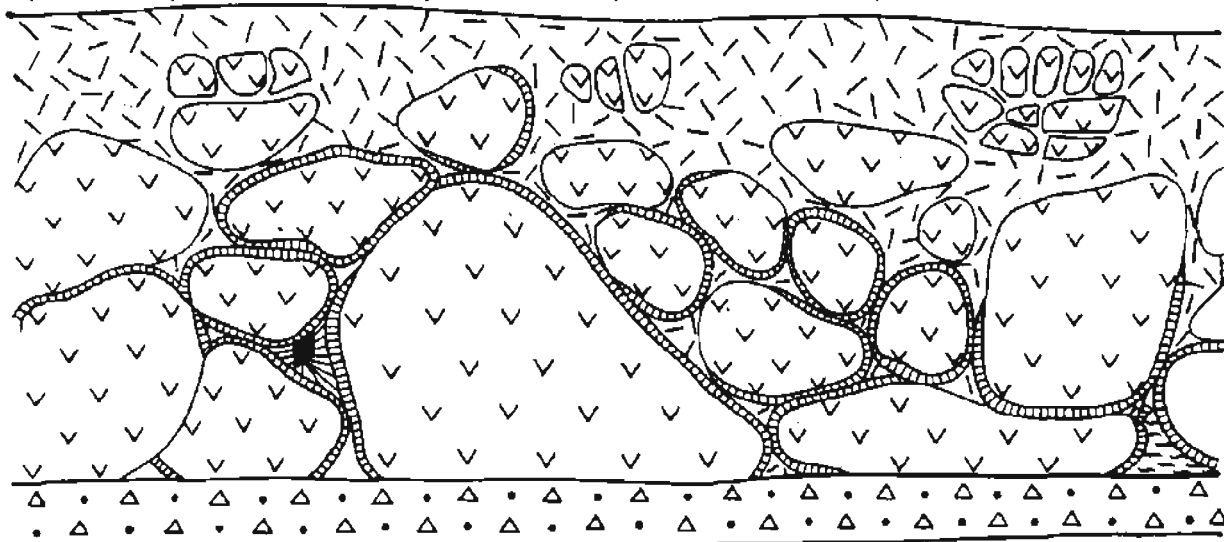


Рис. 6.17. Нижнетунгусский (Путоранский) кальцитоносный район. Погреба с исландским шпатом находятся между крупными блоками нижнетриасовых эффузивов. <http://im5-tub-ru.yandex.net/i?id=291459515-47-72&n=15>

Высокоглиноземистое сырье

На границе Иркутской области и Бурятии в 1960-е гг. выявлены высокоглиноземистые породы (S_{2-3} , около 300 млн лет) **Сыннырского** массива. А.Я. Жидков предложил их использовать в качестве руды на Al и K. Площадь массива 600 км², треть её занимают сынныриты. Добывать их можно открытым карьером. «Массив сложен калишпат-нефелиновыми сиенитами – дитроитами и псевдолейцитовыми сиенитами-сынныритами, которые в центральной части массива прорываются более поздним штоком трахитоидных пуласкинов и различными жильными сиенитами, как лейкократовыми, так и меланократовыми. В различных частях массива встречены ксенолиты более ранних пород – биотитовых пироксенитов и шонкинитов. Самыми поздними магматическими дифференциатами массивов ультракалиевых пород обычно бывают щелочные и субщелочные

граниты...» Средний состав сынныритов (%): SiO_2 - 54.39, TiO_2 - 0.15, Al_2O_3 - 22.53, Fe_2O_3 - 0.83, FeO - 1.0, MgO - 0.33, CaO - 0.56, Na_2O - 1.06, K_2O - 18.25 (сумма $\text{Fe}+\text{MgO}+\text{CaO}=2.72$).

6.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза

Для позднегерцинского этапа в пределах континентов Земли выделены историко-минерагенические провинции (ИМП, см. рис. 6.1): I. Западноевропейская-Североафриканская, II. Уральско-Казахстанско-Среднеазиатская, III. Южносибирская-Центральномонгольская, IV. Восточно-Австралийская, V. Перилавrentийская, VI. Тарима-Внутренней Монголии, VII. Енисейско-Оленёкская, VIII. Северо-Запада Тихоокеанского кольца, IX. Кордильер.

I. Западноевропейская-Североафриканская ИМП. Площадь провинции одна из наиболее насыщенных эндогенными месторождениями, сформировавшимися в позднегерцинский этап. На формирование гипогенных рудных месторождений в Западной Европе особое влияние оказали крупные срединные массивы: Иберийской Месеты (западной Мадрида), Армориканский (полуострова Котантен и Бретать во Франции), Центрально-Французский, Верхнерейнский, Чешский. Подобные формы совместно образовали Саксоно-Тюрингскую зону с широким развитием основного магматизма. Кислый магматизм доминировал в пределах Молданубской глыбы, объединенных Центрально-Французском, Верхнерейнском, Чешском массивах. На Большом Кавказе в позднегерцинский этап сформировалось множество небольших месторождений, связанных с крупными интрузиями гранитоидов C_{2-3} : редкометалльные пегматиты, W, Mo, Bi, Sn, As минерализация. В C_3 и P становление малых интрузий гранодиоритов, гранит-порфиров, сиенит-порфиров сопровождалось появлением Pb-Zn залежей.

Облик ИМП определяют крупнейшие Sn-W ресурсы Корнуолла, Иберийского полуострова, комплексные золотоносные, полиметаллические, редкометалльные, урановые аккумуляции Центрально-Французского и Богемского массивов. Основные типы возникших в описываемое время месторождений полезных ископаемых: 1 – высокотемпературные гидротермальные жилы, штокверки и грейзены с касситеритом и вольфрамитом рудных полей Эшасьер и Монтебра, связанные с двуслюдяными гранит-порфирами («гранулиты») и альбититами Центрального Французского массива (даты 305-293 млн лет); 2 – низкотемпературные жилы и штокверки красноватого кварца, брекчии с урановой смолкой и флюоритом (Буа Нуар, 260 млн лет), брекчии которого, локализованные среди позднегерцинских гранитов, содержат до 6% U; 3 – Au- кварцевые жилы, скарны и метасоматиты (Салсинь, Шатле, Шени, Кро-Галле); 4 – скопления руд пятиэлементной формации в дотриасовых породах с датами по ураниниту 235+6 млн лет (Виттихен, германский Шварцвальд); 5 – средне-варисские (310-280 млн лет) Чешского массива, скарновые с Fe, W (Меденек); жильные W-Sn (Пехтельсхгрюн, Овизна, Лота); гидротермальные с Au (Роудни); 6 – юные варисские (270-250 млн лет) Чешского массива: Li-содержащие жильные с Sn, W (Циновец-Циннвальд, Альтенберг); жильные полиметаллические (Кутна Гора, Старая Возница); жильные антимонитовые (Богутин); жильные с киноварью (Дедова Гора); мезотермальные уранинитовые (Пшибрам, Яхимов).

II. Уральско-Казахстанско-Среднеазиатская ИМП. В позднегерцинский этап на Урале возникло множество интересных в экономическом отношении месторождений, связанных с гранитоидами. К ним относят скопления золотоносных сульфидов **Березовского**, **Кочкарского**, шеелитовые (**Гумбейское**), вольфрамитовые (**Юго-Коневское**), Ta-Nb-флюоритовые, берилл-флюоритовые, пьезокварцевые. В позднегерцинское время продолжился процесс появления все новых месторождений медноколчеданных руд, начавшийся в силуре. Если самые древние месторождения **Кабанское V**, **Левиха** этого типа датируют 430-410 млн лет, то наиболее поздними оказываются средне- и даже позднекаменноугольные – 300 млн лет и моложе. Частично позднегерцинскими являются по датам (325-285 млн лет) колчеданы месторождений **Дегтярского**, **им. XIX Партсъезда**, **Учалы**, финальные стадии рудообразования **Блявинского**, **Сибаяевского**, **Гая**.

К рубежу C_{2-3} относят становление известных пегматитовых месторождений драгоценных камней – изумрудов, аквамарин, топазов, турмалинов, – **Мурзинки**, описанные в свое время А.Е. Ферсманом. Пегматиты Ильменского заповедника Южного Урала с колумбит-танталитовой минерализацией, вероятно, несколько моложе: они связаны с гранитами, возраст которых 0,27-0,21 млрд лет ($\text{P}_1\text{-T}_2$). На севере Миасского массива, Челябинская область, имеется **Вишневогорское** месторождение Nb – тела альбититов и альбитизированных пегматитов и зоны карбонатизации. Они и содержат промышленные концентрации малотанталового пироксена. Концентрации Nb_2O_5 – 0,1-0,2%.

Казахстанский металлогенический пояс имеет протяженностью до 6 тысяч километров при ширине до 2 тысяч километров и сложное мозаичное строение. В нем выделены структурно-металлогенические зоны: 1 – Центрально-Казахстанская мозаичного строения с месторождениями редких металлов (ассоциируют с интрузиями аляскитовых гранитов); 2 – Тургайская с железорудными скарнами Соколовско-Сарбайского рудного поля; 3 – Мугоджары, крайний юг Уральского пояса с хромитовыми, медноколчеданными рудами и асбестом; 4 – Каратаусская с полиметаллическими, золотоносными и редкометалльными рудами **Ачисая** и **Миргалимская**; 5 – Северного Тянь-Шаня с

месторождениями полиметаллов, золота, редких металлов. Месторождения различных генетических типов, даже близкие по возрасту, не могли не возникать в отличных структурных обстановках.

Среднеазиатский металлогенический пояс включает крупные месторождения золота типа Мурунтау, гигантское Cu-Mo-Au месторождение **Калмакыр Дальнее** в Алмалыке и ряд меньших скоплений Au и Cu. На территории Киргизии обнаружено более ста промышленных золоторудных объектов. Только в золото-сульфидном гиганте **Кумтор**, залежи которого локализованы в «черных сланцах», сконцентрировано около 1000 т Au. Здесь возникли крупные месторождения руд бериллия, тория, свинца и редких металлов рудного поля **Ак-Тюз**.

III. Южносибирская-Центральномонгольская ИМП. Позднегерцинскими являются крупные скопления железных руд, полиметаллические, золоторудные залежи. Известно, что очень крупное месторождение **Сухой Лог** имеет основной возраст оруденения 350-290 млн лет (большая часть карбона, в т.ч. начало позднекаменноугольной эпохи). В Горном Алтае распространены месторождения Mo-REE-W рудной формации (**Калгутинское**). С восточносибирскими траппами связаны крупные **Нижне-Тунгусский** и **Ангаро-Илимский** железорудные бассейны. В Монголии находится Cu-Mo порфировое месторождение – **Эрдэнэт**, где подсчитаны запасы руды 1,78 млн т с содержаниями 0,62% Cu, 0,025% Mo. Возраст руд **Эрдэнета** составляет 240 млн лет, т.е. отвечает началу триаса.

IV. Восточно-Австралийская ИМП имеет выраженную золоторудную специализацию. В штате Квинсленд известно крупное месторождение Au **Гимпи**, которое относят к T₁ (235, 220 млн лет). В этом же штате эксплуатировали залежи Au в трубке взрыва среди пород девона на площади **Маунт Морган**. Очень интересно герцинское платинометалльное месторождение **Файфилд**, Новый Южный Уэльс. Шлиры платины и палладия здесь встречены в поздних пироксенитовых линзах и жилах.

V. Перилаврентийская ИМП. В пределах складчатого обрамления Лаврентийского щита известны некоторые важные рудные аккумуляции позднегерцинского этапа. В рудном районе **Искут**, Золотой Треугольник с Долиной Десяти Тысяч Дымов, пров. Британская Колумбия, Канада, Au, Ag, Cu-оруденение формируется непрерывно с палеозоя до наших дней, благодаря постоянному поступлению летучих (Hg, As, Sb). Там же в пределах рудного поля **Брелорн Пайонир** золото кварцевые жилы ассоциируют со штоками диоритоидов перми и триаса. На севере Аппалачского пояса в Канаде известно герцинское полифазное олово-вольфрам-висмутовое порфировое месторождение **Маунт Плезант**. Его залежи локализованы среди грейзенизированных надинтрузивных брекчий. Для Северной зоны месторождения подсчитаны запасы руды 7,1 млн т, содержащей (%) 0,62 Sn, 0,65 Zn, 0,05% Bi, 90 г/т In, 0,12 Cu, 0,08% WO₃, 0,04 молибдена. В зоне Fire Tower запасы составляют 9 млн т руды (0,03% Sn, 0,08% Zn, 0,1% Bi, 0,05% Cu, 0,2% Mo, 0,4% WO₃, 30 г/т In. В триасе появились крупные эпitherмальные скопления серебра (665 г/т) **Гринс Крик** на Аляске.

VI. ИМП Тарима-Внутренней Монголии. В китайских Тянь-Шане и Алтае обнаружено более 20 небольших и средних по запасам скоплений медно-никелевых руд, часть из которых разрабатывают. Они связаны с телами базитов-ультрабазитов и крупными региональными разломами. По данным Re-Os датирования, все месторождения оказались сформировавшимися в узкий временной интервал пермского периода между 285 и 275 млн лет назад. Близкие даты получены и SHRIMP разновидностью U-Pb метода для цирконов вмещающих магматитов.

VII. Енисейско-Оленёкская ИМП. В раннем-среднем триасе возникли колоссальные аккумуляции платинометалльных медно-никелевых руд **Норильска** (до трети мировых ресурсов никеля), скопления исландского шпата, связанные с трапповый магматизмом. Для целого ряда тел кимберлитов Анабарской субпровинции (поля **Молодинское**, **Куойкское**, **Куранахское**, **Лучаканское**) присутствуют нижнетриасовые пластовые кимберлиты, (**Ары-Мастахское**, **Старореченское**) получены позднегерцинские (310-200 млн лет) радиологические данные.

VIII. ИМП Северо-Запада Тихоокеанского кольца занята преимущественно кайнозойскими горными сооружениями. Большее значение имеют сохранившиеся здесь древние (позднегерцинские) минерагенические объекты. На о. Сикоку, Южная Япония, позднепалеозойским считается типоморфное медноколчеданное месторождение **Беси**. На самом юге ИМП, Восточно-Малайский блок, наиболее древним (позднепермским) считается оловорудное **Сунгай Лембинг**. В пределах этого блока известны также его триасовые аналоги на островах **Белитунг**, **Бангка**, Индонезия.

IX. ИМП Кордильер. В северобolivийских Андах распространены W-Bi месторождения перм-триасового возраста (основное оловянное оруденение кайнозойское). Небольшие позднегерцинские жильные Sn-W-Bi, Pb-Zn, Au-Ag, Cu-проявления известны в **Передовой Кордильере**, Аргентина.

6.3. Гипергенный минерагенез

Климатические условия позднегерцинского этапа были очень разнообразными. В позднем карбоне и ранней перми Южное полушарие охватило мощное оледенение. В Скалистых горах тогда накопились основные фосфоритовые толщи. В Северном полушарии оледенение не было столь значительным, но морена, тем не менее, обнаруживается в приполярной области – бассейне Колымы. Средние температуры воздуха в конце карбона не превышали +20° С. В ранней перми они стали несколько выше,

но на рубеже перми и триаса (интервал 250-246 млн лет назад), по мнению некоторых ученых, вновь упали. Тем не менее, в перми успели возникнуть основные угольные месторождения Тунгусского, Минусинского, Печорского, Кузнецкого бассейнов, Западной Европы, Северной Америки, Китая, Гондванских материков.

Описываемый этап характеризовался осушением большей части материков, где преобладали процессы выветривания. Уже в среднем карбоне морское осадконакопление прекратилось на Западно-Сибирской равнине, в Западной Европе, Восточной Сибири и Казахстане. Одновременно к концу карбона мощно поднялись горные хребты на востоке Азии, на Урале, Тянь-Шане, Североамериканском континенте. В Донецком бассейне процессы растяжения, характерные для всего каменноугольного периода, сформировали непрерывный разрез песчано-глинистых толщ суммарной мощностью до 18 км (!). Лишь основание этой колоссальной толщи, относимой к турне и низам визе, – известняки. Почти вся угленосность приурочена к отложениям описываемого здесь позднегерцинского этапа – средне- и частично верхнекаменноугольным. С конца позднекаменноугольной эпохи тектоническая активность Донецкого авлакогена ослабела. Здесь постепенно сформировалась синеклиза. В пермский период, в частности, в Бахмутской и Кальмиус-Торецкой впадинах, без заметного перерыва на каменноугольных отложениях накопились красноцветные, иногда медистые, песчаники, красные, зеленые глины, пестроцветные сланцы, доломиты, известняки, каменные соли, ангидриты общей мощностью до 3 км.

Пермская регрессия была настолько значительной, что морское осадконакопление сохранилось лишь в немногих подвижных поясах – Верхоянье, Тетис (Кавказ, Средняя Азия), Восточно-Азиатский (Приморье) и др. На большей части континентов существовали изолированные бассейны, минеральный состав солей которых отличался. В Приуралье, Северном Прикамье, Донбассе, Прикаспии калийные и каменные соли оказались среди отложений самого верхнего кунгурского яруса нижней перми, в Северной Америке и Западной Европе – среди верхнепермских.

В современных для нас условиях осадить и накопить соли из первичных маточных рассолов, такие как полигалит, эпсомит, карналлит, кизерит, можно лишь в условиях аридного климата. При этом аридности настолько чрезвычайной и настолько длительной, что для нее немного найдется подходящих обстановок на континентах Земли. Единственная известная площадь, где такие условия для аккумуляции, например, калийных солей достигается, это котловина **Цайдам** в Западном Китае. Однако и здесь источником солей в в современных отложениях местных континентальных озёр были их миоцен-плиоценовые скопления. Так что подойти к накоплению древних эвапоритов, изучая современные бассейны и процессы, не вполне корректно. Каменноугольные, пермские, триасовые области соленакопления были многочисленными, иногда очень значительными (**Цехштейн**, 400 тыс. км²), но им далеко до гигантов – позднекембрийского **Восточной Сибири** (1,5 млн км²) или среднеюрского бассейна **Мексиканского залива** (0,8 млн км²).

Пермские отложения содержат медные руды (цехштейн Западной Европы, Донецкий бассейн, Казахстан) и фосфаты. Нижнепермские отложения России очень богаты углем. В колоссальном по площади Тунгусском бассейне обнаруживают сверхмощные пласты в разрезах рифтогенных структур. В Норильском рифте такие угольные залежи имеют мощность до 30 м, в Ангарском – до 75 м.

Угли Печорского бассейна, большая часть которого находится под морскими водами, – верхнепермские. В поздней перми фиксируют четыре вспышки торфообразования, вызванные изменениями влажности. Ранний триас оставил траппы Сибирской платформы. На Аппенинах в это время сформировались месторождения Каррарского мрамора. В позднегерцинский этап на континентах Земли сформировались многочисленные месторождения медистых песчаников и сланцев (Западная Европа, Казахстан), огромные запасы калийных солей (Западная Европа, Приуралье, Прикаспий), фосфоритов (Кордильеры Северной Америки), редкометалльных-редкоземельных кор выветривания (Томтор). Среди прочих важных аккумуляций отметим многочисленные, хотя и небогатые, алмазонасные россыпи Восточной Сибири, Южной Америки, Африки, марганцевые руды и фосфориты (Новая Земля), металлоносные черные сланцы Северо-Востока России, Сихотэ-Алиня (рис. 6.18).

Бокситы

Китай. Бокситы карбона известны в северных, южных и центральных провинциях Китая, в том числе следующие местонахождения: 1 – района **Бэньси**, пров. Ляонин – семь бокситоносных пластов среднего-верхнего карбона; 2 – **Цзыбо**, пров. Шаньдун, бёмит-диаспоровые среднего карбона; 3 – **Гуньсянь**, пров. Хэнань, похоже на Цзыбо. Серые огнеупорные глины и бокситы в кровле закарстованных известняков ордовика; 4 – **Сювень**, центральная часть пров. Гуйчжоу, диаспор-каолиновые; 5 – **Куньмин**, пров. Юньнань, – каолинит-диаспоровые, с бёмитом и каолинитом (**Цаопу** – С₁, **Сюцфэнь** – С₂, **Мяогаосы** – С₃) (Г.И. Бушинский, 1975).

Камбоджа. В пров. Баттамбанг пермские бокситы обнаружены на горе **Пно-Кдонг**. Они образуют два пласта по 0.7-1,6 м мощностью каждый, разделенные известняками мощностью 10-12 м. Нижние бокситы диаспор-бёмитовые, редко бобовые, массивные, розовато-серые. Их лучшие разности имеют состав: Al₂O₃ – 61, SiO₂ – 7, Fe₂O₃ – 16, TiO₂ – 2-3, п.п.п. – 12,5 (Г.И. Бушинский, 1975).

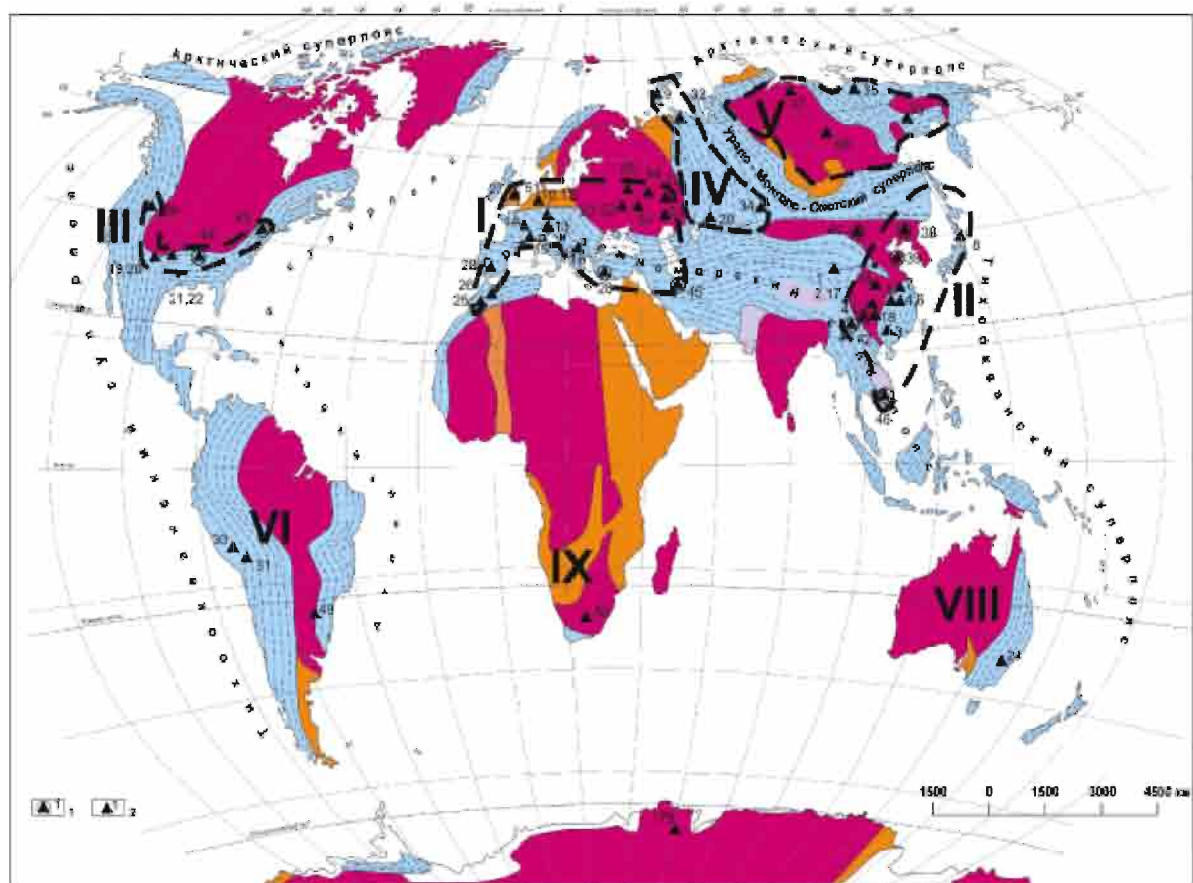


Рис. 6.18. Экзогенные месторождения, сформировавшиеся в позднегерцинский этап (башкирский век среднего карбона-средний триас, 310-205 млн лет) на континентах Земли. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицировано. Условные обозначения: 1 – бокситы; 2 – медистые песчаники, россыпи, соли и т.д.: Историко-минерагенические провинции (экзогенный рудоγένез), в т.ч.: I – Европейская-Южнокаспийская; II – Восточнокитайско-Японская; III – Перилавrentийская; IV – Казахстанская; V – Восточно-Сибирская; VI – Южноамериканская; VII – Антарктическая; VIII – Австралийская; IX – Африканская.

Позднегерцинские экзогенные месторождения и проявления:

I – железорудные стратифицированные: 1 – Шаньси, Северо-Китайское поднятие. Тип железных руд – массивные гематититы и оолитовые железные.

II – первично осадочные марганцевые: 2-6 – Карбонатно-кремнистые руды марганца рудных районов Китая, в т.ч.: 2 – Северная Гуйчжоу (г. Цзунь), 3 – Северо-восточная и Центральная Гуанси, 4 – Южная и Центральная Хунань, 5 – Центральная Цзянси, Китай, 6 – рубеж провинций Хунань и Цзянси; 7 – Аньхой, пров. Китая. Осадочные руды Mn среди нижнепермских пород толщи Гуфэн; 8 – Асио (возвышенность), о. Хонсю. Пластовые залежи марганца среди каменноугольных-пермских кремнистых пород на четырёх стратиграфических уровнях; 9 – Рогачевско-Тайнинский марганцеворудный, фосфатонный район, Южный остров, Новая Земля. Запасы марганца 3 млрд т. Рудные пласты с Mn и линзовидные залежи в каменноугольных-пермских отложениях.

III – первично осадочные (эксгальционно-осадочные) медные: 10 – Гарц-Тюрингия, ФРГ. Меденосная зона с месторождениями Зангерхаузен, Мансфельд, Рихельсдорф, Шпремберг-Вайсвассер. Cu, Pb, Zn, Ag; 11 – Северо-Судетская меденосная зона, Польша. Рудные залежи Злоторыйской и Гродзецкой мульды второго порядка; 12 – Предсудетская меденосная зона, юго-запад Польши. Месторождения Любин, Серошовицы, Полковицы; 13 – Мечек, горы на юго-западе Венгрии. Медное и полиметаллическое оруденение на шести уровнях в пестроцветах P₃ и T₁; 14 – Севенн, меднорудная зона на юго-восточной и южной периферии Центрального Французского массива; 15 – Питаф, Приморские Альпы, Франция. Медепроявление в песчаниках на рубеже P и T₁; 16 – Балканская меденосная провинция. Проявления меди в красноцветах перми Сербского Среднегорья – Банцарево, Студена, Сува-Планина, а также в Словении (Шкофье); 17 – Вэйнин, пров. Гуйчжоу. Месторождения медистых песчаников (P₃-T₁) Дэчжо, Сяньшань, Лаошань; 18 –

Миличан, близ Сикан-Юньнаньского поднятия. Проявления халькозиновой минерализации в глинистых породах P и T ; 19 – **Сьерра Насимьенто**, Нью Мексико (восточная часть плато Колорадо). Меденосный рудный район и одноименное месторождение (рудник); 20 – **Койот**, Нью Мексико, США. Si и V минерализация в пенсильванской-нижнепермской песчано-сланцевой толще; 21 – **Анадарк**, меденосная зона в пермском краевом прогибе на севере поднятия Вичита, штаты Техас (север), Оклахома (запад), Канзас (центр и запад). Месторождения **Крета**, **Магнум**, **Буззард Пик**, **Горовелл**, **Медисин Маунд**, **Олд Глория**; 22 – **Каргалинская** группа месторождений медистых песчаников, Оренбургская область; 23 – **Бахмутская** котловина, Донецкая область. Медистые песчаники перми; 24 – **Сидней-Боуэн** (краевой прогиб), Новый Южный Уэльс, Австралия. Меденосная зона; 25 – **Ангомер**, северо-запад Марокко. Пермо-триасовые медепроявления первично осадочного происхождения; 26 – **Даргана**, северо-запад Марокко. Медное оруденение среди красноцветов $P-T$; 27 – **Даргам**, северо-восточная Англия. $Si-Pb$ оруденение в отложениях перми; 28 – **Хазн**, Андалусия, южная Испания. Медное оруденение в красноцветных аркозах T_1 ; 29 – **Джезказган**, Карагандинская область, Казахстан. $Si-Pb-Zn$ стратиформное оруденение в песчаниках и конгломератах джезказганской свиты, S_1-P_1 . Основные месторождения – **Айрамбай**, **Копкудук**, **Талдыбулак**; 30 – **Негро-Уануша**, Центральное Перу (города Акобамба, Хунин, Ороя). $Si-Ag$ стратиформные в пермских песчаниках; 31 – **Уанкайо**, Центральное Перу. Медное, с Ag месторождение в пермских красноцветах, 150-200 км юго-восточней Негро Уануша; 32 – **Соболевское**, Пай-Хой. Триасовое медное среди известняков и доломитов ордовика и силура.

IV – первично осадочные благороднометалльные и малых элементов, связанные с черными сланцами и прочими осадочными толщами (реювенированы в поздние этапы): 33– **Пионерское**, Тенькинский рудный район Магаданской области. Золото-битумное в углеродистых сланцах P_3 ; 34 – **Бюкуйские конгломераты**, Восточно-Казахстанская область. Золотоносные палеозойские конгломераты; 35 – **Урасалах**, северо-восточная Якутия. Au , в верхнепермских органогенно-терригенных породах; 36– **Ютаньба**, пров. Хубэй, Китай. Месторождение самородного Se , связанное с углеродистыми силицитами, углистыми сланцами и сапропелевыми углями верхов перми;

V – бокситоносные и металлоносные коры выветривания: 37– **Милас**, **Мугла**, **Бафа**, массив Мендерес, юго-запад Турции. Пласты бокситов (наждаков) на границе мраморов и известняков P_1 и P_2 ; 38– **Бэньси**, пров. Ляонин, Китай. Семь бокситоносных пластов в разрезе отложений S_2-S_3 ; 39 – **Цзыбо**, пров. Шаньдун, Китай. Бокситы среди сланцев S_2 ; 40 – **Гуньсянь**, пров. Хэнань, Китай. Диаспор-бёмитовые бокситы, S_2 (?); 41– **Сювень**, центральная часть пров. Гуйчжоу, Китай. Диаспор-каолининовые глины, S ; 42– **Куньмин**, пров. Юньнань, Китай. Бокситовый район с месторождениями бокситов с диаспором, бёмитом и каолинитом (**Цаопу**, **Сюцфэнь**, **Мяогаосы**); 43 – **Пенсильвания**, США. «Огнеупорные глины мерсер» – желваковые диаспориты S_2 ; 44– **Миссури**, США. Диаспоровые и бёмитовые глины S_2 ; 45 – **Джебан**, г. Йёзда, северный Иран. Бокситы, T ; 46 – **Пно-Кдонг** (гора), Камбоджа. Бокситы, P ; 47– **Томтор**, Восточно-Прианбарская провинция. Продукты предпермского перемыва каменноугольной коры выветривания по щелочным породам массива. Y и Sc .

VI – титан-циркониевые, алмазаноносные и др. россыпи: 48– **Верхнечуоланьское** россыпное поле, россыпь **Восточная**, Мало-Ботуобинский район Якутии. Промышленная алмазоносность базального горизонта лапчанской свиты среднего карбона; 49 – **Парана** (штат), Бразилия. Позднекаменноугольные алмазаноносные конгломераты серии Итараре системы Тубаран; 50 – **Карру** (синеклиза), северная часть, ЮАР. Алмазаноносные тиллиты серии Двайка системы Кару, поздний карбон.

VII – аккумуляции калийно-магниевого солей, фосфатов, землистых флюоритов, серы и т.д.: 51– **Северо-Германский** верхнепермский бассейн магний-калийных солей; 52– **Славянско-Артемьевские** нижнепермские месторождения каменных и калийных солей Бахмутской котловины, Донбасс; 53 – калиеносные залежи в отложениях кунгурского яруса **Прикаспийской** впадины; 54 – **Скалистых гор** фосфатоносная провинция, штаты Айдахо (г. Покателло), Юта, Вайоминг, Монтана; 55 – **Ржевские** проявления ратовкита (землистого флюорита) в известняках среднего карбона у городов **Домодедово**, **Каширы**, **Подольска**; 56 – **Средневожжский** сероносный бассейн, южный склон Жигулевского свода; 57 – горы **Принс Чарльз**, Восточная Антарктида. Урано- и ванадиеносные охры в прослоях песчаников горизонтально залегающей пермской толще.

Турция. Уникальные месторождения корундов и наждаков локализованы по периферии массива Мендерес на юго-западе Турции (рис. 6.19). Залежи диаспоритов города **Милас** и **Мугла**, озеро **Бафа** содержат 56% глинозема и 10% кремнезема. Они локализованы в известняках и мраморах на рубеже нижней и верхней перми. Граниты интрузии Мендерес превратили бокситы в наждаки, состоящие из корунда, магнетита и маргарита (хрупкой слюды) – $CaAl_2[(OH)_2 \times Al_2Si_2O_{10}]$.

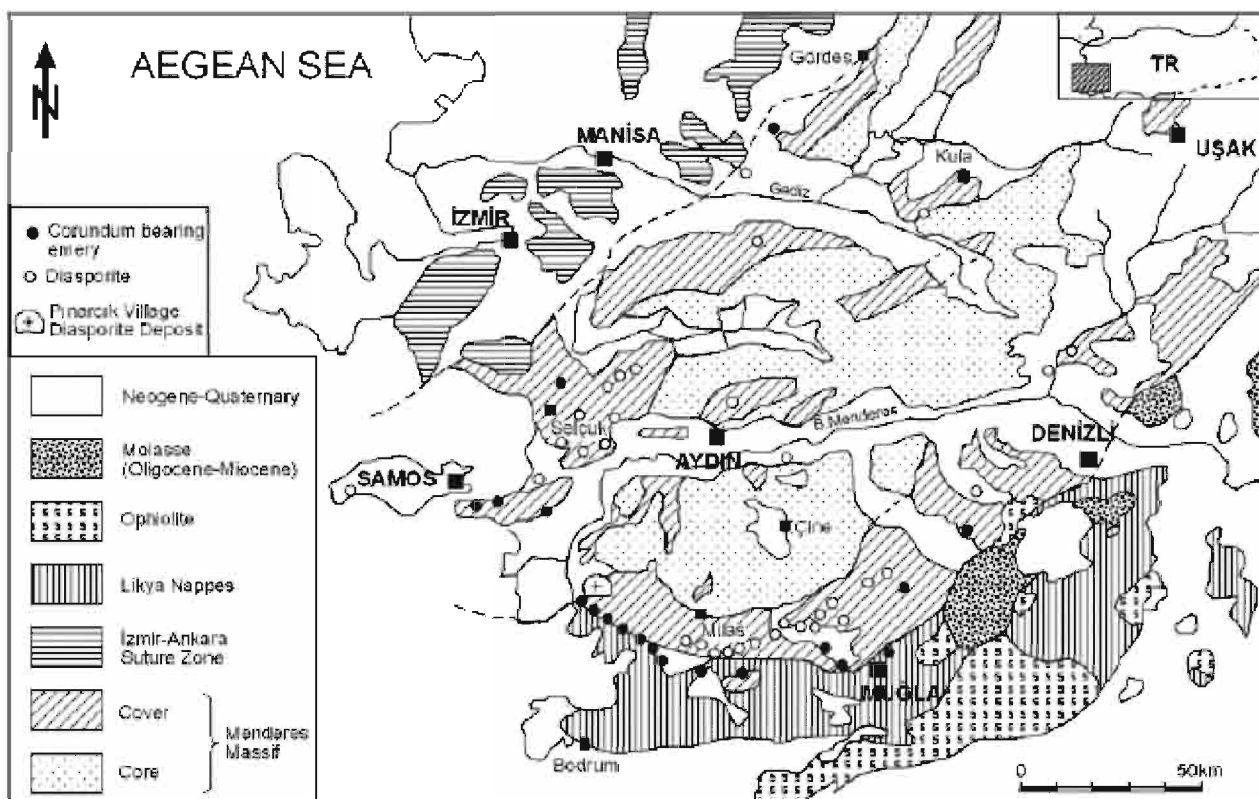


Рис. 6.19. Месторождения метабокситов (наждаки, диаспориты) в пермских карбонатных породах и геологическая карта гранитного массива Мендерес на юго-западе Турции. По R. Dürr, Ü. Yalçın.

Различают три разновидности диаспоритов. Ранние диаспориты были продуктами диагенетических преобразований осадков в карстовых полостях. Их реликты кое-где сохранились («диагенетические диаспориты») и образованы субмикроскопическими кристаллами диаспора. Овоиды, пизоиды, угловатые и окруженные бахромчатой каймой зерна образуют различные текстурные комбинации Пизолиты и оолиты в основной массе. Другой разновидностью являясь-ся брекчированные и дислоциро-ванные диаспоровые породы, преобразованные метаморфически-ми и деформационными процессами. В понижениях кровли и трещинах массивных бокситов под влиянием растворов, обогащенных Al, Si и Fe, формировался минеральный парагенезис, в который входят каолинит, диаспор и гематит. Дальнейшие преобразования названных минералов в условиях фации метаморфизма зеленых сланцев вели к появлению крупных белых удлиненных кристаллов диаспора, а также хлоритоида, образующих сростки. Поэтому диаспориты второй генерации можно именовать синтектоническими и синметаморфическими. К третьей разновидности отнесены крупные, прозрачные, ювелирного качества, кристаллы диаспора, обнаруженные в трещинах, пустотах и зонах брекчий (рис. 6.20).



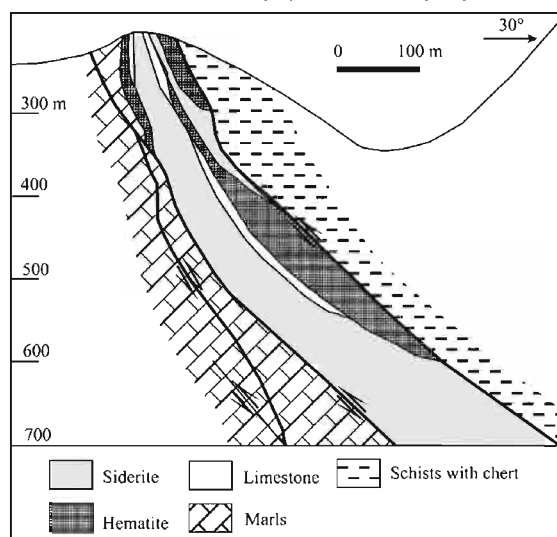
Рис. 6.20. Монокристаллы диаспора ювелирного качества из пермских метабокситов. Гранитный массив Мендерес, юго-запад Турции. По Э. S. Sayili et Ç. Lüle-Whipp (2006, рис.5).

Метабокситы характеризуются высокими содержаниями Cr, Ni, Co, V, а массивные диаспориты обогащены и REE.

В районах к югу от *Канадского щита* в основании угленосной толщи среднего карбона штата **Пенсильвания**, округ Кэмпбрия, выявлены «огнеупорные глины мерсер» – желваковые, с каолинитом и бёмитом диаспориты, лежащие на песчаниках вдоль верхней поверхности миссисипия. Они относятся к нижнему пенсильванию. В собственно диаспоритах более 90% диаспора, а в глинистой разности – 50-90%. Пеллеты и оолиты диаспора сопровождают сидерит и пирит. Мощности их колеблются в интервале 0,9-3,6 м, в среднем, около 1,5 м. На площадях Кёуэнсвилль и **Морган Ран** подобных кремнистых глин выявлено 70 млн т. Все они отрабатываются. Известно также о новых подобных объектах в бассейне Андерсон Крик.

Железо

В Боснии и Герцоговине в рифтогенную стадию Тетиса (ее также называют «стадией Красного



моря») среди вулканогенно-осадочных толщ Т₂ сформировались залежи эксгальационно-осадочных (SEDEX) кремнисто-гематит-сидеритовых руд района **Вареш** (рис. 6.21), в т.ч. **Смрека**, **Дрожковач**, **Брезик**. Вмещают рудные тела осадочные отложения триаса.

Рис. 6.21. Геологический разрез через гематит-сидеритовое месторождение рудного района Вареш. По Jančović A. Условные обозначения, перевод сверху вниз, по столбцам: 1 – сидерит; 2 – гематит; 3 – известняки; 4 – мергели; 5 – сланцы глинистые с прослоями аспидных

Марганец

На Южном острове Новой Земли **Рогачевско-Тайнинский** марганцеворудный, фосфатоносный район имеет ресурсы марганца 3 млрд т. Мощные рудные пласты (от 1 м до 20-25 м) и линзовидные залежи распространены в отложениях захаровской свиты С₂-Р

на площади около 800 км². Средние содержания марганца в них – 12-15%. Мощность марганцеворудных тел до 130 м. Сплошные пиролюзит-псиломелановые руды с содержанием 25-30% Mn в линейных зонах прослежены на 4 км, вскрыты до глубины 60 м.

В **Башкирии** верхнепермские осадочные руды Мп **Улу-Теляк**, 70 км к востоку от г. Уфы, представлены субгоризонтальным лежащим телом марганцовистых известняков мощностью от 1 до 18 м. Последние сохранились на возвышенных местах, а на их склонах и в долинах распространены переотложенные руды. Первичные залежи (8-10% Mn) сложены Мп-содержащим кальцитом, переотложенные (11-17% Mn) – псиломеланом, вернадитом, опалом, халцедоном.

В **КНР** осадочные руды Мп распространены в породах нижнего-среднего карбона Гуанси-Чжуанского автономного района. Среди пермских пород они установлены: 1 – **Северная Гуйчжоу** (г. Цзунь); 2 – **Северо-восточная Гуанси**; 3 – **Южная Хунань**; 4 – **Центральная Хунань**; 5 – **Центральная Цзянси**; 6 – на рубеже Гуанси-Чжуанского автономного района и пров. Фуцзянь; 7 – на рубеже провинций Хунань и Цзянси; 8 – в провинции Аньхой среди нижнепермских пород толщи Гуфэн; 9 – на поднятии **Центрального Гуанси** – в базальном горизонте верхней перми.

На **Японском архипелаге** большинство марганцевых месторождений связано с палеозойскими (С-Р) формациями бассейна Татибу (север возвышенности Китаками, возвышенности Асно и нагорья Тамба о-ва Хонсю). В районе возвышенности **Асио** (рис. 6.22), о. Хонсю, пластовые залежи марганца распространены среди каменноугольных-пермских кремнистых пород, аспидных сланцев и туфов основного состава. Они встречены, как минимум, на четырёх стратиграфических уровнях. Залежи с Мп ассоциируют с глубоководными кремнистыми толщами, содержащими конкреции марганца. Основные рудные минералы – родохрозит, гаусманит $Mn^{4+}Mn_2^{2+}O_4$ и марганцевый силикат «бементит». Подобные месторождения распространены и в районе **Нода-Тамагава**, о. Кюсю, рис. 6.23.

В **Марокко**, область Высокая Мулуйя, полиморфные осадочно-гидротермальные жильные и стратифицированные скопления марганца **Аули**, **Акебаб** локализованы среди пород пермо-триаса.

Полиметаллы

В **Хорватии**, регион Лика, барит-полиметаллический объект **Грачак** представлен пластовыми залежами среди отложений С₃. Залежи полагают эпигенетическими-диагенетическими. Рудные минералы – барит, пирит, сфалерит, галенит. Имеется единичная дата по Pb – 264 млн лет.

В **Польше** **Силезско-Краковский** рудный район занимает 2,4 тыс. км² в Катовицком и Краковском воеводствах. Pb-Zn стратиформные залежи в доломитах Т₂ объединены в 12 месторождений, среди которых **Олкуш**, **Черзанов**, **Блейшарлей**, **Бытом**, **Поможаны**, **Тшебёнка**, **Заверце** и др. Ежегодно здесь добывают руду, обработка которой позволяет получить 170 тыс. т Zn и

70 тыс. т Pb. Запасы рудного района определены в несколько сотен млн т руды с 4–5 % Zn и 1, 2–1,5 % Pb. Разработки ведутся с XII века.

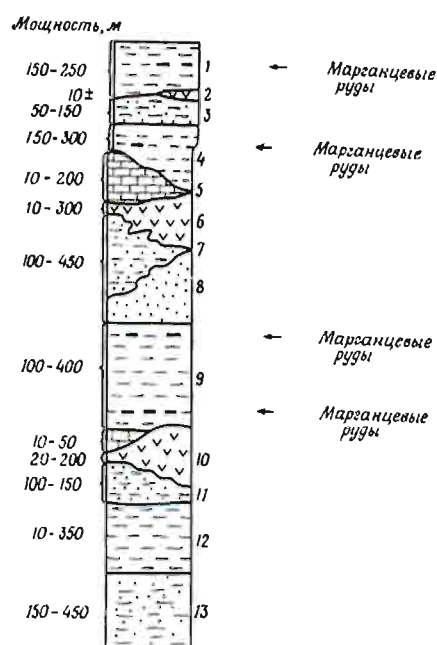


Рис. 6.22. Положение пластовых марганцеворудных залежей в разрезе каменноугольных-пермских отложений возвышенности Асио, о. Хонсю, Япония, По (Вулканизм..., 1973). 1 – кремнистые породы; 2 – туфы основного состава; 3 – песчаники, аспидные сланцы; 4 – кремнистые породы; 5 – известняки и доломиты; 6 – туфы основного состава; 7 – песчаники, аспидные сланцы; 8 – песчаники; 9 – кремнистые породы; 10 – известняки, туфы основного состава; 11 – песчаники, аспидные сланцы; 12 – кремнистые породы; 13 – песчаники, аспидные сланцы.

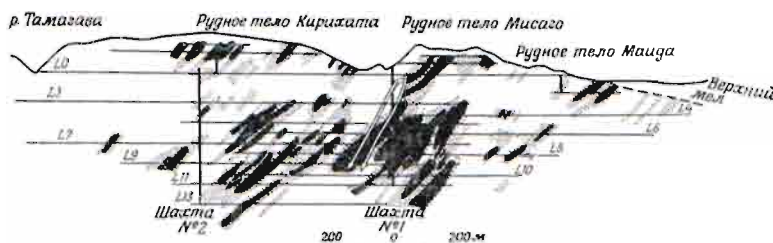
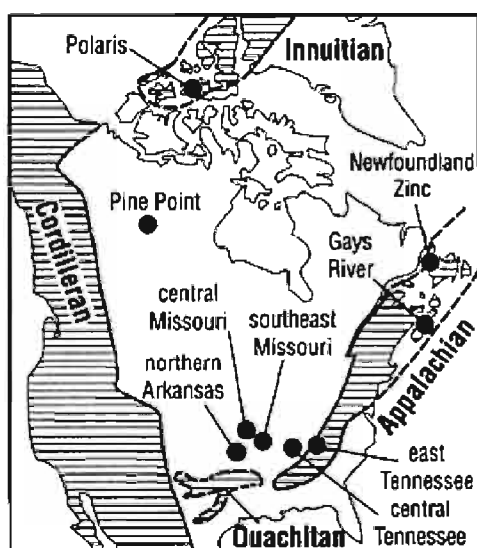


Рис. 6.23. Разрез вдоль каменноугольной-пермской марганцеворудной зоны Мисаго рудника Нода-Тамагава, север о. Кюсю. По (Вулканизм..., 1973). Черное – высоко-

сортные руды, серое – низкосортные руды.

Всего **Силезско-Краковский** район произвел, с учетом исторической добычи, 16 млн т Zn, 4 млн т Pb. В некоторых публикациях описываемый рудный район на юге Центральной Польши называют **Верхнесилезским**, а названные месторождения причисляют к **Силезско-Краковской** группе. Все эти Zn-Pb объекты на северо-востоке Верхнесилезского угольного бассейна у городов Бытом, Тарновские Горы, Черзанов, Олкуш относят к типу долины р. Миссисипи (MVT). В их пределах толщи P-MZ залегают моноклинально на герцинском фундаменте. Промышленные стратоподобные залежи распространены только в среднетриасовых карбонатных породах.

В США крупнейшие полиметаллические аккумуляции типа «Долины реки Миссисипи» (MVT), рис. 6.24, стратоподобные, но – явно эпигенетические, причем с интрузивной активностью никак не связанные. Кажется удачными попытки датировать руды палеомагнитным методом. Примеры месторождений рудного района **Юго-Восточный Миссури** свидетельствуют о **раннепермском** (273 ± 10 млн лет) возрасте залежей, локализованных в **верхнекембрийских** доломититах и максимальной продолжительности их формирования 12 млн лет. Этот возраст согласуется с моделью рудобразования, предполагающей поступление минерализующего флюида и орогенез Уачита из одноименного орогена. Штайн и Киш получили несколько Rb-Sr определений для глауконитов выделенных из пород рудовмещающей формации Бонтерр е) – 400–350 млн лет. Это



позволило им говорить о том, что максимальный возраст минерализующего гидротермального события менее 350 млн лет, так как маловероятно, что изотопная система глауконитов была вновь перезапущена. В 1995 г. стали известны результаты семи K-Ar определениях возрастов иллитов из залежей «Долины реки Миссисипи» (MVT): от 297 ± 7 млн лет до 489 ± 8 млн лет. Поэтому было решено, что возраст минерализации – менее 297 ± 7 млн лет. Добавим, что район **Юго-Восточного Миссури** с 1907 г. является крупнейшим производителем свинца в Америке, а с 1970 г. и в Мирове. Из добытых здесь 410 млн т руды извлечено, помимо свинца, немало Ag, Zn, Cu, Co. **Вибурнум Тренд** рассматривают в качестве подрайона **Юго-Восточного Миссури**. Его протяженность 70 км, ширина 0,3 км. В пределах этой полосы работало и ныне действуют 10 рудников. В 1960–1993 гг. они выдали на-гора 165 млн т руды с 6,0% свинца, 0,6% Zn, 0,2% Cu, 8,6 г/т Ag.

Рис. 6.24. Положение полиметаллических месторождений типа Долины р. Миссисипи (MVT)

Северной Америки, датированных палеомагнитным методом. Самое северное из них находится в Канадской Арктике (Symons C. et al., 1998, рис. 1

Медистые песчаники

Германия. Большое практическое значение на протяжении многих веков имели месторождения меди рудоносной зоны **Гарц-Тюрингия**, протянувшейся по территории ФРГ на 400 км вдоль северо-запада Чешского герцинского массива. Все залежи связаны с отложениями нижнего цехштейна. Металлоносная верхняя пермь Германии (второе название «тюрингий») была одним из объектов, на которых создавалась классическая западноевропейская геология. Ныне по экономическим, а больше, экологическим, соображениям залежь медистого сланца не эксплуатируется, но глубокие научные исследования цехштейна продолжают.

Johannes Rentzsch et Gunther Friedrich (2003) оценили суммарную металлоносность медистого сланца колоссальными величинами: 310 млн т Cu, 310 млн т Pb и 760 млн т Zn. Проведенные ими геохимические исследования доцехштейновых отложений (>14 тыс. проб) показало: источником Cu, Pb, Zn и As могли быть породы досилезского основания и поздневарисского комплекса. Цитируемые авторы полагают, что изначально металлы, привнесенные мантийными флюидами, отложились в доцехштейновых толщах. Затем они переотлагались в отдельных горизонтах цехштейна, где, позже, путем перераспределения сформировали выдержанные пластовые залежи.

Месторождения **Зангерхаузен, Мансфельд, Рихельсдорф, Шпремберг-Вайсвассер** однотипны по строению. Повсеместно большое значение имеет «переходный горизонт» («цехштейновый конгломерат»), пачка не только конгломератов, но песчаников и алевролитов, находящаяся на контакте красный лежень-цехштейн. Мощность его песчаников (древние бары, возможно, золотые накопления) 0,2-2 м до 15 м в центре мульды Мансфельд. Подобные бары в блоке Лаузиц (рис. 6.25) разделили площади развития медных и полиметаллических руд. Медные залежи от краев палеобассей-

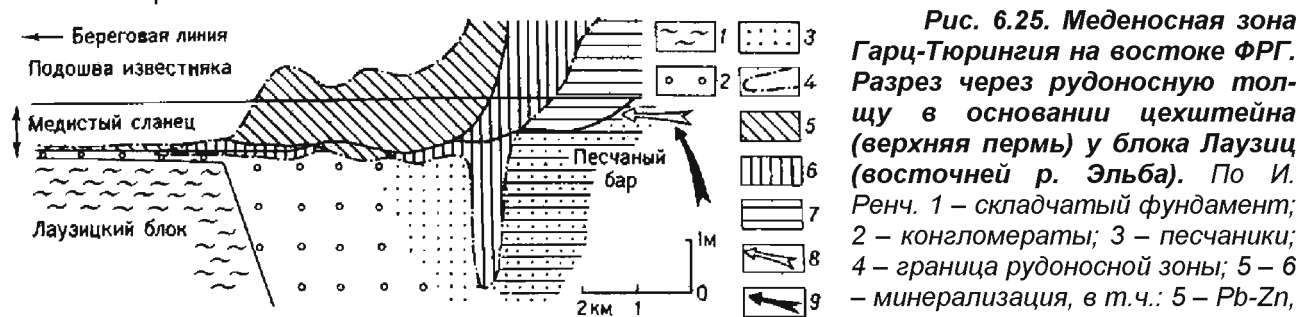


Рис. 6.25. Меденосная зона Гарц-Тюрингия на востоке ФРГ. Разрез через рудоносную толщу в основании цехштейна (верхняя пермь) у блока Лаузиц (восточней р. Эльба). По И. Ренч. 1 – складчатый фундамент; 2 – конгломераты; 3 – песчаники; 4 – граница рудоносной зоны; 5 – 6 – минерализация, в т.ч.: 5 – Pb-Zn, 6 – Cu; 7 – красноцветные

отложения, окислительные условия; 8 – направление миграции элементов в ходе диагенеза; 9 – направление первичного привноса элементов.

на сменяются мористее свинцовыми, а затем – цинковыми. От подошвы к кровле рудных пластов происходит аналогичное изменение минерализации; при этом увеличивается и доля карбонатов.

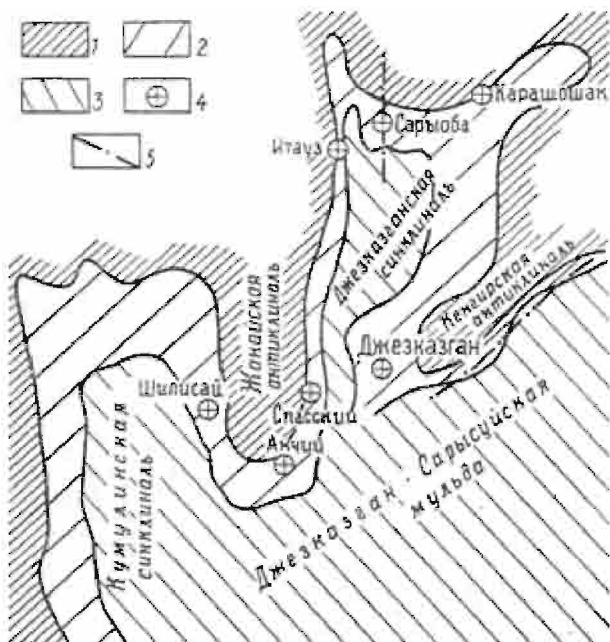
Основные залежи принадлежат халькозиновому, борнит-халькозиновому и борнитовому типам минерализации. Помимо полиметаллов, железа, меди промышленное значение имеют Ag, Au, Ni, МПГ, Sc, Cd, Re, Ti, V, Mo. В рудах **Мансфельда**, Саксония, распространен «еживиковый пирит» («оруденелые бактерии») – до 10-30 тысяч на кубический метр. Его частицы считают похожими на анаэробные бактерии. Рудное поле бizonально: в центре концентрируются меденосные залежи, по периферии – полиметаллические. Мергелистые битуминозные сланцы основания разреза цехштейна, помимо названных элементов, содержат повышенные концентрации Ag, Ni, Co, Mo, V, а также платиноиды. Многочисленные трещины выполнены молибденитом, арсенидами никеля, кобальта, самородным висмутом. И.Г.Магакьян (1974) считал, что сингенетическое происхождение оруденения в случае **Мансфельд** несомненно. Здесь только на объектах **Osterhausen** и **Heldrungen** в отвалах сохранилось около 400 тыс. т медистых сланцев. Всего же в рудном районе **Mansfield-Southern Harz** их может быть около 140 млн т, из которых 20 млн т пригодны для извлечения Cu.

Польша. В Предсудетской зоне на юго-западе Польши меденосные залежи месторождений **Любин, Серошовицы, Полковицы** локализованы в белых песчаниках («белый лежень», его мощность до 25 м) у кровли нижнепермского «красного лежня» (мощность около 300 м) и битуминозных сланцев, доломитах и известняках цехштейна (верхняя пермь). Битуминозные черные сланцы мощностью 1,5 м, доломитовые и мергелистые, содержат наиболее богатые Cu руды с основными минералами халькозином, борнитом, халькопиритом. Помимо них, отмечены сфалерит, галенит, самородные медь, серебро, куприт, арсенопирит и др. В доломитах и известняках мощностью до 80 м имеются в низах толщ сульфиды Cu и Pb. Особенности распределения рудных элементов: 1 – больше всего Cu (46%) в песчаниках, остальное – в сланцах (25%), известняках и доломитах (29%); 2 – песчаники, относимые к красному лежню, считаются зоной малых концентраций (Cu 0,1-0,3%). Рудоносные участки здесь развиты спорадически, а мощности залежей составляет 0,5-4,5 м; 3 – подрудная забалансовая зона (Cu 0,3-0,9%) приурочена к красному лежню, в сланцах и доломитах отмечается реже. Мощность ее до 2,5 м; 4 – зона промышленных руд (мощности 0,29-

11,17 м, в среднем около 2 м) находится на контакте красного лежня и цехштейна. Глубина залегания ее доходит до 1,5 км. В белых песчаниках нижней перми меди 0,1-13,5% (среднее значение около 1%), в сланцах Си до 18% (среднее 3,4%), в известняках и доломитах 1,2% (среднее).

Чехия. В Западной Чехии, возможно, подобным путем возникли залежи Си **Горне Верхнеержовице:** три пласта серо-зеленых известковистых аргиллитов, находящихся в переслаивании с конгломератами («нижний красный лежень»). Тонкая вкрапленность халькозина и борнита в проявлении подчеркивает слоистость пород. Она и распространенные в породе конкреции (в центре пирит, по краям халькозин и борнит) обеспечивают содержания меди 0,4% (И.Ф. Наркелю и др., 1983).

Казахстан. В конце серпуховского века-ранней перми формировались основные меднорудные залежи Центрального Казахстана. Масштабами залежей выделяется **Джезказганский** рудный район (рис.6.26), расположенный на севере впадины Джезказган-Сарысу.



На периклинальном замыкании антиклиналей Джеландинской находится Северо-Джезказганская группа месторождений, а Кенгирской – собственно месторождение **Джезказган**. Основные месторождения Северного Джезказгана (**Итауз, Сары Оба, Карашошак, Кипшакпай**), имеют общую черту: их самые богатые залежи находятся в пределах периклинального замыкания Джиландинской антиклинали.

Рис. 6.26. Структурная схема Джезказганского района. По Б. Журбицкому. 1 – нижнекаменноугольные отложения; 2 – продуктивная джезказганская свита; 3 – пермские отложения; 4 – месторождения и рудопроявления медистых песчаников; 5 – разрывные нарушения http://geo.web.ru/mindraw/Dj_geo1.jpg

Серые песчаники основного рудного горизонта («горизонт с каламитами», по Д.Г. Сапожникову), залегают в нижней части джезказганской свиты серпуховского-раннепермского возраста. Мощность минерализованных

пород около 100 м. Признается большая роль органического вещества в меденакплении. Так, если $S_{орг.}$ в песчаниках менее 0,1%, то рудных скоплений в них нет. Пластовые и ленточные рудные тела с борнитом, халькозином, халько-пиритом обычно согласные с напластованием пород. Для залежей **Северного Джезказгана** типично присутствие минералов Co глаукодота, кобальтина, сафлорита, смальтина. В породах два вида оруденелых микроорганизмов, ячейстых и кольцеобразных по строению, размерностью 20-70 мкм, изредка («кольца»)- до 200 мкм. Их считают рудными бактериями.

Месторождение **Джезказган** на пологом погружении периклинальной части Кенгирской антиклинали связано с прибрежно-морскими и аллювиально-дельтовыми отложениями джезказганской свиты серпуховского-раннепермского возраста. Сама свита сложена ритмичным чередованием сероцветных песчаников и красноцветных аргиллитов и алевролитов, (рис. 6.27).

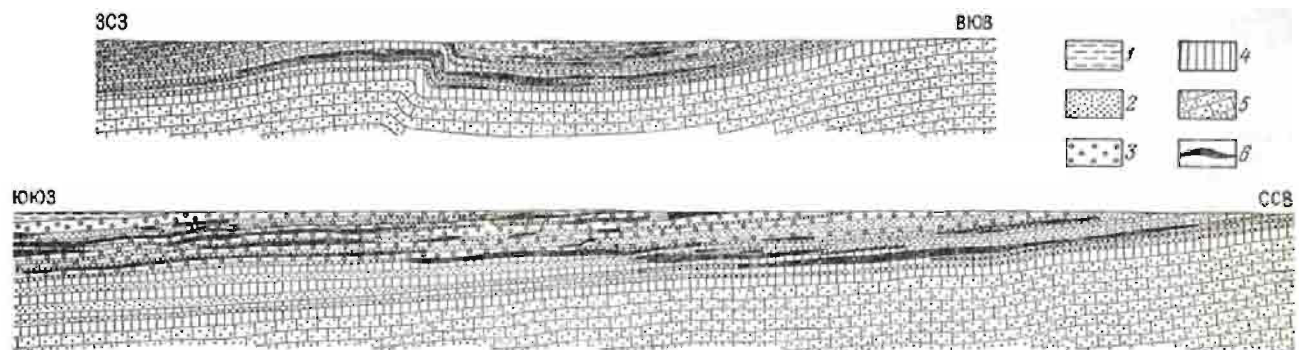


Рис. 6.27. Схематические геологические разрезы Джезказганского месторождения (по материалам Джезказганской ГРЭ). Из [Стратиформное медное...]. 1 – пермские красноцветные отложения; 2-4 – джезказганская свита (C_{2-3}): 2 – рудоносные слои сероцветных песчаников, алевролитов и конгломератов, 3 – верхний отдел, 4 – нижний отдел; 5 – известняки, песчаники, мергели нижнего карбона; 6 – рудные залежи http://geo.web.ru/mindraw/Dj_geo2.jpg

Свинцовая минерализация представлена галенитом, а цинковая – сфалеритом (преимущественно клейофаном). Серебро встречается в самородной форме, но чаще наблюдается в составе собственных минералов или изоморфной примеси. Содержания элемента возрастают в ряду галенит-халькопирит-борнит-халькозин. Рений присутствует в сульфидах меди, больше всего элемента в борните. На месторождении открыт новый, собственно рениевый, минерал джезказганит CuReS_4 , рис. 6.28. На Земле он известен только в Казахстане и поэтому именуется «государственным минералом».

В малых количествах встречены пирит, марказит, арсенопирит, бетехтинит $\text{Cu}_{10}(\text{Fe}_{0.75}\text{Pb}_{0.25})\text{S}_6$, джарлеит $\text{Cu}_{31}\text{S}_{16}$, арсениды меди и кобальта, теннантит. **Джезказган** – крупнейший поставщик рения.



Рис. 6.28. Серый минерал с металлическим блеском – единственный известный собственно рениевый минеральный вид джезказганит CuReS_4 . Встречается только в Казахстане. Спайность несовершенная, твердость 4
http://img-fotki.yandex.ru/get/3500/asgorshkov.a/0_220ab8ea8792c_XL

Выделяют подзоны окисления, выщелачивания и вторичного сульфидного обогащения общей мощностью 8-12 м, по зонам разломов больше. Подзоны содержат примерно одинаковое количество меди, что объясняют повсеместным распространением карбоната-осадителя.

Полосва подзоны вторичного сульфидного обогащения выявлена на глубине 10-70 м от поверхности. Минералы в зоне окисления, рис. 6.29, 6.30, многочисленны. Отмечают здесь «гидроокислы Fe и Mn, самородную Cu (скелетные кристаллы и крупные ветвистые дендриты), самородное Ag (скрученные антолиты, т.е. нитевидные кристаллы, параллельно-волокнистые агрегаты, иногда скопления до нескольких кг), куприт (часто в виде хорошо образованных кристаллов, иногда весьма крупных), малахит (прекрасные сферокристаллы, сферолиты, параллельно-шестоватые прожилки до 2-3см), азурит, брошантит в виде конкреций, элит (псевдомалахит $\text{Cu}_5[(\text{OH})_2/\text{PO}_4]_2$) в мелких кристаллах, сферолитах и сферолитовых корках, антлерит, хризоколлу. В подзоне вторичного сульфидного обогащения отмечаются ковеллин, вторичные халькозин и борнит».

Ресурсы меди **Джезказгана**, вероятно, когда-то были грандиозными. В переводе это слово означает «Медный рудник», и медь здесь добывали уже во втором тысячелетии до н.э. Полагают, именно здесь человечеством была получена первая бронза. К.И. Сатпаев определил добычу руды древними людьми в 1 млн т. В 1903 г. англичанин Вест дал им высокую оценку, а в 1904 году по договору с фон Штейном здесь добыли первые 21 тыс. т богатой руды. В 1907 г. началось разведочное бурение, результаты которого поразили специалистов: руды содержали 6-23% меди. В 1908 г. геолог Гарвей на собрании акционеров в Лондоне назвал месторождение одним из ценнейших в Мирове. Тем более, что рядом находилось богатое угольное месторождение Байконур. В 1908 г. к его изучению подключились американские геологи Титкомб и Саймон. В 1910 г. здесь пробурили 68 скважин, прошли 13 разведочных шахт. В 1914 году предполагалось выплавить 5 тысяч т меди (300 тыс. пудов). К весне 1915 года было пробурено 235 скважин, разведано свыше полумиллиона тонн руды со средним содержанием 10,7 % меди. Для обеспечения завода рудой было заложено 18 шахт. Разведанные запасы меди обеспечивали работу завода в течение 12 лет, хотя разведкой было охвачено всего семидесятая часть площади отводов. К учету принималась руда с содержанием Cu не менее 10 процентов. Оборудование для завода завозили три года, но – началась революция, и англичане ушли. Заработал комбинат только в 1929 г., в частности, благодаря усилиям молодого геолога Каныш Имантаевича Сатпаева (Исторический раздел написан по (История Жезказгана).



Рис. 6.29. Минералы зоны окисления месторождения Джезказган. Вверху слева – сферокристалл малахита, Северо-Джезказганский рудник. Мин. музей РГГРУ, Р-1. Дар и фото А.А.Евсеева http://geo.web.ru/druza/m-malh_14_D05134_sfer.jpg. Вверху справа – азурит. Образец ФМ (№70003, 1967 г.). Фото А.А. Евсеева http://geo.web.ru/druza/m-azu_14_7030.JPG. Внизу слева – антлерит $\text{Cu}_3[\text{SO}_4](\text{OH})_4$. А.А. Евсеев. http://geo.web.ru:8101/druza/m-antler_14_7323.jpg. Внизу справа – бетехтинит $\text{Cu}_{10}(\text{Fe}_{0.75}\text{Pb}_{0.25})\text{S}_6$. Длина игольчатых кристаллов ~5-6 см. Образец: ФМ (№75932. Поступление 1974 г. Фото А.А. Евсеев <http://www.geoweb.ru/druza/l-Dzhez.htm>

Сколько всего металла произвели за 80-90 лет известно неточно, но ресурсы руды месторождения **Джезказган** по категориям «Измеренные+Указанные (M&I)» составляют 610,87 млн т с 1,04% Cu и 12.68 г/т Ag, по категориям Р&Р – 337,47 млн т, с 0,74-1,04 Cu, 9,45-9,87 г/т Ag. Остаточные ресурсы меди всех категорий месторождения по состоянию на IV квартал 2011 г. уверенно достигли 10 млн т Cu. Это – задел на многие годы промышленной эксплуатации, учитывая, что ТОО «Корпорация Казахмыс» в 2010 г. на месторождении получило ее только 191 тыс. т.

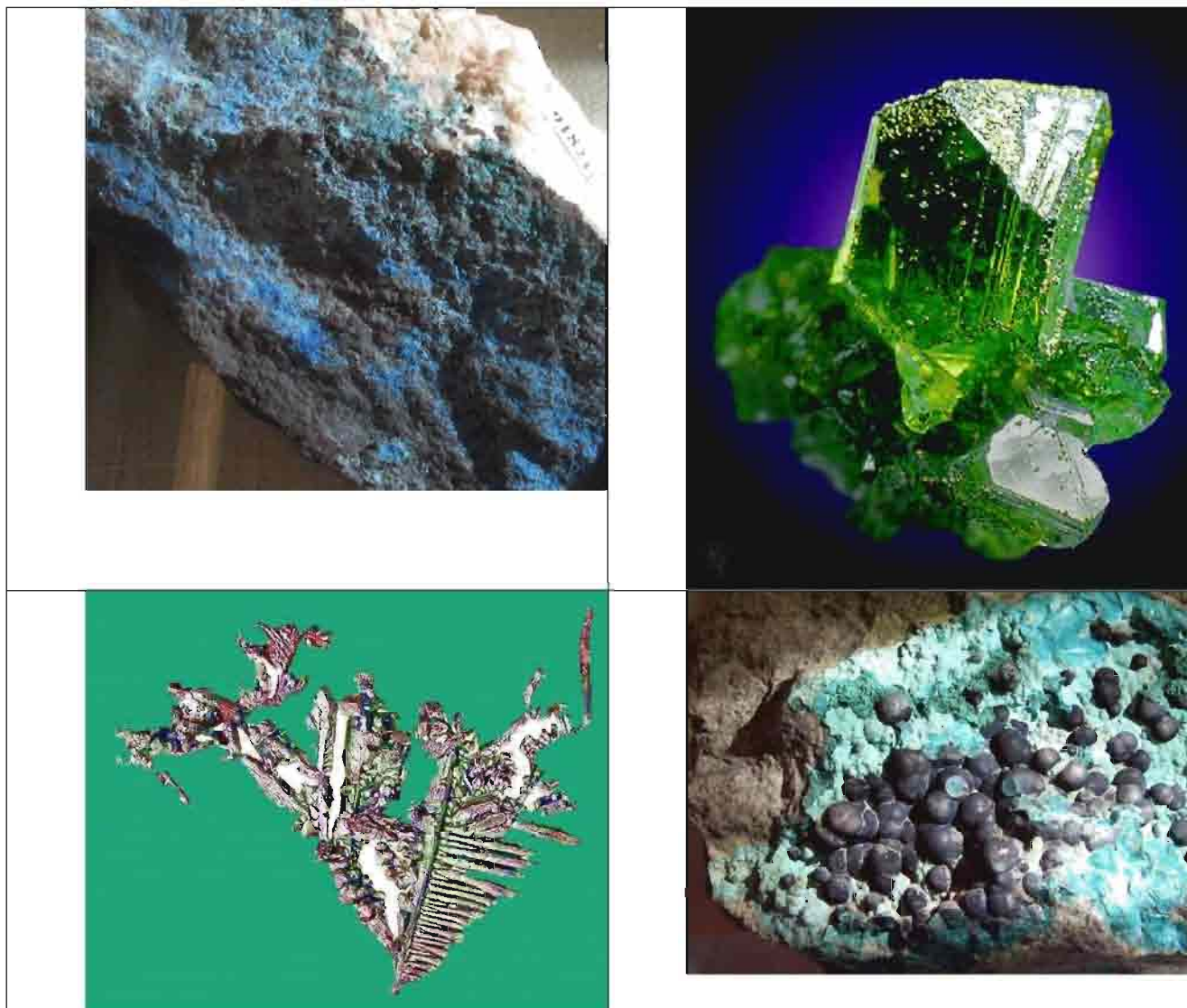


Рис. 6.30. Минералы зоны окисления месторождения Джезказган (продолжение рис. 6.30). Вверху слева – спертиниит $\text{Cu}(\text{OH})_2$. ФМ (№91821. Сбор В.И. Степанова, Л.В. Булгака. Фото А.А. Евсеев <http://wiki.web.ru/images/thumb/8/88/SPERTINIITE.jpg/250px-SPERTINIITE.jpg>. Вверху справа – сфалерит (клеюфан), высота 8 мм. Образец и фото Б.З. Кантор, 2005. <http://geo.web.ru/druza/m-sfa-klei 1.JPG>. Внизу слева – медь самородная. **Итауз**, р-н Джезказгана. Образец и фото В. Пономаренко <http://geo.web.ru/druza/M-Сopp4-f.jpg>. Внизу справа -- псевдомалахит (сферолиты до 1 см) с хризоколлой и малахитом. ФМ №67185, Якубова В.В., 1965. Фото А.А. Евсеев. <http://geo.web.ru/druza/m-ps-malh 14-1.JPG>

Китай. В отложениях перми и триаса медепроявления распространены в рудных районах 1 – **Вэйнин**, пров. Гуйчжоу (месторождения **Дэжэ, Сяньшань, Лаошань**); 2 – **Миличан**, юго-западный Китай; 3 – **Тунгчан** (антеклиза Юньнань-Гуйчжоу), где меденосные залежи тяготеют к контактам интрузий габбро-диоритов, внедрившихся в середине перми. Сведения о меденосных залежах Китая пермо-триасового уровня обобщены (И.Ф. Наркелюн и др., 1983).

Район **Вэйнин** расположен в центре нагорья Юньгуй с абсолютными отметками 2000-2800 км, на северо-западе пров. Гуйчжоу. Он представляет собой крупную синклиналь с вытянутой на северо-восток осью. Крылья структуры осложнены мелкой складчатостью. Здесь на известняках карбона мощностью 0,9-1,2 км и пермских базальтах (0,3 км) залегает толща P_3 (100 м и более). Ее серые, зеленоватые, желтые в низах песчаники и сланцы вверху сменяются фиолетовыми разностями. Выше разрез продолжают нижнетриасовые пестроцветы. И пермские и триасовые породы накопились в мелководном морском, периодически осушавшемся бассейне во время «трансгрессии Янцзы». Терригенный материал сносился поднятий Хунань-Гуанси-Гуйчжоу на востоке, Сикан-Юньнань на западе, частично – с суши Вьетбак на юге.

В породах верхней перми встречены не только четыре промышленных горизонта каменных углей, но и ряд меденосных уровней. Всего их в разрезе свит верхнепермской Сюаньэ и нижнетриасовой Фейсяньгуань семь. На некоторых площадях они имеют ранг месторождений. Одно из

них – **Дэцжо**, – образовано тремя рудоносными пластами серых кварцевых песчаников со сфероидальными конкрециями халькозина (2-10 см в среднем). За сходство с зернами сои этот тип оруденения получил название «матоцзы» (соя). Выделения халькозина сопровождают лепешковидные стяжения борнита, халькопирита, сульфидов железа. Присутствие кварца с вкрапленниками халькопирита трактуется как признак частичного поступления меди кластогенным путем.

В месторождении **Синьшань** в нижней части нижнетриасового разреза различают 3 уровня «красных слоёв» – кварц-карбонатных песчаников с выделениями халькозина. Содержания меди в них – 1.0-1.4%. Рудоносные линзы двух нижних уровней тяготеют к контактам серых, с органическими остатками, и фиолетовых песчаников и имеют мощность не более 17 см, иногда до 2-2,5 м. Из рудных минералов преобладает халькозин, образующий мелкую вкрапленность в цементе, реже борнит и пирит. В самом верхнем уровне халькозин выстилает стенки пустотелых тонких секреций, пучками расходящейся системы по пласту, похожей на кровеносные сосуды.

Месторождение **Лаошань** содержит единственный меденосный (1.4% меди), с ванадием и ураном, пласт «зеленых песчаников», находящийся в контакте с перекрывающими серыми песчаниками. Все нижнетриасовые. Вкрапленники основного минерала халькозина, а также второстепенных борнита и халькопирита распространены в цементе зеленых песчаниках. Нередки скопления массивных халькозиновых руд, занимающих всю мощность пласта.

Редкоземельно-редкометалльные месторождения, связанные с корами выветривания

При характеристике значения позднегерцинского этапа для формирования месторождений,



связанных с карбонатитами, нельзя в очередной раз не вспомнить о **Томторе**, рис. 6.31. Из-за эгоистичной, как полагают многие, политики Китая, ограничивающего про дажи 17 редкоземельных элементов за рубеж, стоимость их возрастает неслыханными темпами. Так, в недавнем интервью Reuters генеральный директор Silmet Дэвид О'Брок заявил, что спотовые цены на лантан по состоянию на 22.11.2011 г. составляют 130-140 долларов за килограмм, тогда как в 2010 году стоимость была 35 долларов, а в 1999 году – 85.

Рис. 6.31. Зимний Томтор и мороз 50 градусов.
<http://www.newchemistry.ru/images/img/letters5/4443.jpg>

Известно, что наиболее практически ценная часть залежей Томтора сконцентрирована не в древних магматитах, а в поздних *продуктах предпермского перемыва* (древние ложковые и делювиально-озёрные россыпи) коры выветривания (С-Р) по этим породам. Их состав определен как франколит-гидрогетитовый, а мощность в 100-400 м. Продукты перемыва слагают Верхний рудный горизонт мощностью 4-50 м, 12-15 м в

среднем, на площади 3,5 км x 1,5 км. Минимальная мощность качественных руд не бывает меньше 2 м. Преобладающие минералы – апатит, пирохлор, монацит, циркон-ксенотим, редкоземельные фосфаты, рутил, ильмено-рутил. Y и Sc сосредоточены в ксенотиме и циркон-ксенотиме. На знаменитом участке **Буранном** (в восточной части массива «озёрная впадина» занимает площадь 3 x 0,25-1,5 км. Мощность металлоносных отложений здесь варьирует от 0,2 м до 10 м. В подошве рудного пласта залегают гетитовые коры выветривания, перекрытые пермскими аллювиально-делювиальными отложениями.

Металлоносный пласт (на 20-80% состоит из редкоземельных фосфатов алюминия (гойяцит $\text{Sr}[\text{Al}_3(\text{OH})_6(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})]$, горсейксит $\text{Ba} [\text{Al}_3(\text{OH})_6(\text{PO}_4)(\text{PO}_3\text{OH})]$, флоренсит $\text{CeAl}_3[(\text{PO}_4)_2 (\text{OH})_6]$, крандаллит $\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{H} \times [(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_6]$), монацита, ксенотима (каждого минерала 1-15%), пирохлора (2-20%), рутила, анатаза, брукита, ильменорутила (5-20%), иногда апатита, франколита (0-11%). Гетит и гидрогетит наблюдаются в количествах 5-30%, углистое вещество – до 3% (Д.А. Додин, 2008, с. 237-243).

Средние содержания ценных компонентов таковы (%): Nb_2O_5 – 4,9, Ta_2O_5 – 0,005, Y_2O_3 – 0,87, TR_2O_3 – 12,8, Sc_2O_3 – 0,065, ZrO_2 – 0,29, ThO_2 – 0,15, UO_3 – 0,01, SrO – 3,9, Y_2O_5 – 1,2, P_2O_5 – 16,4. Особенно обращают внимание на весьма существенные средние концентрации Sc_2O_3 – 0,065%, связанные с ксенотимами и ксенотим-цирконами, отнесенные к интервалу коры выветривания мощностью 35 м. Полагают, что запасы скандия на **Томторе** превышают аналогичный суммарный показатель для всех месторождений Бразилии (Беляев и др., 1996, с. 44, 45, 77). Ресурсы только Nb_2O_5 оценены в 73,6 млн т, TR_2O_3 – 153, 7 млн т [Додин, 2008, с. 241]. Суммарные ресурсы **Томтора** оценивают (в скобках содержания): Nb_2O_5 – 73 млн т (1,5%), TR_2O_3 – 153 млн т (10%), P_2O_5 – 410

(13%). Полагают, что по Nb_2O_5 это 39,9% мировых запасов, а по TR_2O_3 – 22,2% (А.А. Фролов и др., 2005).

Золотоносные россыпи

На западном слоне Урала отложения, накопившихся в пермских палеодолинах, имеют значительный экономический потенциал. Становление россыпей началось в ранней перми. Позднепермские палеодолины выполнены конгломератами (12 м), песчаниками, гравелитами. Линзы конгломератов содержат минералы меди. Среднее содержание Cu – 0,068%, Au – 0,04-0,1 мг/м³. Это золото является источником металла современных россыпей. Проявление золотоносных кор выветривания раннего-среднего триаса **Нияусское-II** (Охребет Маятанырд, Республика Коми) наиболее крупное из подобных на Полярном Урале. На его площади установлено оруденение пирит-арсенопиритовое и более позднее полиметаллическое, но его масштабы небольшие. Самородное золото образует выделения до 15 мкм в пирите и арсенопирите. Позднее низкопробное Au крупнее, до 100 мкм, ассоциирует с железистым сфалеритом, галенитом, халькопиритом. В коре выветривания золотины до 300 мкм. Еще один перспективный золотоносный объект в восточных предгорьях Полярного Урала – триасовые линейные коры **Лонготеганской** структуры. Они прослежены в глубину на 93-384,6 м при мощности до 43 м. В разрезах наблюдается чередование зон механической дезинтеграции и выщелачивания. Среди новообразованных минералов: каолинит (до 70%), монтмориллонит (до 34%), диксит, шамозит (до 5%), гиббсит (до 2%), мартит, гётит. Кора выветривания конгломератов триаса в верховьях р. **Няда-Яха** содержит до 1-3 г/т золота [Историческая минерагения, 2008, с. 252].

На **Северном Кавказе** распространена нижнепермская красноцветная моласса мощностью до 2 км (в бассейне р. Уруп) в полосе 265 км x 30 км. В бассейне Большой Лабы почти по всей нижней перми преобладают красноцветные конгломераты. Наиболее перспективные на поиски пермских золотоносных конгломератов массивы **Верхне-Ацгаринский, Мало-Лабинский** с участками **Бескесским** и **Хацевитским, Киша-Белореченский, Урупо-Лабинский**. Опробование 1930-х гг. показало присутствие в молассе золота в десятые доли г/т, но иногда оно было ураганным, 50-69 г/т. В **Урупо-Лабинском** массиве мощность пермских красноцветов – 2-3 км. Золотоносны нижние пласты конгломератов. Au присутствует в гальках и цементе в количестве нескольких граммов на тонну.

В **Восточно-Казахстанской области** палеозойские **Бюкуйские конгломераты** содержат до 89 г/т Au . Генезис не вполне ясен. Полагают, золото либо конседиментационное, либо связано с активизацией Васильковской зоны смятия. С зоной связано одноименное (**Васильковское**) золоторудное месторождение, возникшее в позднегерцинскую активизацию.

В **Германии** формировались золотоносные россыпные объекты, связанные с палео-аллювиальными комплексами базальных горизонтов карбона и перми Луиганской зоны. Золотины содержат до 10 вес.% Pd . В россыпях встречены редкие потасит и стибиопалладинит.

Алмазоносные россыпи

В **Якутии** промышленная алмазоносность обнаружена в отложениях свит среднекаменноугольной лапчанской и верхнекаменноугольной-нижнепермской ботубинской. Продуктивны базальные горизонты долинообразных палеодепрессий **Улардахской, Верхнечуоналырской, Маралахской, Верхнечайдахской, Джункунской**. Алмазы встречены и в каменноугольных отложениях на юго-западном склоне Тунгусской синеклизы (бассейн Подкаменной Тунгуски. По заключению (Н.Н.Зинчук и др., 2003), они связаны с кимберлитовыми телами среднего палеозоя, среди которых есть и высокоалмазоносные. На левобережье р. Ирелях известна россыпь **Восточная**, продуктивный горизонт которой среднекаменноугольный. Она входит вместе с юрским россыпным объектом **Солур** в единое россыпное поле. Алмазы происходят из диатрем **Мир** и **Интернациональная**.

В **Донбассе** мелкие алмазы открыты в песчаниках картамышинской свиты нижней перми. В центральной части бассейна алмазоносны грубообломочные аллювиальные отложения трех свит верхнего карбона. Из грубозернистых песков исаевской свиты выделено 1 зерно этого минерала, из авиловской – 3, из араукаритовой – 10. 14 небольших алмазов извлечены из песчаников арауканитовой свиты верхнего карбона северо-западного Донбасса (Бахмутская котловина, к югу от г. Славянска). Из высокобарических минералов в ассоциации с алмазом отмечены единичные зерна пироба, муассанита, хромшпинелидов.

Металлоносные (Au, Pb, Zn, Cu) и др.) черные сланцы

В **Сихотэ-Алине** содержания благородных металлов в триасовой кремнистой формации значительны. В кварцевом цементе пород встречены апатит (развит по конодонтам), монацит, ксенотим, циркон, иногда пирротин, анкерит, но больше всего пирита. В трещинах и порах преобладают галенит, сфалерит, халькопирит, пирит (разности с повышенными содержаниями As , Cu , Mn), халькозин, кобальтин, арсенопирит, аргентит, шеелит и т.д. В порах и прожилках, выполненных гидроксидами Fe и углисто-кремнистым веществом, встречены выделения самородных

Au, Ag, Cu, Pb, Ni, W, Se, интерметаллиды Pd_3Cu , Pd_7Cu_3 , $CuAu$, Cu_3Zn_2 , Cu_5Zn_3 , Ni_4Cd , $(CuNi)_5Zn_4$. Золото наблюдалась, кроме того, в диагенетическом пирите и интерметаллиде Cu_5Zn_3 .

На Северо-Востоке России, Яно-Колымский регион, пермский период отмечен накоплением на континентальном шельфе глинистых толщ с туфогенным материалом, поступавшим со стороны Охотского массива. Золото поступало в осадок при деятельности черных курильщиков. Выделения золота в битумах верхнепермской пионерской свиты преимущественно изометрические, имеют размерность от 2-4 до 20-25 мкм, комковидный или палочковидный облик. В дальнейшем (юра-мел) этот металл был мобилизован, пересен и накоплен в гидротермальных объектах **Тенькинского** и других рудных районов Магаданской области. В Якутии среди отложений верхоянского комплекса (C_3-J) выделены высокоуглеродистый (1-3% $C_{орг.}$) алевролиты и аргиллиты туогучанской свиты верхней перми с содержаниями золота. Четыре наклонные рудные ленты мощностью 1-7 м, прослеженные по падению на расстояние до 0,3 км. Содержания золота в них изменяются от 0,5 до 20 г/т, средние составляют 1-2 г/т. Золото тяготеет к арсенопириту и углисто-глинистым прослоям. Тонкодисперсное золото выявлено в пирите и арсенопирите (3-5 г/т).

Урановые месторождения

В позднем карбоне и перми в межгорных впадинах внеальпийского пространства формировались угленосные толщи, нередко обогащенные ураном. Элемент попал в осадки при размыве ураноносных гранитов и кислых вулканитов. Ураноносность исследовалась в польском Нижнесилезском бассейне, на западе и в центральной части Богемского бассейна – **Плзень** и **Кладно-Раковник**. Повышенные концентрации элемента открыты в бассейнах **Дёлен**, или **Фрайталь**, **Штокхайм**, **Вайден**, **Оюз-Заале**, **Саар-Латарингском**, все в Германии, **Сен Ипполит** (Франция).

Французское месторождение **Сен Ипполит** находится в Вогезах. Для него характерны пластовые рудные тела, представленные высокоуглеродистыми породами, перекрывающие граниты, высокие содержания V и Mo. Минерализация обычно только урановая, но иногда и полиметаллическая. Последняя характерна для немецкого **Мюлленбах**. Все эти объекты давно либо никогда не эксплуатировались. Однако в Восточной Европе после 1960 г. (Словения, Словакия) открыты и активно изучаются новые месторождения, имеющие определенные практические перспективы.

Словения. В 1960 г. еще в союзной Югославии было открыто месторождение **Жировски Врх**. Его считают крупным осадочным эпигенетическим, «красноцветного типа» (“red bed”), локализованным среди среднепермских кластитов. Залежи приурочены к несогласию между формацией Вал Гардена средней перми и доломитистыми известняками верхнепермской формации Жажар. Содержит уранинит, коффинит. Запасы 16 тыс. т U_3O_8 .

Словакия. На востоке страны у г. Кошице исследуется крупное месторождение **Куришкова** или **Ягодна**. Месторождение стратоподобное Mo-U в пермских метаморфизованных вулканогенных (андезиты) и осадочных породах. В рудном поле выявлены участки Главная зона (более 70% ресурсов, 0,492% U_3O_8), Бедная зона (0,097% U_3O_8) и Разлом 614. Рудные тела имеют СЗ простирание и падение на ЮЗ под углами 47-60°. Главная рудная зона мощностью 2,5 м прослежена на 650 м по простиранию и на 530 м по падению. Она находится в интервале глубин от поверхности земли 120-650 м. Ресурсы собственно U_3O_8 – 22,5 тыс. т.

Фосфориты

На Полярном Урале (сектор Коми), в Лемвинской зоне четыре верхних из шести фосфатоносных уровней – верхнепалеозойские. Верхнебашкирский-нижнемосковский представлен пачкой углеродисто-кремнисто-глинистых сланцев мощностью около 20 м (р. Няньворгавож), с неравномерно распределенными конкрециями. Верхнемосковские конкреционные фосфориты встречены на 4-ом уровне среди известняковых конглобрекций. Эти грубообломочные известняки накопились в зоне местного “западного шельфа”. К пятому уровню фосфатоносности отнесены углеродисто-кремнистые сланцы и фтаниты ($C_3-P_1?$). Они содержат единичные конкреции (18-24% P_2O_5). 6 уровень отмечается среди углеродисто-глинистых сланцев в виде линзочек 1x10 см, содержащих до 7% P_2O_5 .

На о. Южный Новой Земли в бассейне р. Безымянная фосфориты образуют три слоя в разрезе C_2-P с общей мощностью 1,5 м, протяженностью до 35 км (с перерывами). В конкрециях 5-25% P_2O_5 .

В США большое значение для экономики имеет фосфоритоносная провинция **Скалистых гор**, учтенные запасы 1,5 млрд тонн P_2O_5 (А.Ф. Соколов, 1984, с. 54). Фосфатоносные бассейн и формация верхней перми известны своими оолито-микрозернистыми рудами. Возрастные рудоносные аналоги формации прослежены через Канаду на территорию Аляски. Верхняя фосфатоносная треть их разреза в составе содержит все основные месторождения. Породы более низких стратиграфических уровней (ассельский и сакмарский ярусы) фосфоритов практически не содержат.

Пермские породы на западном континентальном шельфе Северо-Американского кратона и в геосинклинали Кордильер на территории штатов Айдахо (г. Покателло), Юта, Вайоминг, Монтана, рис. 6.32, имеют мощность около 3 км. Рудоносная формация Фосфориа к востоку и югу сменяется

известняками, к северу – песчаниками. Вероятно, они все возрастные аналоги. Р.П. Шелдон (1984) показал, что в разрезах формации Фосфориа чередуются ледниковые и межледниковые горизонты, при этом фосфориты приурочены почти только к ледниковым толщам.

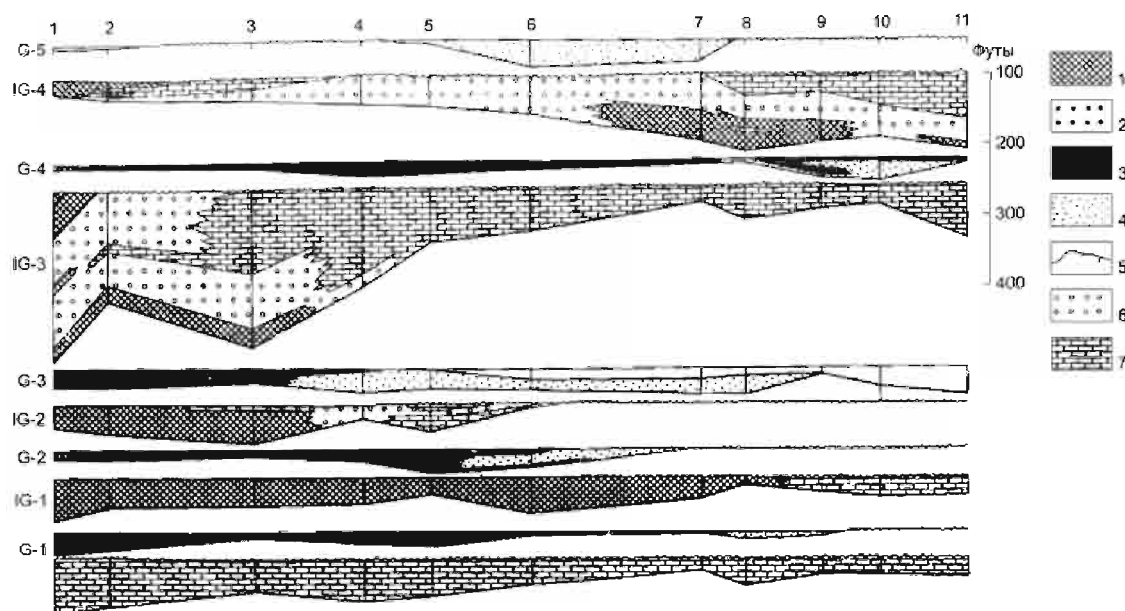


Рис. 6.32. Корреляция отложений гляциальных и интер-гляциальных эпох поздней перми в Кордильерах США по широтным профилям. По (Р.П.Шелдон, 1984). 1 – черные сланцы, относительно глубоко-водные; 2 – шельфовые и более глубоководные фосфориты, пелитовые, оолитовые или биокластические; 3 – кварцевые песчаники барьерных островов; 4 – лагунные светло-зеленые или красные сланцы, доломиты, ангидриты; 5 – эрозионная поверхность; 6 – окремненные породы шельфовой и более глубоководной области; 7 – карбонатные породы шельфа – ракушняковые и биокластические известняки, микрокристаллические доломиты, пелитовые доломиты

Месторождения селена

На западе пров. Хубэй в Китае, муниципалитет Енши, выявлено месторождение **Ютаньба** с самородным Se и другими его минералами. Происхождение его не вполне ясно, но концентрации селена и возможности экономически рентабельной отработки очевидны: ресурсы значительны. Месторождение локализовано среди углеродистых силицитов, углистых сланцев и сапропелевых углей верхов нижней перми. Его отнесли к типу "стратифицированных осадочно-переработанных", так как собственно скопления селена наблюдаются, в частности, в приповерхностной искусственной насыпи из хвостов угледобычи. В комплекс первичных минералов селена входят ферроселит FeS_2 , клокманнит CuSe , крутаит CuSe_2 , науманнит Ag_2Se , самородный селен. К вторичным минералам отнесена часть самородного селена, халькоменит $\text{CuSeO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, мандариноит $\text{Fe}_2^{3+}(\text{H}_2\text{O})_6(\text{Se}^{4+}\text{O}_3)_3$.

Кристаллы первичного самородного Se имеют размеры до 5 мм. В большинстве своем выделения минерала ксеноморфные, соседствуют с кварцем в углеродистых силицилитах и кремнистых сланцах. Выделения вторичного Se намного крупнее. Среди них встречаются гигантские кристаллы, выросшие между обломками породы и в прочих условиях приповерхностных горных отвалов, возникших угольного месторождения **Ютаньба**. Все выделения вторичного Se из трещин в выветрелых разностях руд отнесены по морфологическим признакам к столбчатым, таблитчатым, ксеноморфным.

Агрегаты ксеноморфных зёрен возникают путём адсорбции на поверхности обогащенных углеродом обломков в виде тонких серебристо-серых плёнок или оболочек частиц, подобных раковинкам (рис. 6.33). Столбчатые и таблитчатые кристаллы появляются между обломками кластиков с большими промежутками. Самородный селен не прозрачен, имеет стально-серый цвет, металлический блеск. При выветривании серебристая поверхность выделений становится тусклой. Зерна природного селена гибкие, пластичные, легко растворимые в кислой среде. Последнее свойство этого минерала до исследования этого выдающегося месторождения не было известно. Формы растворения представлены порами. В отражающем микроскопе селен имеет белый цвет, его отражающая спо способность – 25-35%, т.е. ниже галенита и сфалерита. Минерал интенсивно рефлексует, с выраженным двуотражением от белого до светложелто-серого, без внутренних рефлексов.

Со времени первого обнаружения самородного селена в рудном районе Юнайид Верде минерал встретили во многих месторождениях Мира: урановых среди песчаных пород, латеритных с Cu, U, V на плато Колорадо. Самородный селен появлялся при получении извести в печах и горении угля в результате распада содержащихся в породах селенидов. Этот же процесс происходил и при выветривании руд на поверхности.

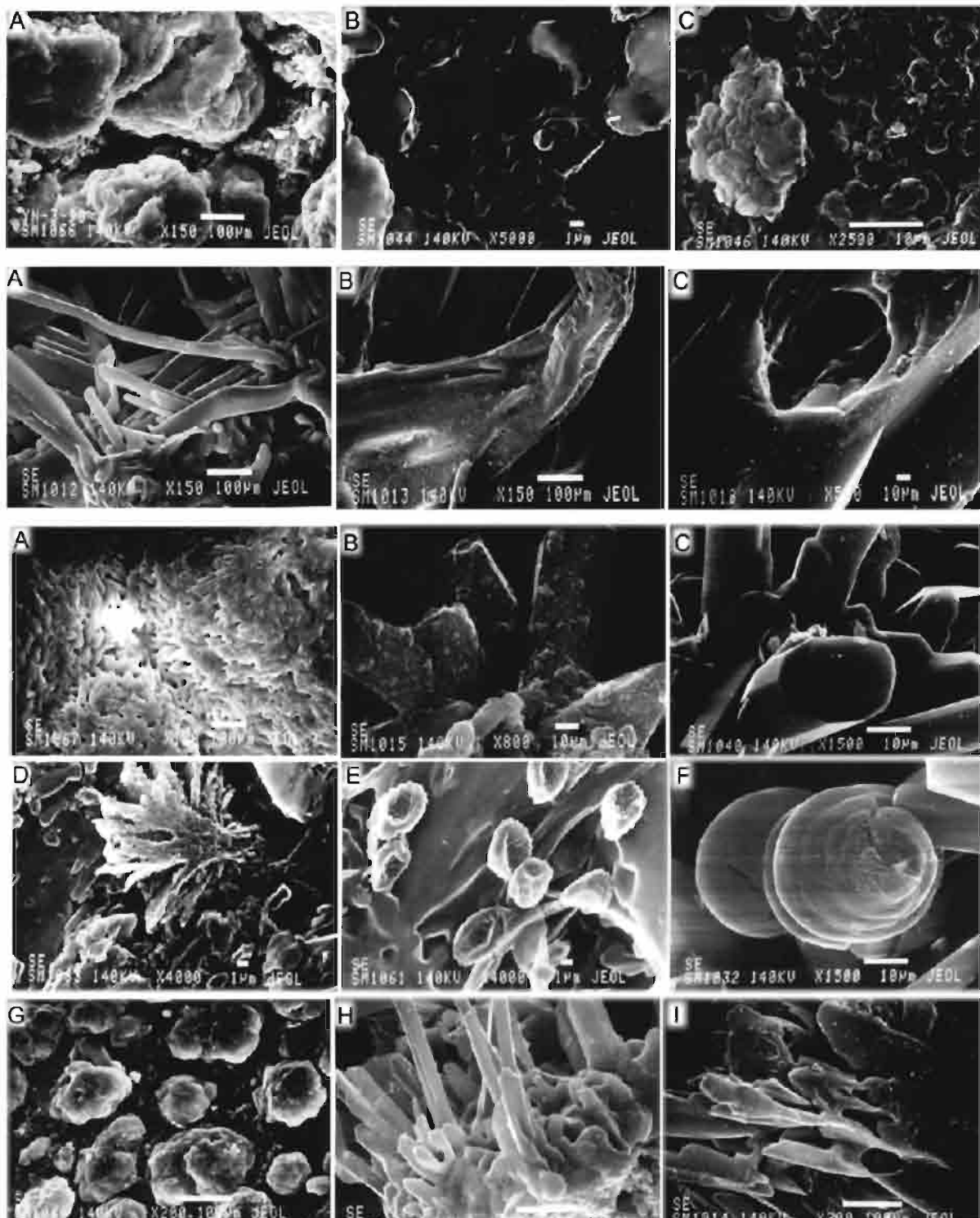


Рис. 6.33. Месторождение самородного селена Ютаньба на западе пров. Хубэй в Китае связано с осадочными образованиями верхов нижнепермской формации Маокоу. По Jiajun Liu et al. (2006). Снимки, сделанные с помощью сканирующего электронного микроскопа; характеризуют морфологические типы выделений вторичного селена и процессы, влияющие на их облик. Верхний ряд, формы выделений: А – столбчатые; В – таблитчатые; С – ксеноморфные. Второй ряд сверху, формы выделений: А – плёночные; В и С – коркоподобные. Третий ряд сверху, физико-химические изменения, происходящие с выделениями вторичного самородного селена в углеродистых кластитах: А – изгибание, В – уплотнение и изгиб, С – растворение (видна пора,

вытравленная естественным кислым раствором). Четвёртый ряд сверху, плёнки и корки вторичного селена на углеродистых обломках: А – зародыши кристаллов, В и С – "палицы, утыканые гвоздями (cateja)". Пятый ряд сверху, формы вторичного Se: D – лепестковые, E – почечные, F – сферулы. Нижний ряд, формы вторичного Se: G – "мучнистая роса", H – "букет цветов", I – "кактус".

S. Yi et al. (1988) объяснили выделение самородного Se при горении угля разложением селеносодержащих пиритов. Этот механизм задействован и при возникновении крупномасштабных скоплений Se **Ютаньба**. Старые разработки пирита вывели селеноносный пласт на дневную поверхность с её активным выветриванием. Это ускорило миграцию Se и его накопление на отдельных участках, вредно сказываясь на окружающей среде. Ведь уже при поступлении более 2 мг/кг Se в корма у животных начинаются отравления в острой и хронической формах: Se подавляет ферменты, отвечающие за окислительно-восстановительные процессы, синтез метионина (одной из аминокислот), рост опорно-двигательных тканей, ведёт к анемии. Местные жители селения **Ютаньба** выжигали известь, используя известковистые сланцы и аргиллиты, которые на местном слэнге именовали "каменным углем" (хотя они таковым не были). Селеноносные дымы получались из углеродистых "силикалитов" и сланцев. Охлаждаясь, они заполняли трещины в верхнем слое насыпи, образованной шлаками, где возникали удивительные формы минерала. В районе **Ютаньба** эндемичные селеновые отравления людей и животных особенно распространялись в 1960-х и 1970-х годах (вероятно, в периоды активизации кустарных отжигов). Это месторождение, возможно, единственное в Мирове по своим особенностям – сложному сочетанию естественных обстоятельств (первичные высокие концентрации селена в толщах P_1) и антропогенного участия уже в наши дни. Содержания Se здесь в рудах достигает 8390 г/т, среднее – 0,13%. Запасы оценены в 50 т Se. Но собственно первичные руды, не смотря на приемлемые содержания Se, использовать не удастся из-за высоких концентраций органического углерода.

Современные технологии получения Se имеют в основе низкотемпературный отжиг в окислительной среде анодных отходов, возникших при получении Cu и сульфатный отжиг во вращающихся печах. При использовании углеродистых руд возникает много проблем: низкая извлекаемость селена, высокая стоимость процесса, угроза отравления окружающей среды. В случае же скоплений вторичного самородного селена **Ютаньба** не только упрощена процедура получения элемента из черных сланцев, но открываются новые пути совершенствования технологий экстракции из разных типов руд.

Магний-калиевые и прочие соленосные бассейны

Они весьма характерны для позднегерцинского этапа, рис. 6.34.

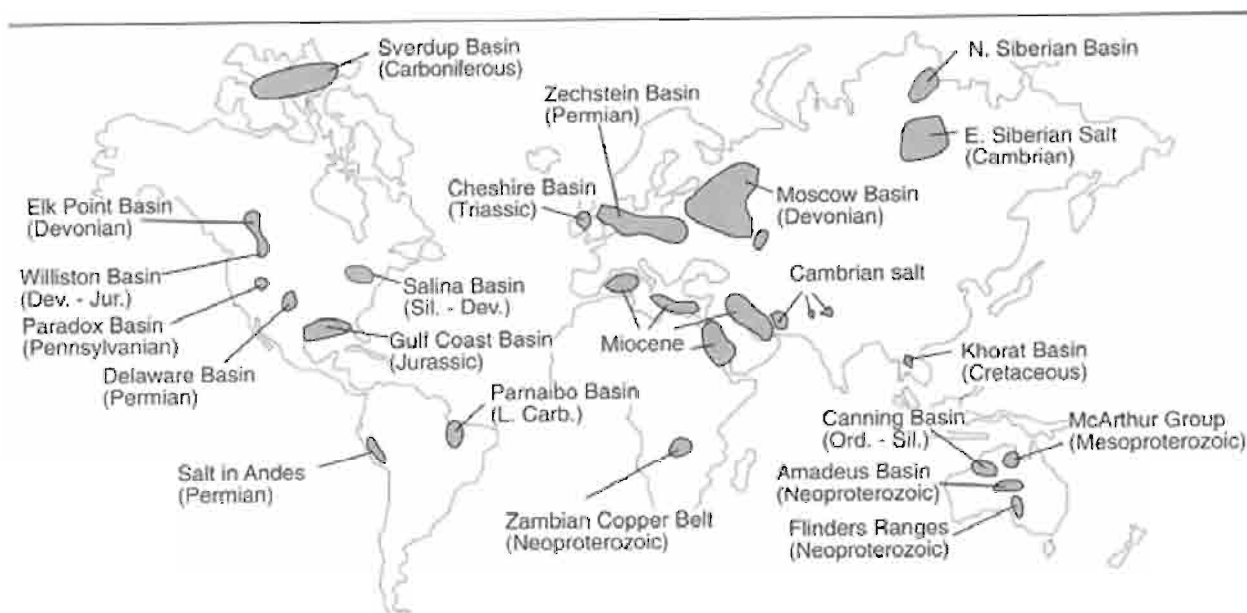


Рис. 6.34. Позднегерцинские и другие эвапоритовые бассейны на континентах Земли. Каменноугольный возраст эвапориты имеют в бассейнах Свердруп (Канадская Арктика), Парадокс (Пенсильвания, США), Парнаибо (Бразилия), пермский – Делавэр (США), Солт ин Андес (Перу), Цехштейн (Западная Европа), триасовый – Чешир (Англия). По (V. Böner).

На Восточно-Европейской платформе нижнепермские соленосные толщи развиты в Днепровском авлакогене, Предуральском прогибе, Прикаспии. Основная закономерность: как и

девонские, пермские соли выполняют узкие линейные зоны, наиболее подвижные участки рифейских и девонских тектонических борозд. Основными магний-калиевыми бассейнами Европы, сформировавшимися в позднегерцинский этап, являются **Прикаспийский, Верхнекамский, Северо-Германский**. В **Северо-Артемовской** группе месторождений каменных солей Донбасса тоже известны довольно мощные пласты карналлита и сильвина.

Славянско-Артемовские раннепермские месторождения Бахмутской котловины, Донбасс. Разрез соленосных пермских отложений начинается свита медистых песчаников (500-1200 м), залегающая несогласно на песчаниках араукаритовой свиты S_3 . Соленосные никитовская, славянская и краматорская свиты перми расположены выше. В никитовской свите (аргиллиты, алевролиты, известняки, 180-250 м мощностью) пласты каменной соли иногда достигают мощности в несколько десятков метров. Славянская свита (400-600 м) сложена преимущественно галитом (6-9 маломощных пластов в основании), ангидритом, карбонатными, терригенными породами. Выше залегают главные промышленные Подбрюнцевский 22-40 м, Брюнцевский (32-43 м), Надбрюнцевский (22-44 м) пласты каменной соли. Среди пластов каменной соли краматорской свиты, завершающей разрез нижней перми, присутствуют три пласта сильвинитов (3,35-5,5 м) и восемь – сильвинита, карналлит-сильвинитовой, карналлитовой, карналлит-галитовой породы (0,5-2,7 м).

Прикаспийский раннепермский бассейн калийно-магниевых солей. Здесь открыты месторождения **Индерское, Сатмолинское, Челкарское, Эльтонское** и многие другие. Калийные соли **Индерского** соляного купола известны везде, но наиболее крупные залежи находятся на его юго-востоке. Там на одном лишь из многих месторождений № 99 промышленно калиеносны два горизонта кунгурского яруса нижней перми. Протяженность нижнего карналлит-кизеритового горизонта – 1,65 км при мощности 3 м, верхнего сильвинитового, сильвин-галитового и полигалит-галитового – 2,0 км. На других месторождениях мощности калиеносных горизонтов могут быть и большими, 7-57 м, протяженность тел – 300-3900 м, ширина от 20 до 100-150 м. Содержания K_2O в рудах колеблется между 7,7-26,45%. Прогнозные запасы K_2O по месторождениям Индерского купола 141495 тыс. т.

В пределах крупного **Эльтонского** купола (55 км²) выделены семь пластов, сложенных сильвин-галитовыми, карналлит-кизеритовыми, карналлитовыми породами с мощностью отдельных из них до 20 м и содержанием K_2O до 20%. Показано, что калийные соли Прикаспия накапливались в наиболее прогнутой центральной части впадины, что обеспечивало накопление концентрированных маточных рассолов в соединяющихся друг с другом бассейнов. На формирование скоплений аггруд оказывали влияние линейные разрывные структуры («субпрогибы»), параллельные бортам Прикаспийской впадины. В периферических частях впадины преобладают сульфатные формы (полигалит $K_2Ca_2Mg[SO_4]_4 \times 2H_2O$), ближе к центру они замещаются хлоридными.

Верхнекамский раннепермский бассейн магний-калийных солей приурочен к Соликамской впадине Предуральяского краевого прогиба, где занимает площадь 200 км x 50 км. Соленосные отложения кунгурского яруса нижней перми подстилают известняки, доломиты и аргиллиты артинского яруса P_1 . В разрезе кунгурских отложений снизу вверх залегают: 1 – ангидриты, известняки, доломиты, мергели, глины филипповского – 60-100 м; 2 – глины и ангидриты низов березниковского горизонтов 300-350 м; 3 – каменные соли – 400 м; 4 – сильвинитовая пачка, чередование пластов красных и полосчатых сильвинитов и галита – 21 м. Мощности слоев сильвинита – 0,5-10 м, галита – 2-4,5 м; 5 – карналлит-сильвинитовая пачка – 20-115 м. Мощности солей – 2-4,5 м, галита – 2-6,4 м; 6 – покровная каменная соль – 0-55 м; 7 – переходная соляно-мергельная толща – 100 м.

Северо-Германский позднепермский бассейн магний-калийных солей занимает впадины и прогибы Средней Европы, включая прежде всего одноименную (Северо-Германскую) впадину. Его называют в отечественной литературе также **Страссфуртским**. Основные соленосные районы – **Северо- и Южно-Ганноверские**. Известное **Страссфуртское** месторождение локализовано в депрессии Магдебург-Гильберштадт, мульда которой находится между горами Гарца и Хлейхтенберг. Его разрез таков (снизу вверх): 1 – конгломерат нижнего цехштейна – 2 м; 2 – медистые сланцы – 0,3 м; 3 – известняки – 4 м; 4 – галогенная формация среднего и верхнего цехштейна – 1200 м.

Продуктивный слой на территории мульды Магдебург-Гильберштадт занимает площадь 10000 км². Прослой калиевых и калийно-магниевых солей достигают мощности 30 м, перекрывающих отложений доходит до 4 км. В периферических частях мульды развиты проявления соляной тектоники, много соляных куполов. В некоторых привершинных частях присутствуют «каинитовые шляпы», продукт воздействия рассолов на кизеритсодержащие карналлититы (кизерит – $Mg[SO_4] \times H_2O$).

Великобритания. В северо-восточной Англии с 1969 г. развивается производство калийных солей на руднике **Боулби**, откуда первую продукцию отгрузили в 1973 г. Сооружения шахты и обогатительной фабрики занимают 200 га, рис. 6.35. Производственные мощности рассчитаны на поставки 1 млн т KCl ежегодно. Этого оказалось достаточно, чтобы занять 55% рынка Англии и начать экспорт. Попутно добывают пищевую соль (450-660 тыс. т/год).

Калийные соли **Боулби** залегают на глубинах 1,2-1,5 км в виде пласта, мощность которого колеблется от 0 до 20 м, в среднем, 7 м. Их вмещает толща пермских эвапоритов. Сильвинитовые руды содержат 35-40% сильвина, 45-55% галита и некоторое количество прочих включений. Над солями залегают триасовые пестроцветные песчаники. Они содержат рассолы, находящиеся под высоким давлением (перехвачены специально разработанным креплением). В процессе исследований и организации опытной добычи они доставили много трудностей строителям рудника. Как и присутствие рудничного газа в слоях сланцев, встреченных в толще эвапоритов. На поверхность для обогащения с 2001 г. подается более 3 млн т руды в год.



Рис. 6.35. Дизайн промплощадки крупнейшего в Западной Европе калийного рудника Боулби, северо-восточная Англия, исполнен известным архитектором сэром Фредериком Джибердом. Основная цель – достичь практического результата, вписавшись в природу и не навредив ей.
<http://www.mining-technology.com/projects/boulby/images/boulby2.jpg>

В США основная собственная добыча калийных солей осуществляется в горнорудном районе на юго-востоке штата Нью Мексико, округа Эдди и Ли. Район является частью **Карлсбад** обширного эвапоритового бассейна Делавэр, большая часть которого находится в северо-западном Техасе.

Породы продуктивной формации – ангидриты, галиты (полигалит), калийные соли, подчиненно, глины, песчаники. Промышленный интерес представляют 11 подразделений (слоев) с полигалитом, сильвином, карналлитом, лангбейнитом, каинитом, леонитом. Ресурсы солей обычно определяют для площади 1,1 тыс. км², лежащей восточнее г. Карлсбад, но она в действительности на порядок большая. Слои полигалита и ангидрита маркирующие. 43 таких слоя прослежены Геологической службой США. На всей площади, например, наблюдался слой-маркер полигалита мощностью 2,5 см, отделивший третью стратиграфическую зону от четвертой. Интервалы с солями калия имеют мощность от сантиметров до 1 м. Несколько таких слоев образуют калиеносную зону с мощностями 1-6 м и основными промышленными сильвином и лангбейнитом $K_2Mg_2[SO_4]_3$.

В Южной Америке **Амазонский** бассейн площадью около 500 тыс. км² на севере Бразилии находится под тропическими лесами Амазонии. Бразилия, как один из крупнейших мировых экспортеров продовольствия, страдает от постоянно растущих цен на удобрения, в частности калийные. Надежды на открытие собственных месторождений она связывает с эвапоритами формации Нова Олинда центральной части бассейна. Здесь уже открыты два объекта мирового класса, калийные соли которых находятся на глубинах 950-1050 м. Резервы месторождения **Фазендинья** определены в 520 млн т, содержания KCl – 28,8%, **Арари** – 659 млн т и 17,7% KCl. Пласты сильвинита в обоих случаях составляют примерно 2,7 м по мощности.

6.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза

Для континентов Земли выделены девять историко-минерагенических провинций (экзогенный рудогенез), в т.ч.: I. **Европейская-Южнокаспийская**, II. **Восточнокитайско-Японская**, III. **Перилавrentийская**, IV. **Урало-Казахстанская**, V. **Восточносибирская**, VI – **Южноамериканская**; VII – **Антарктическая**; VIII – **Австралийская**; IX – **Африканская**.

Европейская-Южнокаспийская ИМП. Для этой провинции характерны аккумуляции марганцевых руд, медистых песчаников и сланцев, калийных солей. На Южном острове архипелага Новая Земля крупнейший **Рогачевско-Тайнинский** марганцеворудный, фосфатоносный район. Его ресурсы марганца оценены в 3 млрд т. Мощные рудные пласты (от 1 м до 20-25 м) и линзовидные залежи распространены в каменноугольных-пермских отложениях на площади около 800 км². Средние содержания марганца в них – 12-15%. Обширные площади в Германии и Польши заняли медистые песчаники верхней перми – цехштейна, или тюрингия. Именно они обеспечили основную часть

производства цветных металлов в этих странах. Рудный горизонт повсеместно оказывается в основании разреза, который сверху продолжают известняки и доломиты. Карбонатные породы перекрыты соленосными. Не только медь (до 6%) содержат первично осадочные породы. На отдельных площадях они подверглись заметным эпигенетическим преобразованиям, связанным с магматической и флюидной активностью, проявлениями разрывной тектоники. Крупнейшим месторождением в горах Гарца (северо-западной Чешского массива) является **Мансфельд**, ФРГ. Его рудное поле бizonально: в центре концентрируются меденосные залежи, по периферии – полиметаллические. Мергелистые битуминозные сланцы основания разреза цехштейна (нижняя часть верхней перми), помимо названных элементов, содержат повышенные концентрации Ag, Ni, Co, Mo, V, а также платиноиды.

Основными магний-калиевыми бассейнами Евразии, сформировавшимися в позднегерцинский этап, являются **Верхнекамский, Северо-Германский, Прикаспийский**. Довольно мощные пласты карналлита и сильвина известны в разрезах **Северо-Артемовской** группы месторождений каменных солей Донбасса. В **Верхнекамском** бассейне соленосны отложения кунгурского яруса нижней перми. **Прикаспийский** бассейн калийно-магниевых солей – раннепермский (**Индерское, Сатимолинское, Челкарское, Эльтонское** и др.). Прогнозные запасы K_2O только для **Индерского** купола определены в 141495 тыс. т. Доказана калиеносность и других куполов – **Круглый, Лебяжинский, Кыз** (семь калиеносных пластов, мощность самого верхнего – 130 м), **Шугуль, Матенкожа, Сатимола**.

Восточнокитайско-Японская ИМП. Осадочные руды марганца распространены в породах нижнего-среднего карбона Гуанси-Чжуанского автономного района. Среди пермских пород они установлены в следующих местах: 1 – **Северная Гуйчжоу** (г. Цзунь); 2 – **Северо-восточная Гуанси**; 3 – **Южная Хунань**; 4 – **Центральная Хунань**; 5 – **Центральная Цзянси**; 6 – на рубеже **Гуанси-Чжуанского** автономного района и пров. **Фуцзянь**; 7 – на рубеже провинций **Хунань** и **Цзянси**; 8 – в провинции **Аньхой** среди нижнепермских пород; 9 – на поднятии **Центрального Гуанси** – в базальном горизонте верхнепермской свиты Хэшань. На Японских островах большинство марганцевых месторождений связано с палеозойскими (С-Р) формациями бассейна Татибу. Пластовые залежи марганца ассоциируют с глубоководными кремнистыми толщами, содержащими конкреции марганца. Основные рудные минералы – родохрозит, гаусманит $Mn^{4+}Mn_2^{2+}O_4$ и марганцевый силикат "бементит". Такие месторождения распространены в районе **Нода-Тамагава**, о. Кюсю, где помимо родохрозит-гаусманитовых залежей присутствуют и «шоколадные руды», т.е. собственно гаусманитовые.

В северных, южных и центральных провинциях Китая известны бокситы карбона. В отложениях перми и триаса первично осадочные аккумуляции меди обнаружены в рудных районах: **Вэйнин**, пров. Гуйчжоу (месторождения **Дэцжо, Сяньшань, Лаошань**); **Миличан**, юго-западный Китай; **Тунгчан** (антеклиза Юньнань-Гуйчжоу), где меденосные залежи тяготеют к контактам интрузий габбро-диоритов, внедрившихся в середине перми.

Перилаврентийская ИМП. Большое значение для экономики США имеет фосфоритоносная провинция **Скалистых гор**, учтенные запасы оолито-микрозернистых руд формация Фосфориа которой определены в 1,5 млрд тонн P_2O_5 (А.Ф.Соколов, 1984). Из прочих полезных ископаемых отметим ряд полиметаллических месторождений типа «Долины реки Миссисипи» (MVT). Минерализация считается эпигенетической и более поздней, чем карстообразование. На объектах **Вибурнум Тренд** она наблюдается в пластообразных залежах мощностью 5-10 м с рудами замещения массивными и вкрапленными, выполнения трещин. Перспективна **Анадарк**, меденосная зона в пермском краевом прогибе на севере поднятия Вичита, штаты Техас (север), Оклахома (запад), Канзас (центр и запад). В ее пределах среди красноцветов верхней перми открыты более ста проявлений, шесть месторождений меди (**Крета, Магнум, Буззард Пик, Горовелл, Медисин Маунд, Олд Глория**). В среднекаменноугольных «огнеупорных глинах мерсер» штата Пенсильвания (кровля миссисипия) обнаружены желваковые диаспориты. Среднекаменноугольные диаспоровые и бёмитовые глины на размытой поверхности известняков ордовика открыты в Миссури.

Казахстанская ИМП. Верхнепермские осадочные марганцевые руды представлены месторождением **Улу-Теляк**. В Восточно-Казахстанской области доказана промышленная золотоносность палеозойских **Бюкуйских конгломератов** (площадь 5 км²). Содержания золота составляют от следов до 89 г/т. Полагают, что золото либо конседиментационное, либо связано с активизацией Васильковской зоны смятия. С зоной связано одноименное (**Васильковское**) золоторудное месторождение, возникшее в позднегерцинскую активизацию. Cu-Pb-Zn оруденение джезказганского типа распространено на площади **Джезказган-Сарысуйской** мульды в песчаниках и конгломератах джезказганской свиты серпуховского-раннепермского возраста. Основные месторождения Северного Джезказгана (**Итауз, Сары Оба, Карашошак, Кипшакпай**, проявления **Айрамбай, Копкудук, Талдыбулак**) имеют общую черту: их самые богатые залежи находятся в пределах периклинального замыкания Джиландинской антиклинали. Для залежей **Северного Джезказгана** характерно присутствие минералов кобальта глаукодота, кобальтина, саффорита, смальтина. Типично для рудного уровня присутствие в породах двух видов оруденелых

микроорганизмов, ячейстых и кольцеобразных по строению, размером 20-70 мкм, изредка («кольца»)- до 200 мкм. Их считают рудными бактериями. Источником сноса считают девонские породы поднятия Тениз-Сарысу, расположенного северней. Месторождение **Джезказган** связано с прибрежно-морскими и аллювиально-дельтовыми фациями

Восточносибирская ИМП. С позднегерцинским осадконакоплением ассоциируют проявления металлоносных кор выветривания (**Томтор**), золотоносные (**Урасалах, Пионерское**), россыпные алмазов (**Верхнечуоланьское** россыпное поле). В пределах рудного поля **Томтор** наибольшее значение имеют продукты предпермского перемыва каменноугольной коры выветривания по щелочным породам массива. Единый рудоносный покров мощностью 10-35 м развит на площади 3,5 км x 1,5 км. Преобладающие минералы – апатит, пирохлор, монацит, циркон-ксенотим, редкоземельные фосфаты, рутил, ильмено-рутил. Y и Sc сосредоточены в ксенотиме и циркон-ксенотиме [Авдонин, 2005].

На материалах **Наталкинского** рудного поля С.Ф. Стружков с соавторами показали (2006, с. 42-43), что в перми на занимаемой рудным районом части континентального склона накапливались глинистые толщи с туфогенным материалом, поступавшим со стороны Охотского массива. Тогда же заложилась и рудоконтролирующие разломы. Будущее рудное поле уже в перми отличалось от соседних территорий приуроченностью к линейному межразломному поднятию. На это указывает распределение галечного материала в отложениях верхнепермской атканской свиты: между Главным и Северо-Восточным разломами верхнепермские породы не содержат галек. Золото в осадок поступало из пермских аналогов современных субмаринных «черных курильщиков», локализованных вдоль разрывов северо-западной ориентировки. Зерна сульфидов с рассеянным золотом захватывались осадком и оказывались в нем захороненными. Реальность такой схемы подтверждают материалы Г.Б. Ганжи и Л.М. Ганжи (2004), исследовавших золото-битумную минерализацию, связанную с отложениями верхнепермской пионерской свиты в непосредственной близости от крупного месторождения **Дегдекан** в **Тенькинском** рудном районе.

Отмечалось, что в Яно-Колымской области, где в отложениях верхоянского комплекса (C₃-J) имеются горизонты чёрных сланцев, стоит ожидать перспективные золото-полиметаллические объекты на участках их интродуирования магматитами среднего-кислого состава. Свидетельством его правоты является золоторудное месторождение **Урасалах** на севере Солурской антиклинали Западно-Куларской минерагенической зоны Якутии. Этот объект представлен четырьмя наклонными лентами (мощность 1-7 м, прослежены до 0,3 км) среди верхнепермских органогенно-терригенных пород.

Южноамериканская ИМП известна значительными скоплениями калийных солей, которые открыты в разрезах **Амазонской** впадины, отличающейся непрерывностью и полнотой разреза. На ее площади в завершающую фазу верхнего карбона накопились эвапориты формации Нова Олинда, содержащая калийные соли. В других работах эта формация называется пермской. Здесь уже открыты два объекта мирового класса, калийные соли которых находятся на глубинах 950-1050 м. Резервы месторождения **Фазендинья** определены в 520 млн т, содержания KCl – 28.8%, **Арари** – 659 млн т и 17.7% KCl. Пласты сильвинита в обоих случаях составляют примерно 2,7 м по мощности.

Антарктическая ИМП. Позднегерцинский этап время широкого развития позднепалеозойских-раннемезозойских авлакогенов каменноугольной-триасовой «биконской» генерации. Иногда их терригенные угленосные и ледниковые толщи обнаруживаются под ниже-среднеюрскими траппами. На некоторых площадях, примыкающих к Трансантарктическим горам, отложения серии Бикин имеют мощность до 4 км (Е.Е. Милановский, 1983). Основные выявленные в породах верхнегерцинского структурного этажа проявления полезных ископаемых – каменный уголь, ураново-ванадиевая минерализация. На континенте открыты (свыше тридцати) проявления пермских каменных углей. Их горизонтальные пласты обнаружены в Трансантарктических горах, где угленосные площади объединяют в два крупных бассейна, до 200-250 тыс. км² каждый. На глубинах до 600 метров (10% площади бассейнов) находятся наиболее насыщенные углем интервалы разреза. Отдельные угольные пласты в раздувах имеют мощность до 5-6 м, а суммарная их мощность доходит до 10-15 метров. Термальное воздействие юрских траппов превратило пермские угли Трансантарктических гор в антрациты и полуантрациты. Оценены ресурсы наиболее перспективных площадей – 150 млрд т. В горах Принс-Чарльс самое большое углепроявление имеет ресурсы 7-8 млрд т. Его образует до 60 пологих пластов углей от газовых до антрацитов мощностью от 0,3 м до 1,5-3,0 м, в раздувах до 8 м. Наземные радиометрические наблюдения позволили обнаружить ураноносные охры, содержащиеся в прослоях песчаников горизонтально залегающей пермской толщи гор. Принс Чарльс. Максимальные концентрации урана – до 1%. Пробы содержат также до 1,5% ванадия.

Австралийская ИМП. Платформенные области Австралии располагают значительными ресурсами каменных солей и каменного угля среди отложений позднегерцинского структурного этажа. Однако они не находят практического применения, не выдерживая конкуренции с месторождениями угля Южной Австралии (Ли Крик), Нового Южного Уэльса (бассейн Сиднея с центрами добычи

Мейтленд, Иллаваара), Квинсленда (Брисбен). В пределах краевого прогиба Сидней-Боуэн выделена перспективная меденосная зона с проявлениями среди красноцветов нижнетриасовой группы Наррабин. Аргиллиты, глинистые сланцы, песчаники, конгломераты и преобладающие алевролиты группы имеют красную, иногда зеленую окраску и исключительно континентальное происхождение. Сведения о конкретных проявлениях меди этой зоны пока очень скудны.

Африканская ИМП. В области Высокая Мулуйя, Марокко, известны полиморфные (осадочно-гидротермальные) жильные и стратифицированные аккумуляции Мп **Аули**, **Акебаб**. Они локализованы среди пород пермо-триаса. На северо-западе в горах Высокого Атласа, Марокко, известны пермо-триасовые крупные проявления меди, как полагают, первично осадочного происхождения. В районе **Ангомер** высокие содержания меди (13-30%) обнаружены в лютитах, пласты которых залегают между покровами базальтов. Лютиты (терригенные морские отложения с размерностью частиц менее 2 мкм) **Ангомера** содержат углефицированные органические остатки, в которых встречаются малахит и азурит, а также халькозин, борнит, ковеллин, самородная медь, различные её оксиды. Меденосные залежи с халькопиритом (пласты, пропластки, линзы) проявления **Даргана** встречаются среди пермо-триасовых красноцветов, выполняющих одноименный желоб. Некоторые из них прослежены по простиранию до 1,5 км и более. Белые песчаники содержат более 3% меди, а также уран, глины – 1%.

Выводы

Позднегерцинские минерагенические процессы качественно отличаются от тех, что были свойственны раннегерцинскому этапу. Для них характерны полицентризм, в целом, меньшая глубинность, почти повсеместное доминирование обстановок сжатия, иные типы магматизма (ареально более широкого), тогда как средний девон-ранний карбон – время развития авлакогенеза, высокой контрастности тектонических обстановок в разных полушариях и на разных материках.

Как результат, среди сформировавшихся в среднем карбоне-среднем триасе потенциально рудоносных объектов немного тел кимберлитов и лампроитов, сколько-нибудь значительные скопления бокситов редки, хотя, казалось бы, климатические условия должны были бы вполне способствовать их формированию. Исключения нечасты, иногда впечатляющи. Для эндогенных объектов это, конечно, богатейшая пермская диатрема **Джваненг** и раннетриасовый **Норильский** рудных район. В случае бокситов, исключения относятся к Анатолии, Японскому архипелагу и юго-восточной Азии, в описываемой временной интервал находившейся в состоянии относительного тектонического покоя.

В Среднеазиатском поясе ранний и средний карбон – время появления первых промышленных руд золота, связанных с гранитоидами. Наиболее продуктивной оказалась поздняя стадия. С ее малыми, тоже пермскими, интрузиями в Средней Азии и Казахстане связывают месторождения и проявления Pb, Zn, Sn, Mo, Bi, Au, ряда малых и редких металлов. В Российском секторе Средиземноморского пояса они оставили крупное средне-позднекаменноугольное кварц-вольфрамит-молиб-денитовое месторождение **Кти-Теберда** (Карачаево-Черкессия) редкого стратиформного прожилково-вкрапленного типа [Крупные..., 2006, с. 120], на Центрально-Французском массиве – касситерит-вольфрамитовые грейзены и штокерки рудных полей **Эшасьер** и **Монтебра**. В ранней перми экономически значимые олово-вольфрамово-полиметаллические месторождения возникли на Армориканском (**Корнуолл**, рудные поля **Камборн-Редрут**, **Карадон**, **Сейнт Джаст** (Крупные..., 2006, с. 123) и Чешском (**Циновец-Циннвальд**, **Альтенберг**) массивах. Самым ранним оловорудным месторождением, позднепермским, в Восточно-Малайском блоке оказывается **Сунгай Лембинг**. В пределах этого блока известны также его триасовые аналоги на островах **Белитунг**, **Бангка**, Индонезия.

Позднекаменноугольные (пенсильваний)-среднетриасовые (320-230 млн лет) металлогенические пояса характерны для Центральной Монголии, где в их пределах обнаружены несколько Fe-Pb-Zn месторождений и рудопроявлений, скопления Cu-Mo порфировых руд, Nb-Zr-REE объекты в связи с богатыми щелочами гранитоидами. Основное Cu-Mo порфировое месторождение Монголии – **Эрдэнет** (запасы руды 1,78 млн т с содержаниями 0.62% Cu, 0.025% Mo) появилось в тропе Орхон-Селенге, выполненном вулканогенно-осадочными толщами. Возраст руд **Эрдэнета** составляет 240 млн лет, т.е. отвечает примерно рубежу перми и триаса [Watanabe et Stein, 2006].

Позднегерцинский этап – время массового появления огромных аккумуляций медистых песчаников (**Джезказган** в Казахстане, Мансфельд в ФРГ, Полковицы и др. в Польше) и калийных солей (бассейны **Северо-Германский**, **Карлсбад** в США и др.), наиболее значимых для всего фанерозоя.

Глава 7. Раннемезозойский (киммерийский) этап

Рудные аккумуляции киммерийского этапа известны на всех континентах (рис. 7.1), но по площади они распределены очень неравномерно. Наибольшая концентрация их характерна для периокеанической, южной и северной областей Китайской платформы, примыкавшей к Охотско-Монгольскому поясу. Еще один регион с богатыми разнообразными киммерийскими эндогенными объектами – Восточносибирская ИМП. В якутском секторе ее Верхояно-Колымской области распространены крупные месторождения Au, Ag, Sn, начавшие формироваться раньше близких по формационным признакам аккумуляций магаданского («колымского») сектора.

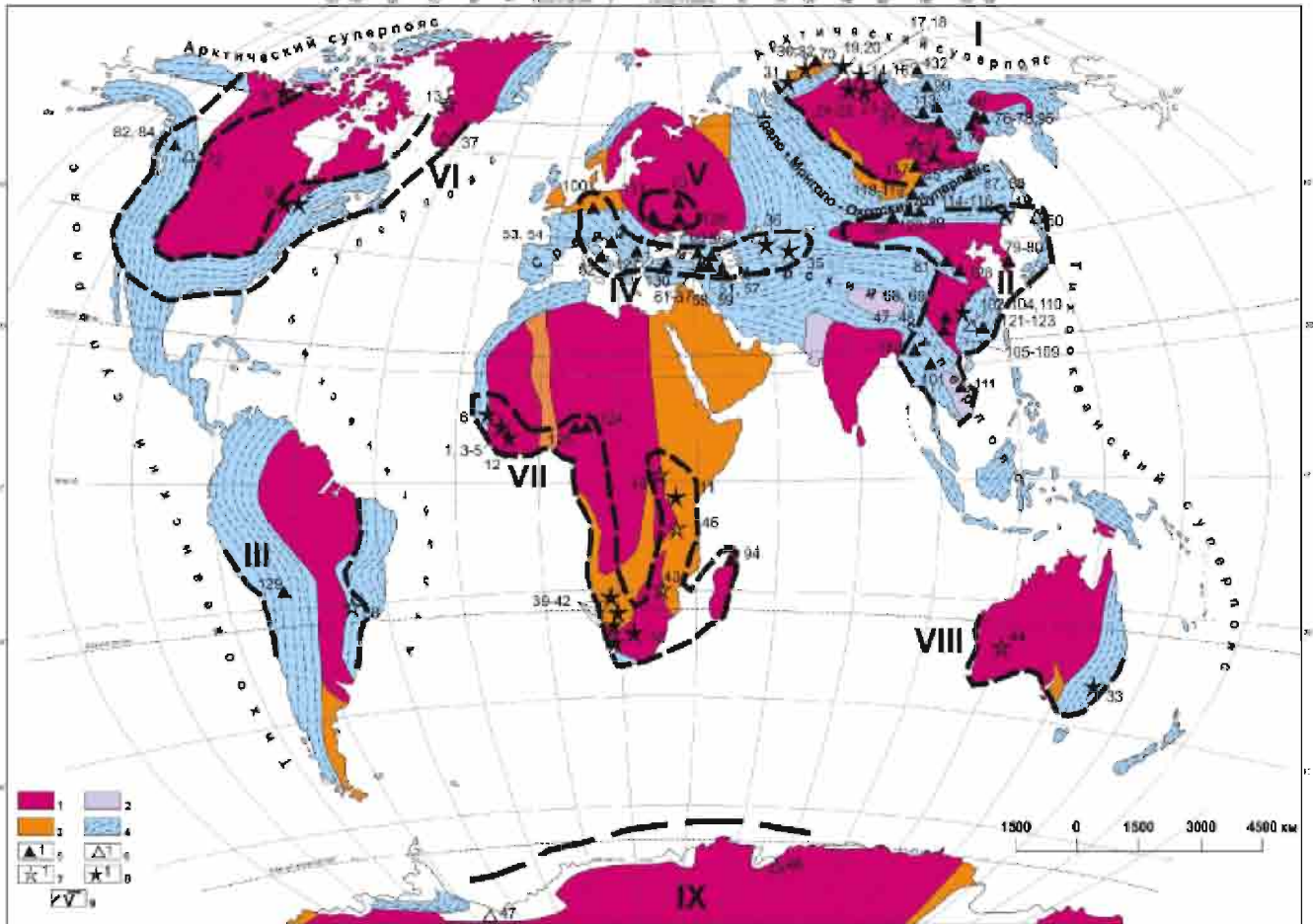


Рис. 7.1. Киммерийские (поздний триас-юра, 205-137 млн лет) месторождения континентов. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина, 1971, модифицировано. Условные обозначения: 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогей, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5-8 – эндогенные и экзогенные месторождения и проявления, в т.ч. связанные: 5 – с преимущественно коллизионными процессами – скарновые, гидротермальные; 6 – с процессами дилатансии, преимущественно основным вулканизмом (источники рудных компонентов в верхах мантии и низах коры, руды медно-никелевые, медно-молибденовые порфировые и т.д.), 7- 8 – мантийными источниками (7 – карбонатиты, 8 – кимберлиты); 9 – контуры историко-минерагенических подразделений. Римскими цифрами обозначены историко-минерагенические провинции (эндогенный минерагенез): I – Восточносибирская; II – Восточноазиатская; III – Перибразильская. IV – Северного Средиземноморья; V – Восточно-Европейской платформы; VI – Перилаурентийская; VII – Периафриканская; VIII – Южноавстралийская; IX – Антарктическая. Месторождения и проявления полезных ископаемых:

I – Алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты, лампроиты, пикриты: 1 – Бунуду, Гвинея. Диатрема в одноименном кимберлитовом поле; 2 – Кёркленд (озеро), граница пров. Онтарио и Квебек, Канада. Кимберлитовые тела с мелкими алмазами; 3 – Фенария, Гвинея. Кимберлитовая дайка в одноименном поле; 4 – Феруба, Гвинея. Кимберлитовая дайка в одноименном поле; 5 – Макона, Гвинея. Кимберлитовое поле; 6 – Коиду, Сьерра Леоне. Кимберлитовое поле; 7 – Хунань, пров. Китая. Три группы кимберлитов «яньшаньского» (юра-

мел) возраста; 8 – **Северный Слейв**, Северные Территории Канада. Юрские алмазоносные кимберлитовые трубки **Джерико-1**, **Джерико-3**, **Контвойто**; 9 – **Джеймс Бей**, Онтарио, Канада. Кимберлитовое поле, трубка **Виктор-Северный**; 10– **Наутгедахт**, **Малин**, ЮАР. Дайки кимберлитов в поле **Свартрюггенс**; 11– **Мвадуи**, **Султан**, Танзания. Кимберлитовые трубки в поле **Шиньянга**; 12 – **Бананкоро-1-5** и **Бананкоро-дайка**, Кот д'Ивуар. Тела кимберлитов в поле **Бананкоро**; 13 – **Пирамидфьельед-Мидтернас-Нигердликарик**, Западная Гренландия. Раннеюрский кимберлитовый пояс; 14-28 – кимберлитовые поля ЯАП с киммерийскими радиологическими датами, в т.ч.: 14 – **Чомурдахское**, 15 – **Западно- и Восточно-Укуитские**, 16 – **Огоньор-Юряхское**, 17 – **Мерчимденское**, **Молодинское**, 18 – **Куойкское**, 19 – **Толуопское**, 20 – **Хорбусуонское**, 21 – **Куранахское**, 22 – **Биригиндинское**, 23 – **Лучаканское**, 24 – **Дюкенское**, 25 – **Среднекуонамское**, 26 – **Ары-Мастахское**, **Старореченское**, 27 – **Орты-Ыаргинское**, 28 – **Эбеляхское**, **Томторское**; 29 – **Комсомольское**, **Сихотэ-Алинь**. Алмазоносные пикриты J-K; 30-32 – лампроиты, в т.ч.: 30 – **Центрального Алдана**, 31 – **Западного Таймыра**, 32 – **Горного Таймыра**; 33 – юрские диатремы кимберлитов бассейна Сиднея, Новый Южный Уэльс (около сотни объектов).

II – апатитоносные и другие массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатами: 34 – ураноносный **Мурунский** с месторождениями камнецветного сырья (чароититы **Сиреневого Камня**); 35 – **Чагатайский** карбонатит-трахитовый комплекс. Южный Нуратау, Узбекистан. Две алмазоносные триасовые (?) диатремы карбонатитов; 36 – **Букантау** (хребет), запад Узбекистана. Дайки и диатремы камптомончикитов. Две диатремы алмазоносны; 37 – **Какарсук**, Гренландия. Кальцитовые карбонатиты. Nb, TR, P; 38 – **Серрате**, Восточно-Бразильский щит. Апатит, Nb, Fe; 39 – **Окорусу**, Намибия. Нижнеюрский. Флюорит; 40 – **Ондуракоруме**, Намибия. Массив карбонатитов. Nb, TR, Fe, P; 41 – **Осонгомбо**, Намибия. Карбонатиты. Nb, Mn; 42 – **Калкфелд**, Намибия. Карбонатиты. Флюорит, Fe, барит; 43 – **Шава**, Зимбабве. Карбонатиты. P, Fe, BaSO₄, вермикулит; 44 – **Янджибана**, Западная Австралия. Карбонатитовые жилы. TR (преобладают Eu и Nd); 45 – **Луэш**, пров. Киву, Заир. Полихронный карбонатитовый массив (R₃-Mz-мезозой). Nb; 46 – **Чилва**, Малави. Карбонатиты. Nb, TR.

III – никелевые, медно-никелевые, платинометалльные, в связи с интрузиями базитов-ультрабазитов, офиолитами: 47– **Дюфек**, горы Пенсакола, шельфовый ледник Роне, Антарктида. Расслоенный стратиформный плутон. Платиноносный; 48 – Восточная Антарктида, Центральный сектор. Расслоенный стратиформный плутон базитов-гипербазитов. Платиноносный; 49 – **Хонкилин**, пров. Цилин, северо-восточный Китай. Позднетриасовое никелевое.

IV – хромитовые: 50 – **Камуикотан**, центральная часть о. Хоккайдо. Пояс среднеюрских-раннемеловых стратиформных месторождений хромитов.

V – железорудные: 51 – **Дашкесан**, Дастафюртский район, Азербайджан. Сомхето-Карабахский пояс. Скарновое железорудное с арсенидами Co, Ni, Fe.

VI – колчеданные полиметаллические, медные, медно-молибденовые порфировые, арсенопиритовые месторождения: 52 – **Никколета**, **Бочегиано**, **Капанне**, **Жаворано**, Южная Тоскана, Италия. Серноколчеданные, T₂₋₃; 53– **Боровица**, Босния и Герцоговина. Триасовое колчеданное; 54 – **Брсково**, **Шупля-Стена**, Босния и Герцоговина. Триасовые колчеданные; 55 – **Граматиново**, Странженский рудный район Болгарии. Медно-колчеданное, J₃; 56 – **Садонский** рудный пояс, Северная Осетия. Полиметаллические, J₂. **Згидское**, **Верхне-Згидское**, **Левобережное**, **Кокадур-Ханикомское**, **Кадетское**, **Садонское**; 57 – **Филизчай**, Азербайджан. Колчеданное, с Ag; 58 – **Белоканское**, Азербайджан. 18 км от границы с Грузией. Колчеданное (медно-пирротин-полиметаллический тип). J₁₋₂; 59 – **Артанское**, Большой Кавказ. Колчеданное (медно-пирротин-полиметаллический тип). J₁-J₂; 60 – **Келасури**, Абхазия. Полиметаллические, редкометалльные проявления. J₃; 61-67 – Колчеданные, J₂₋₃, с полиметаллами, пиритом, иногда баритом месторождения Армении, в т.ч 61– **Алаверди**. Медно-колчеданное, с полиметаллами, пиритом, баритом. J₂-J₃; 62 – **Шамлуг**, 63 – **Ахтала**, 64 – **Кафан**, 65 – **Кедабек**, 66 – **Чирагидзор**, 67 – **Таганды**; 68 – **Цзянань** (поднятие), синклиний Хубэй-Гуйчжоу, Китай. Зона с полиметаллическим оруденением; 69 – **Гуйчжоу**, Китай. Зона с полиметаллическим оруденением; 70 – **Северо-Таймырский** металлогенический пояс. Позднетриасовые-раннеюрские медно-порфиро-вые, W-Мо проявления; 71 – **Хотойдох**, осевая часть хребта Тас-Хаяхтах на северо-востоке Якутии. Массивных сульфидов, J₃-K₁; 72 – **Уинди Крэгги**, Британская Колумбия, Канада. Вулканогенное колчеданное, T₃; 73 – **Белгородско-Миллеровский** (Старобельско-Миллеровский) рудный район. Полиметаллическое стратиформное в каменноугольных известняках.

VII – золоторудные месторождения: 74 – **Неждановское**, Томпонский район Якутии. Ау-кварц-сульфидное, J₃; 75 – **Серпуховское**, Туостакский район, северо-восток Якутии. Позднеюрское золото кварцевое; 76 – **Наталкинское** (Наталка), Тенькинская антиклиналь, запад Магаданской области. Ау-кварцевое, J; 77 – **Дегдекан-Верный**, Тенькинский рудный

район, Магаданская область. Золоторудное, J₃; 78 – **Басугунинское**, Сеймчанский и Ягоднинский районы Магаданской области; 79– **Гыёнгни**, Южная Корея.) Au-кварцевое, (J₃, 165–145 млн лет); 80 – **Хонам**, Южная Корея. Массив Ёнгам. Au-кварцевое, J₃; 81 – **Ян Ляо**, Северный Китай. Золоторудная провинция с рудными районами **Джаниякоу**, **Чифен**, **Яньшань**; 82 – **Эски Крик**, пров. Британская Колумбия, Канада. Линзы метасоматитов на контактах риолитов и дацитов, J₂. Au, Ag, менее As, Sb, Pb, Zn; 83 – **Никель Плойт**, Британская Колумбия, Канада. Золоторудное в геденбергитовых и гранатовых скарнах; 84 – **Эриксон**, пров. Британская Колумбия, Канада. Позднеюрские золоторудные жилы в базальтах D-T (тип Mother Lode); 85 – **Дарасунское** рудное поле, Забайкалье Читинская область. Au-кварц-сульфидные, J₂, **Дарасунское** (крупное), **Талатуйское** (среднее), **Теремкинское** (небольшое); 86 – **Снежинка**, Амурская область. Позднетриасовое-юрское Золоторудное, T₃-J; 87 – **Золотая Гора**, Амурская область. (155 ± 7 млн лет) Золоторудное, (T₃-J); 88 – **Западномонгольские** металлогенические пояса (J-K, 175-96 млн лет) с эпитемальными Ag-Au жилами; 89 – **Восточномонгольские** юрские-меловые (металлогенические пояса с минерализацией Pb-Zn-Ag-Au, эпитемальной золотой и др.; 90-92 – рудные поля Центрально-Алданского Au-U уранового рудного района, в т.ч.: 90 – **Эльконское**, около 80 месторождений (**Элькон**, **Эльконское плато**, **Дружное**, **Непроходимое**, **Корунг** и др.), 91 – **Куранахское**. Первичные руды – кварц-пирит-адуляровые, 92– **Лебединское**. Руды золото-сульфидной формации; 93 – **Угуйский** золоторудный район, запад Алдано-Станового щита. Месторождение Au **Таборное**, проявления Au **Лемочи-Олдогсинской** площади; 94 – **Андавакера**, север Мадагаскара. Кварцевожильная зона MZ со свободным Au; 95– **Бадран**, Верхнеиндигирский горно-промышленный район Якутии, 600 км СВ Якутска. Золоторудное орогенное, J-K.

VIII – существенно серебряные, висмутовые и др.: 96 – **Нера-Бохалча**, соседние районы ЮВ Якутии и Магаданской области. Проявления висмута и арсенопирита **Лихое**, **Южное**, **Гуковское**; 97 – **Кимпиче**, Западное Верхоянье. Юрское Ag-Sb, J; 98– **Мангазейское**, **Прогноз**, Верхоянская металлогеническая провинция. Юрские (?) Ag-полиметаллические; 99– **Имтанджинское**, **Илин-Тас**, **Купольное**, Верхоянская металлогеническая провинция. Юра (?), Sn-Ag.

IX – редкометалльные, урановые, ассоциирующие с гранитоидами, пегматитовые, скарновые, в связи с иными процессами метасоматоза: 100 – **Шлема-Альберода**, Рудные горы. Полифазное урановое штокерковое; 101–Северный Таиланд. Вольфрамовые месторождения, T₃-J₁; 102-103– сульфидно-касситеритовые месторождения, в т.ч.: 102 – **Гэцзю**, окраина синклинория Юньнань-Гуанси, 103 – **Центрально-Гуансийское** поднятие, синклинорий Юньнань-Гуанси; 104 – **Фухэчжун**, северо-восток Гуанси-Чжуанского автономного района. Жильные Sn; 105 – **Шижуюань**, Южный Китай. Очень крупное вольфрамовое комплексное. W, Sn, Bi, Mo, Be; 106 – **Гуагуашань**, Южный Китай. Жильное Sb-W; 107 – **Дажишань**, **Яоганьсянь**, **Дайю**, Южный Китай. Sn-W, жильные; 108 – **Даминьшань**, Южный Китай. Стратиформное жильное-вкрапленных руд W; 109 – **Сяньлушань**, **Сандаожуань**, Южный Китай. Скарновые W; 110 – **Лианьхуашань**, **Сяньлюокень**, Южный Китай. W-Mo порфиоровые; 111 – **Нуй-Фео**, Вьетнам. Среднеюрское-раннемеловое Вольфрамовое, J₂-K₁; 112 – **Эрмынгый**, **Маучи**, Мьянма. Грейзено-жильные Sn-W, (J₂-K₁?); 113 – **Депутатское**, Нижне-Янский район Якутии. Оловорудное, J₃-K₁ (касситерит-силикатно-сульфидное). Более 300 рудных тел; 114 – **Жирекен**, Забайкальский край. Си-Mo, порфиоровое, J₂; 115 – **Шахтама**, Забайкалье. Среднеюрское молибденовое; 116 – **Бугдаинское**, Забайкальский край. Среднеюрское (позднеюрское?) грейзеново-штокерковое полиметаллическое-молиб-деновое; 117 – **Орекиткан**, север Бурятии (бассейн Витима). Молибденовое, J₃; 118– **Орловка** (Орловское), 140 км юго-восточней Читы. Танталовое J₃; 119 – **Спокойное**, 148 км к юго-востоку от Читы. Позднеюрское жильное W; 120 – **Богд Уул**, южнее Улан-Батора. Гранитоиды T₃-J₁. Sn, W, Zn; 121-123 – "яньшаньские" месторождения W пров. Гуандун, в т.ч.: 121– **Шисин**, 122 – **Ухуа**, 123 – **Янцзян**; 124 – **Джос-Букуру**, **Афу**, **Ниджи**, плато Джос, Нигерия. W, Sn, Ta, Nb; 125 – **Риривау**, Сев. Нигерия. Юрские. Nb, Ta, Sn, W.

X – сурьмяные, ртутные месторождения: 126 – **Никитовское** рудное поле, Донбасс. Ртутное; 127 – **Идриа**, Крайова, Словения. Ртутное; 128 – **Шаньси**, одноименная провинция Китая. Полиметаллические и железорудные скарны, жильные месторождения Mo; 129 – **Тасна**, **Чорольке**, департамент Потоси, Боливия. Ранние жильные олова, висмута и вольфрама.

XI – флюоритовые, баритовые, благородного опала, сапфира: 130 – **Каркын** в Центральной Анатолии, Турция. Месторождение благородного опала среди триасовых перидотитов; 131 – **Покрово-Киреевское** (Кумачовское), Волновахская зона Южного Донбасса. Флюоритовое; 132 – **Эмийтасский** базит-ультрабазитовый комплекс, о. Большой Ляховский, Новосибирские острова. Позднетриасовые-раннеюрские пегматиты (пять жил) с рутилом, зернами сапфира.

Условия экзогенного рудообразования киммерийского этапа существенно различались в его двух основных частях – позднем триасе-лейасе и доггере-мальме. Поздний триас и лейас – признанные геократические эпохи в земной истории, когда моря сосредоточились почти исключительно в Тихоокеанском и Средиземноморском поясах. Это одна из наиболее выраженных эпох мощного корообразования, оставившая весьма различные материальные свидетельства на северных и южных материках. На континентах Евразии и Северной Америки в преимущественно *погребенном* состоянии наблюдаются каолины; каолиновые глины верхнего триаса и нижней юры главные источники сырья для экономики стран Северного полушария. Подобные особенности разрезов мощных кор обусловлены ровным, преимущественно субтропическим климатом, существовавшим почти на всей площади земной суши. Лишь в Средиземноморской области, где, полагают, проходил экватор, было несколько теплее, а в Нотальной зоне (Патагония, Кергелен, Тасмания) – прохладней, но и там температуры отвечали умеренному климату. Средиземноморские бокситы фиксируют своей узкой полосой распространения среди прочих пространств с каолиновыми корами столь мало заметную зональность лейаса.

В киммерийский этап формировались месторождения экзогенных полезных ископаемых многих видов: осадочные железные руды, металлоносные коры выветривания, титан-циркониевые россыпи, ураноносные залежи в осадочных бассейнах. Практически только юрской (180-130 млн лет назад) является значительная эпоха осадочного марганценоаккумуляции, проявившаяся в Центральной Америке и (менее) в США, а также на севере Африки (Марокко). В Туркмении возник крупный позднеюрский Гаурдак-Кугитанский калийно-магниевый бассейн. Одновременно на другом конце планеты появился гигантский (0,8 млн км²) эвапоритовый бассейн Мексиканского залива. С его становлением связывают очень крупные скопления марганцевых руд мексиканского штата Идальго и, частично, Кубы.

7.1. Гипогенный минерогенез

В позднем триасе и юрском периоде тектоническая активность на всех континентах Земли заметно усилилась. Наступало время молодых океанов; продукты магматизма, особенно в периокеанических областях, заняли огромные площади суши. Лишь в позднем мелу, если брать всю историю неогена, эти показатели на Земле были превышены. Центры наземного магматизма по сравнению с предыдущим позднегерцинским этапом резко сместились. На Сибирской платформе вулканическая деятельность в среднем и позднем триасе полностью прекратилась, чем эти эпохи резко контрастировали с ранним триасом, когда возникли основные поля траппов.

В юрский период и раннем мелу активизировались области, примыкавшие к Охотско-Монгольскому подвижному поясу (Становая область, Алданский щит) и особенно восточная часть Китайской платформы. Здесь внедрилось множество металлоносных магматических тел разного состава, из-за чего «яньшаньский магматектогенез» иногда называют «металлогеническим взрывом». Вулканизм оказался очень значительным на платформах Африканской (лейас), Южно-Американской (доггер), в Кордильерах и (особенно) Андах, Аппалачах (основные вулканиты), на Калимантане, в восточных районах Средиземноморского пояса (Тянь-Шань).

В киммерийский этап сформировались гигантские ртутные объекты **Идрица** в Словении и **Никитовское** в Донбассе, крупное флюоритовое **Покрово-Кириеевское** (Кумачовское). Из гипергенных полезных ископаемых весьма заметны юрские аккумуляции оолитовых руд с ванадием **Лотарингского** бассейна, алмазоносные россыпи Якутии (**Водораздельные галечники, Ботуобинская, Нюрбинская**), ураноносные редкометалльные коры выветривания Украины, урановорудные месторождения западных областей Северо-Американской платформы.

Алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты, лампроиты, меймечиты

Анабарская субпровинция. Кимберлиты Т и J открыты в Анабарской субпровинции ЯАП, верхнеюрские лампроиты – на Алданском щите. Полагают, что триасовая эпоха на севере Якутии по продуктивности может оказаться сопоставимой со среднепалеозойской Вилуйской субпровинции. Так, в Куонамском алмазоносном районе потенциально промышленный объект – триасовая трубка **Куонамская**. Она отличается небольшими содержаниями алмазов, но – высоким выходом ювелирного сырья, что, при благоприятной конъюнктуре гарантирует, ее вовлечение в эксплуатацию. **Канада.** Юрские диатремы известны в субпровинциях **Слейв** и **Восточно-Канадской** (пров. Онтарио). Юрская трубка **Джерико** (три тела и дайка) была открыта в 1995 г. в 100 км к северу от озера Лак-де-Гра. Она прорывает архейские породы кратона Слэйв и перекрыта ледниковыми образованиями мощностью 10-30 м. Облик кимберлитов представлен на рис. 7.2. Обогащение 9401 т кимберлита трубчатого тела позволило извлечь 10 539 карат (среднее содержание 1,18 кар/т).

Север провинции Онтарио, Канада. Кимберлитовые поля находятся у городов **Вава, Аттавапискат** (юрская эксплуатируемая трубка **Виктор**), **Кёрклэнд Лэйк**, юрские трубки), озера **Тимискаминг**. В районе озера **Кёрклэнд** на границе провинций Онтарио и Квебек, выявлены кимберлитовые тела (J₂₋₃), содержащие мелкие алмазы.

Юрское (155-180 млн лет) кимберлитовое поле **Аттавапискат** содержит 29 кимберлитовых тел, в 19 открыты алмазы. Наиболее известны **Виктор Норт** и **Виктор Саут**, трубки пространственно

сближенные, но самостоятельные. Первая диатрема существенно крупнее второй. Рудник **Виктор**, в октябре 2009 г., по опросу читателей канадского горного журнала, получил почетное наименование «Рудник года». В первый же год его эксплуатации он выдал 713992 карата драгоценного минерала, полученных из 1,787 млн т руды. Среднее содержание 40 карат на сто тонн породы.



Рис. 7.2. Кимберлиты юрской трубки Джериго, север кратона Слэйв, Канада. http://www.newark.osu.edu/facultystaff/personal/jstjohn/Documents/Cool-Rocks/Kimberlites-Lamproites_files/image014.jpg

Африка. На юге, западе и востоке Африки распространены юрские кимберлиты. **Мвадуи** (рис. 7.3) в районе Шинянга, Танзания, – одно из наиболее крупных тел, сформировавшихся в начале лейаса. В поле **Шинянга** входят 52 трубки, в т.ч. 10 с алмазами. Кимберлиты **Мвадуи** находятся в гранито-гнейсах. У трубки, не смотря на значительный возраст, сохранился закратерный вал, и

глубина кратерной части составляет 360 м. Для известны даты, говорящие о этапах становления ее вещества. Флогопиты трубки на глубине 360 м (ксенокристи) показали возраст – 2035 ± 99 млн лет. Цирконы формировались в раннем лейасе, 189,3 млн лет назад (U/Pb), что и датирует становление этого во многом необычного кимберлитового вулкана.



Рис. 7.3. Алмазы юрской трубки Мвадуи. Слева – октаэдр 0,75 карата. Размеры 5 мм x 4 мм x 4 мм. Посредине – то же, 0,98 карата. Справа – тоже, 0,9 карата. <http://www.johnbetts-fineminerals.com/jhbnyc/mineralmuseum/36185.jpg>

Кимберлиты **Мвадуи** (в Танзании стали отрабатывать в 1949 г.). Это был первый рудник за пределами Южной Африки, основанный канадским геологом Джоном Вильямсоном. Добыча идет поныне, что делает трубку одной из наиболее долго эксплуатируемых в Мире. За свой век рудник выдал 19 млн карат драгоценного минерала, или 3,8 тонны. В наши дни здесь добывают бедную руду (6 карат на 100 т кимберлита, или 12 мг/т). Однако в первые 25 лет эксплуатации содержания составляли 30 карат на 100 т породы (60 мг/т), а в первые несколько лет даже 60 карат на 100 т кимберлита (124 мг/т). Пик добычи достигнут в 1966 г. – 924984 карата (195 кг). Ныне она опустилась до 300 тыс. каратов в год, т.е. 60 кг. Из выдающихся камней Мвадуи особенно заметны два. Розовый алмаз Вильямсон в 54,5 карата (10,9 г) был поднесен принцессе Елизавете и принцу Филиппу в 1947 г. как свадебный подарок. В 1990 г. извлекли кристалл весом 388 карат (78 г).

Месторождения хромитов

Балканы. Юрский период региона характеризуется как время спрединга, полного разрыва континентальной земной коры и начало раскрытия мезозойского океана Тетис, что имело важные металлогенические последствия. Эти процессы начались в зоне Вардар, а затем распространились в

северу вдоль линии Крагуевац-Белград. Вместе с «океаном Вардар» появилась ассоциация офиолитов. С

ними связаны месторождения эндогенных и экзогенных полезных ископаемых, сосредоточенные в металлогенической зоне **Вардар**. Наибольшее значение имеют аккумуляции подиформных хромитов, тяготеющие к дунитам. Типичны тела пластообразные, линзовидные, гнездообразные, иногда трубчатые и шлировых руд. Возле г. Скопье в Республике Македония выявлены месторождения **Нада, Ораше, Кафе-Оджак, Станковац**. В горах Копаник Сербии и Косово выделены хромитовые регионы: 1 – **Елица**, месторождения **Рудна Коса, Перет**; 2 – **Турнава**, месторождения **Велика Чукара, Голуйца**; 3 – **Троглав**, объекты **Малиняк, Видаков Претов**; 4 – **Велуше**. В регионе **Лояне Прешево**, Македония-Сербия, открыты месторождения **Сг Островица, Фурли Камен, Фиорина, Локи Кеч**.

Карбонатиты

В Забайкальском крае, запад Алданского щита, граница с Якутией, **Мурунский** карбонатитовый массив формировался с начала средней юры по конец мела (187-76 млн лет назад). Этот интересный ураноносный объект (щелочные пегматиты, ториеносные эгирин-ортоклаз-кварцевые и флюорит-барит-кварцевые жилы с настураном и уранинитом) содержит месторождение чароита **Сиреневый Камень**, рис. 7.4. Аккумуляции подолочного камня чароита (моноклинный амфибол $(Ca, Na, Sr, Ba)_3[Si_4O_{10}][OH, F] \cdot H_2O$) находятся в останце кровли. Их полагают самыми поздними образованиями.



Рис. 7.4. Уникальные минералы Мурунского массива, граница Якутии и Забайкальского края. Вверху слева - волокнисто-облегающий чароит в зоне брекчирования, с эгирином, тинакситом, калишпатом. ~15х10 см. Коллекция Степанова В.И., 1984 (ST 4806). Фото А.А. Евсеева. http://geo.web.ru:8102/druza/m-charo_9_1769_brec.JPG. Вверху справа -- глыба чароита более 0,5 м. Фото А.А. Евсеева. http://geo.web.ru:8102/druza/m-charo_9_2844.JPG. Внизу слева - федорит, чароит. ~6х8 см. Образец А.С. Подлесного. Фото А.А. Евсеева http://geo.web.ru:8102/druza/m-fedor_9_4098_Podl.JPG. Тинаксит $Ca_2K_2NaTi [Si_7O_{13}](OH)$. Сиреневый камень. Мин. музей им. А.Е. Ферсмана (82001, Акимов А.П., 1982). Фото А.А. Евсеева http://geo.web.ru:8102/druza/m-tinaks_9_2269.JPG

В КНР, пров. Хубэй, открыт субщелочной апатитоносный массив с карбонатитами **Жулу Фаншань** (222-205 млн лет). Субщелочной комплекс представлен пироксенсодержащими сиенитами, пироксенитами, сиенитами. Породы содержат магнетит, апатит, черный турмалин-шорл, бастнезит, флогопит, калишпат, биотит и обогащены V, Ti, Co, Ni, Li. Разрабатывается на апатит.

В Боливийском секторе Южноамериканской платформы (докембрийский щит Эскудо) в рифтогенных структурах выявлены тела юрских-меловых сиенитов **Веласко** и **Маномо Хилл** с Nb, Ta, REE-минерализацией ловозерского типа. Юрский возраст (150 млн лет) имеют преимущественно доломитовые карбонатиты массива **Серрате**, **Восточно-Бразильский щит**. Площадь массива – 14 км², из которых собственно карбонатиты обнаружены на 10 км². Остальная часть занята ультрабазитами (20%), ийолитами (5%) и сиенитами (15%). Руды содержат апатит, минералы ниобия и железа.

На западе Гренландии юрский карбонатитовый комплекс **Каккаарсук** выявлен восточней площади **Маниитсок**. Он формировался в событие тектоно-магматической активизации самое позднее из здесь известных – 170 млн лет назад. Породы содержат апатит и минералы редких земель.

На юго-западе Африки, Намибия, крупный промышленный объект **Окорусу** приурочен к раннеюрскому (190 млн лет) массиву нефелиновых и щелочных сиенитов имеет карбонатитовую оторочку. Общая его площадь 32 км². Ресурсы – 7-10 млн т Ca F₂, содержания флюорита 30-50%. Руды образуют три залежи на юге массива. Прочими важными рудоносными карбонатитовыми телами в Нами-



бии являются юрские **Ондуракоруме**, **Осонгомбо**, **Калкфельд**. В Кении массив **Мрима** рис. 7.5 сложен юр-

Рис. 7.5. Юрские карбонатиты Мрима в рифте Кения образуют крупную положительную форму современного рельефа. Из [Projects -

Pacific Wildcat, <http://www.pacificwildcat.com/images/3.jpg>]

скими кальцитовыми карбонатитами (8 км²). Они содержат 0,7% Nb₂O₅ и 1,25% TR₂O₃ цериевой группы, апатит, барит. Отмечено, что редкометалльное рудообразование здесь же

продолжалось и в кайнозой (К.Д. Беляев и др., 1996, с. 58, 124], имеется дата для карбонатитов 30 млн лет (олигоцен) (А.А. Фролов и др., 2005, с. 451, 536). Массив называют и меловым, прорвавшим юрские отложения супергруппы Карру (Projects - Pacific Wildcat). Карбонатиты **Мрима** относят к сёвитам (кальцитовые карбонатиты) или алвикитам (мелкозернистые сёвиты). Профили выветривания по ним местами намного превосходят 100 м, только 5% площади заняты обнажениями коренных пород. Коры обогащены ниобием и оксидами редких земель; повышенные мощности увеличивают их тоннаж. В Зимбабве скопления фосфатов связаны с юрскими карбонатитами или аккумуляциями гуано летучих мышей в пещерах. Осадочных фосфатов здесь нет. С 1991 г. известны 12 площадей с породами, определяемыми как карбонатиты. В четырех случаях апатитоносные магматиты полагают мезозойскими, в двух – протерозойскими. Из 4-х мезозойских карбонатитовых массивов – **Дорова**, **Шава**, **Чишаниа**, **Катете**, – эксплуатируется только первый.

Медно-никелевые месторождения

Северный Китай. На границе Монголо-Охотского пояса и Сино-Корейского кратона, пров. Цзилин (Гирин), в позднем триасе появились никелевые руды месторождения **Хонкилин**. Они ассоциируют с комплексом малых интрузий (Крупные..., 2006, с. 97). Никеленосные интрузивы группы **Хонкилин** внедрились в роговообманного-диоритовые гнейсы формации Нижняя Хуангбиньтун группы Хулан. Породы последней, по данным U–Pb определений, имеют максимальный возраст накопления 272,2±4,3 млн лет. Шесть образцов пирротина из массивных Ni-Cu руд месторождения **Фуэи** охарактеризованы Re-Os изохронной датой 208±21 млн лет, т.е. позднетриасовые.

Меднопорфировые объекты

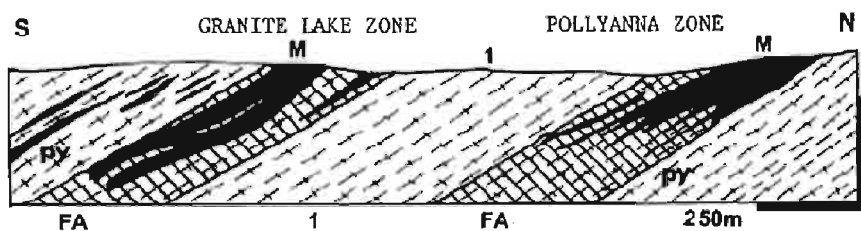
Порфировые аккумуляции Cu, Mo, иногда с Au, распространены в подвижных поясах Земли. Юрский возраст они имеют в Кордильерах, Андах, на Кавказе, в Западной Европе.

На северо-востоке Таиланда два объекта порфирового или штокеркового типов **Пху Тхонг Даенг** и **Пху Хин Лек Фай** с умеренным рудным потенциалом расположены близ г. Лозэй, отчего их часто рассматривают как месторождения **Лозэй**. Рудный район сложен кристаллосланцами, изредка туфогенными, песчаниками, алевролитами, известняками D-P, прорванными предположительно триасовыми гранитоидами и андезитовыми порфиритами. На контактах интрузивов отмечены скарны, мраморы, роговики. Залежи меднопорфирового типа и полиметаллические тяготеют к туфогенным интервалам в разрезах карбона и перми. Триасовые гранодиориты и микрогранодиориты имеют возраст 230 млн лет. Подобные объекты встречаются и в других регионах страны.

На юго-западе Невады и в Аризоне, западная окраина современной провинции Хребтов и Бассейнов, находится район гигантских юрских месторождений меди, порфировых и скарновых. Его залежи связаны с роями гранитных даек, сопряженных с гранитным куполом, находящемся среди кварцевых монцогранитов батолита. U-Pb даты для гранитов даек, пород батолита и гидротермальных систем – 169-168 млн лет. Ресурсы меди концентрируются в трех медно-порфировых месторождениях: 1 – **Йерингтон**, 495 млн т руды, 0,4 вес. % Cu, около 0,01 вес. % Mo; 2 – **Эн Мэсон**, более 500 млн т руды, 0,4 вес. % Cu; 3 – **Бэр Лагомарсино**, более 500 млн т руды, 0,4 вес. % Cu.

В Канаде, пров. Британская Колумбия, к раннеюрским относят месторождение Au-Cu **Гэлор Крик**, ассоциирующее с диорит-сиенитами (2,81 млн т Cu, 169 т Au). С щелочноземельным (Ca)-щелочным вулканизмом магматической дуги связаны раннеюрские Cu-порфировые **Шафт Крик** (2,73 млн т Cu, 227 тыс. т Mo), **Гибралтер** (2,88 млн т Cu, рис. 7.6), **Хайленд Велли** (9,0 млн т Cu), крупнейшее в Море молибден-порфировое месторождение **Эндако** (292,32 тыс. т Mo).

Рис. 7.6. Раннеюрское меднопорфировое месторождение Гибралтер (Бри-танская Колумбия, Канада). По Peter Laznicka (2006, рис. 7.18, с. 171). 1 – расслоенные тоналиты, трондьемиты,



лейкограниты, 203 млн лет; М – Cu-Mo порфировые тела, подвергшиеся воздействию шир-зон и зеленосланцевому метаморфизму; ру – ничего, кроме пирита; FA – измененные, переработанные шир-зонами гранитоиды.

В Медном поясе Чили на севере страны выделяют и его юрский сегмент. Один из юрских объектов **Мантос Бланкос** в Береговой Кордильере (500 млн т руды с 1,0% Cu), рис. 7.7). Для Re-Os датирования руд **Линсе-Эстефанфа** использовали четыре образца халькозина и халькозина-борнита. Изохронный возраст минералов – 159 ± 16 млн лет. Эту позднеюрскую дату, характеризующую халькозин и халькозин-борнитовую ассоциацию, без примесей гематита и ковеллина, признали как наиболее надежную для возраста минерализации. В Чили месторождения меди типа манто (горизонтальные пластообразные залежи) связаны с юрскими вулканитами формации Ля Негра. K-Ar и Rb-Sr определения по указывают: основные стратоподобные месторождения в юрских толщах формировались в интервале 150-140 млн лет назад.



Рис. 7.7. Позднеюрское порфировое месторождение Мантос Бланкос, пров. Антофагаста, север Чили. Слева – открытые горные работы. Рудные залежи занимают площадь 36 км².

Рудник объединяет пять крупнейших карьеров. Минерализация оксидных руд (1,4% меди) на 75% представлена атакамитом $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$ и на 25% хризоколлой. Сульфидные руды (1,86% меди) сложены халькозином, борнитом, халькопиритом. Для залежей характерны обогащение по Na и Fe, силифицирование. Справа – образец персилита $\text{PbCu}(\text{OH})_2\text{Cl}_2$ из руд месторождения. Фото *Rafa Muñoz Alvarado* <http://infohost.nmt.edu/~seg/images/chilie98/photo04.jpg>, <http://www.mindat.org/gphotos/0402104001236151735.jpg>

Это меньше чем собственно возраст вмещающих вулканитов (186-165 млн лет, те же методы), но соответствует возрасту пород внедрившегося позже батолита гранодиоритов. Малые штоки и дайки, тоже имеющие отношение к формированию залежей манто, датированы 154-133 млн лет, кроме штока Буэна Эсперанса – 168±5 млн лет, K-Ag, по плагиоклазу.

Колчеданно-полиметаллические месторождения

На Богемском массиве (Германия, Чехия, Польша) триасовая (?) полиметаллическая жильная минерализация представлена очень многими объектами. Среди них: 1 – **Стрибро** в районе г. Пльзень, **Олови**; 2 – **Валленфелс, Эбендорф** в Баварии; 3 – **Черновице, Станков, Мерклин, Планицка, Мичаловы Хоры, Три Секиры** и прочие между городами Тачеве и Марианске Лазне; 4 – рудные объекты площадей **Чеб, Краслице**; 5 – более молодая Pb-Zn минерализация в **Молдава**; 6 – богемские **Сваты Петр, Крыстофово Удоли**; 7 – **Нызнеров** в Чешской Силезии; 8 – баварские **Хюхнергрунд, Веллесбах, Штайнвизен, Хундинг, Штиервайде**, возможно, и **Кропфмюль**.

В германском секторе Богемского массива месторождения с поздневарисскими (210-150 млн лет) датами района **Фрайберг** относят к полиметаллической сульфидной ассоциации. Его основные объекты: 1 – кварцевые жилы с $\text{As}(-\text{Au})-\text{Zn}-\text{Cu}(-\text{In}-\text{Cd})-\text{Sn}-\text{Pb}-\text{Ag}-\text{Bi}-\text{Sb}$ полиметаллической сульфидной ассоциацией (тип «kb»); 2 – жилы карбонатов и кварца с Ag-Sb полиметаллической сульфидной ассоциацией. Во вмещающих гнейсах PR_3 известно около 1100 Ag-Pb-Zn жил. Обогащенность руд In делает район одной из ведущих In-носных провинций Мира. Серебро во **Фрайберге** извлекали

с 1168 г. по 1968 г., получив его суммарно 5200 т. Район дал также 14 млн т Pb+Zn. В жилах присутствует аргиродит Ag_8GeS_6 , из которого впервые в Море извлекли металлический германий.

На Балканах в Динарской тектонической зоне распространены колчеданно-полиметаллические месторождения, связанные с триасовым основным магматизмом. Их относят к типам вулканогенно-осадочному – **Боровица** (Босния и Герцеговина) и вулканогенно-гидротермальному – **Брсково, Шупля-Стена**, оба в Черногории. В **Странженском** рудном районе Болгарии известно позднеюрское медно-колчеданное месторождение **Граматиново**. В филлитах мальма, прорванными дайками диабазов, распространены линзы массивной медноколчеданной руды и согласные пиритовые тела. С юрской диабаз-кремнистой формацией, входящей в состав офиолитового комплекса, в регионе связаны вулканогенно-осадочные месторождения меди кипрского типа. Наиболее широко они распространены в Сербии северней и южней г. Чачак – залежи вкрапленных и массивных сульфидных руд месторождений **Тополишница, Станча, Шевоуля, Лайковича, Речица, Новаковича, Ребел**.

В Италии, Южная Тоскана, массивные промышленные пиритовые руды обнаружены среди филлитовидных сланцев средне-верхнетриасовой серии Верруккино. Все месторождения – **Бочегиано, Капанне, Жаворано, Никколета**, – залегают в терригенно-эвапоритовой толще, вне связи с вулканизмом. Надрудные кавернозные доломиты и ангидриты отнесены к верхнему триасу.

На Кавказе киммерийский этап оставил множество объектов: жильные свинцово-цинковые **Садонского** узла Северной Осетии, колчеданные (**Филизчай, Белоканское, Артанское, Алаверди, Шамлуг, Ахтала, Кафан, Кедабек, Чирагидзор, Таганды**), полиметаллические, редкометалльные (**Келаси** в Абхазии). Весьма заметно месторождение **Филизчай** в Азербайджане, где с кератофирами лейаса и доггера ассоциируют богатые медно-пирротин-полиметаллические руды с серебром. Колчеданы **Алаверди** (Кахетия, Грузия) связывают с малыми интрузиями альбитофиров, имеющими возраст 141±6млн лет, т.е. мальм. В батский век, конец предколловейской складчатости, произошло формирование жильных свинцово-цинковых залежей **Садонского** рудного пояса Северной Осетии, табл.7.1.

Кварцевую гальку с галенитом здесь обнаруживают уже в базальном горизонте келловейских известняков, перекрывающих оруденелые участки. Рудоносные жилы фиксируются в трех уровнях: 1 – в гранитах под экраном из пород вулканогенной формации (образованы на глубине 1,5-2,5 км) – **Верхне-Згидское, Садонское, Архонское** и др.; 2 – в хрупких песчаниках верхнего подъяруса плинсбахского яруса лейаса под экраном нижнетюрских аргиллитов – **Левобережное**; 3 – в песчаниках и алевролитах верхнетюрского подъяруса – близповерхностные **Какадур-Ханикомское, Кадетское**.

На северо-востоке Якутии скопления массивных сульфидных руд **Хотойдох** – одно из крупнейших. Рудное тело представлено стратиформной залежью до 13,7 м мощностью, протяженностью до 400-450 м, среди кислых туфов J_3 . Руды содержат (%): Cu – 0,77, Pb – 5,15, Zn – 14,9.

Таблица 7.1

Рудоносные магматические комплексы и рудные формации Большого и Малого Кавказа. Киммерийская фаза складчатости. По (И.Г. Магакьян, 1974, с. 82, 83, табл. 2, с. 87, 88, табл.3), с изменениями

Магматические комплексы	Стадии	Рудная формация	Месторождения
Большой Кавказ			
Малые субвулканич. интрузии порфиров, диабазов	Ранняя	Колчеданная Си-пирротин-полиметаллическая	Филизчай, Белоканское, Артанское
Гранитоиды	Средняя	Полиметаллическая, редкометальная	Проявления района Келасури, Абхазия
Малые интрузии кератофиров, диоритов	Поздняя	Полиметаллическая	Садон, Згидское, Змори
Малый Кавказ			
Малые субвулканические интрузии альбитофиров и кварцевых порфиров	Ранняя	Колчеданная, с полиметаллами, пиритом, баритом	Алаверди, Шамлуг, Ахтала, Кафан, Кедабек, Чирагидзор,
Гранитоиды	Средняя	Скарновая (железо), полиметаллическая Au-сульфидная, арсенопирит-кобальтиновая	Дашкесан, Кохб, Шикахох, Воскепар-Качачкут, Мехмана

На юго-востоке КНР (пров. Цзянси, на границе с пров. Фуцзянь), вероятно, позднеюрским является крупное Pb-Zn-Ag месторождение **Ленг Шуй Кенг** в северо-западной внешней части вулканического бассейна Юе Фень Шань на стыке платформы Янцзы и блока Хуанань. Оно формировалось в две стадии. В раннюю (J₃) вулканогенно-осадочную отлагались минералы Fe, Mn, доломит, прочие карбонаты, кремнистые осадки. С поздней порфировой стадией (K₁) связаны тела руд полиметаллических с Ag, полиметаллических, сульфидных медных, сульфидных золотоносных. Крупное медно-полиметаллическое гидротермальное жильное месторождение **Лианьхуашань** находится в пров. Внутренняя Монголия. Ранние яньшаньские интрузии представлены диоритовыми порфиритами, гранодиорит-порфирами, маркфилдитами (микродиориты, 161,8 млн лет), адамеллитовыми порфирами.

На северо-западе Вьетнама близ городов Дьен Бьен Фу и Ту Ле обнаружена жильная, преимущественно свинцовая, минерализация. Жилы месторождения **Ко Ги Сан** имеют мощность 0,5-1,0 м при протяженности до 0,6 км. Они сложены почти нацело галенитом, обогащенным серебром – 4-5 кг/т Ag. Вмещающие породы – слабо метаморфизованные вулканогенно-осадочные породы триаса и лейаса. Содержания основных полезных компонентов в жилах – 4-6% Pb, 1-2,5% Zn.

В Канаде, пров. Британская Колумбия, основной промышленный интерес представляют вулканогенные массивные сульфиды (VMS) типа Бесси (Besshi). Этот класс колчеданных месторождений впервые описан в 1993 г. Слак на японском о. Сикоку (с формулировкой «мафические силикокластические вулканогенные массивные сульфиды»). Подобные залежи концентрируются в зонах Норт и Саут поздне триасового месторождения **Уинди-Крэгги** и на юрском месторождении **Грандук**, рис. 7.8.



Рис. 7.8. Массивные сульфиды Грандук, крупного месторождения типа Бесси, в Канадских Кордильерах, запад провинции Британская Колумбия. По (Granduc..., 2010). Слева – массивная пирит-халькопирит-пирротиновая минерализация в сильно расщепленных известковистых хлоритовых основных туфах тела В-1. Справа – замок мелкой складки F2 в массивных сульфидах того же рудного тела.

На площади месторождения очень велики объемы основных-средних вулканитов среди кластивов Т₃. Это, а также геохимические особенности пород, возрасты руд, тектоническое положение

и минеральные ассоциации сульфидов, сближает **Грандук** с соседним гигантом **Уинди-Крэгги** (крупнейший в Мире) и с классическим японским голотипом, табл. 7.2.

Золото

В Луганской области Донбасса исследуется объект **Бобриково** Антрацитовского района. Оно выявлено в Нагольном Кряже, центральной части складчатого сооружения Донбасса, ограничивающего с востока Украинский щит. Рудный объект приурочен к узлу пересечения глубинных разломов. Выявлены структурно-контролируемые кварц-анкеритовые жилы и штокверки мощностью 7-25 м. Минерализация тяготеет к своду антиклинальной структуры протяженностью 11 км, ширину – 2,5 км. Вмещающие породы среднекаменноугольные-верхнепермские граувакки и сланцы флишевого комплекса мощностью около 3 км. Возраст оруденения киммерийский, 200±70 млн лет. Ресурсы золота **Бобриково** оценены по требованиям австралийского кодекса JORC: 31 т (1012 тыс. унций) Au, в т.ч. около 15 т (500 тыс. унций) по категориям «измеренные» и «указанные» ресурсы (measured, indicated). Моделирование выполнено независимыми консультационными фирмами США и Австралии.

Таблица 7.2.

Юрские месторождения вулканогенных массивных сульфидов типа Бесси (**Грандук**, **Уинди Крэгги**, Британская Колумбия, Канада, в сопоставлении с аналогичными объектами мирового уровня. По Слэк, 2010, табл. 1.

Месторождения	Страна	Возраст	Ресурсы, млн т	Cu, %	Zn, %	Ag, г/т	Au, г/т
Грандук	Канада	J	39	1,7		7	0,1
Уинди Крэгги ¹	Канада	T ₃	297	1,4	0,3	4	0,2
Бесси	Япония	J	30	2,5	0,3	7	0,2
Хитахи	Япония	J?	29	1,4	0,7	5	0,5
Янахара	Япония	P?	25	1,2	-	58	0,6
Дактаун ³	США	PR ₃	163	1,0	0,9	3	0,3
Госсан Лэд ²	США	PR ₃	40	0,5	1,5	8	менее 0,1
Руэ	Франция	PR ₃	100	0,6	1,5	21	0,5
Ливу	Китай	T	20	1,8	-	30	0,3

¹ Zn, Ag, Au только для зоны Норт,

² Оценка, ³ Состоит из 9 самостоятельных месторождений. Самое крупное **Чирики** 0,7 Cu, 0,5 Zn

В Закавказье, Армения, есть Cu-колчеданные, с Au и Ag, месторождения **Алаверды**, **Шамлуг**.

В Забайкалье в киммерийский и раннеальпийский этапы последовательность становления рудных залежей в пределах важнейшей Кличкинско-Дарасунской рудоконцентрирующей зоны была такой: 1 – доггер (174-164 млн лет) – возникновение слюдистых метасоматитов, кварц-полевошпатовых метасоматитов, месторождений золото-галенит-сфалеритовой формации (**Дарасун**), штокверковых кварц-вольфрамитовых (**Яурское**); 2 – мальм (160-140 млн лет) – образованием месторождений золото-кварцевой формации (**Фатимовское**, **Средне-Голготайское**, **Казаковское**), скарнов **Кличкинского** рудного поля, площадные грейзены с рассеянной вольфрамовой минерализацией **Букука-Белухинского** рудного района. В целом же, в средней и поздней юре образовались скопления Sn, W, Mo, Au, Pb, Zn (три главных рудных пояса Забайкалья); 3 –конец мальма-ранний мел – наиболее разнообразный рудогенез, становление кварц-кас-ситеритовой и кварц-вольфрамитовой формаций **Букука**, **Белуха**, галенит-сфалеритовой формации **Алгачинского**, **Партейского**, **Акатуевского**, **Кличкинского**, **Савинского №5**, редкометального оруденения в скарнах, пегматитах, грейзенах, кварц-турмалиновая минерализация.

В Южной Якутии юрская-раннемеловая тектоно-магматическая активизация выразилась в становлении в **Центрально-Алданском (Эльконском)** Au-U районе Алдано-Станового щита тел магматитов лейцит-щелочно-сиенитовой и монзонит-сиенитовой групп ассоциаций. Максимумы магматизма пришлось на временные интервалы (млн лет) юрские (165-160; 145-140), рубежа мальма и раннего мела (135-130) и раннемеловой (110-100). Различают объекты Au-U («**Эльконский** тип») и золоторудные («**Куранахский**», «**Лебединский**», «**Рябиновский**» типы) месторождения. **Эльконский**, или **Центрально-Алданский** рудный район это около 80 месторождений, 600 тыс. т U, 600 т Au в ресурсах. Содержания U в рудах 0,1-0,15%, на глубине 2 км, где мощность рудных столбов составляет 6-10 м, – 0,2%. Содержания Au – около 1 г/т, иногда до 10 г/т. Металл самородный и распыленный в пирите. Они будут детальней рассмотрены при характеристике ураноносных эндогенных объектов ниже.

Центрально-Колымский регион Яно-Колымской провинции (прилегающие площади Якутии и Магаданской области) приобретает черты территории с крупнотоннажными рудными месторождениями благородного металла. Наиболее важные типы "наталкинский" (золото-кварцевые штокверки в терригенных углеродистых толщах – **Базовское**, **Верхний Хачкан**, **Дегдекан**, **Делювиальный**, **Дражный**, **Игуменское-Родионовское**, **Малый Тарын**, **Павлик**,

Токичан) и "Форта Нокс" (золото-порфировые штокверки в связи с интрузиями – **Осадочное, Чумышский**. Месторождения имели многоэтапную продолжительную минерагеническую историю. В Тенькинском рудном районе Магаданской области с его месторождениями **Наталкинским, Отчакским, Павлик, Игуменовским, Родионовским**, находится и рудное поле **Дегдеканское**. Его залежи можно считать позднеюрскими: золото-кварцевая минерализация тесно ассоциирует с верхнеюрскими дайками кислых порфиров, альбитофиров, андезитов. Оба *верхнемеловых* штока кварцевых порфиров и верхнемеловые дайки риолитов, риодацитов, микрогаббро, вогезитов, хотя и трассируют вместе с верхнеюрскими магматитами зону Тенькинского разлома, но – не будинированы и гидротермальных изменений не несут. Одним из крупнейших в России является позднеюрское золото-кварц-сульфидное **Нежданнинское** месторождение в административном Томпонском районе Якутии.

В КНР с ранними этапами Яньшаньской активизации связаны месторождения золота, развитые вдоль северной периферии платформы. Золоторудный пояс прослежен на 1500 км. Его ширина – около 200 км. Ресурсы его месторождений 900 т Au, при том, что в 12 из них имеется от 20 до 100 т металла. Золоторудная провинция **Ян Ляо** находится в центральной части пояса. Она объединяет около 400 проявлений и месторождений с общими запасами до 280 тонн. В состав провинции входят рудные районы **Джанякоу, Чифен, Яньшань**. На СЗ Китая, пров. Гансу, объект **Ханшань** локализован в шир-зоне среди базальтов и андезитов ордовика. Минерализация представлена поверхностными и близповерхностными оксидными рудами – желтыми песчанистыми корами выветривания, – и эндогенными телами, отнесенными к типам: 1 – раннему штокверковому кварц-серицит-пиритовому; 2 – раннему вкрапленных руд; 3 – наиболее экономически важному кварц-кальцит-сульфидному жильному. Для пород, вмещающих рудоносную систему, характерны значительные изменения калиевого типа и силифицирование. К-Ag возраста для гидротермального серицита рудных зон $213,9 \pm 3,1$ и $224,4 \pm 3,2$ млн лет.

На юге Корейского полуострова в пределах активизированных площадей насчитывают

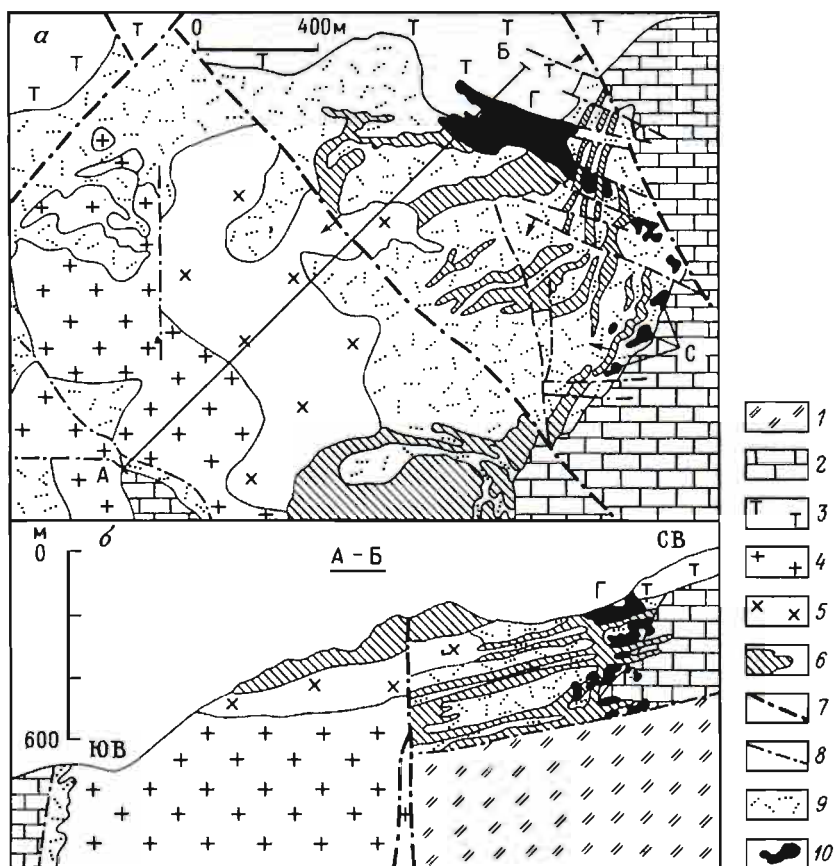


Рис. 7.9. Золоторудное месторождение Никель Плейт (Никел Плейт), Британская Колумбия, Канада. По Д.А. Барру. 1 – триасовые аргиллиты с подчиненными туфами, кварцитами, известняками; 2 – известняки; 3 – туфы, песчаники; 4 – гранодиориты; 5 – авгитовые диориты; 6 – габбро, кварцевые габбро; 7 – разломы; 8 – второстепенные разломы; 9 – гедельбергитовые и гранатовые скарны, наложенные на ранние роговики; 10 – залежи Au в зонах рассланцевания и тектонических трещин.

более 1800 Au-Ag месторождений. По характеристикам флюидных включений, изотопии стабильных элементов и радиометрическим возрастам они относятся к 3 группам: мезотермальным, промежуточным корейского типа, эпитеермальным. Гранитоидный магматизм на юге Корейского полуострова проявился в P_3-T (250-210 млн лет назад), J_{2-3} (200-155 млн лет назад) и в середине мела-эоцена (110-50 млн лет назад). Граниты юрских массивов в большинстве своём грубо- и равномернозернистые, что предполагает их образование в мезо- и катазонах интрузивных массивов. Их становление не сопровождалось значительной вулканической активностью. Au минерализация датирована 165 ~ 145 млн лет.

В пров. Британская Колумбия на западе Канады золоторудные скарны **Никель Плейт** (рис. 7.9) – мезозойские (220-65 млн лет). Они находятся на контакте триасовых известняков и аргиллитов с силлами кварцевых габбро и габбродиоритов. Скарны слагают три группы тел с

вкрапленностью халькопирита, галенита, самородным золотом. Ресурсы руды более 5 млн т, содержания золота 2,98

г/т. Мощность Главного тела – до 35 м, протяженность – до 0,7 км в плане, до 0,3 км по падению. Прочие рудные тела представлены золотоносными сульфидно-карбонатно-кварцевыми прожилками. Они образуют группу Саннисайд и рудную трубу Морнинг]. Еще один важный объект – **Эски Крик**. Здесь минерализованы (Au, Ag, менее As, Sb, Pb, Zn) линзы метасоматитов на контактах среднеюрских риолитов и дацитов. Запасы серебра 3 тыс. т, содержания 2939 г/т. Для участков Некс и Хаджинг Волл определены ресурсы 206 тыс. т руды, содержащей 1922 г/т серебра.

В Калифорнии, США, золоторудный узел, или пояс, с таким же названием **Мазер Лауд** объединяет три линейные зоны золото-кварцевых тел, находящихся на расстоянии 15-20 км друг от друга. Залежи выявлены среди верхнеюрских углисто-глинистых сланцев. Запасы золота определены в 520 т, но 420 т давно извлечены, в т.ч. в центральной зоне **Амадор** 239 т. Эксплуатировались рудники **Плимут, Фримонт, Трешер, Банкер Хилл, Оридженел Амадор, Кейстон, Юрика, Сентрал Юрика, Саут Юрика, Онида, Кеннеди, Аргонавт, Карсон Хилл**. Всего в Калифорнии золото добывалось на 13500 объектах, ныне же горнопромышленная активность отмечена только на 16. Вмещающие породы для жил **Мазер Лауд** это зеленые и графитовые сланцы метаморфического пояса Футхиллс. Несколькими авторами для датирования использован марипозит, Sr-содержащая слюда. Ag/Ag даты показали, что минерализация длилась 44 млн лет. Наиболее древние даты соответствуют жилам **Мазер Лауд** (158 млн лет), южнее жилы меловые, 108 млн лет. Такие же жилы **Кварц Хилл** в горах Кламат имеют дату 147 млн лет, K/Ag. Они формировались при $T=350^{\circ}\text{C}$. Для **Мазер Лауд** $T = 250-400^{\circ}\text{C}$, давление – 0.5-3 кбар [GeiBler & Seifert, 2010].

Цветные (Mo, W, Sn) и редкие металлы в связи с пегматитами, гранитами

На Богемском массиве киммерийская (210-150 млн лет) тектоно-магматическая активизация оставила комплексные рудные объекты, в т.ч. четыре гигантских: 1 – **Фрайберг**, давший 7 тыс. т Ag, 1,7 млн т Pb; 2 – **Альтенберг**, 290 тыс. т Sn; 3 – **Пёхла**, 300 тыс. т Sn; 4 – **Циновец-Циннвальд**, 210 тыс. т Sn. Помимо этого известны пять «очень крупных» месторождений Sn, Li, два «крупных» U, одно «крупное» Ag и более тысячи средних, малых и рудопроявлений.

На севере Бурятии **Акитский** щелочной массив, локализованный среди нижнепалеозойских гранитов в междуречье Кичеры и Верхней Ангары, датирован 200 ± 2 млн лет, Rb-Sr. Его редкометаллическая минерализация в карбонатных жилах имеет возраст 186 ± 5 млн лет. Интрузив представлен преимущественно пироксен-амфиболовыми щелочными и кварцевыми сиенитами. Первые – среднезернистые, сложены микроклином, альбитом, гастингситом, авгитом, биотитом. В центральной части присутствуют кварцевые сиениты. Щелочные граниты даек более поздние. Нефелиновые сиениты (микролин, нефелин, эгирин-авгит и биотит) слагают дайкообразные тела. Их мощность до 15 м, длина – до 100 м. Массив сопровождают 5 зон микроклинитов, альбититов, флюорит-карбонатных жил, содержащих четырехкремневую литиевую слюду-тайниолит $\text{KLiMg}_2[\text{F}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$, TR и Y. В Бурятии, Джидинский хребет, отрабатывали объекты одноименного (**Джидинского**, рис. 7.10) рудного поля: **Первомайское** – молибденовое, **Инкурское**, **Холтосонское** – жильные вольфрамитовые, кварц-гюбнеритовые, кварц-ортоклазовые с гюбнеритом, сульфидные с гюбнеритом, халцедоновые с гюбнеритом и флюоритом жилы и штокверки.

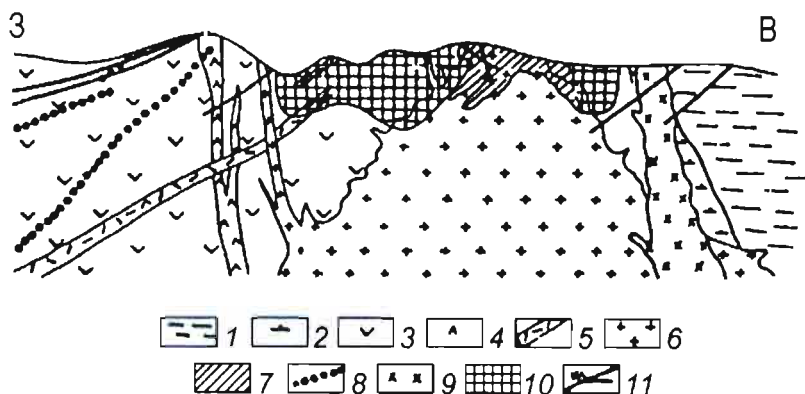


Рис. 7.10. Геологический разрез через позднеюрское Джидинское медно-вольфрамовое рудное поле в Бурятии (близ российско-монгольской границы). По А.С. Филько, 2005. 1 – осадочно-эффузивные породы нижнего кембрия; 2 – раннекаледонские гипербазиты; 3 – каледонские кварцевые диориты; 4 – плагиограниты; 5 – бостониты; 6 – мезозойские граниты и гранит-порфиры; 7 –

Первомайский молибденовый штокверк; 8 – меланократовые сиениты и сиенит-порфиры; 9 – горкинские гранит-порфиры; 10 – **Инкурский** вольфрамовый штокверк; 11 – кварц-гюбнеритовые жилы.

Оруденение вмещают нижнекембрийские плагиоклазовые порфиры, известняки, туфопесчаники, кристаллические сланцы. Оно связано с прорывающими верхнеюрскими лейкократовыми гранитами, диоритами, гранит-порфирами. Возраст одного из массивов гранит-

порфиоров, несущих оруденение – Первомайского: 140 млн лет [Авдонин и др., 2005]. Некоторые месторождений с крупными ресурсами **Мо (Жирекен, Шахтама)** формировались в доггере, около 160 млн лет назад, другие (**Ореkitкан**, крупнейшее месторождение Мо России на севере Бурятии) – $142,2 \pm 0,8$ млн лет назад. Тогда же на северных склонах хребта Кукульбей Забайкальского края появилось грейзеново-штокерковое полиметаллическое-молибденовое **Бугдаинское** месторождение. Оно генетически связано со штоком гранит-порфиоров доггера (по другим авторам, мальма) диаметром около 3,5 км

В **Усть-Янском улусе Якутии**, запад южного крыла Полоусненского синклиория, расположен **Северо-Янский** оловорудный район. К нему относится крупнейшее (запасы олова 0,5 млн т) позднеюрское-меловое **Депутатское** месторождение с рудами касситерит-силикатно-сульфидного типа, окруженное по периферии поздними серебро-свинцовыми – **Булатское, Эвенское** и др.

Залежи **Депутатского** были открыты Л.И. Кацем в 1947 г. К настоящему времени здесь известно более 300 рудных тел, из которых только треть разведана. Еще в 1953 г. геолог И.Я. Некрасов предположил связь оруденения с нескрытым массивом гранитоидов. В 1962 г. структурной скважиной №134 на Центральном участке действительно были вскрыты граниты на глубине 337,4 м. Возраст массива определялся как позднеюрский, 143-135 млн лет [Авдонин и др., 2005], но имеются и более поздние данные А.И. Холмогорова и В.А. Труниной [Крупные..., 2006², с. 525]: 122 млн лет (начало кристаллизации гранитов, Rb-Sr), 117 млн лет (биотит, время закрытия изотопной системы, Rb-Sr), 100 млн лет (время нарушения изотопных систем минералов по комплексу K-Ar и Rb-Sr дат). Последние значения близки времени появления постгранитных даек.

В **Забайкальском крае**, восток Ононо-Талагуйского прогиба находится рейзеновое **Этыкинское** рудное поле, J_3 , где распространены кварц-топаз-циннвальдитовые грейзены, тело которых приурочено к контакту терригенных отложений J_{1-2} и литионит-амазонит-альбитовых гранитов J_{2-3}

В **Курьинском районе Алтайского края** редкометалльные со скандием пегматиты и грейзены объектов **Каменка, Колывань, Мульчиха** ныне могут считаться киммерийскими. Колыванский гранитоидный массив рассматривают в составе лейкогранитного T_{2-3} комплекса с которым пространственно и генетически связана редкометалльная рудная минерализация. В эндо- и экзоконтактах отмечают грейзеновые и кварцево-жильные сульфидно-W-Sn проявления, объединенные в **Колывань-Барлакскую** редкометалльную минерагеническую зону. В лейкогранитах в разы превышены кларковые содержания Sn, Mo, W, Be, Pb, тяжелых лантаноидов, элементов Y группы, U, Th. С ними ассоциируют россыпи касситерита. Распространены шлировые пегматиты с обособлениями берилла, топаза, альбита, флюорита, колумбитом-танталитом, вольфрамитом, ксенотимом, монацитом, сульфидами (молибденит, халькопирит, арсенопирит, галенит, пирротин, пирит).

На юге провинции Хунань КНР выдающийся W-Sn-Bi-Be-Mo-CaF₂ объект – **Шижуюань** в поле **Донгпо** у г. Ченжоу, рис. 7.11 Резервы руды только его Главной залежи определены в 170 млн т. В ней подсчитаны 600 тыс. т W, 490 тыс. т Sn, 300 тыс. т Bi, 200 тыс. т Be, 130 тыс. т Mo, 76 млн т CaF₂, а также Ta (~1 тыс. т) и Nb (~3 тыс. т) в вольфрамите, Re (~174 т) в молибдените. Рудообразование связано со становлением юрской (162-150 млн лет) сложной по строению интрузией, от эпизональной (т.е. формировавшейся на глубине менее 6,5 км) до субвулканической. Богатейшие многокомпонентные рудные аккумуляции **Гэцзю** (пров. Юньнань) и **Дачанг** (пров. Гуанси, рис. 7.12, 7.13) называют природными супермаркетами. В самом деле, природа здесь предложила людям самые разнообразные свои произведения: скарновые зонально построенные залежи на контактах с гранитами (Sn, Cu, Pb, Zn, Ag), рудные тела типа замещения и жильные, ассоциирующие россыпи. Оба рудных гиганта многостадийные, со сложной зональностью, выраженными в перекрывающих магматиты толщах гидротермальными металллоносными системами. Полиметаллическое месторождение **Дабаошань**, север пров. Гуандун содержит ресурсы Fe, Cu, Pb, Zn, Mo, W. Мо (W)-порфировая и скарновая Мо-W минерализация встречается во внутренней и внешней приконтактных зонах гранодиорит порфиоров, соответственно.

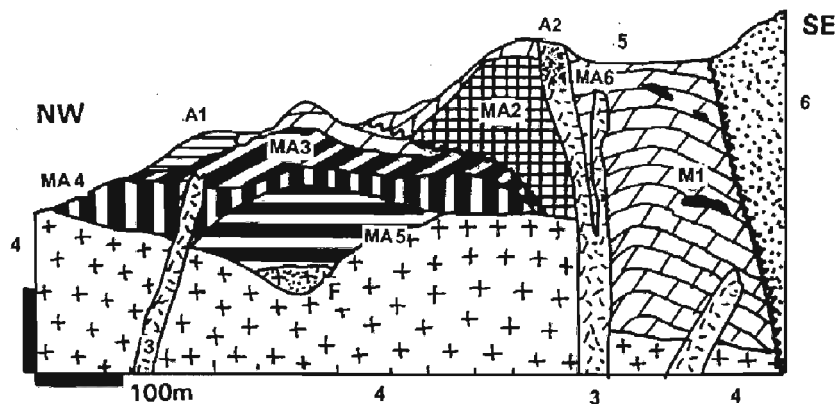


Рис. 7.11. Юрское олово-вольфрамовое и полиметаллическое месторождение Шижуюань, рудное поле Донгпо у г. Ченжоу, юг пров. Хунань, Китай. Геологический разрез, по Peter Laznicka (2006, рис. 10.18). Позднеюрские (M1, 146-144 млн лет) галенит-сфалерит-пиритовые тела замещения

в мраморах и кварц-пиритовые жилы. Эпизональный гранитный магматизм (185-157 млн лет) сформировал основную минерализацию и метасоматиты. МА2 – штокер в мраморах с кварцем, турмалином, флюоритом, касситеритом. МА3 – Вi в окисленных и частично переживших процесс ретроградного экзоскарнирования. МА4 – W, Вi, Мо в экзоскарнах. МА5 – вкрапленные руды с вольфрамитом, шеелитом, касситеритом. МА6 – W, Sn, Мо, Вi, Ве в эндогрейзенах. А1 – оксидизированные скарны. А2 – грейзены. 2 – юрские пострудные дайки диабазов. 3 – юрские монцограниты и кварцевые порфиры в дайках. 4 – пералюминиевые лейкограниты (172-139 млн лет). 5 – верхнедевонские перекристаллизованные до мраморов известняки. 6 – девонские песчаники.

Re-Os датирование трех образцов молибденита из порфиров и скарнов дало для Cu-Pb-Zn тела модельные возрасты – $164,7 \pm 3$ млн лет при средневзвешенном $164,0 \pm 2,5$ млн лет.



Рис. 7.12. Олово-вольфрамовое и полиметаллическое месторождение Шижуюань, рудное поле Донгпо у г. Сенжоу, юг пров. Хунань, Китай. Коллекционный сфалерит (клеюфан) на кварце <http://www.mindat.org/photos/0611086001147203148.jpg>

Это позволяет утверждать, что Mo-W и Cu-Pb-Zn минерализация являются продуктами одного тектоно-магматического события. Очень крупные и разнообразные по минеральному составу аккумуляции вольфрама сформировались в яньшаньскую металлогеническую эпоху (200-110 млн лет) вдоль зоны сочленения платформы Янцзы и Южнокитайского орогена. Основные залежи имеют возраст J_2-K_1 . Среди них: 1 – жильное

Sb-W Гаогуашань (средне-позднеяньшанское) в пров. Хунань; 2 – Sn-W суперкрупное Дажышань в пров. Цзянси. Для него имеются даты 144-167 млн лет; 3 – Sn-W Яоганьсянь, пров. Хунань; 4 – район Дайю в пров. Цзянси – один из центров вольфрамовой промышленности Китая; 5. Крупнейшие стратиформные месторождение и рудное поле прожилково-вкрапленных руд Даминьшань, пров. Гуанси; 6 – суперкрупное скарновое шелитовое месторождение Сяньлушань, пров. Цзянси; 7 – Сандаожуань, пров. Хенан – крупное юрское Мо (с W) порфировое и скарновое, а также и Pb-Zn скарновое; 8 – Лианьхуашань, восток пров. Гуандун, – первое W-порфировое месторождение Китая; 9 – W-Mo порфировое Синьлюокень, пров. Фуцзянь, считают самым значительным в этом крайнем юго-восточном регионе Китая.

Рис. 7.13. Олово-полиметаллическое рудное поле Дачанг, пров. Гуанси Южного Китая. Коллекционный образец – «Розочка» антимонита на породе <http://www.mindat.org/qphotos/0407260001133523204.jpg>



На севере Вьетнама грейзеновое месторождение Нуй-Фао – вольфрамовое, с минералами Cu и F. Этот объект называют также W-SaF₂-Cu-Au-Bi. Помимо успешного пути в получении вольфрамового концентрата, ему предрекают еще и вхождение в пятерку мировых флюоритовых гигантов.

В Мьянме крупные ресурсы W и Sn сконцентрированы на позднеюрских месторождениях Эрмынгый и Маучи, Падатчаунг вдоль западной краевой зоны Протошанского плато. Все они ассоциируют с гранитными батолитами [Крупные..., 2006, с. 120].

В Таиланде жильные месторождения Sn сопровождают выходы всех нижнеюрских гранитов.

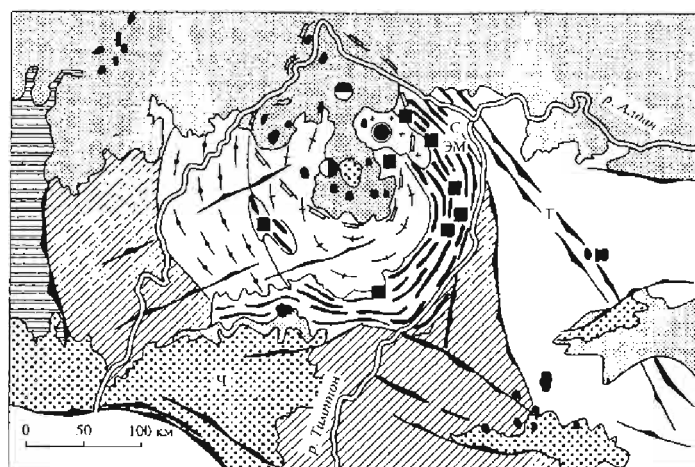
Оловянный пояс Боливии и Южного Перу около 1 тыс. км протяженностью объединил аккумуляции Sn, Ag, W, Вi, Pb, Zn, Cu, Au разных возрастов. Самые древние объекты Пояса – W-Bi на

его севере в Кордильере Реаль. Они связаны с батолитами гранодиоритов, внедрившимися в позднем триасе и лейасе в дислоцированные песчаники и глинистые сланцы силура и девона. Исследователи Анд полагают, что источниками металлов третичных гигантских месторождений **Потоси** и **Оруро** в Боливии были триасово-юрские вулканоплутонические породы с возрастом 220-180 млн лет.

В *Нигерии* с киммерийскими щелочными гранитами связаны тантало-ниобиевые объекты горнорудного района плато **Джос**, штаты Плато, Баучи, Кадуна. Аллювиальные, штокверковые и пегматитовые месторождения Sn здесь стали разрабатывать с 1909 г. Общие запасы олова 280 тыс. т. Крупнейшие аккумуляции Nb, Ta, Sn здесь ассоциируют с гранитами, несущими колумбит и касситерит. Общие запасы оловянной руды определяют в 110-280 тыс. т, Ta-Nb руд – 31 млн. т.

Уран

На юге Восточной Сибири юрская-раннемеловая тектоно-магматическая активизация («магматотектогенез» выразилась в становлении в **Центрально-Алданском (Эльконском)** золото-урановом районе Алдано-Станового щита тел магматитов лейцит-щелочно-сиенитовой и монцонит-сиенитовой групп ассоциаций, рис. 7.14. Различают среди широко развитых местных монцонит-сиенитовых ассоциаций: раннеюрскую порфировую сиенит-гранитную I этапа, средне-позднеюрскую монцонит-сиенитовую II этапа, позднеюрскую-раннемеловую монцонит-сиенитовую III этапа. Среди щелочно-сиенитовых ассоциаций этим автором были выделены: средне-позднеюрская калиевых пикробазальтов и лейцитит-щелочнотрахитовая (II этап), средне-позднеюрская фергуссит-дунитовая (II-III этапы), позднеюрская фергуссит-щелочносиенитовая (III этап) и раннемеловая калиевых пикробазальтов, щелочных лампрофиров, щелочных гранитов (IV этап). Максимумы магматизма, пришлось на временные интервалы (млн лет) юрские (165-160; 145-140), рубежа мала и раннего мела (135-130) и раннемеловой (110-100). Эти процессы оказали влияние на металлогенические особенности региона, металлогеническую специализацию которого определили золото-урановые («Эльконский тип») и золоторудные («Куранахский», «Лебединский», «Рябиновский» типы) месторождения. Их рудные поля находятся близко друг от друга, но залежей переходных типов не обнаружено.



кварциты и высокоглиноземистый гнейсы за счет первично осадочных пилитовых и алевролитовых аргиллитов, 5 – нижнепротерозойская (2,2-1,9 млрд лет) федоровская свита – высокомагнезиальные диопсидовые, диопсид-роговообманковые гнейсы, мраморы, кальцифилы, иногда с промышленными скоплениями флогопита, 6 – Якокут-Ыллымахское поле гранитизации; 7 – нижнепротерозойские флогопитовые месторождения (ЭМ – Эмельжакское); 8 – Тимптоно-Учурский мегаблок, с тимптоно-желтулинским гранулитовым комплексом (отличен от Алдано-Тимптонского более основным составом и меньшей гранитизацией); 9 – венд-кембрийский платформенный чехол; 10 – эпиплатформенные терригенные отложения J (Ч – Чульманская впадина); 11 – разломы (С – Скальный, Т – Тыркандинский); 12 – щелочноземельные-щелочные интрузии J-K₁; 13 – внешняя граница Центрально-Алданского магматогена; 14-16 – главные рудные поля **Центрально-Алданского (Эльконского)** района: 14 – **Эльконское**, 15 – **Лебединское**, 16 – **Куранахское**.

Весь описываемый **Эльконский**, или **Центрально-Алданский**, золото-урановый рудный район (около 80 месторождений, 600 тыс. т. урана, 600 т золота) приурочен к наиболее приподнятой части одноименного горста площадью 500-600 км², рис. 7.15. 80% запасов урана и золота сконцентрированы в зонах раннепротерозойских разломов, омоложенных на юрском-ран-немеловом

Рис. 7.14. Центрально-Алданский (Эльконский) юрский-раннемеловой Au-U рудный район. По материалам Т.В. Билибиной, А.Б. Котова, Е.П. Максимова. 1 – Олекминская архейская гранит-зеленокаменная область, или Чаро-Олекминский кратон с возрастом тоналитовых гнейсов 3,2-3,0 млрд лет и зеленокаменных пород 3,0-2,9 млрд лет; 2-6 – Алдано-Тимптонский мегаблок, гранулит-гнейсовая область PR₁, стабилизированная около 2 млрд лет назад (система раннепротерозойских террейнов с фрагментами архейского фундамента), в т.ч.: 2 – иенгский комплекс нерасчлененный, AR₁; 3 – центральная наиболее интенсивно гранитизированная часть мегаблока, 4 – нижнепротерозойская (2,4-2,0 млрд лет) курумканская толща – кварциты и высокоглиноземистый гнейсы за счет первично осадочных пилитовых и алевролитовых аргиллитов, 5 – нижнепротерозойская (2,2-1,9 млрд лет) федоровская свита – высокомагнезиальные диопсидовые, диопсид-роговообманковые гнейсы, мраморы, кальцифилы, иногда с промышленными скоплениями флогопита, 6 – Якокут-Ыллымахское поле гранитизации; 7 – нижнепротерозойские флогопитовые месторождения (ЭМ – Эмельжакское); 8 – Тимптоно-Учурский мегаблок, с тимптоно-желтулинским гранулитовым комплексом (отличен от Алдано-Тимптонского более основным составом и меньшей гранитизацией); 9 – венд-кембрийский платформенный чехол; 10 – эпиплатформенные терригенные отложения J (Ч – Чульманская впадина); 11 – разломы (С – Скальный, Т – Тыркандинский); 12 – щелочноземельные-щелочные интрузии J-K₁; 13 – внешняя граница Центрально-Алданского магматогена; 14-16 – главные рудные поля **Центрально-Алданского (Эльконского)** района: 14 – **Эльконское**, 15 – **Лебединское**, 16 – **Куранахское**.

этапе (зоны Южная, Фёдоровская, Сох-Солоохская) и юрским-раннемеловым разрывам (зоны Снежная, Агдинская, Интересная). В.И. Казанский (2004, с. 206) причину удивительной выдержанности, масштабности золото-уранового оруденения Эльконского поля с его объектом Курунг (рис. 7.16) увидел в глубоком наследовании Южной зоной на J-K₁ этапе древних рудоносных структур.

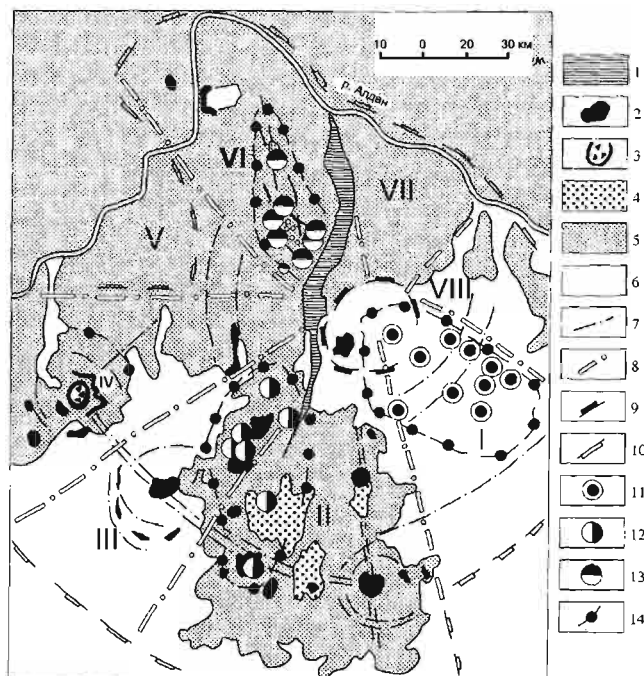


Рис. 7.15. Юрские-раннемеловые золото-урановые и золотые месторождения Центрально-Алданского магматектоногена. Из (В.И. Казанский, 2004, рис. 3). 1 – Якокутская грабен-долина; 2 – щелочные-щелочноземельные интрузии, J-K₁; 3 – дунитовое ядро Инаглинского массива; 4 – юрские терригенные отложения, J; 5 – венд-кембрийский платформенный карбонатный чехол; 6 – нижний докембрий, кристаллический фундамент; 7 – тектонические трещины и зоны трещиноватости; 8 – границы секториальных блоков; 9 – ядро Центрально-Алданского магматектоногена; 10 – внешняя граница магматектоногена; – месторождения Au-U: 11 эльконского типа; 12 – лебединского типа; 13 – курана-хского типа; 14 – границы рудных полей. Радиальные блоки магматектоногена: I – Эльконский, II – Джекондинский, III – Верхнеселигдарский, IV – Инаглинский, V – Тобукский, VI – Байонай-Куранахский, VII – Улуканский, VIII – Желендинский.

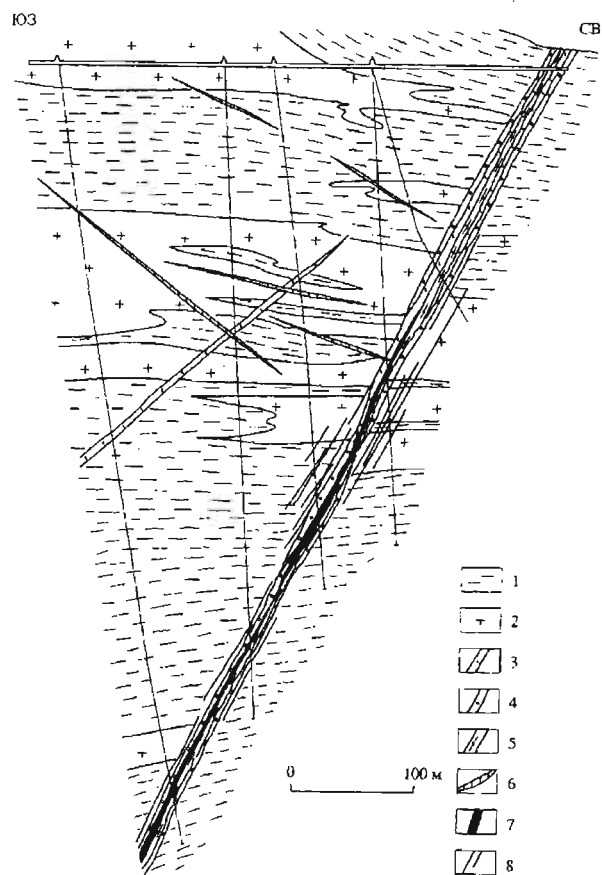


Рис. 7.16. Центральный Алдан, Эльконский золото-урановый район в Южной Якутии. Геологический разрез через юрское-нижнемеловое месторождение золота и урана Курунг, залежи которого локализованы среди нижнепротерозойских пород Южной зоны. Их распределение не связано с переменчивым петрографическим составом вмещающих метаморфитов. По И.Г. Лихоманову. 1 – кристаллические сланцы и гнейсы; 2 – граниты; 3 – метадиориты; 4 – кварц-микроклиновые метасоматиты; 5 – бластомилониты; 6 – мезозойские щелочные дайки; 7 – рудные тела; 8 – трещины.

В германской Саксонии находится Шлема-Альберода (рис. 7.17), полифазное урановое штокерковое месторождение, преимущественно позднее-варисское, возникшее в связи с гранитоидами, датированными 210-150 млн лет и последующим метасоматозом в

альпийский этап. Продуктивная пачка локализована в экзоконтакте плутона Рудных гор. среди линз и прослоев углеродсодержащих кремнистых сланцев, метадиабазов, скарнов и скарноидов O₃-S-D. Основные первичные накопления урана появились в жилах кварц-кальцит-настурановой ассоциации.

Позднее формировались настуран-доломитовая, пятиэлементная, сульфоселенидная ассоциации, но – без привноса урана.

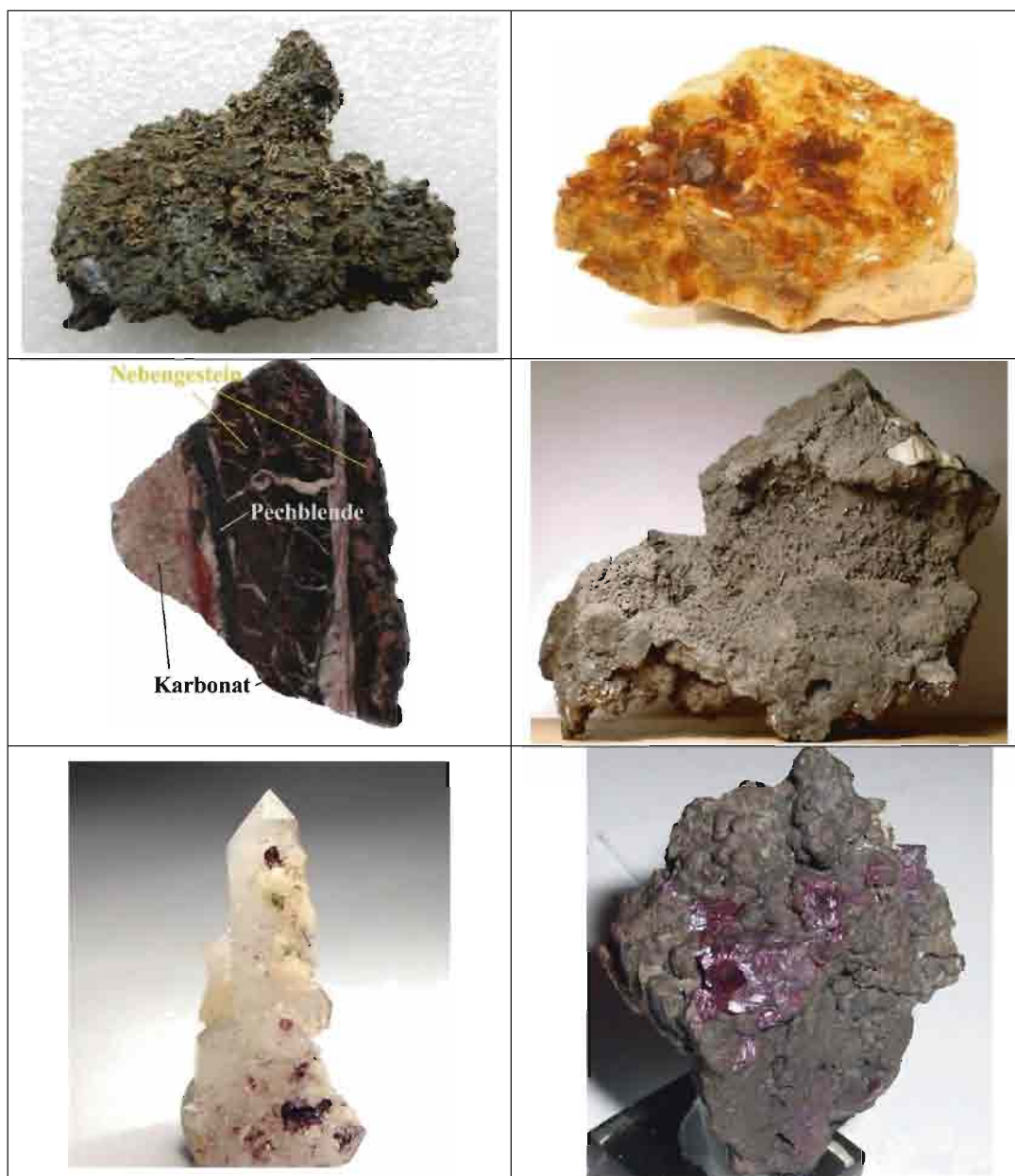


Рис. 7.17. Руды и минералы уранового месторождения Шлема-Альберода (Schlema-Alberoda-Hartenstein), земля Саксония, Германия. Верхний ряд, слева. Серебро самородное. Кристаллы до 0,8 см. Шахта Хальде (Halde) № 186 b. Размер штуфа 6,5 x 4,5 x 2,5 см <http://www.mineralatlas.eu/VIEWmax.php?param=1333389682> Верхний ряд, справа. Барит коричнево-оранжевый (кристалл 0,8 см) на розовом барите. 7 x 4,5 x 1,5 см. Глубина 150-180 м, штрек Борна (Borna), шахта 186. <http://www.mineralatlas.eu/VIEWmaxFULL.php?param=1298229230.jpg> Средний ряд, слева. Урановая руда доломит-урановой формации. Nebengestein – вмещающие породы, Pechblende – урановая смолка. <http://de.academic.ru/pictures/dewiki/80/Pechblende371.jpg> Средний ряд, справа. Аргентопирит на самородном As. Шахта 296. 6 x 4 см. <http://www.mineralienatlas.de/VIEWmaxFULL.php?param=1262259229> Нижний ряд, слева. Лепидокрокит $K_2(Li,Al)_{5-6}[Si_{6-7}Al_{2-1}O_{20}](OH,F)_4$ на кварце. Висмутовая шахта 371. Размер 17 мм. <http://www.mineralienatlas.de/VIEWmax.php?param=1337027495> Нижний ряд, справа. Прустит Ag_3AsS_3 . Шахта 296. 50 x 40 мм, Коллекция T.Güttler <http://www.mineralienatlas.de/VIEWmaxFULL.php?param=1271483344>

В Словакии много внимания уделяют новому рудному объекту **Куришкова**, или Ягодна, открытому у г. Кошиц. Его залежи локализованы в метаморфизованных вулканогенных (андезиты) и осадочных породах перми. Самые древние ураниниты датированы 200 млн лет (лейас), самые молодые – 25 млн лет (рубеж миоцена и олигоцена).

Ртуть. Сурьма

Ртутный гигант Донбасса **Никитовка** (рис. 7. 18, 7.19) отрабатывался в 1885-1994 г. Произведено около 30 тыс. т Hg. Залежи локализованы в куполах, сложенных породами C_2 .

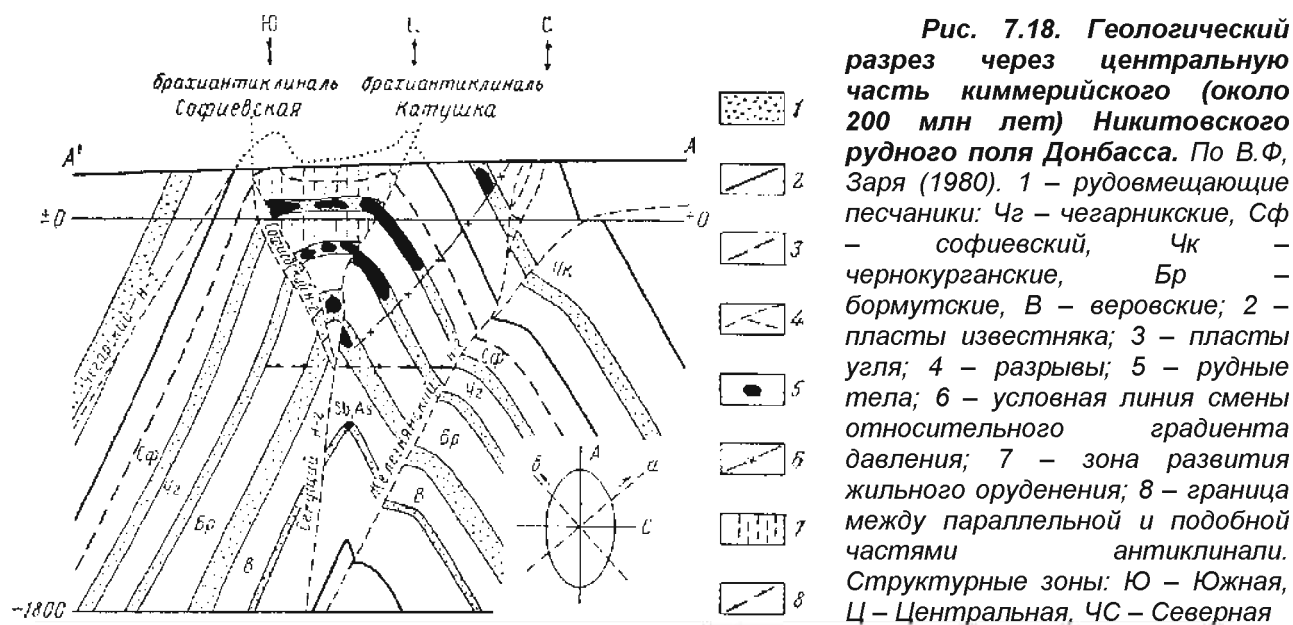


Рис. 7.18. Геологический разрез через центральную часть киммерийского (около 200 млн лет) Никитовского рудного поля Донбасса. По В.Ф. Заря (1980). 1 – рудовмещающие песчаники: Чг – чегарникские, Сф – софиевский, Чк – чернокурганские, Бр – бормутские, В – веровские; 2 – пласты известняка; 3 – пласты угля; 4 – разрывы; 5 – рудные тела; 6 – условная линия смены относительного градиента давления; 7 – зона развития жильного оруденения; 8 – граница между параллельной и подобной частями антиклиналей. Структурные зоны: Ю – Южная, Ц – Центральная, СС – Северная



Рис. 7.19 Минералы киммерийского Никитовского ртутного месторождения, Донецкая область. Справа – двойник киновари. 6 мм. Фото D. Schläfli. <http://www.mindat.org/gphotos/0475082001238530512.jpg>. Слева - прозрачные двойники кристаллов киновари до 3 мм и удлиненные кристаллы стибнита (до 6 м) на кристаллическом (до 2 мм) кварце. 4.5 x 2.5 x 1.5 см. Коллекция Robert C. Lambert <http://www.minerals.net/MineralImages/cinnabar-nikitovka-donetsk-ukraine.jpg>

Возраст ртутной и полиметаллической минерализации Донбасса, ДДВ и южного склона Воронежской антеклизы геологическими методами удастся определить только в широких пределах, от среднего карбона до мела. Радиоизотопные данные позволяют сузить столь широкий интервал. Так, на **Никитовском** рудном поле дорудная высокотемпературная минерализация (кварц, кали-натровый полевый шпат, щелочной амфибол-глаукофан, турмалин, мусковит и анатаз) имеет возраст по мусковиту – 200 млн лет. Модельный возраст для галенитов **Чернокурганского** купола **Никитовского** рудного поля, согласно расчетам А.И. Тугаринова, по ^{206}Pb 240 млн лет, а по ^{207}Pb – 170 млн лет. Это позволило В.А. Шумлянскому (1983) отдать предпочтение последней дате: она ближе к определениям для дорудного мусковита и соответствует «концу донецкой или началу батской тектонической фазы».

В КНР, центральная часть пров. Хунань, рудное поле **Сигуаньшань** (рис. 7.20, 7.21), содержит почти треть мировых запасов Sb. Это крупнейшее в Мире месторождение с (изначальные запасы 3-5 млн т Sb, извлекаемыми ныне – 2,11 млн т Sb). За сто лет эксплуатации здесь добыт 1 млн т сурьмы. Оно тяготеет к широтному киммерийскому рудному поясу Куэйчжоу, прослеженному на 700 км, находится на границе крупного палеозойского прогиба и платформенного массива Цзяннань. Судя по Sm-Nd соотношению в рудных кальцитах, месторождение формировалось в две стадии, поздней юры и раннего мела, т.е. $155,5 \pm 1,1$ млн лет и $124,1 \pm 3,7$ млн лет назад. Стадии разделены длительным

(30 млн лет) безрудным интервалом. Подобные хронологические даты считают решающими в определении условий формирования сверхкрупных аккумуляций Sb Центральной Хунани. Каждый из названных рубежей отличался собственным геотектоническим режимом.

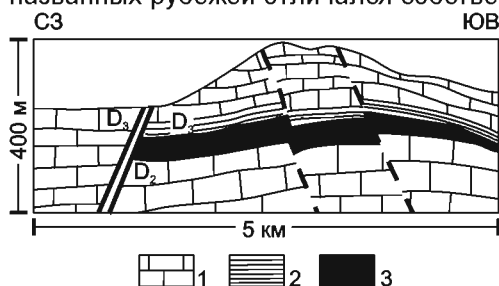


Рис. 7.20. Вертикальный разрез крупнейшего юрско-мелового сурьмяного месторождения Сигуаньшань, пров. Хунань, юго-восточный Китай. По А. Ильину 1 – известняки; 2 – глинистые сланцы основания нижнего карбона; 3 – рудный горизонт джаспероидов.



Рис. 7.21. Юрское-меловое сурьмяное месторождение Сигуаньшань, пров. Хунань, юго-восточный Китай. Слева основной рудный минерал стибнит. Справа – кальцит из рудной залежи. Фото Chen Zhu http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTnAHWn2zrryzSrNf_o-7SM8sFLXxUozjUZro_miyFjqdGyA7YvPQhttp://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTzZ9b-RKKo6xAaz18VbYAHZhjjHaJED_R_bhlkLb13V18PSyBToQ

Флюорит

В Южном Донбассе широко представлены его проявления в карбонатных толщах карбона. Наиболее значительным является **Покрово-Киреевское** (Кумачовское) в Волновахской зоне. Его залежь в известняках нижнего карбона мощностью до 30 м разведана на площади 150x200 м. Вертикальная зональность флюоритовой минерализации Волновахской зоны такова: преимущественно кварцевые жилы на глубине сверху сменяют флюорит-халцедоновые, флюорит-карбонатно-халцедоновые, которые в свою очередь в осадочном чехле замещаются флюорит-карбонатно-сульфидными, флюорит-карбонатными жилами. Во времени минералообразование менялось следующим образом. Наиболее ранней оказалась кремнисто-карбонатная стадия, за ней следовали: кремнисто-карбонатно-флюоритовая (баритовая), карбонатно-флюоритово-баритовая, карбонатно-сульфидная.

В Китае, запад пров. Ляонин, гидротермальные скопления флюорита **Йисьян** локализованы среди среднеюрских вулканитов. Эти аккумуляции наиболее экономически важные на востоке КНР. Лишь недавно они были датированы с использованием систем REE, Rb-Sr и Sm-Nd. Sm-Nd изохронный возраст флюорита – 154 ± 14 млн лет (MSWD=0.23), близкий к датам для вулканитов.

7.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерагенеза

Для эндогенного киммерийского рудогенеза на континентах Земли выделены девять историко-минерагенические провинции (см. рис.7.1): I – Восточносибирская; II – Восточноазиатская; III

– Перибразильская. IV – Северного Средиземноморья; V – Восточно-Европейской платформы; VI – Перилаверентийская; VII – Периафриканская; VIII – Южноавстралийская; IX – Антарктическая.

Восточносибирская ИМП. Структуру провинции, совпавшей с Сибирской платформой, ее металлогенические особенности определила система глубинных разломов, параллельная краевым ограничениям, элементам планетарной регматической сети. Выдающийся из них Таймыро-Байкальский, вдоль которого проводят западную границу области влияния Тихоокеанского подвижного пояса. Этот линеамент прослежен до выступа Шиллонг Индостана и Восточно-Индийского подводного поднятия. Приморский глубинный разлом, идущий вдоль

Байкала на северо-восток, продолжается и в Верхояно-Колымской системе. С этим и другими крупными линейными тектоническими формами ассоциируют месторождения и проявления потенциально алмазоносных магматитов, рудоносных ультраосновных щелочных пород с карбонатитами, многие золоторудные, редкометалльные объекты. Большое влияние на рудоносность оказали процессы яньшаньской тектонической активизации на юге ИМП. В Забайкалье в киммерийский этап произошло становление рудных объектов в такой последовательности: 1 – доггер (174-164 млн лет) – возникновение месторождений золото-галенит-сфалеритовой формации (**Дарасун**), штокверковых кварц-вольфрамитовых (**Яурское**); 2 – мальм (160-140 млн лет) – то же золото-кварцевой формации (**Фатимовское, Средне-Голготайское, Казаковское**), скарнов **Кличкинского** рудного поля, грейзенов с W **Букука-Белухинского** района; 3 – конец мальма-ранний мел (140-125 млн лет) – то же формаций кварц-касситеритовой и кварц-вольфрамитовой (**Букука, Белуха**), галенит-сфалеритовой (**Алгачинское, Партейское, Акатуевское, Кличкинское**), редкометалльного оруденения в скарнах, пегматитах, грейзенах. На Алданском щите (**Центрально-Алданский Au-U район**) тектономагматическая активизация выразилась в становлении тел лейцит-щелочно-сиенитовой и монцонит-сиенитовой ассоциаций с золото-урановыми («эльконский тип») и золоторудными объектами (80 месторождений, по 600 тыс. т. U, и Au) [Беневольский, 1995].

Для Яно-Колымской области характерны месторождения Au, включая **Наталкинские** с МПГ и др. – золото-кварцевые штокверки в углеродистых толщах. *Ag-Pb-Zn*, *Sn-Ag*, *Ag-Sb* месторождения развиты на СВ Якутии. Вероятно, юрскими являются в Верхоянье *Ag-Pb-Zn* **Мангазейское, Прогноз, Sn-Ag Имтанджинское, Илин-Тас, Купольное** и недавно обнаруженное *Ag-Sb* **Кимпиче**.

В Бурятии жильные редкометалльные месторождения **Джидинского** рудного поля: (**Первомайское, Инкурское, Холтосонское**) ассоциируют с лейкократовыми гранитоидами и диоритами мальма. Крупные ресурсы Mo (**Жирекен, Шахтама**) формировались около 160 млн лет назад, иногда позже (**Ореkitкан** на севере Бурятии, около 142,2±0,8 млн лет). Грейзены (около 60 кварц-вольфрамитовых жил и несколько штокверков) связаны с киммерийскими гранитоидами, прорвавшими юрские морские песчаники (**Шерлова Гора** и др.). В Южно-Верхоянском районе Якутии выдающийся объект – среднеюрское *Cu-W* **Агылки**. К **Северо-Янскому** оловорудному району (500 км²) относят крупнейшее (запасы олова 0,5 млн т) **Депутатское** месторождение, окруженное поздними *Ag-Pb* **Булатским, Эвенским** и др. Известны более 300 рудных тел. В балансовых рудах содержатся 1,17% Sn, 20 г/т In, 11 г/т Ag. Гигантские рудные скопления **Депутатского** формировались в процессах становления разновозрастных магматитов. Основная роль принадлежала интенсивному мантийно-коровому взаимодействию, длившемуся от J₃ до K₂ включительно. Уникальный объект в ИМП – чароитовый **Сиреневый Камень** в останце кровли **Мурунского** карбонатитового массива (187-76 млн лет. В некоторых работах собственно чароит называют меловым – 106 млн лет.

Восточноазиатская ИМП. В киммерийский этап возникли крупнейшие эндогенные месторождения, определившие металлогенический облик восточной Азии. Исследователи считают, что яньшаньский рудогенез, прежде всего, в районах, примыкающих к Тихому океану, не имеет генетических связей с предшествующими этапами, а имеет какие-то иные причины. И – связь с океаногенезом здесь напрашивается сама собой. В Северо-восточном Китае в T₃ появились никелевые руды месторождения **Хонкилин**, ассоциирующие с комплексом малых интрузий. В Юго-Восточном Китае позднеюрским является крупное *Pb-Zn-Ag* месторождение **Ленг Шуй Кенгю**. Ресурсы только его Ag составили 9,4 тыс. т, *Pb+Zn* – 3,5 млн т. Определены перспективы добычи попутных Au, Cd, S, Fe, Mn и др. Оно формировалось в две стадии. В раннюю вулканогенно-осадочную отлагались минералы Fe, Mn, доломит, прочие карбонаты, кремнистые осадки. С поздней порфировой стадией связаны тела руд полиметаллических с Ag, полиметаллических, сульфидных медных, сульфидных золотоносных.

Золоторудный пояс Китая прослежен на 1500 км от рифейского-нижнепалеозойского редкометалльного месторождения **Баян Обо** Внутренней Монголии до китайско-корейской границы. Ширина пояса – около 200 км. Ресурсы его месторождений определены в 900 т Au, в 12 объектах известны по 20-100 т Au. «Золоторудная провинция **Ян Ляо**» в центральной части пояса объединила около 400 проявлений и месторождений с общими запасами до 280 т Au [Казанский, Яновский, 2006, с. 57-60].. В соседней с Россией Манчжурией давно известно рудное поле **Джиапигоу**, включающее десять и больше золоторудных объектов, в т.ч. **Джиапигоу, Эрдаогоу, Сандаоча, Бажиаци, Банмьяоци, Сяобейгоу, Мяолин, Эрдаодианц, Хайгоу**. Большинство из них расположено в шир-зоне северо-западного простираения протяженностью 40 км при ширине 5-10 км. На площади рудного поля **Джиапигоу** нет крупных интрузий, но присутствуют дайки фельзитических, щелочных и основных магматитов. Все они тяготеют к тем же разломам, что и золоторудные залежи. SHRIMP U–Pb даты по цирконам ограничивают нижний предел золотой минерализации 220 млн лет. ⁴⁰Ar/³⁹Ar определения для гидротермального серицита – 204 млн лет. На этом основании говорят о поздне триасовом возрасте руд (220-204 млн лет). SHRIMP U–Pb датирование по цирконам гранитных батолитов, находящихся близ поля **Джиапигоу** и тоже с золоторудными залежами, указало на возраст 166±2

млн лет, т.е. среднеяньшаньский. Описываемые месторождения отнесены к орогенным. Прежде, по данным Ag–Ag геохронологии, возраст определялся между 144 млн лет и 120 млн лет.

КНР обеспечивает 75% мирового рынка W. Среди месторождений Sb-W **Гуагуашань**, Sn-W **Дажишань**, **Яоганьсянь**, **Дайю**, крупнейшее стратиформное прожилково-вкрапленных руд **Даминьшань**, скарновые **Сяньлушань**, **Сандаожуань**, W-Mo порфировые **Лианьхуашань**, **Сяньлюокень**. Масштабами и комплексностью руд (W, Sn, Bi, Mo, Be) выделяется вольфрамовое **Шижуюань**. Его залежи относятся к типам скарновому, штокверковому, грейзеновому. В Северном Вьетнаме находится грейзеновое W-флюорит-Cu-Au-Bi месторождение **Нуй-Фао**. Крупные ресурсы W сконцентрированы на месторождениях **Эрмыйнгий**, Sn-W и **Маучи**, Мьянма.

В пределах активизированных площадей на юге Корейского полуострова насчитывают более 1800 Au-Ag месторождений, связанных с гранитоидным магматизмом. Юрские залежи представляют собой просто построенные золотоносные кварцевые жилы. Среди них различают связанные с батолитами и локализованные в зонах сдвига – **Хонам** в массиве Ённам.

Перибразильская ИМП. Юрский возраст имеют преимущественно доломитовые апатитоносные, металлоносные карбонатиты массива **Серрате**, Восточно-Бразильский щит. Руды содержат апатит, минералы Nb и Fe. В Медном поясе Чили стратоподобные объекты J₃ выявлены в Береговой Кордильере на севере страны: **Мантос Бланкос** (в 1960-х–2002 гг. добыто 200 млн т руды с 1,2% меди; оставшиеся к 2007 г. резервы – 31 млн т оксидной руды с 0,72% Cu), **Линсе-Эстефанфа**.

В ИМП попадает и Оловянный пояс Боливии, - протяженная, около 1 тыс. км, полоса крупных месторождений Sn, Ag, а также W, Bi, Pb, Zn, Cu, Au, которые формировались не одновременно. Полагают, источниками металлов миоценовых гигантских месторождений **Потоси** (когда-то самого богатого в Мирове серебряного, ныне только оловянного) и **Оруро** (Sn-Ag) в Боливии были триасово-юрские вулcano-плутонические породы с возрастом 220-180 млн лет.

W-Bi и Sn жильные аккумуляции Кордильеры Реаль высокотемпературные. Лишь четверть из 175 ее объектов (Sn-носные пегматиты, Au-Pb-Zn,-Sb руды) приурочены к батолитам, остальные локализованы в осадочных толщах. Крупнейший батолит Кимса-Крус (45 км x 1-12 км) содержит в западной части сульфидные месторождения Sn, W, Bi. На востоке батолита в рудном районе **Караколес** разрабатывали кварц-турмалиновые жилы с Sn, W, Bi. Содержания только Sn в жиле Пепита составляло около 5%, а запасы около 100 тыс. тонн. Более 20 месторождений W и Sn, содержащих Bi и Sb, выявлено и за пределами района **Караколес**. Жильные месторождения Sn, Bi, W **Тасна** и **Чорольке**, департамент Потоси, полагают связанными с нескрытым батолитом – они слишком похожи на те, что широко представлены в Кордильере Реаль. По этой причине возраст оруденения здесь тоже предполагается T₃-J₁.

ИМП Северного Средиземноморья известна достаточно необычными проявлениями алмазоносных магматитов (**Чагатайский** карбонатит-трахитовый комплекс, Узбекистан), хромитами (Балканы), месторождениями магматогенных железных руд (Кавказ), значительными аккумуляциями массивных сульфидов (**Тосканская** рудная область Апеннин, Азербайджан). Petko Popov [2002] характеризовал юрский период Балканского региона как время спрединга, полного разрыва континентальной земной коры и начало раскрытия мезозойского океана Тетис, что имело важные металлогенические последствия. Вместе с «океаном Вардар» появилась ассоциация офиолитов, в которую включены: 1 – перидотитовая свита, с малой долей дунитов и лерцолитов в основании; 2 – дифференцированные магматические кумуляты; 3 – диабаз-кремнистая формация с ассоциирующими терригенными осадочными породами, габбро и, иногда, интрузивами составов от дунитов до гранодиоритов. Наибольшее значение имеют аккумуляции подиформных хромитов, тяготеющие к дунитам. Типичны тела пластообразные, линзовидные, гнездообразные, иногда трубчатые и шпировых руд. Основные объекты находятся в регионе **Люботен**, или **Рашка**. Возле г. Скопье в Республике Македония выявлены месторождения **Нада**, **Ораше**, **Кафе-Оджак**, **Станковац**. В горах Копанник Сербии и Косово выделены хромитоносные регионы: 1 – **Елица**, месторождения **Рудна Коса**, **Перет**; 2 – **Турнава**, месторождения **Велика Чукара**, **Голуйца**; 3 – **Троглав**, объекты **Малиняк**, **Видаков Претов**; 4 – **Велоуше**. Помимо этого, в регионе **Лояне Прешево**, Македония-Сербия, открыты хромитовые месторождения **Островица**, **Фурли Камен**, **Фиорина**, **Локи Кеч**.

Жильная барит-гематитовая минерализация предположительно триасового возраста известна в Германской и Чешской частях массива. К типу **Рухла** относят подобные рудные объекты Саксонии – **Брундёбра**, **Фрайберг**, Чехии – **Храдиште**, **Крижаны**. Их руды сложены красными кварцевыми роговиками, содержащими рассеянный коллоидный гематит. Магнетитовые месторождения юры встречены в немногих местах. Они представлены преимущественно в рудном районе **Липовац**, к юго-востоку от сербского города Аранжеловац, где ассоциируют с гарцбургитами. Месторождение **Дашкесан** – единственное крупное железорудное в Закавказье, в советское время снабжало рудой металлургический завод в Рустави, под Тбилиси. Залежи пластовые, находятся среди надрудных и подрудных роговиков. Балансовые запасы руд, (более 25% железа, утверждались в количестве 86,2 млн т (категории B+C1). Забалансовые запасы (менее 25% железа) – 32,8 млн т.

В кровле железорудного пласта наблюдаются линзы, вкрапленность, гнезда кобальтовых руд (кобальтин).

В итальянской Южной Тоскане массивные промышленные пиритовые руды обнаружены среди филлитовидных сланцев средне-верхнетриасовых отложений. Все месторождения Южной Тосканы – **Бочегано, Капанне, Жаворано, Никколета**, – залегают в терригенно-эвапоритовой толще, вне связи с вулканизмом. В Динарской тектонической зоне (Босния и Герцеговина) распространены колчеданно-полиметаллические месторождения, связанные с триасовым основным магматизмом. Их относят к типам вулканогенно-осадочному (**Боровица**) и вулканогенно-гидротермальному (**Брсково, Шупля-Стена**). В **Странженском** рудном районе Болгарии известно позднеюрское медно-колчеданное месторождение **Граматиново**. В филлитах мальма, прорванными дайками диабазов, распространены линзы массивной медноколчеданной руды и согласные пиритовые тела [Историческая минералогия, 2008].

Киммерийский этап на Кавказе оставил месторождения: жильные свинцово-цинковые **Садонского** узла Северной Осетии, колчеданные (**Филизчай, Белоканское, Артанское, Алаверди, Шамлуг, Ахтала, Кафан** и другие), полиметаллические, REE (**Келаси** в Абхазии). В Рудных горах урановое штокерное **Шлема-Альберода** возникло в связи с гранитоидами, датированными 210-150 млн лет и последующим метасоматозом в альпийский этап. Одно из крупнейших в мире ртутных месторождений **Идрица**, область Крайова, Словения, приурочено к доломитовым мраморам С-Т₂, переслаивающимся с вулканогенно-осадочными толщами. За время эксплуатации здесь получено свыше 200 тыс. т металла; ежегодная добыча велась на уровне 400 т в год. Общие запасы оценены в 350-400 тыс. т.

ИМП Восточно-Европейской платформы. Киммерийский этап оказался наиболее рудопродуктивным за всю историю неогей Донбасса, Припятского, Днепровско-Донецкого авлакогенов, Воронежской антеклизы, Воыно-Подольской плиты. Широко известно **Никитовское** рудное поле. Наложенная ртутная, полиметаллическая и флюоритовая минерализация отмечается в породах трахит-трахиандезитового комплекса Донбасса с возрастом 250-235 млн лет (ранний триас). Предполагается парагенетическая связь раннекиммерийского рудообразования с позднегерцинским магматизмом, которая объясняется общностью их теплового очага.

Перилаврентийская ИМП. Среди киммерийских рудных объектов ИМП известны юрские кимберлиты и карбонатиты (Гренландия), колчеданные и золоторудные месторождения, иногда очень крупные (Британская Колумбия). Юрские диатремы выявлены в субпровинциях **Слейв** и **Восточно-Канадской** (пров. Онтарио). На площади **Слейв** юрская трубка **Джерико** (три тела и дайка) прорывает архейские породы и перекрыта ледниковыми образованиями мощностью 10-30 м. В районе озера **Керкленд** на границе пров. Онтарио и Квебек, Канада, кимберлитовые тела **№ 14, В-30, А-4** содержат мелкие алмазы. Возраст их 173-155 млн лет. В Гренландии юрские (176 млн лет) преимущественно кальцитовые карбонатиты **Какарсук**, образующие массив площадью 15 км². Породы содержат минералы ниобия. апатит, редкие земли. Ресурсы Nb₂O₅ оценивают в 1 млн т

В пров. Британская Колумбия, Канада, в позднем триасе сформировалось вулканогенно-колчеданное месторождение **Уинди Крэги** (113 млн. т руды) подтипа Бесси. Здесь же и однотипный триасовый объект – **Грандук** с ресурсами 25 млн. т руды. С нижнеюрскими гранитами Британской Колумбии связаны значительные ресурсы Мо. Peter Laznicka [2006] отнес к раннеюрским золото-медное **Гэлор Крик**, ассоциирующее с диорит-сиенитами (2,81 млн т Cu, 169 т Au). С щелочноземельным (Са)-щелочным вулканизмом провинции связаны раннеюрские порфировые медные **Шафт Крик** (2,73 млн т Cu, 227 тыс. т Мо), **Гибралтер** (2,88 млн т Cu), **Хайленд Велли** (9,0 млн т Cu).

Золоторудное месторождение **Никель Плойт**, Британская Колумбия, Канада, – многофазное, длительного становления (220-65 млн лет), скарновое, на контакте триасовых известняков и аргиллитов с силлами кварцевых габбро и габбродиоритов. Скарны содержат три группы тел с сульфидной вкрапленностью (халькопирит, галенит), самородным Au. Ресурсы руды более 5 млн т, содержания Au 2,98 г/т. Еще одно важное месторождение Британской Колумбии – **Эски Крик**, на площади которого минерализованы (Au, Ag, менее As, Sb, Pb, Zn) линзы метасоматитов у контактов риолитов и дацитов J₂. Запасы Ag 3 тыс. т, содержания 2939 г/т. Для участков Некс и Хаджинг Волл определены ресурсы 206 тыс. т руды, содержащей 1922 г/т Ag. Руды содержат от 15-25 до 200 г/т Au, от 40-100 до 6600 г/т Ag. Богатые рудные линзы имеют мощность до 30 м. Среднее содержание Au – 13,5 г/т.

Позднеюрские золоторудные жильные месторождения **Мазер Лоуд** распространены в округе Касьяк Британской Колумбии. В этом районе аргиллиты, перидотиты, базальты офиолитового комплекса девона-триаса на рубеже около 130 млн лет подверглись метаморфизму низких ступеней. Последний сопровождала значительная минерализация – в зонах окварцевания с Au выявлены халькопирит, блеклые руды, сфалерит. Золоторудный узел с таким же названием **Мазер Лоуд** известен и в Кордильерах США. Он объединяет три линейные зоны золотокварцевых

тел, находящихся на расстоянии 15-20 км друг от друга. Залежи находятся среди верхнеюрских углесто-глинистых сланцев. Запасы золота определены в 520 т, но 420 т давно извлечены.

Периафриканская ИМП. Содержащие киммерийские рудные месторождения территории отчетливо тяготеют к периферии континента, а также маркируют положение Восточно-Африканской рифтовой системы. Большинство местных киммерийских эндогенных объектов имели мантийные источники (кимберлиты и карбонатиты). Одной из юрских (лейас) является крупнейшая трубка взрыва **Мвадуи** в Танзании. В близповерхностных породах камней ювелирных было 50%, полуювелирных – 40%, технических – 10%. В кимберлитах это соотношение составило соответственно (%) – 30, 55, 15.

В Зимбабве месторождения фосфатов связаны с юрскими карбонатитами или аккумуляциями гуано летучих мышей в пещерах. Осадочных фосфатов здесь нет. С 1991 г. известны 12 площадей с породами, определяемыми как карбонатиты. В четырех случаях апатитоносные магматиты полагают мезозойскими, в двух – протерозойскими. Из четырех мезозойских карбонатитовых массивов – **Дорова, Шава, Чишаниа, Катете** эксплуатируется только первый. Массив основных-ультраосновных щелочных пород с карбонатитами **Дорова** в рудном районе Бухера сиенит-иолитовый. Карбонатиты занимают 0,5 км² из 5,0 км². Их возраст – 209 млн лет. В Намибии обнаружено крупное (7-10 млн т Са F₂, содержания 30-50%) месторождение флюорита **Окорусу**. Прочими важными рудоносными карбонатитовыми телами в Намибии являются **Ондуракоруме, Осонгомбо, Калкфельд**.

С киммерийскими щелочными гранитами связаны Та-Nb объекты плато **Джос** в Нигерии. Общие запасы Sn 280 тыс. т. Аккумуляции Nb, Та, Sn здесь ассоциируют с гранитами, несущими колумбит и касситерит. Общие запасы руд Sn определяют в 110-280 тыс. т, Та-Nb руд – 31 млн. т. Основное оруденение обусловлено метасоматическими процессами, сопровождающими комплекс юрских гранитов. Рудные тела коренных месторождений – кварцево-жильные штокверки в гранитах с ареальной и околожильной грейзенизацией. Мощность рудных жил варьирует от нескольких сантиметров до нескольких метров. Содержание олова низкое, запасы отдельных месторождений небольшие. [Беляев, 1996].

Австралийская ИМП. Киммерийский этап проявился на континенте очень значительно, но чрезвычайно необычным образом – преимущественно в становлении сотен диатрем кимберлитов, в т.ч. промышленно алмазоносных. Подобных юрских образований нет на гондванских континентах Индостана, Южной Америки, Антарктиды. Лишь немногие объекты такого рода наблюдаются в Африки, но – только близ Гвинейского залива. Из прочих эндогенных полезных ископаемых в Австралии известны только проблематичные жилы карбонатитов. Поля юрских диатрем и индивидуальные трубки выявлены к настоящему времени по периферии почти всего Австралийского континента. На его севере это **Тимбер Крик**, северо-западе (кратон Пилбара) – **Уандаги**, юге – **Клив, Эврелиа, Оррору, Эллистон, Труро, Порт** Огаста, Террови, Бланштаун, юго-востоке – диатремы бассейна Сидней, штат Новый Южный Уэльс.

В Новом Южном Уэльсе некимберлитовые диатремы киммерийского этапа обнаружены в районах с известной с XIX века россыпной алмазоносностью (открыты ранее месторождений Южной Африки, к тому же – вне древней платформы). Диатрема **Хорнсби** – крупнейшая и наиболее обнаженная из примерно сотни трубок взрыва бассейна Сиднея, среди которых также **Вестлей** и др. Важная находка последних десятилетий – куст среднеюрских (190 млн лет) кимберлитов **Тимбер-Крик** на Северных территориях. В основной трубке **ТС-1** встречены несколько сотен алмазов ювелирного (40%, белые, желтые, розовые; стоимость US \$40 за карат) и технического качества. Среди последних 20% кристаллов считают переходными между ювелирными и техническими. Содержания алмазов в трубке ТС-1 – 1 кар./т. При обогащении 3,8 тыс. т кимберлита извлечено более 17 тыс. алмазов размерностью более 1 мм. На западе континента открыты раннемезозойские карбонатитовые жилы месторождения **Янджибана** протяженностью до 25 км. Запасы TR₂O₃ оценивают в 3 млн т. Железные шляпы над дайками содержат монацит, концентрации TR₂O₃ до 0,1% и более (преобладают Eu и Nd) []

Антарктическая ИМП. На востоке континента в лейасе и доггере (191-165 млн лет назад) сформировался колоссальный стратиформный плутон **Дюфек**, рис. 7.22.



Рис. 7.22. Юрский (168 млн лет) расслоенный массив базитов-ультрабазитов Дюфек север гор Пенсакола, Антарктида, – на горизонте! До него 16 км (10 миль), стоит лишь перейти ледник Джейбург (Jaburg Glacier, средний план). <http://www.diggles.com/pgs/1999/PGS99-04a.JPG>

Орографически это север гор Пенсакола, западной хребта Форрестал, южная окраина

ледника Фильхнера. Впервые массив был обнаружен и сфотографирован 13 января 1956 г. самолетом ВМС США, осуществлявшим операцию «Глубокая Заморозка». Массив имеет протяженность 50 км (27 морских миль), занимает площадь 50 тыс. км², мощности до 9 км. Он сложен породами от анортозитов и пироксенитов до гранофиров. В плутоне, наиболее крупном из расслоенных интрузий, платиноносность выявлена в самой верхней, доступной для наблюдений части массива. Это говорит о том, что перспективы его придонной части значительны. На континенте известны еще два, меньших размеров, подобных тела. Содержания Pt в них варьируют от несколько превышающих фон до 1,6 г/т на побережье центрального сектора Восточной Антарктиды. В районе, примыкавшем к Трансантарктическим горам, тоже внедрялись многочисленные силлы и плутоны долеритов.

7.3. Гипергенный минерагенез

В киммерийский этап сформировались многочисленные месторождения экзогенных полезных ископаемых (рис. 7.23), среди которых по масштабам выделяются осадочные железные и марганцевые руды, каолины, титан-циркониевые россыпи, ураноносные залежи в осадочных бассейнах..

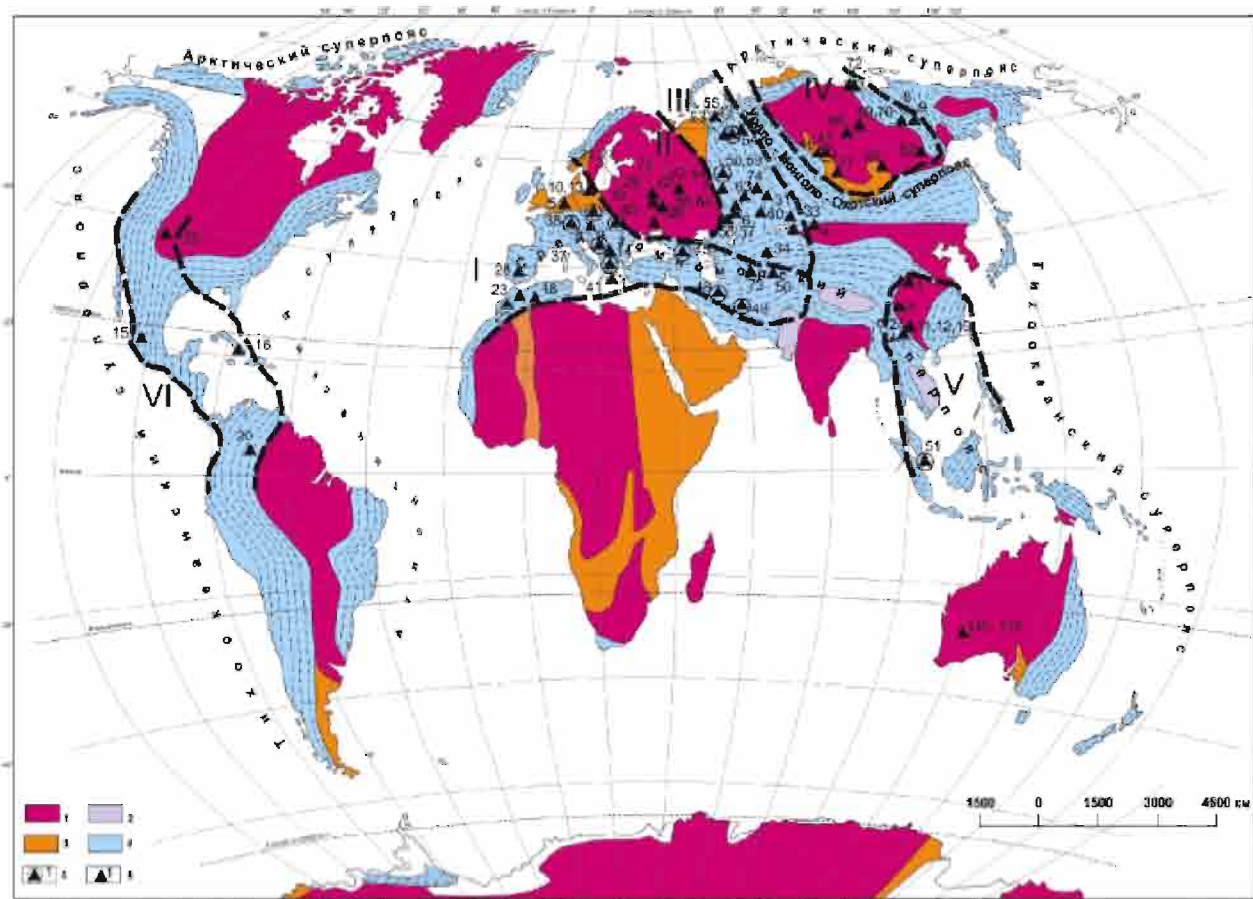


Рис. 7.23. Экзогенные месторождения полезных ископаемых и историко-минерагенические провинции киммерийского этапа (поздний триас-юра, 205-137 млн лет). С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина, 1971, модифицированной. 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогена, испытавшие складчатость и консолидацию в конце PR-начале PZ; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5 – бокситы; 6 – медистые песчаники, россыпи, соли и т.д. Историко-минерагенические провинции (ИМП) киммерийского этапа (римские цифры): I – Средиземноморская; II – Восточноевропейская; III – Уральская; IV – Восточносибирская; V – Западного Тихого океана, VI – Центральноамериканская.

Киммерийские экзогенные месторождения и проявления:

I – железорудные, в т.ч. хромникелевые, стратифицированные: 1 – Нисси, Центральная Греция. Железо-никелевые латериты в карстовых полостях известняков J под известняками K₁; 2 – Вареш, Босния и Герцеговина. Лотарингский железорудный бассейн, Франция. Юрские оолитовые руды с V; 2 – Вареш, Босния и Герцеговина. Залежи эксгальационно-осадочных гематитовых руд в толщах T; 3 – Гуйчжоу (г. Тунцзы) и юг пров. Сычуань. Гематитовые руды "цинцзянского типа"; 4 – Синцзян (автономный район). Сидеритовые руды "вэйюаньского" типа; 5 – Лотарингский железорудный бассейн, на пограничных территориях Франции,

Германии, Бельгии и Люксембурга. Юрские оолитовые руды с V. Рудные районы **Лонгви, Оттанж-Ландр, Орн и Арс, Нанси**; 6 – **Орско-Халиловский** район. Cr-Ni железорудные, T₃ (**Ново-Петропавловское, Георгиевское, Ново-Киевское, Промежуточное, Мало-Халиловское, Орловское, Аккермановское, Ново-Троицкое**), связанные с корами выветривания по ультрабазитам; 7 – **Елизаветинское**, у г. Екатеринбург, Железорудное, в юрской коре выветривания силикатно-никелевое; 8 – **Лено-Малыканский** железорудный район, Якутия. Руды гётит-гидрогётитовые, T₃-J₁; 9 – **Ботомский** железорудный район, Якутия. Руды гётит-гидрогётитовые, T₃-J₁.

II – первично осадочные марганцевые: 10 – **Уркут**. Задунайский район, Венгрия. Mn, в отложениях тоарского яруса; 11 – **Цяодиньшань** (свита верхнего триаса), пров. Юньнань, Китай. Карбонатные руды Mn; 12 – **Хэсивань**, синклиорий Юньнань-Гуанси. Отложения юры с осадочными рудами Mn; 13 – **Берхтесгаденские Альпы**, Германия. Вулканогенно-осадочные месторождения Mn в известняках верхнего лейаса; 14 – **Цер, Чевлянович**, Босния и Герцеговина, эксгальционно-осадочные (?) в породах T; 15 – **Паридеро, Таратана, Моланго, Сан-Франсиско**, Мексика. Юрские Mn; 16 – **Эль Кристо, Понупо, Чарко-Родондо**, Куба. Юрские Mn на поднятиях.

III – первично осадочные (эксгальционно-осадочные) медные и полиметаллические: 17 – медистые песчаники в верхней части разреза триаса **Сычуанского** синклиория, Китай.; 18 – **Тюисси, Бу-Беккер и Эль Абед**, граница Марокко и Алжира. Стратиформное полиметаллическое среди доломитов J₁; 19 – **Центральная Юньнань**, Китай. Меднорудный участок юго-западной Сикан-Юньнаньского поднятия. Шесть меденосных горизонтов J₂-K₁; 20 – **Альпаргатеал**, департамент Сантандер, восток Колумбии. Меденосные залежи нескольких небольших месторождений в красноцветах T-J; 21 – **Самаро-Торецкий** рудный район, Украина. Проявления битум-карбонат-сульфидной формации **Шестаковское, Шебелинское, Славянское**; 22 – **Клах**, горы в составе Высокого Атласа, Марокко. Шесть проявлений меди в карстовых пустотах и брекчированных известняках, J₂; 23 – **Айн Сефра**, меднорудный район в складчатой области Атласа. Более ста медепроявлений; 24 – **Хэндуаньшаньская**, западной Сикан-Юньнаньского платформенного антиклинория. Медистые песчаники T.

IV – первично осадочные урановые и малых элементов, связанные с черными сланцами и прочими осадочными толщами (реювинированы в поздние этапы): 25 – **Лисбон-Вэлли**, рудный район, восток штата Юта (плато Колорадо), США. U-V стратиформное (T₂-J₂); 26 – **Кировоградский** ураноносный район. U-REE Садовое и Братское; 27 – **Кременчугский** ураноносный район. U-REE месторождения **Новогурьевское и Девладовское**; 28 – **Маскарет**, Испания. Ураноносные залежи инфильтрационного типа в песчаниках T; 29 – **Прохоровская** палеодолина, Белгородская обл. Юрская, с признаками ураноносности выполняющих отложений; 30 – **Далматовское, Добровольное, Хохловское**, Кургано-Павлодарский рудный район. U, инфильтрационные, в базальных горизонтах J и K₁; 31 – **Семизбай**, северное обрамление «Казахского щита». U, инфильтрационное, в базальных горизонтах J и K₁; 32 – **Малиновское**, Чулымо-Енисейский осадочный бассейн, Алтае-Саянская складчатая область. U, инфильтрационное, в базальных горизонтах J и K₁; 33 – **Балхашский** осадочный бассейн, U. Залежи U с пластами углей и песчаников J; 34 – **Памирский** сегмент Средиземноморско-Гималайского подвижного пояса. Инфильтрационные Г в юрских углях и песчаниках J межгорных впадин (**Таракавакская, Джильская** и др.); 35 – **Илийское Мо-У**.

V – бокситы, каолины: 36 – **Борнхольм** (остров), Дания. Каолины T₃ на гранитоидах под отложениями J₁; 37 – **Враце**, Словения. Бокситы на известняках ладинского яруса T₂, под конгломератами и доломитами карнийского яруса T₃; 38 – **Швейцария**. Бокситы низкого качества между известняками T и J; 39 – **Верхняя Силезия**, Польша. Гиббситовые бокситы на известняках T; 40 – **Раховский** массив Восточных Карпат, Украина. Каолинит-диаспоровые коры выветривания; 41 – **Парнас-Киона**, Греция. Красные диаспоровые бокситы J₂; 42 – **Ишвинское**, Урал. Месторождение бокситов T₃; 43 – **Сосьвинско-Салехардский** (грабен), Северный Урал. Бокситовые залежи в основании разреза J; 44 – **Люльинский, Богословский, Волковский** (грабены), Средний Урал. Залежи бокситов в основании разреза J; 45 – **Малка** (Балыксу, река), Кабардино-Балкария. Нижнеюрские бокситы, железные руды, обогащенные Ni и Cr; 46 – **Енисейский** кряж, каолиновые коры выветривания MZ₁; 47 – **Мадашанское**, правобережье Ангары, восток Красноярского края. Высокоглиноземистые коры выветривания T₃-J₁; 48 – **Джеббан**, г. Йёзда, северный Иран. Бокситы триаса; 49 – **Керман**, юг Ирана. Бокситы J₁; 50 – **Тала**, Афганистан. Бокситовые залежи на триасовых эффузивах T под угленосной J; 51 – **Бинтан** (остров), в 100 км к ЮВ от Сингапура, Индонезия. Латеритные бокситы по риолитам триаса.

VI – золотоносные и прочие металлоносные коры выветривания: 52 – **Куранахское** рудное поле в Центрально-Алданском Au-U рудном районе. Вторичные руды глинисто-гематитовые и др. с переотложенным Au; 53 – **Нияюское, Нияхойское**, западные предгорья

Полярного Урала. Проявления золотоносных кор выветривания T_{1-2} (?); 54 – **Няда-Яха** (река), восточные предгорья Полярного Урала. Золотоносные коры (?) по конгломератам триаса; 55 – **Харбей** (река), Ямало-Ненецкий автономный округ (юг Харбейского блока). Золотоносные глинистые коры, возможно, T_{1-2} ; 56 – **Сарлыбай-Медный**, Актюбинская область Западного Казахстана. Золотоносная бурожелезняковая шляпа $T-J$ (?); 57 – **Южно-Балкумбайское**, Актюбинская область Западного Казахстана (85 км восточней станции Эмба). Золотоносные коры выветривания MZ ; 58 – **Комаровское**, у с. Житикара, Кустанайская область Северного Казахстана. Золотоносные коры выветривания MZ ; 59 – **Степок**, 15 км к северо-востоку от пос. Жолымбет Акмолинской области. Золотоносная кора выветривания MZ ; 60 – **Неизвестное Южное** в Джезказганской области Центрального Казахстана. Золотоносные мезозойские (допалеоценовые) коры выветривания; 61 – **Тыва**, юрские золотоносные грубообломочные молассы наложенных впадин; 62 – **Западный Саян**, то же; 63 – **Кудынбай**, западный борт Тургайского прогиба. Кора выветривания T_3-J_1 (?) с минералами TR ; 64 – **Алтынташ**, Южный Урал, коры выветривания MZ с минералами TR ; 65 – **Бодайбинский** золотоносный район, Иркутская область, «железные шляпы» T_3-J_1 по зонам рассланцевания; 66 – **Бездубово**, Коми. Золотоносные пески базального горизонта доггера. Находки алмаза, пироба.

VII – титан-циркониевые, алмазаноносные и др. россыпи: 67 – **Лукояновский** редкометалльно-титановый россыпной район (Нижегородская область). Батские россыпи **Итмановская, Казаковская, Шатковская, Сунгуловская, Ветошкинская, Арзамасская**; 68 – **Водораздельные галечники, Солур, Мирнинское** кимберлитовое поле ЯАП. Алмазаноносные россыпи J_1 ; 69 – **Нюрбинская, Накынское** кимберлитовое поле, Якутия. Алмазаноносная россыпь (T_3-J_1); 70 – **Ботуобинская**, алмазаноносная россыпь (T_3-J_1) на юго-западной периферии одноименной диатремы, **Накынское** кимберлитовое поле; 71 – **Тулунское**, близ г. Тулун на р. Ия, Иркутский угленосный бассейн. Россыпное Ti в озерных отложениях лейаса; 72 – триасовые алмазаноносные россыпи СВ Сибирской платформы – участки **Таас-Ары, Балкур, кряжа Прончищева** и др.

VIII – аккумуляции калийно-магниевого солей, фосфатов: 73 – **Среднеазиатский** калиеносный бассейн (4 тыс. км²), юго-западные отроги Гиссарского хребта, Туркмения, Узбекистан. Месторождения **Гаурдак-Тюбеготан, Кугитанг, Карлюк, Окузбулак** (J_3); 74 – **Егорьевский** фосфоритоносный район, Московская область. Продуктивные фосслюи (J_3).

Железные руды

В течение большей части юры (180-130 млн лет) в осадочных бассейнах Западной Европы (Люксембург, Франция, Чехия, Германия, Бельгия, Великобритания) накопились рудные массы гематит-сидерит-шамозитового состава (рис. 7.24), давшие многочисленные месторождения. Пласты руды мощностью до 7 метров в разрезах переслаиваются с мергелями, песчаниками, сланцами. Они содержат 30-35% железа и 0,2-2% фосфора. Запасы руд огромны, около 6 млрд т.

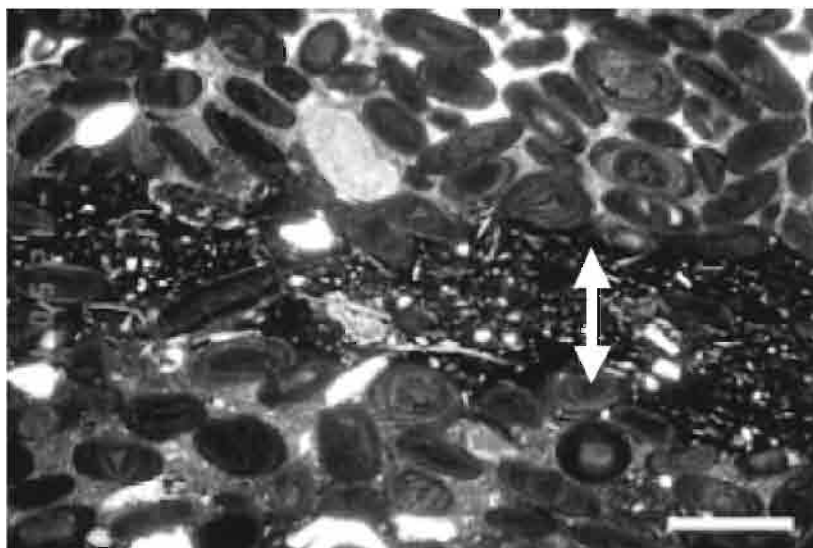


Рис. 7.24. Юрские железнйки французской Лотарингии под микроскопом – ферриарениты с обломками Ра-ковин, зернами кварца, в ассоциации с ооидами из шамозита, гётита в кальцитовом, хло-рит-сидеритовом, фо-сфатном цементе. Присутствуют берть-ерин (Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al, Mg)₆ [(OH)₈Al_{1,5}Si_{2,5}O₁₀], известковистый фтор-апатит, зональные кА-льцит и доломит, пирит. Стрелками ука-зан интервал, где тончайшие пер-вично осадочные

слойки-ламинаы сдавлены между двумя оолитовыми слоями. Масштабная линейка – 0,5 мм (J. Karakus et al.)

Франция. Юрские оолитовые руды **Лотарингии**, «минетты» имеют позднеюрский-раннеааленский возраст. Залежи концентрируются в пяти крупных мульдах, обнажены в восточной части бассейна и существенно погружены в западной, где прослежены бурением до глубины 800 м. Различают два железорудных суббассейна: более крупный **Брийе** на севере Лотарингии и меньший

по площади **Нанси** в ее центральных районах. Залежи имеют циклическое строение, циклов до 13. Все они начинаются с илистых фаций, сменяются выше промежуточными с железняками, а венчаются детритными ракушняками. По разрезу каждого цикла кверху последовательно прирастают размерность зерен, количество биокластов, ооидов, режимы осадконакопления становятся более активными, возрастает роль биотурбаций. Железняки представляют собой ферриарениты с обломками раковин, зернами кварца, в ассоциации с ооидами из шамозита, гётита в частично кальцитовом, частично хлорит-сидеритовом, а частично фосфатном цементе.

Руды (гётит, стильпно-сидерит-фосфористый гель окислов железа, железистый хлорит, сидерит) характеризуются ничтожными размерами оолитов, обычно в доли мм и не более одного мм. Их запасы в бассейне достигают 15 млрд т [Магакьян, 1974], но по другим данным [Авдонин и др., 2005, с. 35] не превышает 2 млрд т. Залежи прослежены в полосе протяженностью 120 км при ширине 20-30 км. Средняя мощность железорудной пачки составляет 30 м, но она варьирует от 10 м до 60 м. В ее разрезе различают в среднем семь железорудных пластов по 2-10 метров мощностью каждый. Иногда их количество сокращается до 4 или возрастает до 12. Концентрации Fe в рудах – 30-35%, Mn – 0,5 %, P – 0,6-1,8%, S – 0,01-0,4%. Особую ценность представляют руды «серого пласта» мощностью 3-9 м, с понижающим температуру плавки карбонатным цементом. Это так называемые самоплавкие бурые железняки, в которых отношение $SiO_2 + Al_2O_3 / CaO + MgO$ близко к единице. Они шли в плавку даже при содержании Fe до 30%. Руды такого качества долго делали Францию единственной страной ЕЭС, не только удовлетворяющей собственные потребности в металлургическом сырье, но и бывшим его экспортером. Однако в 1997 г. в Лотарингии закрыли последний из действовавших рудников Терр Руж у Одюн-Летиш, г. Мозель, который до того дал рудную массу с 50 млн т Fe.

Россия. Важным источником железа для её экономики в течении двух веков являлись месторождения осадочных руд липецкого и тульского типов. В губерниях Брянской, Калужской, Рязанской, Орловской, Воронежской запасы бурых железняков оценивали в 1055 млн пудов. Они активно разведывались и добывались на площадях Тульского и Липецкого железорудных районов. Добыча руд прекратилась после введения в эксплуатацию месторождений КМА в 60-х годах XX века. В Якутии, на северных склонах Алданского щита в поздне-триасовую-раннеюрскую эпоху мощного корообразования сформировались пласты гётит-гидрогётитовых руд. Выделяются Ботомский и Лено-Малыканский железорудные районы. Ботомский район (рис. 7.25) расположен близ Якутска, Пласт бурых железняков мощностью 0,2-3,5 м в Ботомском, Кур Куртангском, Лютегском месторождениях достигает 1,4 км по простиранию при ширине до 0,7 км. Пласт повсеместно перекрывают железистые конгломераты J₁. Руды на 75-80% сложены гидрооксдами Fe и Mn, а остальное – опал, обломки полевых шпатов, слюд, кварца. Fe в них – 32,5-37,7%, Mn – 5,8-8,5%, P – 0,04-0,41%, S – 0,03-0,08%. Несколько западней на левобережье Лены находится Лено-Малыканский железорудный район площадью 300-350 км², аналогична охарактеризованно Ботомскому.

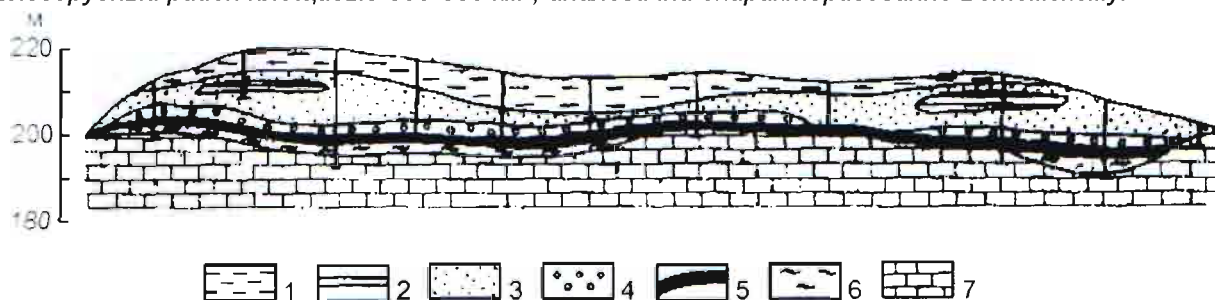


Рис. 7.25. Ботомское месторождение марганцевистых бурых железняков, связанное с поздне-триасовой-раннеюрской эпохой мощного корообразования в Якутии. Нижнее течение правых притоков р. Лены р.р. Буотама и Лютегге близ г. Якутска. Из [105, рис. 21, с. 114]. 1 – покровные суглинки; 2-4 – отложения J₁; 2 – аргиллиты и алевролиты, 3 – песчаники, 4 – конгломераты; 5 – бурые железняки; 6 – аллювиальные глины; 7 – карбонатные породы среднего кембрия

В Китае весьма распространены озерные гематитовые и сидеритовые руды среди угленосных отложений юры. Гематитовые залежи относят к «цинцзянскому», сидеритовые – «вэйюаньскому» типам. Первые развиты в пров. Гуйчжоу; 2 – на юге пров. Сычуань. Вторые в Синьцзяне образуют многочисленные мощные пласты с высоким содержанием железа. Железные руды «ромбодраального» типа (по характерной для сидерита спайности) распространены в Джунгарской котловине Синьцзяна не только в нижнеюрских толщах, но и в подстилающих верхнетриасовых отложениях.

Марганцевые руды

Китай занимает третье место в Мире по ресурсам марганца. Их установлено в КНР 40 млн т (по металлу), тогда как в ЮАР – 370 млн т, а на Украине – 135 млн т. Первый марганцевый рудник

Синггуо заработал в пров. Хубей еще в 1890 г. Залежи карбонатных руд позднего триаса обнаружены между кристаллическими и полосчатыми известняками на отдельных площадях пров. Юньнань. Возможно, синхронными им являются скопления Мп в пров. Гуйчжоу, залегающие под угленосной толщей юры. Марганцевые руды встречены и среди юрских отложений синклиория Юньнань-Гуанси.

80% ресурсов марганца представлено карбонатными рудами. Его средние содержания 22%, в карбонатных – менее 20%. Очень высоки содержания Р и SiO_2 . Богатые руды чрезвычайно дефицитны. Второе место по значению имеют железо-марганцевые залежи. Прочие типы марганцевоносных объектов (серебро-полиметаллические с Мп, марганцовистые коры выветривания, вулканогенные залежи и т.д.) малы и трудны для освоения. В основных провинциях, поставщиках марганца – Гуанси, Гуйджоу, Юннань, Хунань, Ляонин, Сычуань – месторождения распределены очень неравномерно. В стране действуют немногие открытые рудники – **Дасин** в пров. Гуанси, **Лянченг** в пров. Фуцзянь, **Сьяодай**, **Джиншуй**. Гидродобыча ведется только на месторождениях **Байи**, **Донгсянгиао**. Основная масса руды получается на подземных **Зуны**, **Сянган**, **Хекинг**, **Доунан**, **Хуаюан**, **Сонгтао**.

В *Новой Зеландии* стратоподобные месторождения оксидов марганца ассоциируют со спилитовой красноцветной свитой, в составе которой пермско-юрские аргиллиты и граувакки на Северном острове. Основными рудными объектами там являются **Бэй оф Айлэндс**, **Уаангарей Харбор**, **Уайхэке Айлэнд**, **Бомбей**, **Отау**, **Моумаукаи**. На Южном острове основные проявления марганцевых руд ассоциируют с метаморфизованными кремнистыми сланцами и спилитами.. Ассоциация марганцевых руд со спилитами указывает на связи с вулканизмом. Мп и Si, видимо, выпадали из низкотемпературных гидротермальных растворов, накапливаясь среди прочих донных осадков. Во многих случаях Мп в дальнейшем перераспределялся, концентрировался при диагенезе и участии прочих вторичных процессов. Минерализация Мп встречена в виде вкрапленных и массивных руд, по морфологии отвечающим четкам, линзам, пропласткам, глыбам, конкрециям, жилам. Осадочная (сингенетическая) минерализация и диагенетическая, характеризуются оолитовыми рудными структурами. Вторичная (супергенная) выделяется ритмическими коллоформными текстурами, обильными секущими прожилками со вторичными минералами, бесструктурными массами, представленными минералами замещения. В минеральную ассоциацию входят кварц, гематит и целый ряд оксидов марганца.

В *Западной Европе*, в *Венгрии*, месторождение **Уркут** с запасами марганцевой руды около 80 млн т входит в десятку крупнейших в Море. Его залежи разрабатывают с 1917 г. до наших дней. В 1917-1994 г.г. добыча производилась открытым способом, в 1935 г. здесь появился и подземный рудник. Вмещающие оруденение черные сланцы – биогенные, морские. Источник их металлов считается гидротермальным, связанным с субмаринными жерловыми системами, возникшими вдоль разломов. Руды полосчатые, с примесью пирокластического материала. Они относятся к двум типам: 1 – карбонатно-марганцевому, представленному тонко полосчатыми мергелями с распыленными зернами родохрозита размерностью до 5 μm . Такие руды содержат 25% запасов месторождения; 2 – оксидно-марганцевому, из мягкой глинистой основной массы с рассеянными более твердыми зернами минералов ряда Mn_xO_y . Особо важна роль биоты в осаждении марганца из растворов с наличием в тоарском бассейне (около 200 млн лет назад) «живых биогенных систем».

Босния и Герцеговина. Марганцеворудные залежи локализованы среди триасовых вулканогенно-осадочных пород в пределах рудных полей **Цер**, **Чевлянович**. Последнее считается субмаринным морским, вулканогенным. Слои, линзы и гнезда распространены в сланцах. В минеральную ассоциацию входят браунит, криптомелан, гаусманит, гематит, голландит, манганит, родохрозит. Крупнейшим месторождением считается также сформировавшийся в триасе **Бузим**.

Мексика. Здесь марганцеворудный эксгальционно-осадочный гигант **Моланго**, штат Идальго, позднеюрский, рис. 7.26. Его залежи представлены первичными и раннедиагенетическими карбонатами марганца – родохрозитом, Мп-кальцитом, кутнагоритом $\text{Ca}, \text{Mn}(\text{CO}_3)_2$, супергенными аккумуляциями Мп-оксидов. Последние сложены пиролюзитом, рамсделлитом MnO_2 , прочими марганцевыми оксидами-гидроксидами. Марганценосная карбонатная пачка юры развита на площади 50 км x 25 км и вмещает 1,5 млрд т Мп.



Рис. 7.26. Позднеюрское эксгальционно-осадочное месторождение марганца Моланго, Мексика – крупнейшее в Северной Америке. Общий вид карьера. (Mining in Mexico).

Чили. В центральной части Чили в юре сформировались осадочные марганцевоносные толщи района **Элка**, где лентовидная залежь мощностью 20-25 м с содержанием оксидов марганца 15-40% прослежена на 25 км. Ширина полосы – 1,2 км. Полагают, что повышенные концентрации Mn отображают положение береговой линии, так как мористей по отношению к палеоморю эти образования сменяют глинистые известняки. Отложение соединений марганца происходило конседиментационным путём, с очевидным влиянием постмагматических явлений, т.е. рудные залежи Элки это результат взаимодействия хемогенно-осадочных и гидротермально-метасоматических процессов.

Чили наиболее обеспеченным марганцем. Месторождения выявлены в горнорудных районах **Фрагуа, Корраль Кемадо** и другие. Северней г. Вальенар работают рудники **Ля Негра** и **Кокимбана**. Однако, все они локализованы в задуговых вулканогенно-осадочных толщах нижнего мела. Минерализация представлена линзообразными телами массивных пиролюзита, браунита, псиломелана, манганита, гаусманита в кальцитовой основной массе на двух хорошо выраженных уровнях серых вулканогенных песчаников, переслаивающихся с андезитами. Полагают они сформированы гидротермальными растворами когенетической вулканической деятельности.

Бокситы

В Западной Европе известны многие аккумуляции бокситов и железных руд. Так, **Динарская** бокситовая провинция, протянувшаяся от Черногории до Альп на 600 км, только на Словенском участке имеет восемь бокситовых уровней, от среднего триаса до олигоцена. Более древние бокситы здесь хуже по качеству, чем поздние. Разрабатывают триасовые бокситы месторождения **Враце**. Гиббситовые и бёмитовые с гиббситом и гётитом бокситы залегают на выровненной поверхности известняков Т₂, а перекрыты они конгломератами и доломитами Т₃. В бокситоносной пачке имеются уровни, обогащенные глиноземом. Один из пластов диаспоровых бокситов имеет мощность 3,6 м, другой (бёмит-диаспоровый) – 2 м, третий (каолинит-бёмитовый) – 4 м.

Греция. Наиболее древние юрские бокситы известны в основном бокситоносном районе **Пварнас-Киона**, номы Амфисса и Левадия. Красные оолитовые и пизолитовые диаспоровые бокситы здесь обнаружены на поверхности светлых известняков доггера под среднеюрскими же темными известняками. Второй бокситовый горизонт наблюдается в кровле тёмных известняков доггера под «переходными» известняками титона-сеномана (Г.И. Бушинский, 1975).

Средняя Азия. Близ г. **Чимкент**, в междуречье Бадама и Сайрама (бассейн Сырдарьи), Южный Казахстан, бокситы и бокситистые глины триаса-юры выполняют карстовые полости в кровле каменноугольных известняков. К рэту-лейасу относят бокситы месторождения **Кайрак**, Гиссарский хребет. Линзы хлорит-диаспоровых бокситов мощностью до 3 м залегают на размытой поверхности пород палеозоя на высоте около трех километров над уровнем моря. Сверху они перекрыты конгломератами и угленосными отложениями юры. Глинозема в них 41-47%, SiO₂ – 9-11%, FeO – 17-23%, Fe₂O₃ – 3-10%, TiO₂ – 2%. В **Ферганской** впадине распространены триасовые-юрские каолинит-диаспоровые бокситы ближнекарстового типа. Линзы рудных тел образуют залежи Каракинсай, Кштут, Шинг, Майлису. Залежи часто подстилают маршаллиты (мучнистый кварц). С корой выветривания, развитой на рубеже перми и триаса, связаны залежи бокситов, установленные на Памире.

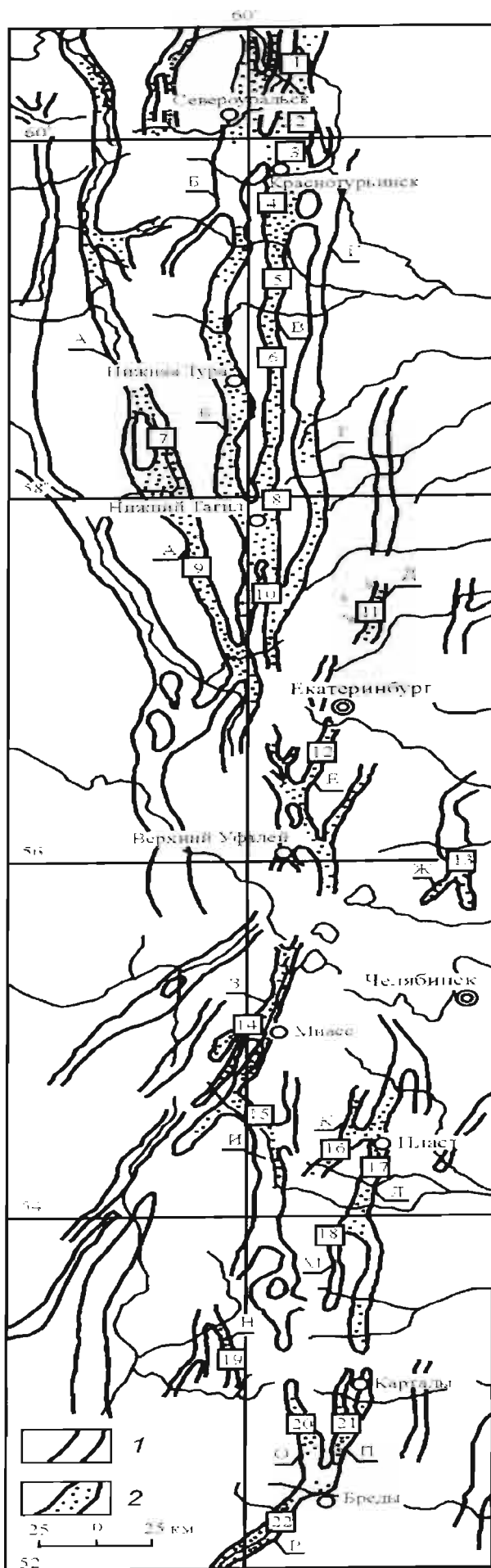
Иран. Триасовые бокситы месторождения **Джебан** встречены в северном Иране. Юрские бокситы и бокситистые глины мощностью до 12 м у г. **Керман**, юг Ирана, залегают под угленосной толщей лейаса на триасовых известняках и доломитах. Известны бокситы у г. **Иёзд** на месторождениях **Чак Чаку, Норт Иёзд, Садр Абад**. В последнем линзы бокситов распространены на 2-х участках на известняках. Юрские толщи содержат пласты огнеупорных глин, обогащенные бёмитом и диаспором. В областях Загрос и Албортц к этому типу отнесены месторождения Доплан и Сангруд соответственно.

В Афганистане. на месторождении **Тала** пласт бокситов мощностью около трех метров залегают на эффузивах триаса, под юрскими угленосными отложениями. Все рассмотренные месторождения относятся к типу «терра росса» и тяготеют к перерывам в карбонатных толщах.

Вьетнам. Триасовые бокситы известны на его северо-западе. Их останцы сохранились на закарстованной поверхности известняков РЗ. Пермские породы несогласно перекрыты сложно дислоцированными триасовыми. В их разрезах в перерывах в карстовых воронках накапливаться бокситы.

Каолины

Западная Европа. Большинство каолинов здесь традиционно считали гидротермальными, но В.П. Петров (1997) показал их связь с корами выветривания. На датском о. **Борнхольм** каолины залегают под отложениями J₁ на гранитоидах. К подобным же аккумуляциям отнесены месторождения Южной Норвегии, Швеции и Финляндии. В центральной части Западной Европы стратиграфический уровень распространения каолинов фиксирует положение единой поверхности выравнивания. Каолины развиты по осадочным породам и эффузивам перми, по гранитам и перекрыты либо олигоценowymi, либо четвертичными толщами, что не позволяет их уверенно относить к MZ₁. Так, на



линзовидные тела локализованы в кровле, приконтактной зоне и в центральной части щелочного интрузива. Руды обычно вкрапленные, жильные, массивные, изредка брекчиевые и полосчатые. Жильный материал кварцевый, рудные минералы: аргентит, пираргирит, самородные Ag и Au, галенит, сфалерит, пирит, халькопирит, гематит, магнетит. Геохимическая зональность отчетливая. К подошве тяготеют повышенные концентрации Cu и Au, в центральных частях больше Sb и Zn, в кровле – серебра, сурьмы, цинка.

Мексика. В северных штатах широко распространены Pb-Zn-Cu-Ba-F-Sr месторождения «типа долины Миссисипи» (MVS), ассоциирующие с карбонатными толщами. Основные месторождения находятся близ г. **Мускис**, штат Коауила, где в рудниках **Косино** и **Потреро** обнаружены два мощных пласта барита, отстоящие друг от друга по вертикали на 50 м. Локализованы они среди отложений кимериджского яруса. И вмещающие известняки, и пласты барита смяты в складки в ларамийскую эпоху, при этом в замках складок залежи оказались уничтоженными. На этом же стратиграфическом уровне распространены и стратиформные залежи полиметаллических руд.

Золотоносные коры выветривания

Урал. На протяжении всего Уральского хребта имеются многочисленные месторождения золота, связанные с корами выветривания Т₃-J₁. Таково среднеуральское **Светлинское**, в элювии, субстрат – мраморы, кварц-серицитовые, кварц-мусковитовые сланцы с пирит-пирротинным стратиформным и жильным пирит-халькопирит-пирротин-кварцевым оруденением. Коры контактово-карстовые, с неполным гидрослюдисто-каолинит-охристым профилем.

С юрско-меловой поверхностью связаны мезозойские золотоносные россыпи, которые известны более 170 лет. Только в последние десятилетия открыто и разведано более 60 месторождений, что позволило увеличить балансовые запасы золота промышленных категорий более чем в два с половиной раза, а добычу – в полтора. Наиболее крупными являются те аккумуляции, в которых золота до 3 т, иногда до 5 т и больше (рис. 7.28). Подобные россыпи всегда приурочены к меридиональным эрозионно-структурным депрессиям. Их общая протяженность на Урале оценена в тысячи километров.

Рис. 7.28 Средне-позднеюрские и позднемеловые золотоносные россыпи Урала. По материалам А.П. Сигова, В.С. Шуба, 1 – мезозойские эрозионно-структурные депрессии: А – Вишерско-Анисимская, Б – Туринско-Богословская, В – Ивдельско-Тагильская, Г – Невьянско-Кантуровская, Д – Колташинская, Е – Мраморско-Кособродская, Ж – Синарская, З – Миасская, И – Сухтелинская, К –

Кочкарская I, Л – Кочкарская-II, М – Архангельская, Н – Родничковская, О – Бессоновская, П – Казанская, Р – Колчинская; 2 – зоны векового накопления россыпного золота в пределах мезозойских депрессий; россыпные узлы, включающие мезозойские объекты (J_{2-3} - K_2): 1 – **Екатерининский**, 2 – **Масловско-Чапинский**, 3 – **Чернореченско-Ларьковский**, 4 – **Богословско-Песчанский**, 5 – **Мысовский**, 6 – **Актai-Талицкий**, 7 – **Серебрянский**, 8 – **Кантуровский покос**, 9 – **Висимский**, 10 – **Невьянский**, 11 – **Аятский**, 12 – **Мраморско-Кособродский**, 13 – **Синарский**, 14 – **Ятлянский**, 15 – **Зоинско-Ильинский**, 16 – **Светлинский** (депрессия Кочкарская), 17 – **Андрее-Юльевский**, 18 – **Черноборский**, 19 – **Александровский**, 20 – **Бессоновский**, 21 – **Казанский**, 22 – **Суундукский**.

Депрессии наследуют зоны глубинных разломов, шовные зоны на стыках мегаблоков земной коры, которые являлись теплофлюидопроводниками. Ширина депрессий колеблется между первыми километрами и 25 км (Уртазымская). Приуроченные к ним древние речные системы прослежены иногда на сотни километров. Так, протяженность Ивдельско-Иагильской и Вишеро-Висимской структур доходит до 400 км, Туринско-Богословской – до 300 км, Невьянско-Кантуровской – до 200 км.

Мезозойские россыпи залегают ныне на глубинах до 50 м, часто в зонах древнего обводненного карста. Золотоносные тела, которых может быть в разрезах несколько, опускаются в карстовые промоины иногда почти вертикально («косые пласты»). Наиболее древние и высокопродуктивные золотоносные толщи относят к J_{2-3} Северного и, меньше, Среднего Урала. Основные запасы тяготеют к низам разреза, сложенным «сероцветным» гравийно-галечниковым аллювием.

Богатая **Чернореченская** россыпь J_{2-3} находится на Северном Урале в зоне влияния Серовско-Мауского глубинного разлома. Это северный фланг Краснотурьинской рудной зоны. На ее площади выявлены несколько чешуй крупного сдвига-сброса, по которому в контуры депрессии поступили пластины нижнедевонских вулканитов базит-трахиандезитовой формации с золотосульфидно-кварцевым оруденением. Переработка его и привела к появлению россыпного месторождения.

Еще один важный рудно-россыпной узел Северного Урала, связанный с корами выветривания, формировавшимися в J_{1-2} - K_2 – **Екатерининский**. Он расположен в восточной части Тагильского прогиба. Россыпи локализованы в мезозойской эрозионно-структурной депрессии. Здесь широко распространены золотоносные дресвяно-глинистые, глинистые коры выветривания остаточного и перемещенного типов мощностью 20-50 м, иногда более. В аллохтонных пластинах коры перемещенные, с ними связана основная металлоносность. Распространенные здесь ореолы Au, потенциальные рудные тела, – линзовидные, лентовидные, иногда пластообразные, наклонные (40-60°). Средние содержания Au по двум интервалам составили 2,21 и 1,47 г/т. Мощность оруденения 3-5 м, иногда до 20 м. Золотины (пластинки, чешуйки) имеют размерность 6-26 мкм. Пробность обычно 900-998, иногда – 740-800. Помимо основной примеси Ag определены Cu (до 25%), Rh, Ot, Pd, суммарно до 10%.

Казахстан. На площади **Южно-Балкумбаевского** рудного поля (рис. 7.29) значительные ресурсы золота (8,5 т) выявлены в прерывистом горизонте щебнистых пород мощностью 6-12 м. Выраженной зональности в разрезе нет. Выделяются блоки с доминированием каолинита, гидрослюд, оже-лезненных пород. В верхней части выполнения карстовых полостей каолинит доминирует. Золоторудные тела, выявленные в толще продуктов выветривания, имеют мощность до 8 м. Содержания Au здесь составляют 1-46,6 г/т, а за их пределами только 0,2-0,3 г/т. Золотины округлые, пластинчатые, дендритовидные, часто в сростках с кварцем. Их размеры, в среднем, 50-70 мкм/

В Северном Казахстане золотоносные мезозойские коры обнаружены на площади месторождения **Комаровское**. Мощности каолинит-гидрослюдистой мезозойской коры выветривания состав ляют 10-15 м, в зонах разломов – до 70-80 м. Нижняя зона дезинтеграции (7-8 м) сложена ожелезненным щебнем, выше она переходит в зону каолинит-гидрослюдистых образований (8-10 м), с горизонтом осветленных каолинов в кровле. Содержания Au в элювии соответствуют установленным в первичных кварцевых прожилках и зонах сульфидизации – 3-5 г/т. Хороший пример для Центрального Казахстана – месторождение золотоносных мезозойских кор выветривания **Степок** Акмолинской области. Рудное поле **Степок** сложено вулканитами. Среди них выделена зона золото-полиметаллической прожилково-вкрапленной минерализации. При оконтуривании по изоконцентрате 0,5 г/т Au, она имеет протяженность 0,7 км при ширине 100 м. Две рудные залежи Вертикаль и Саттелит отбиваются по изоконцентрате 1,5 г/т. В первичных рудах золота, в среднем, 4-5,2 г/т.

Кора выветривания наблюдается до глубины 80-100 м, а разрез начинается зоной дезинтеграции, представленной щебнистым материалом. Обломки содержат многочисленные пустоты выщелачивания. Кверху она сменяется щебнисто-глинистыми образованиями монтморил-лонит-гидрослюдистого состава. Венчает разрез зона пестроцветных гидрослюдисто-каолинистых глин. Содержания Au в коре меняются в интервале 2,2-21,3 г/т, Ag – до 34, 3 г/т, Pb – до 3,14%, Zn – до 2%.

Урановые инфильтрационные месторождения

Европа. В позднем триасе и юре сформировались значительные по запасам месторождения урана. Руды этого металла обнаружены в осадочных бассейнах обрамления Западно-Средиземно-

морского сегмента Средиземноморско-Гималайского подвижного пояса в Иберийской Ривьере. Ураноносные залежи присутствуют в триасовых песчаниках месторождения **Маскарет**, Испания.

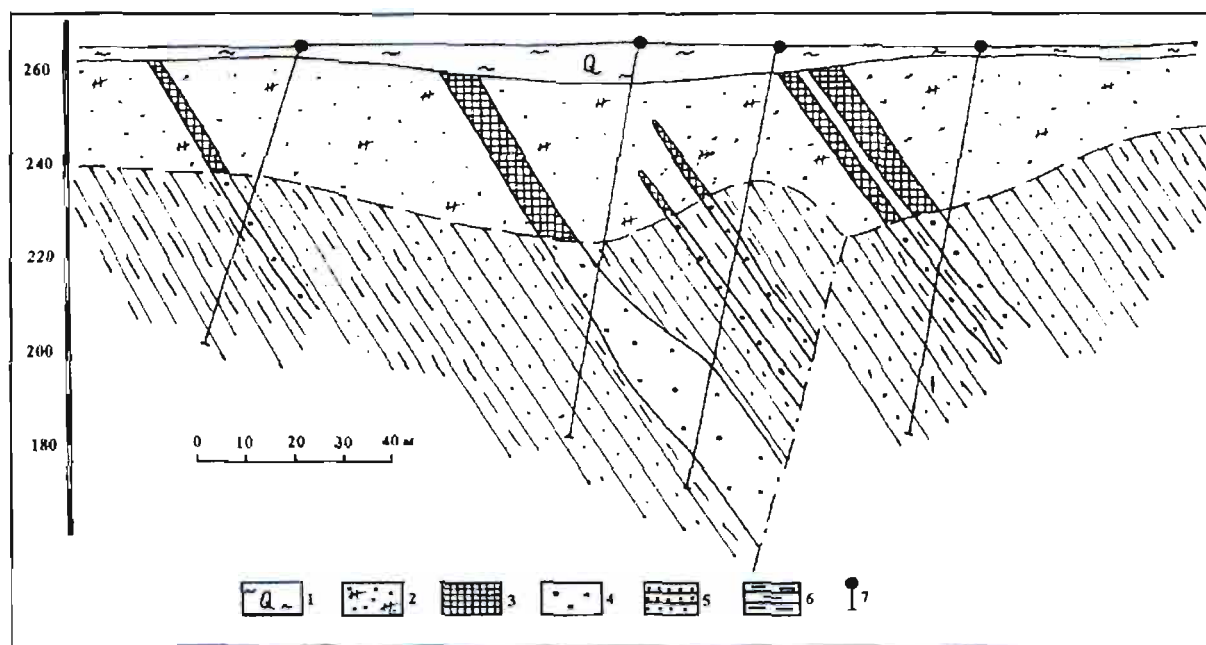


Рис. 7.29. Золотоносные коры позднего триаса-лейаса Южно-Балкумбай-ского месторождения Актыбинской области Западного Казахстана (85 км восточней станции Эмба). По А.Л. Киселеву (2000). 1 – отложения Mz и KZ, перекрывающие коры выветривания; 2 – кора выветривания по рифейским сланцам; 3 – глинисто-щебнистая порода карстовых полостей; 4 – известняки карбона; 5 – сланцы; 6 – рудные тела; 7 – скважины

Средняя Азия. В центральном **Памирском** сегменте Средиземноморско-Гималайского подвижного пояса в межгорных впадинах Тянь-Шаньского орогена в угленосных впадинах **Таравакская, Джильская** и др. появились мелкие и средние аккумуляции урана. В местных юрских углях и песчаниках ураноносность объясняется деятельностью пластовых вод. Возраст руд колеблется от мальма до неогена-квартера. В **Илийском** осадочном бассейне (начал формироваться в триасе и юре в одноименной проточной котловине) цепочка ураноугольных месторождений, связанных с юрскими толщами, тянется на 800 км по территории КНР и Казахстана. Ураноносные залежи в песчаниках и углях оставлены грунтовой и грунтово-пластовой инфильтрацией в мальме и раннем мелу, но перераспределение урана идет и сейчас [Грушевой, Печенкин, 2000].

На Украине в пределах ураноносных **Кировоградского** и **Криворожского** рудных районов, соответственно, Кировоградской и Днепропетровской областей, выявлены металлоносные глины коры выветривания, развитые по карбонатным и альбит-карбонатным метасоматитам нижнего протерозоя. Их мощности составляют 25-40 м. В Кировоградском районе разведаны **Садовое** и **Братское**, а в Криворожском – **Новогурьевское** и **Девладовское** ураново-редкоземельно-редкометалльные месторождения. Редкие элементы накопились в глинистых разностях кор, где установлены (г/т): Y – до 1300, Yt – до 130, Zr – 8800-14000, Sc – 100-130, Lu – до 22 и т.д. Ресурсы скандия в корах выветривания месторождения оценивают в сотни тонн.

Урал. Зона сочленения **Западно-Сибирской** впадины с **Урало-Монгольским** поясом на протяжении 1500 км содержит многочисленные инфильтрационные месторождения урана. В Курганно-Павлодарском районе – **Далматовское, Добровольное, Хохловское**, на северном обрамлении Казахского щита – **Семизбай**, в Чулымо-Енисейском осадочном бассейне Алтае-Саянской складчатой области – **Малиновское**. Все залежи связаны с базальными горизонтами речных долин мальма и раннего мела и обнаруживаются на значительных (150-500 м) глубинах от дневной поверхности. Орудельные участки разделяются пустыми пространствами протяженностью в десятки километров. Уран сопровождают повышенные концентрации Cu, Ag, Pb, Zn, Mo, Se, Re. Оруденение подчеркнуто обелением вмещающих пород. Последнее является результатом окислительных реакций. Возраст руд, – мальм-ранний мел [Грушевой, Печенкин, 2000].

Казахстан. В **Балхашском** ураноносном осадочном бассейне (рис. 7.30) пластовые залежи урана тяготеют к юрским углям и песчаникам. Инфильтрационные руды **Илийского** Mo-U месторождения залегают среди юрских углей и песчаников. Ураноносными они стали в поздней юре-раннем мелу, когда в региональный очаг разгрузки – озеро Балхаш, – принесли уран кислородсодержащие воды Тянь-Шаня. Расстояние до области питания оценивается в 800 км [Грушевой, Печенкин, 2000].

Ураново-угольные месторождения **Кольджатское** и **Нижне-Илийское** образованы грунтовым окислением кровли буроугольных пластов. Запасы составляют 6% от всех запасов Казахстана. Месторождения **Мынчукур**, **Талды**, **Кучертай**, **Джагистай** в Китае находятся на продолжении Илийского угленосного бассейна

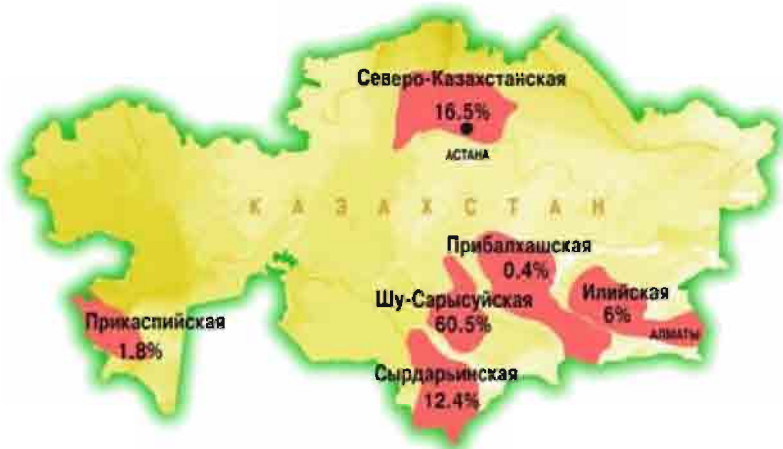


Рис. 7.30. Из шести ураново-рудных «провинций» Казахстана (Шу-Сарысуйская, Сырдарьинская, Северо-Казахстанская, Прикаспийская, Прибалхашская, Или-йская (общие ресурсы урана 1,6 млн т, вторые в Мире) в последней ураново-молибденовая минерализация ас-социирует с прикровельными частями разрезов месторождений юрских бурых углей. http://www.kazatomprom.kz/userfiles/images/clip_image002.jpg

Средняя Азия. В центральном Памирском сегменте

Средиземноморско-Гималайского подвижного пояса в межгорных впадинах Тянь-Шаньского орогена в угленосных впадинах **Таракавакская**, **Джилская** и др. появились мелкие и средние аккумуляции урана. В местных юрских углях и песчаниках ураноносность объясняется деятельностью пластовых вод. В **Илийском** осадочном бассейне (начал формироваться в триасе и юре в одноименной проточной котловине) цепочка ураноугольных месторождений, связанных с юрскими толщами, тянется на 800 км по территории КНР и Казахстана. Ураноносные залежи в песчаниках и углях оставлены грунтовой и грунтово-пластовой инфильтрацией в мальме и раннем мелу, но перераспределение урана идет и сейчас/

Титан-циркониевые россыпи

Поволжье. В догере вдоль северного края Ульяновско-Саратовской синеклизы формировались многочисленные россыпи, отнесенные Н.Н. Иконниковым к «лукояновскому типу», рис. 7.31. Их промышленные месторождения и проявления известны в Нижегородской области (Лукояновское), Чувашии, Мордовии и на территории КМА.

Наиболее экономически важные залежи **Лукояновского** россыпного района, объединившего около десяти самостоятельных залежей на площади 5 тыс. км². Самые значительные из них – **Итмановская**, **Шатковская**, **Казаковская**, **Ульяновская**, **Сангуловская**. Ширина субширотной полосы россыпей – 20-30 км, протяженность – до 70 км. Россыпи располагаются на северо-востоке Токмовского свода, тяготея к его мелким поднятиям. Линейную форму их тел с подковообразным замыканием объясняют формированием по периферии островов и подводных банок, где мощность продуктивного пласта составляет 8-10 м (на сводах – 1-2 м).

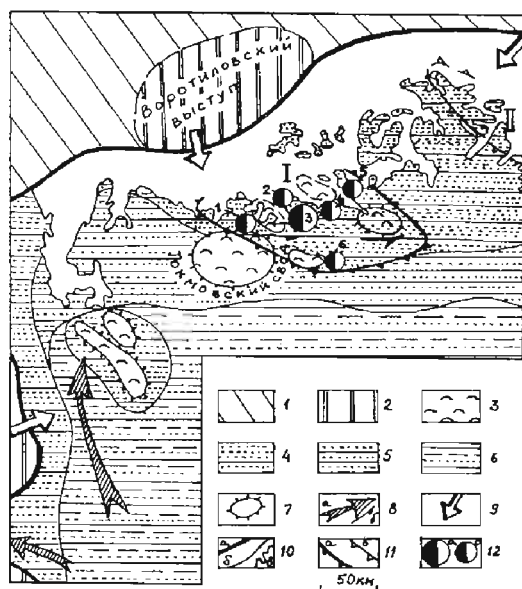


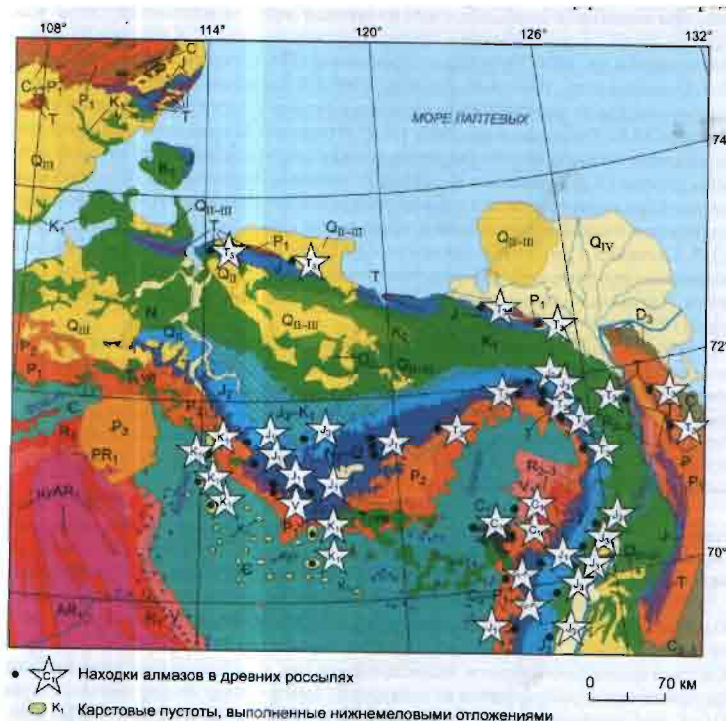
Рис. 7.31. Прибрежная зона батского седиментационного бассейна и положение Лукояновского россыпного района. По данным С.И. Гурвича, А.М. Болотова, В.О. Позняка и др. из (Патык-Кора и др., 1997, рис. 100, с. 324). 1 – область сноса, низкая суша; 2 – то же, поднятия в области массивов и выступов; 3 – 3-5 – области накопления, в т.ч.: 3 – преимущественно песчаных осадков с примесью алевроита и глины, 4 – песчано-глинистых осадков, 5 – алевропелитов с примесью песков; 6 – предполагаемые отмели, банки, возможно, острова; 7 – локальные своды; 8 – направления: а – основных течений, б – потоков наносов, реконструкция; 9 – пути поступления материала с суши; 10 – границы: а – древней суши, предполагаемая, б – литолого-фациальных зон, в – современного распространения среднеюрских отложений; 11 – области россыпеобразования: а – главные (I – Лукояновский россыпной район), б – второстепенные (II – Сангуловская площадь); 12 – россыпи ильменита, циркона, хромита: а – крупные, б – мелкие (1 –

Казаковская, 2 – Шатковская, 3 – Итмановская, 4 – Алатырская).

Красноярский край. На правобережье Ангары известно **Мадашанское** россыпное месторождение титана. Оно связано с корами выветривания T_3-J , развитыми по траппам. На площади около 10 км^2 латеритные коры содержат в среднем 42 кг/м^3 ильменита и $0,6 \text{ кг/м}^3$ циркона. Средняя мощность рудного пласта – около 10 м, т.е. примерно такая же как и вскрышных пород (около 10 м).

Тулунское россыпное месторождение титана находится близ г. Тулун на р. Ия, Иркутский угленосный бассейн. Несколько невыдержанных россыпей локализованы в отложениях лейаса. Рудоносные толщи накопились в лимнической обстановке. Ильменит сносился из кор выветривания, развитых по соседним трапповым полям. Его концентрации в аргиллитах – 22 кг/м^3 , песчаных аргиллитах – 38 кг/м^3 , в песчаниках – $20-40 \text{ кг/м}^3$. Среди минералов тяжелой фракции ильменита 93%, аутигенных лимонита и сидерита – 20-93%. Зерна ильменита лейкоксенизированы только в 1-2% случаев. Содержание TiO_2 в рудоносных псаммитах 3,1-3,4%. Благоприятным свойством ильменитов Тулуна является низкохромистость ($0,034\% \text{ Cr}_2\text{O}_3$).

Промышленные алмазоносные россыпи



Находки алмазов и их генетических спутников в верхнетриасовых и юрских отложениях известны в ряде мест платформы, прежде всего, на её севере и в центральной части, рис. 7.32. С.А. Граханов описал первичные ореолы алмазов северного типа в породах триаса

Рис. 7.32. Алмазоносность древних осадочных пород Лено-Анабарской субпровинции. По С.А. Граханов с соавторами (2007).

Западного Верхоянья. Там на-иболее алмазоносным считается базальный горизонт карнийского яруса верхнего триаса. Содержания алмазов в конгломератах доходит иногда до $11,5 \text{ кар./м}^3$.

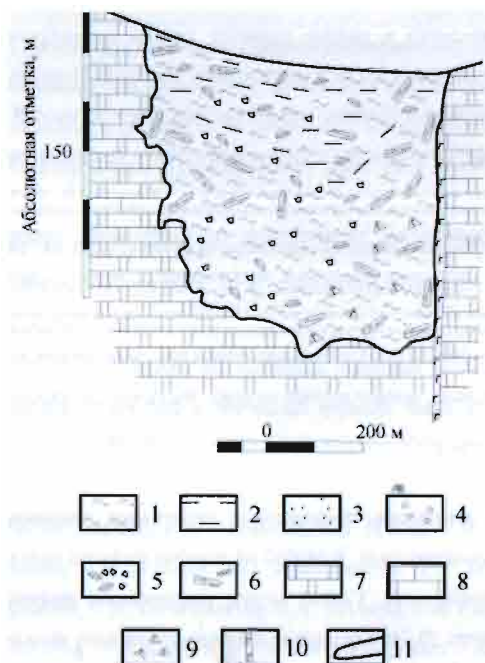
Верхнетриасовые-раннеюрские россыпи ближнего сноса с уникальными запасами алмазов, локализованы в пределах **Накынского** кимберлитового поля. Россыпи находятся в пределах северо-западного борта Вилюйской синеклизы и локализованы в карстовых воронках и прочих эрозионных формах палеорельефа. Продуктивность их определяется величиной эрозионного среза высокоалмазоносных трубок Нюрбинская и Ботуобинская, оцениваемого в 30-40 м. Продуктивныо-континентальные отложения дяхтарской свиты $T_3-J_1 \text{ dh}$ и укугутской свиты лейаса $J_1 \text{ uk}$ (рис. 7.33), слабоалмазоносными – прибрежно-морские толщи тюнгской свиты $J_1 \text{ tn}$. Сходны по геологическому строению мезозойские россыпи **Ботуобинская, Нюрбинская** и другие,

Рис. 7.33. Строение алмазоносной поздне-триасовой-раннеюрской карстовой депрессии Накынского кимберлитового поля. 1 – глины; 2 – алевролиты; 3 – пески разнозернистые; 4 – галька; 5 – гравий и щебень; 6 – конгломераты и брекчии; 7 – доломиты; 8 – известняки; 9 – обломки базитов; 10 – дайка основного состава; 11 – стратиграфическая граница. По И.И. Никулину (2009).

Фосфориты

На Восточно-Европейской платформе традиционно различают фосфатогенерирующие бассейны: позднеюрский-раннемеловой Волго-Уральский и верхнемеловой Восточно-Европейский, продолжающийся и в Западную Европу. Самые ранние фосфориты Волго-

северо-западного борта Вилюйской синеклизы и локализованы в карстовых воронках и прочих эрозионных формах палеорельефа. Продуктивность их определяется величиной эрозионного среза высокоалмазоносных трубок Нюрбинская и Ботуобинская, оцениваемого в 30-40 м. Продуктивныо-континентальные отложения дяхтарской свиты $T_3-J_1 \text{ dh}$ и укугутской свиты лейаса $J_1 \text{ uk}$ (рис. 7.33), слабоалмазоносными – прибрежно-морские толщи тюнгской свиты $J_1 \text{ tn}$. Сходны по геологическому строению мезозойские россыпи **Ботуобинская, Нюрбинская** и другие,



Уральского бассейна ассоциируют с черными юрскими глинами, что позволило допустить восстановительные обстановки фосфатонакопления. В **Егорьевском** фосфоритоносном районе, 80-90 км юго-восточней Москвы, продуктивными являются два фосслоя: среднетитонский базальный, сложенный перебитыми фосфоритовыми гальками мощностью 0,15-0,3 и верхнетитонско-берриасский (внизу желваки в глинистых песках или фосплита, сверху черные глины с конкрециями железистых фосфоритов, железисто-фосфоритовые песчаники, фосплиты) мощностью 0,3-2,5 м. Залегают нижние фосфориты на глинах оксфорда. Мощности фосфатоносной толщи нарастают на север и северо-восток от 1,5 м до 8 м вслед за погружением каменноугольного основания.

США. Средне-верхнетриасовые морские химические пеллетные и конкреционные фосфориты с костями рыб известны в штате Аляска. Там среди черных алевролитов, известняков, доломитов, сланцев формации Шублик открыто месторождение **Садлерочит Ривер**.

Мексика. Позднеюрские морские химические фосфориты открыты в штате Коауила – рудные районы и месторождения **Астиллеро, Бануэлос, Гарамбульо, Мина Онда, Сан Франсиско Норт, Сан Франсиско Саут, Сан Хуан, Сьеррас Гомес Фариас-Ля Карбонера-Сан Хавьер** с частными объектами **Канелито, Салтильо, Сьерра Ля Катана** в известняках, алевролитах и кремнистых сланцах формации Ля Каха. Фосфориты обычно зернистые и конкреционные, локализованы среди известняков и кремнистых сланцев. В штате Гуахоуато, район Лос Посос, выявлены морские фосфатоносные аккумуляции **Ля Лаха, Анхелина, Эль Пасео, Ля Дура, Ля Приета, Эль Дураснильо**; их полагают юрскими-меловыми. Содержания P_2O_5 варьируют между 2,1% и 43%.

Перу. Небольшие аккумуляции нижнеюрских морских фосфоритов открыты в департаменте Хунин. Там известны месторождения **Ичпачи** и **Мантаро**, или **Ля Ороя**. Залежи **Ичпачи** представлены фосфатными песчаниками и алевролитами, находящимися среди углеродистых аргиллитов и кремнистых сланцев формации Арамачай. Фосфориты **Мантаро** разнообразней, хотя локализованы в той же формации Арамачай. К ним отнесены фосфатоносные битуминозные аргиллиты, фосфатные известняки, пеллетные фосфориты (пеллеты фосфатов рассеяны в породе), известковистые пеллетные аргиллиты. Для этого объекта допускают присутствие и нижнемеловых фосфоритов.

Калийные соли

В кимеридже-неокоме во впадинах Афгано-Таджикской, Хива-Мургабской и разделивших их юго-западных отрогах Гиссарского хребта накопилась мощная галогенная толща. В единый регрессивный цикл на юге Средней Азии объединяют известняки келловей-оксфорда, соли и ангидриты кимериджа-титона и красноцветы неокома. Условия довольно глубоководного (судя по незначительной примеси терригенного материала в карбонатных отложениях) осадконакопления в самом конце оксфорда и кимеридже стали резко иными. В регионе возник некомпенсированный прогиб, который считают одним из условий галогенеза. Прогиб разбили многочисленные тектонические ступени, определившие распределение погруженных и приподнятых частей, впадин разной глубины. Накопившаяся соляно-ангидритовая толща имела мощность более одного километра.

Калиеносные отложения кимериджа-титона (гаурдакская свита), распространены на территории 30 тыс. км² в самом мелководном северо-восточном секторе, между поднятиями юго-западного Гиссара и «Кызыл-Кум-Южно-Тяньшаньского щита». Калиеносная площадь находится на правом берегу р. Аму-Дарья между Чарджоу и хребтом Кугитангтау на юге Туркмении. Часть **Среднеазиатского** калиеносного бассейна, в пределах которого калийные соли уже разведаны, составляет 4 тыс. км² в юго-западных отрогах Гиссарского хребта. Ширина установленной продуктивной полосы – 10-50 км, протяженность – 110 км. На площадях **Гаурдак-Тюбеготан, Кугитанг, Карлюк, Окузбулак** (калийные соли залегают на доступных глубинах (200-1200 м). Мощность вскрышных пород над кровлей соленосных отложений гаурдакской свиты здесь не более 1 км. Известны месторождения: **Гаурдак, Тюбеготан** и участки Северо-Гаурдакский, Кызыл-Мазар, Южный Лялимкан. На Акташском участке два сильвинитовых пласта мощностью более 2 метров содержат KCl 18,5-27%. В Тюбеготане пластов три. Практически значим, однако, единственный – «нижний II» мощностью 0,8-10,6 м (средняя – 5,1 м) и содержанием KCl 15,3-50,5%. Сильвинитовый пласт Южного Лялимкана имеет мощность 3,9-6,9 м, KCl в нем – 18,8-48,6%.

7.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза

Для киммерийского этапа различаются следующие историко-минерагенические провинции (ИМП) (рис. см. рис. 7.23): I. Средиземноморская, II. Восточноевропейская, III. Уральская, IV. Восточносибирская, V. Западного Пацифика, VI. Центральноамериканская.

I. Средиземноморская ИМП. На её обширных площадях, занявших всю западную половину Средиземноморского подвижного суперпояса, сохранились месторождения киммерийских железных и марганцевых руд, бокситов, статиформные полиметаллические и урановые месторождения. В течение большей части юры (180-130 млн лет) в осадочных бассейнах Западной Европы (Люксембург, Франция, Чехия, Германия, Бельгия, Великобритания) накопились руды гематит-сидерит-шамозитового состава. Их пласты мощностью до 7 м переслаиваются с мергелями, песчаниками, сланцами. Они содержат 30-35% железа и 0,2-2% фосфора. В отложениях тоарского

яруса Венгрии руды Мп распространены в Задунайском регионе. Месторождение **Уркут** имеет запасы руды около 80 млн т. Вмещающие оруденение черные сланцы – биогенные, морские. Руды полосчатые, с примесью пирокластического материала. Они относятся к типам карбонатно-марганцевому (25% запасов) и оксидно-марганцевому. В Боснии и Герцеговине марганцеворудные залежи Мп локализованы триасовых вулканогенно-осадочных породах в пределах рудных полей **Цер, Чевлянович**. Крупнейшим месторождением считается также сформировавшийся в триасе **Бузим**.

В Марокко выявлены залежи свинца в карбонатных отложениях юры (Беддиан и Уэд-Мокта, запасы 1200 тысяч т Pb при содержании металла в рудах 16%) и в терригенных породах триаса (Зейда, Бу-Мия, запасы 600 тысяч т Pb, содержание в рудах 3-3,6%). По запасам руд свинца и цинка Марокко занимает соответственно 2-е и 3-е места в Африке. Значительные по запасам инфильтрационные месторождения U сформировались в осадочных бассейнах обрамления Западно-Средиземноморского сегмента Средиземноморско-Гималайского пояса (Иберийская Ривьера). Ураноносные залежи присутствуют в триасовых песчаниках месторождения **Маскарет**, Испания. В межгорных впадинах Тянь-Шаня появились мелкие и средние аккумуляции U. В местных юрских углях и песчаниках ураноносность объясняют деятельностью пластовых вод. В Илийском осадочном бассейне (начал формироваться в Т и J) цепочка ураноугольных месторождений в юрских толщах тянется на 800 км по территории КНР и Казахстана. Ураноносные залежи в песчаниках и углях оставлены грунтово-пластовой инфильтрацией в мальме и раннем мелу, но перераспределение урана идет и сейчас.

В Западной Европе широко развиты месторождения каолинов нижнемезозойского возраста в коре выветривания на гранитоидных породах. Бокситы же относятся к типу «терра росса» приурочены к перерывам в карбонатных толщах. Динарская бокситовая провинция, протянувшаяся от Черногории до Альп на 600 км, только на Словенском участке имеет восемь бокситовых уровней, от среднего триаса до олигоцена. В Греции наиболее древние юрские бокситы известны в районе Парнас-Киона, где красные оолитовые и пизолитовые диаспоровые разности залегают на известняках доггера под среднеюрскими же темными известняками. Второй бокситовый горизонт наблюдается в кровле темных известняков доггера под «переходными» известняками титона-сеномана.

Близ г. **Чимкент**, Казахстан, бокситы и бокситистые глины триаса-юры выполняют карстовые полости в кровле каменноугольных известняков. К рэту-лейасу относят бокситы месторождения **Кайрак**, Гиссарский хребет. Линзы хлорит-диаспоровых бокситов мощностью до трех метров залегают на размытой поверхности пород палеозоя. В **Ферганской** впадине распространены триасовые-юрские каолинит-диаспоровые бокситы ближнекарстового типа (**Каракинсай, Кштут, Шинг, Майлису**). С корой выветривания, развитой на рубеже перми и триаса, связаны залежи бокситов Памира. Юрские бокситы мощностью до 12 м у г. **Керман**, юг Ирана, залегают под угленосной толщей лейаса на триасовых известняках и доломитах. На афганском месторождении **Тала** пласт бокситов (3 м) встречен на эффузивах триаса под юрскими угленосными отложениями.

В кимеридже-неокоме на юге Средней Азии накопилась мощная галогенная толща. Ширина установленной продуктивной полосы – 10-50 км, протяженность – 110 км. Количество пластов сильвинита колеблется от 2 до 7, мощности – от 3 до 20 м, содержание KCl от 210,4 до 48,6 %. Глубины залегания кровли пластов от первых до 300 м. > 10 м (KCl 30%).

II. Восточноевропейская ИМП. В её пределах локально распространены киммерийские железные руды, титан-циркониевые россыпи, инфильтрационные месторождения урана. Первые представляют кору выветривания инфильтрационно-карстового типа на карбонатных породах палеозоя. В ураноносных породах Кировоградского рудного района разведаны **Садовое** и **Братское**, в Криворожском – **Новогурьевское** и **Девладовское** ураново-редкоземельно-редкометалльные месторождения. Редкие элементы накопились в глинистых разностях кор, где установлены (г/т): Y – до 1300, Yt – до 130, Zr – 8800-14000, Sc – 100-130, Lu – до 22 и т.д. Ресурсы скандия оценивают в сотни тонн.

Титан-циркониевые россыпи известны в Нижегородской области (**Лукояновское**), Чувашии, Мордовии. Наиболее экономически важные залежи **Лукояновского** россыпного района объединили около десяти объектов на площади 5 тыс. км². Наиболее значительные: **Итмановская, Шатковская, Казаковская** и другие россыпи. В самой перспективной Итмановской при среднем содержании «условного циркона» 63,7 кг/м³, запасы песков определены в 200 млн т.

На Восточно-Европейской платформе известны отложения позднеюрского-раннемелового Волго-Уральского фосфатогенерирующего бассейна. В **Егорьевском** фосфоритоносном районе, 80-90 км юго-восточней Москвы, продуктивными являются фосслом среднетитонский базальный, сложный перемытыми фосфоритовыми гальками мощностью 0,15-0,3, и верхнетитонско-берриасский (внизу желваки в глинистых песках или фосплита, сверху черные глины с конкрециями железистых фосфоритов, железисто-фосфоритовые песчаники, фосплиты) мощностью 0,3-2,5 м. Мощности фосфатоносной толщи нарастают от 1,5 м до 8 м вслед за погружением каменноугольного основания.

III. Уральская-Среднеазиатская ИМП. Киммерийские коры выветривания и ассоциирующие с ними россыпи – особенность экзогенного рудообразования на Урале и в Казахстане. Несколько особняком стоят многочисленные древние урановые объекты инфильтрационного происхождения.

Золотоносные коры выветривания юрско-меловой поверхности выравнивания и связанные с ними золотоносные россыпи широко развиты на Урале и в Казахстане. Только в последние десятилетия открыто и разведано более 60 месторождений, что позволило увеличить балансовые запасы золота промышленных категорий более чем в два с половиной раза, а добычу – в полтора.

Зона сочленения Западно-Сибирской платформы с Урало-Монгольским поясом на протяжении 1500 км содержит многочисленные инфильтрационные месторождения урана. В Балхашском ураноносном осадочном бассейне Казахстана пластовые залежи урана тяготеют к юрским углям и песчаникам. Инфильтрационные руды **Илийского** молибден-уранового месторождения залегают среди подобных пород. В **Илийском** осадочном бассейне цепочка ураноугольных месторождений, связанных с юрскими толщами, тянется на 800 км по территории КНР и Казахстана.

С нижнемезозойскими корами выветривания и продуктами их перемыва связаны многочисленные месторождения каолинов и огнеупорных глин Урала и Казахстана, в гораздо меньшей степени бокситов. Если обычно при выветривании кислых и основных пород образуются каолинами, то на гипербазитах – нонтрониты с месторождениями силикатных никеля и кобальта, бурые железные руды.

IV. Восточносибирская ИМП. Её облик определили крупные аккумуляции железных руд, золота, редкометалльно-редкоземельные россыпи. В Якутии, на северных склонах Алданского щита в поздне триасовую-ранеюрскую эпоху мощного корообразования сформировались пласты гётит-гидрогётитовых руд. Выделяются Ботомский и Лено-Малыканский железорудные районы. Золотоносные коры выветривания имеют каолинит-гидрослюдисто-монтмориллонитовый состав. Позднего наложенного сидерита может быть до 80%. Юрские грубообломочные молассы наложенных впадин Тывы и Западного Саяна являются не только источником Au в россыпях, но и сами являются перспективным объектом золотодобычи. Эти породы на восточном склоне Кузбасса содержат 1-4 г/т золота.

Мадашанское россыпное месторождение титана на правом берегу Ангары связано с корами выветривания верхнего триаса-юры, развитыми по траппам. На площади около 10 х 2 км латеритные коры содержат в среднем 42 кг/м³ ильменита и 0,6 кг/м³ циркона. Средняя мощность рудного пласта – около 10 м (как и вскрышных пород). Тулунское россыпное месторождение титана близ г. Тулун на р. Ия, Иркутский бассейн, локализовано в отложениях нижней юры. Концентрации ильменита в аргиллитах – 22 кг/м³, песчаных аргиллитах – 38 кг/м³, песчаниках – 20-40 кг/м³. Содержание TiO₂ в рудоносных псаммитах 3,1-3,4%. Ильмениты Тулуна являются низкохромистые (0,034% Cr₂O₃), что увеличивает перспективы месторождения, в частности, и по этому показателю.

V. ИМП Западного Тихоокеанского кольца. На западе Тихоокеанского кольца распространены киммерийские месторождения железных и марганцевых руд, полиметаллов. Менее характерны для региона триасовые бокситы. Озерные гематитовые и сидеритовые руды Китая распространены среди угленосных юрских отложений. Гематитовые залежи относят к «цинцзянскому», сидеритовые – «вэньюаньскому» типам. Первые развиты в пров. Гуйчжоу (район г. Тунцзы) и на юге пров. Сычуань. Сидериты «вэньюаньского» типа в Синьцзяне образуют многочисленные мощные пласты с высоким содержанием железа. В других районах экономическое значение юрских сидеритов невелико (Гуйчжоу, Сычуань, Хубэй, Гэньсу, в Ордосской впадине и Северо-Восточном Китае).

Залежи поздне триасовых марганцевых карбонатных руд Китая обнаружены между кристаллическими и полосчатыми известняками свиты **Цяодиньшань** на отдельных площадях пров. Юньнань. Синхронными им являются скопления марганца в пров. Гуйчжоу, залегающие под угленосной толщей юры. Позднеюрским является крупное Pb-Zn-Ag месторождение **Ленг Шуй Кенг** на стыке тектонических блоков Янцзы и Хуанань. Потенциальные ресурсы руд определены в 16300х10⁴ т. Ресурсы только Ag составили 9,4 тыс. Pb и Zn – 3,5 млн т. Определены перспективы добычи попутных Au, Cd, S, Fe, Mn и др. Бокситы триаса известны на СЗ Вьетнама. У г. **Донг-Данг** их останцы сохранились на закарстованной поверхности известняков девона и пермокарбона.

VI. Центральноамериканская ИМП. В ней известны аккумуляции марганцевых руд, урано-ванадиевые, меденосные, а также залежи полиметаллических руд, барита. В юре сформировались осадочные месторождения марганца **Паридеро, Таратана, Моланго, Сан-Франсиско** в Мексике. На условия локализации и состав залежей оказали влияние постмагматические процессы. На Кубе подобные месторождения связаны со структурами островной дуги, пирокластическими и карбонатными отложениями поднятий: месторождения Эль Кристо, Понупо, Чарко-Родондо. Залежи каждого могут содержать до 6,5 млн т руды. В северных штатах Мексики широко распространены Pb-Zn-Cu-Ba-F-Sr месторождения «типа долины Миссисипи» (MVS), ассоциирующие с карбонатными толщами. Основные месторождения находятся близ г. Мускис. Пластовые залежи руд урана и ванадия на плато Колорадо, США на востоке штата Юта имеют возраст средний триас-средняя юра, хотя разброс значений составляет от 85 млн лет до 295 млн лет. Основные запасы урана

ассоциируют с русловыми фациями (песчаники, гравелиты, конгломераты), содержащими органическое вещество. В рудах 0,11-0,24% U_3O_8 , до 1,7% V_2O_5 , сотые доли процента Си. На долю рудного района приходится 60% всего добываемого в США урана (5170 т в 1982 г.). В рудном районе Альпаргатерал, Анды, на востоке Колумбии, медистые песчаники образуют нескольких небольших месторождений в красноцветах триаса-юры. Полагают, перспективы рудного района далеко не ограничены уже сделанными открытиями.

Выводы

Киммерийский минерагенический этап характеризовался значительной, своеобразно распределенной по континентам Земли продуктивностью. В позднем триасе-юре возникли или начали формироваться мирового уровня скопления ртути (**Никитовка, Идрия**), золота (**Нежданинское, Дарасун**), олова (**Депутатское**), молибдена и вольфрама (**Бугдаинское, пояса Цзянси**). Плотность рудных аккумуляций повсеместно невелика, кроме четырех регионов: 1 – Донбасса; 2 – Забайкалья; 3 – Верхоянья; 4 – Восточного Китая. Канадские Кордильеры отмечены значительным киммерийским рудообразованием, но оно концентрировалось в единственной области – Британской Колумбии, с ее позднеэриасовыми вулканогенно-колчеданными подтипа Бесси месторождениями **Уинди Крэгги, Грандук**, раннеюрскими золото-медным **Гэлор Крик**, порфировыми медными **Шафт Крик, Гибралтер, Хайленд Велли**, золоторудными скарнами **Никель Плойт** и метасоматитами **Эски Крик**.

В список не попали регионы с мощным рудогенезом недавнего позднегерцинского этапа – Среднеазиатский пояс, Урал, Казахстан. Заметна пространственная разобщенность регионов, где формировались рудные скопления, образование которых требовало разных тектонических обстановок. Проявления киммерийских кимберлитов и карбонатитов (обстановки растяжения) оказались локализованными в периферических частях Атлантического суперпояса, по периферии Австралии и Африканского континента, в пределах северной окраины Сибирской платформы, удаленных от названных выше четырех регионов, где рудообразование происходило в обстановках сжатия.

Экзогенный рудогенез киммерийского этапа сформировал богатейшие аккумуляции природно-легированных железных руд **Лотарингского** бассейна, значительные аккумуляции бокситов в Западной Европе, важные цирконий-титановые россыпи Восточно-Европейской платформы (**Лукояновский** рудный район). С киммерийским этапом связано начало становления огромных урано-ванадиевых месторождений плато Колорадо в США. Одной из загадок этапа является отсутствие на гондванских платформах аккумуляций полезных ископаемых, ассоциирующих с корами выветривания (бокситов, металлоносных россыпей), не смотря на широкое развитие и выраженность в верхнем ярусе современного рельефа юрской «гондванской поверхности».

Глава 8. Раннеальпийский этап

8.1. Гипогенный минерагенез

Раннеальпийские рудные месторождения, в т.ч. уникальные ртути, олова, серебра, золота, полиметаллов, сосредоточены в Восточно-Азиатской и Кордильерской складчатых областях (рис. 8.1). На Китайско-Корейской и Южно-Китайской платформах возникла REE-Sn-W минерализация, связанная с гранитоидами продолжавшегося в мелу яньшаньского тектогенеза (даты около 100 млн лет). Мезозойскими являются около 30% всех карбонатитовых интрузий Мира. Именно с ними и щелочными породами связано большинство ниобиевых месторождений, образовавшиеся в киммерийскую и раннеальпийскую (меловую) металлогенические эпохи. На континентах Западного полушария и в Африке широко распространены меловые кимберлиты, нередко алмазоносные. Их проявления известны также в Антарктиде и на Калимантане. Огромные аккумуляции Au, Ag, Sn оказались сконцентрированными на северо-западе Пацифика (Восточная Якутия, Магаданская область, Чукотка). На рубеже мелового и палеогенового периодов в ларамийский тектогенез в основном завершился длительный процесс формирования гигантских U-V месторождения плато Колорадо. Геологами США (Р.П. Фишер, В.С. Келли, Д.Ф. Киттел, Р.И. Меланкон, Б. Вуд, Р.С. и др., 1973) обобщен огромный полевой и аналитический материал, позволивший оценить вклад эндогенных и экзогенных факторов в возникновение стратиформных залежей. Экзогенные факторы при этом явно доминировали, хотя источниками рудных элементов, видимо, были первично гипогенные: вулканические стекла, пирокластика, изверженные породы и эффузивы. Очень активным было меловое рудообразование в Андах, где появились Cu-Mo порфировые, мезо- и эпитермальные Au-Cu, Au-Ag и (ограниченно) железорудные месторождения Медного пояса Чили.

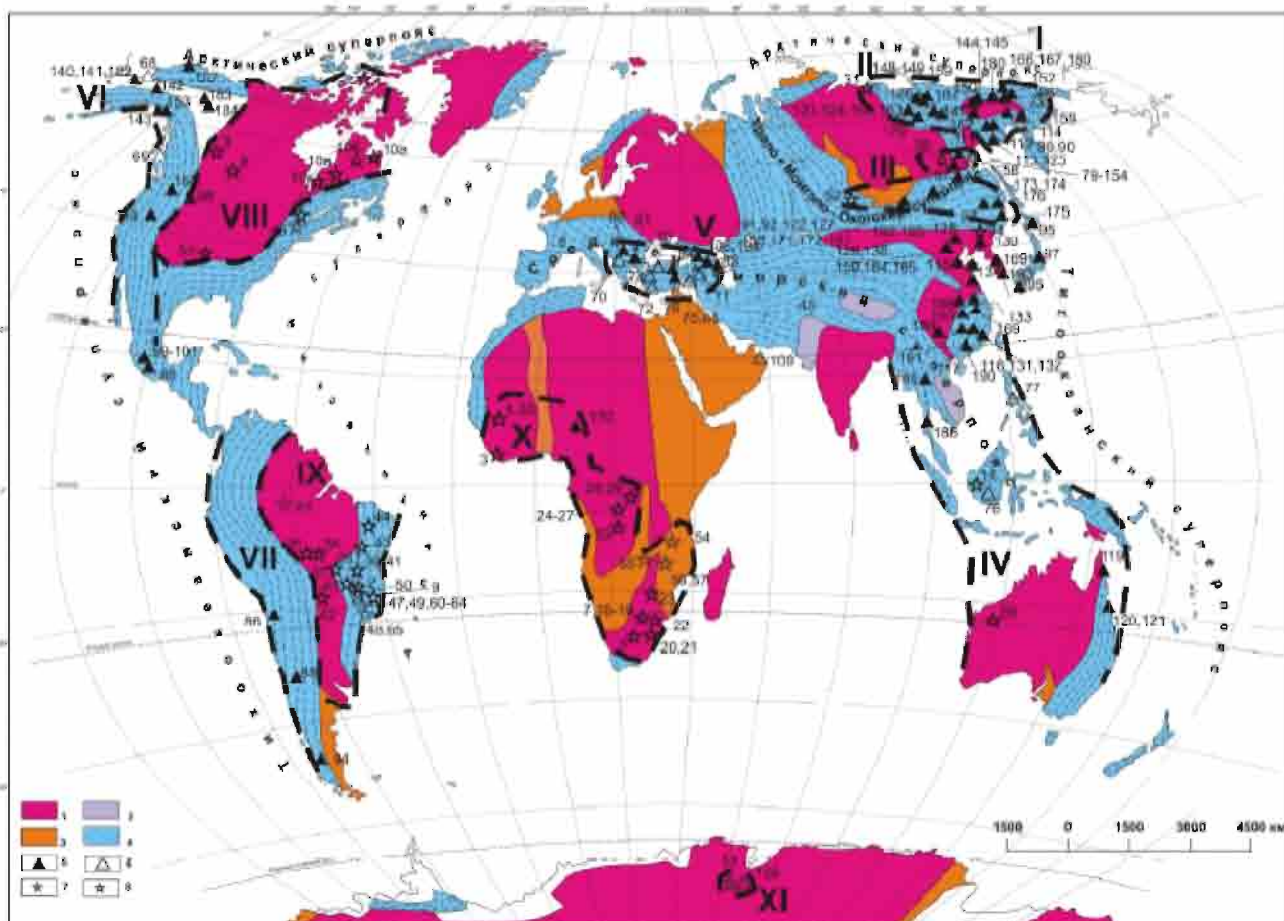


Рис. 8.1. Раннеальпийские (135-65 млрд лет) эндогенные месторождения на континентах Земли. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицировано. Условные обозначения: 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогена, испытавшие складчатость и консолидацию в конце протерозоя-начале палеозоя; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогее; 5-8 – эндогенные и экзогенные месторождения и проявления, в т.ч. связанные: 5 – с преимущественно коллизионными процессами – скарновые, гидротермальные); 6 – с процессами дилатансии, преимущественно основным вулканизмом (источники рудных компонентов в верхах мантии и низах коры, руды медно-никелевые, медно-молибденовые порфировые и т.д.), 7- 8 – мантийными источниками (7 – карбонатиты, 8 –

кимберлиты). Римскими цифрами обозначены историко-минералогические провинции (ИМП): I-IV – входящие в состав мегапровинции Восточной Азии и Австралии, в т.ч. ИМП: I – Северо-восточной Азии, II – Тувино-Амурская, III – Восточнокитайская, IV – Малайско-Австралийская; V – Южноевропейско-Иранская, VI – Североамериканских Кордильер; VII – Андийская, VIII – Перилавертийская, IX – Бразильская, X – Периафриканская, XI – Антарктическая. Раннеальпийские месторождения, в т.ч.:

I. Алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты, лампроиты, пикриты: 1 – **Бэтти, Элвин**, остров Сомерсет, Северо-Западные Территории Канады. Кимберлитовые трубки; 2 – провинция позднемелового калиевого магматизма Альто Паранаиба. Кимберлитовые трубки **Трес Ранчос**, "Двести семьдесят", "Жуна" и др.; 3 – **Мано Годуа, Кемп Альфа**, запад Либерии. Трубки дайки кимберлитов; 4 – **Мали**, кимберлиты трубок **Батифара, Серкью, Торомайя, Кобата** и др.; 5 – **Цзюсюн, Андо**, Тибет. Нижнемеловые алмазоносные гипербазиты; 6 – **Кимберли**, ЮАР. Кимберлитовое поле (68 тел, 9 с алмазами); 7 – **Камферсдам**, ЮАР. Кимберлитовое поле (4 тела, 1 с алмазами); 8 – **Форт а ля Корн**, Саскачеван, Канада. Кимберлитовое поле; 9 – **Буффало Хэд Хилс**, запад Канады. Кимберлитовое поле; 10 – **Сьюпериа**, пров. Квебек, Канада. Кимберлитовая провинция в составе полей: 10а – **Tongat**, 10б – **Otish**, 10в – **Desmaraisville**, 10г – **Temiscamingue**; 11 – **Бизард** (остров), пров. Квебек, Канады. Кимберлитовое поле; 12 – **Мерфисборо**, Арканзас, США. Кимберлитовое поле; 13 – Канзас, США. **Райли**, Кимберлитовое поле. **Вудсон**, Канзас. Силлы лампроитов; 14 – юго-восток Калимантана. Алмазоносные (?) перидотиты K_1 («брекчия Хауэран», д. Бунглей); 15 – **Ягерсфонтейн**, ЮАР. Кимберлитовое поле (32 тела); 16 – **Робертс Виктор**, ЮАР. Кимберлитовая трубка в поле **Бишоф** (12 тел); 17 – **Лайон Хилл**, ЮАР. Кимберлитовая дайка в поле **Уинбург** (15 даек); 18 – **Монастери**, ЮАР. Кимберлитовое поле и одноименная трубка; 19 – **Финш**, ЮАР. Кимберлитовая трубка в поле **Постмасбург** (13 тел); 20 – **Центральный** кимберлитовый район Лесото. 40 тел (**Као, Лемпхане** и др.); 21 – **Восточный** кимберлитовый район, Лесото. 35 кимберлитовых тел (трубки **Мотасе, Летсенг ля Терае** и др.); 22 – **Свазиленд**, кимберлитовое поле из 5 тел (**Долоквайо** и др.); 23 215 – **Орапа**, Ботсвана. Кимберлитовое поле (трубки **Орапа, Летлхакане** и др.); 24 – **Камафука-Камазамбо**, Ангола. Кимберлитовое поле (трубки **Камуазанза, Нашитанго-1, Макассо, Кангоа, Камаджико** и др.). **Камачия**, кимберлитовое поле (8 тел, в т.ч. дайка **Луниунга-2**; 25 – **Катока**, Ангола. Кимберлитовое поле (25 тел; 26 – **Каматуэ**, Ангола. Кимберлитовое поле (15 трубок); 27 – **Кариуэ**, Ангола. Кимберлитовое поле (трубка **Камбуангэ** и др.); 28 – **Бакванга**, пров. Мбужи-Майи, Заир. Кимберлитовое поле (10 тел); 29 – **Калоджи**, пров. Мбужи-Майи, Заир. Кимберлитовое поле (4 тела); 30 – **Каниеба**, Мали. Кимберлитовое поле (15 тел); 31 – **Беенчиче-Куойское** поле ЯАП, диагены кимберлитов с «меловыми» датами; 32 – нижнемеловые лампроиты Алданского щита (**Мурунский** массив; **Ломамский** шток); 33 – **Принс Чарльс** (горы), Антарктида. Алмазоносные лампроиты; 34 – **Комсомольское**, Сихотэ-Алинь. Алмазоносные пикриты J-K; 35-45 – поля меловых кимберлитов Бразилии, в т.ч.: 35 – **Буэно**, 36 – **Фонтанильо**, 37 – **Иотоба**, 38 – **Коромонос**, 39 – **Кармено**, 40 – **Бабуи**, 41 – **Иокора**, 42 – **Мотогроссо**, 43 – **Кубус**, 44 – **Пикус**, 45 – **Диамантина**.

II – апатитоносные и другие массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатами: 46 – **Ока**, пров. Квебек, Канада. Карбонатиты с Nb; 47 – **Баррейру ди Араша**, Минас-Жерайс, Бразилия. Карбонатиты с Nb, Ta, P; 48 – **Посус ди Калдис** (плато), Бразилия. Карбонатиты K_2 с бадделеитом ZrO_2 . То-REE **Морру ду Ферру**; 49 – **Тапира**, Восточная Бразилия. Меловые карбонатиты с Th, Zr, Ta, Nb; 50 – **Каталан**, Гойяс, Бразилия. Карбонатиты с Nb, TR, P, Nb; 51 – **Магнет Ков**, субпровинция Канзас-Арканзас, США. Карбонатиты с P, Ti и флюоритом; 52 – **Карасугское**, Центральная Тува. Карбонатитовое Fe-F-Ba-Sr-TR специализации; 53 – **Каната**, Ангола. Карбонатиты. Ti, P, Sr, $BaSO_4$; 54 – **Мбея**, Танзания. Карбонатиты. Nb, P, Fe; 55 – **Нкомбва**, Замбия. Карбонатиты. Nb, P; 56 – **Тундулу**, Малави. Карбонатиты. Nb, TR, P; 57 – **Канганкунде**, Малави. Карбонатиты. TR, Nb; 58 – **Кондёр**, Хабаровский край. Герцинское (до мел-палеогенового) оруденение в карбонатитах с МПГ, TR; 59 – **Янджибана**, Западная Австралия. Карбонатитовые жилы, MZ_1 . TR; 60 – **Якупиранга**, Сан-Паулу, Бразилия. Карбонатиты с Th, Zr, Ta, Nb; 61 – **Серро Маномо**, Боливия. Карбонатиты. U, Th; 62 – **Салитре**, Восточно-Бразильский щит. Карбонатиты. Fe, Ti; 63 – **Серра Негра**, там же. Карбонатиты. Ti; 64 – **Мато Прето**, Восточно-Бразильский щит. Карбонатиты. Флюорит; 65 – **Лэгес**, там же. Карбонатиты. TR, Nb.

III – никелевые, медно-никелевые, платинометалльные, в связи с интрузиями базитов-ультрабазитов, офиолитами: 66 – **Тамватней**, Корьяское нагорье. МПГ в лерцолитовом массиве K_2 ; 67 – **Становая** складчато-глыбовая зона, Амурская область. Тела нижнемеловых платиноносных интрузивов ассоциации кортландит-пироксенит-габбро; 68 – **Гудньос**, Аляска. Гипербазитовый массив уральского типа МПГ; 69 – **Александр**. Меловой платиновый пояс ЮВ Аляски.

IV – хромитовые: 70 – **Булькиза, Тропоя**, Северная Албания. Рудные районы с месторождениями **Брегу-и-Бибёс, Шпату-и-Дайчит** площади **Стоберда** и др.; 71– **Шоржа, Гей-Дара**, Армения. Хромитовые; 72 – **Берит**, или **Марас**, юго-восток Турции. Офиолиты Тавра. Хромиты, МПГ; 73 – **Дагкуплю-Михаллыссык, Карабурхан, Эскишехир**, северо-восток Центральной Турции. Cr; 74 – **Дагарды**, анатолиды Северной Турции. Хромиты, K₂; 75 – **Гулеман**, восток Турции. Крупное хромитовое; 76 – **Мератус-Бабарис**, юго-восток Калимантана. Меловые дуниты, гарцбургиты с хромитами и МПГ; 77 – **Акохе, Масинлок**, Филиппины. хромитовые, K₂.

V – железорудные, марганцевые: 78 – **Дивриги**, Центральная Турция. Верхнемеловое магнетитовое; 79 – **Центрально-Алданский** железорудный район. Скарновые месторождения; 80 – **Сан Франсиско**, Западная Мексика. Меловое железо-марганцевое.

VI – колчеданные полиметаллические, медные (в т.ч. «манто»), медно-молибденовые порфиоровые, арсенопиритовые месторождения: 81 – **Челопеч, Радка, Елшица, Красин**, Болгария. Сенонские медноколчеданные; 82 – **Бор**, Сербия. Сенонское медноколчеданное; 83 – **Мехмана**, Нагорный Карабах. Pb, Zn, Ag; 84 – **Маднеули, Давид-Гареджи, Цетели-Сопели**, Южная Грузия. Меловые медноколчеданные, с баитом, Au, Ag; 85 – **Бальямаден, Гюмюшане, Кебенмаден, Эрганимаден**, Центральная Турция. Полиметаллические, медноколчеданные, K₂; 86 – **Панулсильо**, Чили. Медное скарновое K₁; 87 – месторождения Северной Турции в районах г.г. Кюре (**Бакыбаба Ашикёй**), Гиресун (**Харшит-Кёпрюбаши, Меркез и Лаханос, Харкёй** и др.), Мургул (**Мургул, Анаятак, Дамар, Чакмаккая** и др.); 88 – **Кабильдо** (горный округ), Чили. Меловые медные "манто" **Лос Макис, Нуаякан, Дьябло**; 89 – **Песчанка**, Западная Чукотка. Си-Мо; 90 – **Находкинское**, Билибинский район, Западная Чукотка. Си-Мо порфиоровое; 91 – **Нойон-Тологой**, Забайкальский край. Раннемеловое Pb-Zn; 92 – **Айрык, Кулайджинское, Шаман**, Забайкальский край. Нижнемеловые меднопорфиоровые; 93 – **Хаман-Гунбук-Госёнг, Ёйсёнг**, юг Корейского полуострова. Позднемеловая Си (-Fe-Au)- и Pb-Zn (-Си-Ag)-минерализация минерализация; 94 – **Эль Токи** (Чилийская Патагония, 1700 км южнее Сантьяго. Рудный район меловых полиметаллических месторождений; 95 – **Симокава** (Хоккайдо), Япония. Позднеюрское-раннемеловое колчеданное; 96 – **Макимине** (о. Кюсю), Япония. Позднеюрское-раннемеловое колчеданное; 97 – **Таро** (Хонсю), Япония. Медно-колчеданное и колчеданно-полиметаллическое; 98 – **Бьютт**, Монтана, США. Позднемеловое-палеогеновое Си-Zn порфиоровое; 99 – **Куале**, Западная Мексика. Меловое вулканогенных массивных сульфидов; 100 – **Ля Америка**, Западная Мексика. Меловое вулканогенных массивных сульфидов; 101 – **Эль Руби**, Западная Мексика. Меловое вулканогенных массивных сульфидов; 102 – **Ред Дог**, Аляска, США. Меловое (?) барит-колчеданно-полиметаллическое.

VII – золоторудные месторождения: 103 – **Чифен**, рудный район. Месторождение **Джинчангулян**; 104 – **Покровское**, Амурская область. Раннемеловое золоторудное; 105 – **Бамское**, Амурская область. Меловое золоторудное; 106 – **Кировское**, Амурская область. Меловое золоторудное; 107 – **Токур**, север Амурской области. Позднемеловое золоторудное; 108 – **Воскепар-Кочачут**, Малый Кавказ. Золото-сульфидное; 109 – **Гузайн** (Оман. Позднемеловое массивных сульфидов; 110 – **Сяоцилин**, Китай. Золоторудное; 111 – **Дукат**, Магаданская область. Au-Ag (почти чисто серебряное); 112 – **Агатовское**, Магаданская область. Au-Ag (почти чисто золотое); 113 – **Ойра**, Магаданская область. Золото-серебряное (почти чисто золотое); 114 – **Сергеевское**, север Корякии. Au-Ag; 115 – **Юйзэря**, пров. Хэбэй, Китай. Золоторудное; 116 – **Урые**, пров. Фуцзянь, юго-восточный Китай. Золоторудное; 117 – **Туньлин**, Китай. Жильное Си-Au; 118 – **Карлин, Бутстрап, Гетчел, Манхаттан**, штат Невада, США. Позднемеловые (?) золоторудные, типа Карлин; 119 – **Маунт Флора, Диттмар**, Австралия. Au-Си; 120 – **Маунт Беркер, Эйнджела**, Австралия. Гидротермальные, Ag, Au, Pb; 121 – **Норманби**, Австралия. Гидротермальное золоторудное; 122 – **Балейский** рудный узел, Забайкальский край. **Балейское** и **Тасеевское** золото-кварцевые; 123 – **Дионис, Багряное**, Дербене-Нельгехинская рудная зона Якутии. Золото-кварцевое; 124 – **Учасын, Базисное, Хоспах**, Дербене-Нельгехинская рудная зона Якутии. Золото-редкометально-кварцевое; 125 – **Карамкен**, Магаданская область. Позднемеловое Au-Ag; 126 – **Кючус**, бассейн р. Адыча, Якутия. Au-Sb-Hg; 127 – **Тологой-Уланское**, Забайкальский край. Золотоносные (0,1-1,7 г/т) окварцеванные углеродистые сланцы, известняки, сиенит-порфиры; 128 – **Туаньжиегоу**, пров. Хэйлуцзян, Китай. Золоторудное жильное хальцедон-карбонатное; 129 – **Жиньчаньгулян**, Внутренняя Монголия. Меловое Au; 130 – **Вуфень-Вуси-ньшань**, пров. Гирин, Китай. Юрское-меловое (?) Au; 131 – **Зижиньшань**, пров. Фуцзянь, Китай. Меловое Au; 132 – **Битьян**, пров. Фуцзянь, Китай. Меловое Au; 133 – **Лишуй**, пров. Цзянсу, Китай. Меловое Au; 134 – **Эрдаогоу**, пров. Ляонин, Китай. Меловое Au; 135 – **Кюгоу**, пров. Хэнань, Китай. Меловое Au; 136 – **Тяньтоушань**, пров. Аньхой, Китай. Позднеюрское-раннемеловое Au; 137 – **Донгси**, пров. Аньхой, Китай. Раннемеловое золоторудное; 138 – **Сивумучань**, Внутренняя Монголия, Китай. Юрское-меловое (?) высокосульфидное эпитемальное Au; 139 – **Даба**, Внутренняя Монголия, Китай. J-K

(?) высокосульфидное эпитемальное Au; 140 – **Гоулд Хилл**, запад Аляски, США. Меловое Au-As-W кварцево-карбонатное жильное; 141 – **Рок Крик**, запад Аляски, США. Меловое Au-As-W кварцево-карбонатное жильное; 142 – **Форт Нокс**, Центральная Аляска. Au; 143 – **Аляска-Джуно, Аляска-Тридуэлл**, Аляска, США. Золотоносные кварц-анкеритовые прожилки, пирит в измененных дайках порфиров; 144 – **Таамар**, северо-восток Якутии. Позднеюрское-меловое (?) золото-пиритовое; 145 – **Зимнее**, СВ Якутии. Au-Ag, K₂; 146 – **Аркачан**, Западное Верхоянье, Якутия. Золото-кварцевое; 147 – **Джайба**, северо-восток Якутии. Золото-кварцевое; 148 – **Ветвистый**, северо-восток Якутии. Раннемеловое Au-Bi; 149 – **Лево-Неннелийское**, СВ Якутии. Au-Co, K₁; 150 – **Кыллах** (рудное поле), северо-восток Якутии. Позднемеловое, с Mo-U и Au минерализацией; 151 – **Купол**, Анадырский район Чукотки. Позднемеловое Au-Ag; 152 – **Каральвеемское, Майское**, Западная Чукотка. Au, K₂; 153 – **Донлин Крик**, юго-запад Аляски. Верхнемеловое-палеоценовое золоторудное; 154 – **Апсаканский** район Центрального Алдана. Au-Ag, J₃-K₂ **Бам, Ледяное, Скалистое** и рудопоявления **Дес, Ерничное, Сивакан, Ключ**; 155 – **Северное Приаргунье**, Забайкальский край. Золотопоявления: **Гулинское, Катаинское, Альдекалинское**; 156 – **Саншандао, Шандунь**, Китай. Золоторудные гидротермалиты среди архейских гнейсов; 157 – **Ян Ляо**, золоторудная провинция. Месторождение **Джинчангулян** и др.; 158 – **Горы Принс Чарльс**, Земля Эндерби. Au в ультрабазитах.

VIII – существенно серебряные, висмутовые и др.: 159 – **Булатское, Эвенское**, Северо-Янский район. Меловые Ag-Pb; 160 – **Кёр д’Ален**, «Серебряный пояс» (месторождения **Саншайн, Крессент, Галена, Рейнбоу**), Ag, Au, U, W и т.д.; 161 – **Илин-Тас, Хара-Тас**, Дербене-Нельгехинская рудная зона Якутии. Касситерит-силикатно-сульфидные (Sn-Ag); 162 – **Юный**, 300 км к СЗ от Магадана. Ag-Pb-Zn; 163 – **Бургоган, Алас-Хая**, Дербене-Нельгехинская рудная зона Якутии. Касситерит-силикатно-сульфидные (Sn-Ag); 164 – **Эрентаолегай**, пров. Внутренняя Монголия, Китай. Ag; 165 – **Чаганбулаген**, Внутренняя Монголия, Китай. Ag-Pb-Zn.

IX – редкометалльные, урановые, ассоциирующие с гранитоидами, пегматитовые, скарновые, в связи с иными процессами метасоматоза: 166 – **Иультин**, Чукотка. Мусковито-кварцевожильное; 167 – **Пыркакайское**, Чукотка. Касситерит-кварцевое; 168 – **Санг-Донг**, Южная Корея. Скарновое W; 169 – **Цзянси** (пров. Китая). Рудный район с меловыми кварц-вольфра-митовыми месторождениями; 170 – **Джос-Букуру, Афу, Ниджи**, плато Джос, Нигерия. Пегматиты J-K₁, W, Sn, Ta, Nb; 171 – **Иргатуйское, Цикейское**, Забайкальский край. Раннемеловые оловорудные; 172 – **Стрельцовское** рудное поле, Забайкальский край. Нижнемеловые Mo-U (**Аргунское, Антей, Стрельцовское, Жерловое**); 173 – **Джалиндинское**, Еврейская автономная область. Меловое оловорудное; 174 – **Хинганское**, в Еврейской автономной области. Оловорудное грейзеновое; 175 – **Кавалеровский** рудный район, Приморский край. Меловые W, Sn, Pb, Zn: **Арсеньевское, Искра, Соболиное-1, Лазурное**; 176 – **Арминский** рудный район, север Приморского края. 24 месторождения и более 200 рудопоявления **Ап, W** и др. (**Усть-Микулинское, Забытое, Рудное, Таёжное, Зимнее, Тигриное, Восток-2**); 177 – **Комсомольский** рудный район, юго-восток Хабаровского края. Меловые Sn **Чалбинское, Солнечное, Перевальное, Придорожное, Фестивальное, Октябрьское, Озёрное, Лунное, Соболиное, Ветвистое**; 178 – **Баджальский** рудный район, Хабаровский край. Меловые Sn (**Правоурминское** и др.); 179 – **Лермонтовское**, север Приморского края. Меловое скарновое шеелит-сульфидное; 180 – **Валькумейское**, Западная Чукотка. Меловое (послеваланжинское) Sn; 181 – **Тулукуевское**, Забайкальский край. U, в сваренных туфах; 182 – **Сьюард** (полуостров), Аляска, США. Позднемеловое или третичное с Sn, W, Be; 183 – **Кантанг**, Юкон, Канада. Вольфрамовый рудный пояс **Селуин**. Крупное Cu-W скарновое; 184 – **Мактанг**, Юкон, Канада. В 60 км от **Cantung**. Крупное Cu-W скарновое, K₂.

X – сурьмяные, ртутные месторождения: 185 – **Маемае, Дойнгом, Пхахад**, Северный Таиланд. Меловые (?) Au-Sb; 186 – **Хуайнайкхао**, Южный Таиланд. Меловое (?) Au-Sb; 187 – **Сентачан**, Якутия. Au-Sb, предположительно меловое; 188 – **Шансянь-Синьсянь** (Pb, Zn, Hg, Sb), **Луаньчуань-Ецзяцзи** (Mo, W, Cu), **Цзаоян** (Pb, Zn), **Тенюдянь** (Cu). Китай; 18 – **Ланьпин-Сымао, Баошань** (впадины), запад пров. Юньнань. Прожилки киновари и стибнита, сопровождаемые полиметаллическими и серебряными рудами; 190 – **Шаогуань**, пров. Гуандун. Меловое (?) Sb; 191 – **Сигуаньшань** (Xikuangshan, Синьхуаньшань, Си-Гуань-Шань, Синьхуа), пров. Хунань. Sb.

XI – флюоритовые, бентонитовые гидротермальные: 192 – **Шаралдай, Иволга**, Западное Забайкалье. Флюоритовые залежи в песчаниках K₁; 193 – **Гозогорское**, Забайкальский край. Крупное флюоритовое; 194 – **Саригюх-Дашсалахлинское**, на востоке Малого Кавказа. Крупное меловое гидротермальное бентонитовое.

Месторождения алмазов

В меловой период на площади Североамериканской ИМП появились многочисленные поля кимберлитов и отдельные экономически важные массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатитами. Меловые кимберлиты широко развиты в пределах поля **Баффало Лэйк**, Канада, пров. Альберта. Последнее объединило 48 диатрем, в т.ч. 26 алмазоносных. Кимберлиты трубок K14,

K91, K252 содержат более 11 каратов на 100 т породы, рис. 8.2. В малообъемной (22,8 т) пробе из трубки K252 было 55 каратов алмаза в пересчете на тонну. U-Pb возраст кимберлитов по перовскиту – 86 ± 3 млн лет, 88 ± 5 млн лет. Районами, где меловой алмазоносный магматизм уверенно доказан или предполагается, являются в Канаде острова Сомерсет и Баффинова Земля Канадского Арктического архипелага, континентальная часть национальной территории Нунавут (алмазоносная субпровинция Слейв), административные провинции Саскачеван, Квебек, Онтарио, а в США – штаты Арканзас и Канзас. Все они тяготеют к архонам и тектонам Канадского щита, в т.ч., Слейв, Рэй, Хэрн, Сьюперия). Значительным алмазоносным потенциалом в связи с меловым магматизмом выделяется юг орогена, рис. 8.3. Кимберлиты, слагающие многочисленные кратеры поля **Форт а ля Корн** (Саскачеван, Канада), имеют возраст позднеальбский-раннесеноманский. Среди них различают типы кимберлитов дистальные (периферийные) и переработанные пирокластические. Стоимость карата местных алмазов – \$110.



Рис. 8.2 Желтый алмаз из меловых кимберлитов поля Баффало Лэйк, пров. Альберта, Канада. Масса кристалла 0,76 карата. <http://htmlimg4.cribdassets.com/814qj6znwg1b45tn/images/1-7b32e28198.jpg>

Наиболее перспективное тело – **Стар**. В начале 2006г. отсюда извлекли 5949,88 карата алмазов. Алмазы кимберлитовых брекчий признаны ценнее, они стоят за камень весом 5,41 кар. из него \$23804 (по \$4400 за кар.)

Арканзас, США. Разрабатываемая нижнемеловая лампроитовая трубка **Прери-Крик** (возраст 106 ± 3 млн. лет) стала первым эксплуатируемым коренным месторождением алмазов континента. Отсюда происходят находки многих ценных именных алмазов (белый “Звезда Арканзаса”, золотисто-желтый

“Гарри Мур”, голубовато-белый “Эйзенхауэр” и другие). Тем не менее, по соображениям рентабельности разработки ныне здесь не ведутся, но геологические и геофизические исследования в надежде открыть коммерчески более значимые объекты не приостановлены.

Бразилия. Меловые кимберлиты установлены в нескольких штатах – на северо-востоке Мату-Гросу, юге Гояс, западе Минас Жераис. Запасы алмазов в кимберлитах только Мату-Гросу оценивают в 3 млн карат. Ю.А. Дукарт, Е.И. Борис ([2000] пишут об 11 полях меловых кимберлитов. Возраст собственно кимберлитов укладывается в интервал 120-89 млн лет. Множество кимберлитовых тел открыты в «провинциях» **Альто Паранаиба**, штаты Минас Жераис и Гояс, и **Жуина**, штаты Мату Гроссу и Рондония. В магматической провинции **Альто Паранаиба** на юго-западе кратона Сан Франсиску известны сотни кимберлитовых диатрем мела, промышленная их ценность изучается.



В ЮАР первые кимберлиты были открыты в Оранжевом свободном государстве буров на сельскохозяйственной ферме **Ягерсфонтейн** в августе 1870 г. Такой же счастливой оказалась еще одна ферма – Дорсфонтейн. Коренное месторождение в первом случае сохранило старое бурское имя, во втором диатрема стала называться **Дютойтспен**, по имени хозяина фермы. Ныне число известных диатрем в ЮАР огромно, многие из них меловые. С 1888 г. на юге Африки были обнаружены десять самых знаменитых алмазов, из которых два дала первая кимберлитовая трубка **Ягерсфонтейн** мелового возраста, рис. 8.3 и 8.4.

Рис. 8.3. Открытый рудник на меловом (90 млн лет) кимберлитовом месторождении Ягерсфонтейн – самая глубокая (211 м) рукотворная яма в Мире. <http://t1.qstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRRkokab0by1cnYVNxMoebGTISU5LkEesFC5Y6JCTCaMQdZLh-w>

Это бледно-голубой «Эксельсиор» (995,2 карата, 1893 г.), не нашедший из-за высокой стоимости покупателя и

распиленный на множество частей, и «Рейц», впоследствии переименованный в «Юбилейный». Ниже приводится краткий обзор меловых кимберлитовых объектов Африки, находящихся за пределами ЮАР.

Лесото. Это маленькое королевство, окруженное со всех сторон территорией ЮАР, в прошлом называли Басутоленд. Его площадь занимают высокие Драконовы горы, по-бурски), с высотами до 3482 м, морозами до -20° и снегами до 4 метров зимой. Поразительно, но местное население басуто знало о кимберлитах задолго до европейцев, при этом не только знало, но активно разрабатывало. На ильменит. Он был крайне необходим для создания сложной черной татуировки, при которой в кожу втирались пылевидные зерна «секаме», кимберлитового ильменита. Открыты и древние выработки басуто: на одной из диатрем, с боями отошедшей бурскому Свободному Оранжевому государству, найдены засыпанные шурфы глубиной 15 м со скелетами древних рудокопов. С таким историческим опытом басуто быстро разобрались, что к чему; вскоре из высокогорного королевства на рынок ЮАР пошел поток собственных алмазов. Граждане ЮАР в последнее не верили, счи-

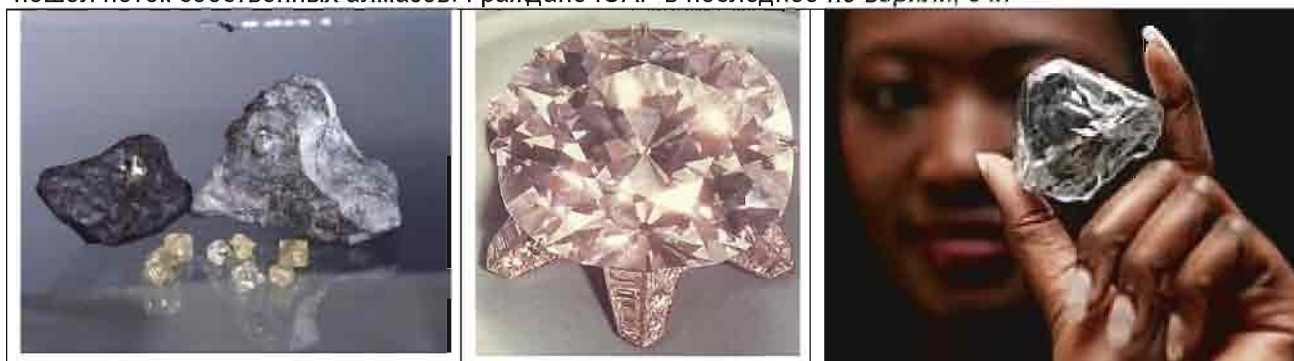


Рис. 8.4. Алмазы из меловых кимберлитов диатремы Ягерсфонтейн, в т.ч. знаменитый бледно-голубой бриллиант «Юбилейный» (посередине) <http://t2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTs8Qh6zM4ctatYqQvqOI4ECMC-xBIGCLSA5aVrjHjCxl9HVTli6w> <http://uscdn.cream>

тая, что привозимые из Лесото камни похищены шахтёрами-басуто на их рудниках, и дело идет, так сказать, о «реэкспорте». Нескоро официальные геологи проникли в эту страну и обнаружили кустарные разработки на огромной трубке в горах Малути. Диатрема получила название Као. Следующую крупную трубку Летсенг-ла-Терае открыли уже традиционным путем, по пиропам и ильмениту шлихов.

Содержания алмазов в кимберлитах было очень скромным, но примерно раз в квартал трубка радовала искателей крупным камнем. Встречались эксклюзивные экземпляры. В 1965 г. нашли кристалл в 527 каратов, в 1967 г. – коричневый «Лесото Браун», 601,25 каратов. С середины 1977 г. до конца 1978 г. нашли более 100 камней массой более 20 каратов, самый крупный 213 каратов. В целом кимберлиты трубки содержат 3,5 карата алмазов на 100 т породы, тогда как в рудниках ЮАР алмазов 30-90 каратов на 100 т. В пределах низменного запада страны у столицы Масеру открыли новую алмазоносную трубку **Калабата**. Теперь известно, нигде в Мирове нет такой колоссальной концентрации кимберлитовых тел, как в Лесото: на площади менее Воронежской области (30 тыс. км²) обнаружено около 250 трубок и, преимущественно, даек.

В **Анголе** к настоящему времени известно около 500 меловых кимберлитовых тел, явно тяготеющих к системе разрывов северо-восточного простираения протяженностью 1200 км на ангольской территории и 1600 км соседнего Заира. При этом на юго-западном фланге полосы разломов велика доля трубок карбонатитов, а к СВ их количество сокращается за счет увеличения доли кимберлитовых диатрем. Одновременно растут и содержания алмазов в трубках, достигая максимума в ангольской провинции Лунда-Норте. Сами меловые кимберлитовые поля (в Анголе их четыре): **Камафука-Камазамбо**, **Камутуэ**, **Камачиэ** и **Катока** - названы по крупнейшим трубкам каждого поля - локализируются в узлах пересечения зоны СВ простираения с поперечными разрывами второго порядка.

Ботсвана. Кимберлитовые минералы в этой стране обнаружены в немногих пунктах. В 1967 г. близ пос. Орапа в пустыне Каоохари по пиропам и пикроильменитам открыли одноименную крупнейшую трубку **Орапа**, рис. 8.5. Её площадь по поверхности – 1670 x 1210 м (113 га), на глубине 150 м – 84 га. Это тело очень хорошо сохранилось, несмотря на значительный возраст (90 млн лет [Фролов и др., 2005], Здесь имеется закратерный вал, отложения, выполнившие озерный бассейн на месте диатремы (20-30 млн лет). В кимберлитах резко преобладают включения минералов эклогитового, а не ультраосновного парагенезиса, традиционного для алмазоносных кимберлитов. По запасам алмазов **Орапа** в Мирове уступает только австралийской **Аргайл** и, возможно, южноафриканской трубке **Премьер**. В верхних горизонтах, где много обломков вмещающих пород, алмазов 0,10-0,14 каратов/т, глубже – 0,66-0,68 кар./т и выше, до 0,935 кар./т. В 1973 г. нашли самый крупный камень – 185 каратов. В год рудник производит 7 млн каратов драгоценного минерала, но цена камней низкая – 50

дол./карат. К полю Орапа относят ныне 30 кимберлитовых тел, из которых 5 алмазоносные [Фролов и др, 2005]. Среди них диатремы **ДК-1** и **ДК-2**, выявленные в 40 км юго-западной трубки Орапа.

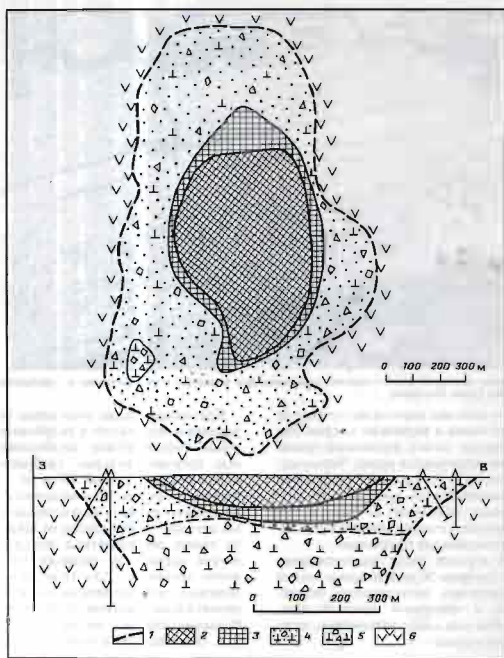


Рис. 8.5. План и разрез по верхним горизонтам меловой (93 млн лет) трубки Орапа, Ботсвана. По (Харьков и др, 1998). 1 – контуры тела; 2-4 – зоны осадочного бассейна, в т.ч.: 2 – центральная, 3 – переходная, 4 – периферическая; 5 – первичные кимберлиты; 6 – базальты.

В Заире, северо-восточный фланг зоны сближенных глубинных разломов Анголы заканчивается самой концентрированной алмазоносной площадью Мира, его несомненным Алмазным Полюсом, оформившимся в позднем мелу - районе Бакванги у г. Мбужи Майя. Иначе это место назвать трудно, если учесть, что здесь на площади в несколько км² сконцентрированы запасы алмазов > 1 млрд. карат (> 200 т), из которых к 1995 г. 160 т уже были извлечены. Трубки полей Бакванга (10 диатрем) и Калонжа (5 диатрем) располагаются цепочкой вдоль широтного разлома. Содержания алмазов в этих весьма необычных трубках достигает 1000 карат/м³. Лишь 2-4 % кристаллов относятся к ювелирным, остальные пригодны лишь для технических нужд. Сами кимберлиты, скорее, напоминают песчаники или гравелиты, насыщены

каолиновыми нодулами и не похожи на обычные породы этого типа.

Карбонатиты

В Центральной Туве массивы меловых карбонатитов образуют цепь протяженностью около 120 км, поперечную к палеозойским структурам. Наиболее изученным является очень крупное Fe-F-Ba-Sr-TR **Карасугское** месторождение в северном борту Тувинского прогиба среди песчано-алевролитовой толщ ордовика-силура. Все карбонатиты, кроме **Чайлюхемских**, – анкерит-кальцитовые и флюорит-барит-сидеритовые. Они формировались в две фазы магматизма и после автометасоматических трансформаций оказались гематитизированными и (**Карасуг**) частично замещенными баритоцелестином. Выходы карбонатитов перекрыты палеоген-неогеновой гидрогетит-кальцитовой "железной шляпой" мощностью от первых метров (поля **Оргудыдское**, **Чайлюхемское**) до 200 м (**Карасуг**). Возраст оруденения оценен 118±9 млн лет (середина мела, Rb-Sr)

В Восточной Сибири меловые карбонатиты формировались в Западно-Алданской и Учурской провинциях. В Учурской большое внимание привлекает **Кондёрский** комплекс. Массив несет меловое-палеогеновое карбонатитовое оруденение с МПГ, TR и редкими металлами. В Западно-Алданской провинции с ранней юры и по конец мела (201 млн лет до 84-85 млн лет) формировался **Мурунский** массив, с крупными залежами чароитов месторождения **Сиреневый Камень**. Чем больше чароита $(Ca, Ba, Sr)_5(K, Na)_{3-4}[Si_{12}O_{30}](OH, F)_{2-1} \cdot nH_2O$ в породе, тем более молодым оказывается её K-Ar возраст: чароититы с 95-98% чароита датированы 84-85 млн лет.

В пров. Квебек, Канада, позднеальбский-сеноманский массив **Ока** (рис. 8.6) расположен в пределах субпровинции карбонатитов **Монтиреджиян**. Последняя находится на пересечении широтного грабена Оттава с грабеном святого Лаврентия. Массив сложен телами кальцитовых карбонатитов.

В США, Арканзас, меловой (105 млн лет) массив **Магнет Ков**, см. рис. 8.6 (внизу, справа), помимо больших запасов пентоксида фосфора (15 млн т при содержаниях 4%) содержит около 1 млн т титана и столько же флюорита. Близкий ему по возрасту (100 млн лет) массив **Поташ Сульфур Спрингс**, Арканзас, специализирован на Nb, Ti, V.

В Бразилии первые интрузии карбонатитов **Анитаполис** и **Жакупиранга** с аккумуляциями апатита появились на юге и юго-востоке в раннем мелу. В позднем мелу между 90 млн лет и 80 млн лет регион пережил еще один эпизод реактивизации рифтов. В это время возникли щелочно-карбонатитовые комплексы **Посос де Калдас** на границе штатов Минас Жераис и Сан Паулу, **Араша**, **Тапира**, **Серра Негра**, **Каталан**, **Санта Фе де Гояс** с апатитом, Nb, Ti, Ni, Ba, Al, U, F, редкими землями. Плато **Посус ди Калдас** площадью около 1 тыс. км² на границе штатов Минас Жераис и Сан Паулу включает лучшие месторождения ураноносных циркониевых руд – **Такуари ду Сул**, **Дона Рита**, **Зотинью**, **Понти Алта**, **Поузу Алегри**, **Бузу**, **Ирэни**, **Мадама**, **Орфанос**, **Каскальо**, **Эспингарда**.

У станции Каската шесть месторождений – **Кокал**, **Серроти**, **Киринос**, **Родригис**, **Бриджидас**, **Жиганти**. Столько их же и в Южно-Центральном районе плато – **Кашуэйринья**, **Мойроэнш**, **Итороро**, **Трес Баррас**, **Лагоан Доурада**, **Тамандуа Визла**.



Рис. 8.6. Руды и породы меловых карбонатитовых массивов Ока, округ Де-Монтань, пров. Квебек, Канада, и Магнет Ков (внизу, справа), округ Хот Спринг, Арканзас, США. Верхний ряд, слева – кальциокарбонатиты-сёвиты, рассекшие ийолиты. Площадь снятого участка 1,72 м х 0,54 м; справа – кальциокарбонатиты-сёвиты (6,1 см). Преобладают светлый кальцит, коричневатый ураноносный пироклор $(\text{Na,Ca})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH,F})$, присутствуют темные амфибол, биотит, пироксен, магнетит. Средний ряд, слева – кальциокарбонатиты-сёвиты (4,2 см) с желтоватым кальцитом, темными перовскитом CaTiO_3 и латраппитом $(\text{Ca,Na})(\text{Nb,Ti,Fe})\text{O}_3$. Порода слабо радиоактивная; справа – окаит (7,3 см), редкая интрузивная фельдшпатоидная ультраосновная порода названная по месторождению **Ока**. Составляет из нефелина, мелилита, биотита, примеси акцессориев. Образец очень слабо радиоактивный. Нижний ряд, слева – кальциокарбонатит-сёвит (5,3 см), сложен преимущественно кальцитом. Акцессорных минералов немного; справа – кальциокарбонатит-сёвит (10,1 см) – светлый и желтоватый кальцит, апатит, магнетит, монтичеллит, флогопит, шпинель. <http://www.umanitoba.ca/geoscience/faculty/arc/pictures/okacarb-large.jpg> <http://www.newarkosu.edu/facultystaff/personal/jstjohn> Documents/Cool-Rocks/Carbonatites files/image016.

Здесь известны существенно ториево-редкометалльные залежи, вроде **Морру ду Ферру**. Повсеместно в циркониевом районе меловые не-фелиновые сиениты-фойяиты, фонолиты, тингуаиты с пегматоидной структурой – от средне- до крупнозернистой, – прорывают архейские гнейсы, сланцы. Тингуаиты и фойяиты содержат минералы циркония (бадделейт), урана, тория. Щелочные породы появились в результате внедрения базальтов в дацит-риолитовый расплав в интервале 147-110 млн лет назад. Важный карбонатитовый массив Сеис Лагос у границы с Венесуэлой выделяется мощной ториевой аномалией – 35344 cps против 1300 cps фона. Процессы выветривания затронули залежи до глубины 250 м. В этом причина богатства залежей с 2,81% Nb₂O₅, много титана и редких земель. Ниобий содержится в Nb-рутиле и Nb-бруките, редкие земли – во флоренсите и крандалите. Карбонатиты **Барра ду Итапирапуя** с TR₂O₃ и флюоритом. Возраст его REE-флюорокарбонатов (114,7 ± 9,7 млн лет, 128 ± 19 млн лет, Rb/Sr).

В Африке меловые кимберлиты обнаружены в Зимбабве, Замбии, Танзании, Малави, Уганде, Анголе. Зимбабвийский карбонатитовый массив **Чизанья** имеет дату 127 млн лет. В его кальцитовых карбонатах-сёвитах 8% P₂O₅, а руды рассматривают как один из немногих источников фосфора для местных плантаций. В маленьком Малави известны многие проявления кайнозойских карбонатитов. Меловых немного. Один из них с барремскими датами (126 млн лет) – **Чилва**. Его ресурсы Nb₂O₅ оценены в 0,04 млн т (0,3 %), TR₂O₃ – 8 млн т (3%) [Фролов и др., 2005]. Магматиты **Панда Хилл** прорвали кварц-полевошпатовые гнейсы протерозоя, образовав ореол фенитизации. Они содержат Nb и U. В Анголе карбонатиты локализованы в пределах раннемеловой рифтогенной линейной структуры. Лукапа, пересекающей Анголу с северо-востока на юго-запад. Большинство тел находится в ее юго-западной части. Среди них **Тксивира**, **Бонга**, **Катанда**, содержащие пирохлор.

Хромиты

В Западной Европе несомненно меловым является хромитоносный массив **Троодос**, Кипр, тогда как, например, албанский **Тропойя** (доггер) был лишь перемещен надвигом в мальмераннем мелу, по одной версии местных геологов, в палеогене, по другой. Массив ультрабазитов **Троодос** содержит в основании дуниты, выше (последовательно) перидотиты, габбро, пикриты. Подиформные хромиты (линзы, слои) распространены в дунитах, на контакте с гарцбургитами и в линзах дунитов среди гарцбургитов. Они разрабатывались в прошлом рудниками **Коккиноротсос**, **Канноурес** и др. Возраст плагиогранитов, встреченных в верхах разреза массива (конечный продукт фракционирования магмы, имеющий отношение к нижним пиллоу-лавам) 90,3 ± 0,7 и 92,4 ± 0,7 млн лет (U-Pb, два образца, цирконы). Возрасты 75-85 млн лет (K-Ar), имеющиеся по лавам и расслоенным относятся к процессам перемещения офиолитов, но не к их становлению в раннем маастрихте.

В Турции шесть хромитоносных районов: 1 – **Гулеман**, восток страны; 2 – **Копдаг**, восток; 3 – **Фетийе-Кейсегиз-Денизли**, юго-запад; 4 – **Бурса-Кютахья-Эскишехир**, северо-запад; 5 – **Мерсин-Аладаг-Пинарбаши**, юг; 6 – **Искендерун-К.Марас**, юг. Наиболее важны объекты рудного узла **Гулеман** – около 50 залежей верхнемеловых хромитов. Тела массивных хромитов местных месторождений **Соридаг**, **Кефдаг** залегают в несерпентинизированных перидотитах.

В Иране месторождения хромитов концентрируются на юго-востоке (**Эмир**, **Шахрияр**, **Эбдашт**) и северо-востоке (**Мир Махмуд**, **Гефт**). Большинство открыто в последнее десятилетие, но вследствие необычной сложности тектонической ситуации (положение в реликтовых и перемещенных пластинах офиолитов) их параметры и конфигурация остаются загадкой. Среди перемещенных офиолитов есть протерозойские, доюрские, верхнеюрские, меловые, ниже- и верхнемеловые.

Медно-никелевые с МПГ объекты

В Хабаровском крае, Бурпалинский район, массив ультраосновных щелочных пород с карбонатами **Кондер** имеет в центральной части «дунитовое ядро», на шестидесяти процентах площади которого распространены проявления платино-хромит-дунитовой рудной формации, а по периферии – платиноидно-титаномagnetит-клинопироксеновой. Содержания платиноидов в центре массива – 0,6 г/т. Платиноидосодержащих magnetитов в породах периферии дунитового ядра от 20 до 60%. В них установлено 1,6 г/т платиноидов.

На юго-западе Аляски в горах Ред Маунтин (бас. р. Салмон) известен массив ультрабазитов **Гудныйос** зонального уральского типа. В работе [Додин, 2008, с. 163] он назван верхнемеловым или третичным. Ныне на юго-востоке Аляски исследуют Cu-Ni-МПГ минерализацию платинового пояса **Александр** (протяженность около 500 км). Собственно платиновый пояс прослежен от канадской провинции Юкон через юго-западную Аляску США до канадской же провинции Британская Колумбия. Новый и перспективный здесь объект – **Дьюк Айленд**, в 50 км южной г. Кетчикан. В конце 1950-х на площади наблюдали только Fe-Ti минерализацию, ныне в грубозернистых пироксенитах встречены проявления пирротин-халькопиритовых руд. Вмещающие породы формировались позже основных зональных ультрамафитов. Их U-Pb возраст – 106-107 млн лет, что вполне согласуется с подобными

определениями для комплексов ультрамафитов -уральского типа Аляски. Небольшой расслоенный плутон габбро-перидотитов **Брэди Гласиер** содержит 91 млн т руды с 0,5% Ni и 0,3% Cu.

Железо

В Западной Европе немного меловых эндогенных месторождений железа. Среди них скарновые железорудные в румынском **Окна де Фьер**, регион Банат, болгарское **Крумово**.

В Центральной Турции разрабатывают верхнемеловые магнетит-гематитовые скарны **Дивриги**, ассоциирующие с ларамийскими гранитоидами. В залежах примеси V, Cr, Ti, Co, Cu и др. Прочие скарновые объекты выявлены в восточном регионе страны: **Карамадази**, **Бизмишен**, **Хасанчелеби**. На юге страны также присутствуют гидротермально-метасоматические **Аттепе**, **Мансурлу**.

В Чилийском железорудном поясе, протянувшемся вдоль Береговой Кордильеры на 600 км между 25°30' и 32°00', известны около сорока месторождений с общими ресурсами около 1 млрд т металла с содержанием 60% Fe. Вмещают оруденение метаандезиты нижнего мела, тяготеющие к плутонам диоритов-гранодиоритов с датами около 100-120 млн лет (K-Ar) или их же корневым апофизам, хотя жилы массивного магнетита встречаются и среди диоритов. Экономически значимы рудные тела 0,1-1 км длиной при 100 м ширины и до 650 м в глубину. K-Ar возраст для руд эксплуатируемых месторождений **Лос Колорадос**, **Эль Алгарробо**, **Ромерал** составляет 108-112 млн лет, но для всего Чилийского железорудного пояса он охватывает интервал от 128 млн лет до 100 млн лет.

Марганец

В Турции, район **Хаймана** вилайета Анкара, залежи оксидных руд марганца встречены на площадях **Чайырлы**, **Харапаяллар**, **Ортабель**. Они установлены среди радиоляритовой толщи офиолитового меланжа раннемелового-позднесенонского возраста. Основной рудный минерал – пиролюзит. Низкие значения Fe/Mn, малые количества Al и Ti, не свойственные залежам марганца, накопившимся в водной среде, соотношения между As, V, Ni, Zr, Mn говорят в пользу гидротермального генезиса руд.

В Новой Зеландии месторождения Mn мелового возраста известны среди осадочных пород и вулканитов. На острове **Рэд Айленд** горизонты оксидных руд марганца обнаружены в переслаивании пород на рубеже между базальтами и известняками. Определены манганит, минералы группы псиломелана, пиролюзит, гематит, лимонит. Объем промышленных руд очень мал. В **Хинемаханга Рокс** разрез сложен подушечными лавами базальтов с прослоями известняков и аргиллитов. Конкреции марганцевых руд наблюдаются в известняках, медная минерализация – в базальтах.

Си-Мо-порфировые и прочие медные месторождения

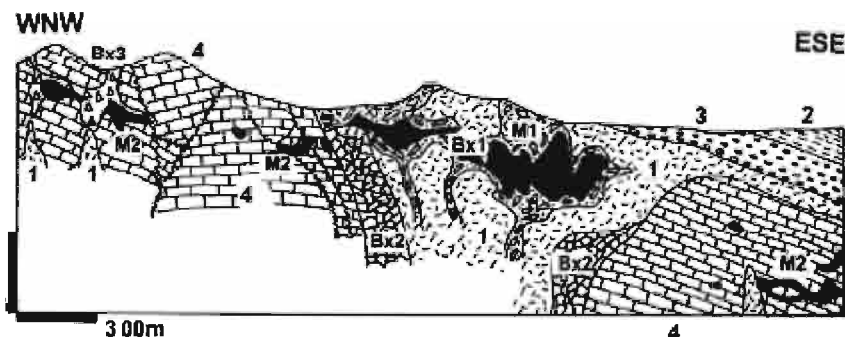
В Западной Европе мел-эоценовый бонатитовый магматизм сформировал меднопорфировые месторождения региона **Банат** в Румынии и в Восточной Сербии.

В вулканогенных поясах *Северо-Востока России* выявлены многие рудные объекты этого типа. В Олойской островной вулканической дуге (J₃-K₁, 146-100 млн лет) среди них **Песчанка**, **Находка**, **Дальнее**, **Инахское**, Удско-Мургальской (K₁, 136-100 млн лет) – **Лора**, **Прямой**, **Икримутское** **Викинг**, **Осеннее**. Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (100-70 млн лет) оставил **Шурыкан**, **Гагачье**, **Красные горы**, **Ольховка**, **Вечернее**, **Орлиное**. В Южном Приаргунье (Забайкалье) с раннемеловой тектонической активизацией ассоциируют медно-порфировые объекты **Айрык**, **Кулайджинское**, **Шаман**.

В США, штат Аризона, обрабатывают раннемеловое (130 млн лет) меднопорфировое крупное

(4,4 млн т меди) месторождение **Бисби**. 65% его меди находится в зоне скарнирования, рис. 8.7.

Рис. 8.7. Медно-порфировое месторождение Бисби. По Bryant and Metz, из (Laznicka, 2006, рис. 7.9, с. 163). M1 – рассеянные линзы пирита и борнита, вкрапленные руды с оксидами и сульфидами Cu, предположительно, кластические только



частично. Они транспортировались в илоподобном состоянии, попадая в измененную кварц-серицитовую интрузивную (флюидизированную) брекчию. M2 – массивный кварц (джаспероид) и Fe, Cu, Zn, Pb сульфиды замещения в карбонатах экзоконтакта. 1 – измененные кварц-полевошпатовые порфиры с датой 130 млн лет; 2 красноватые глинистые сланцы и песчаники K₂; 3 –красноватые конгломераты K₁; Ст-Cb1 – миогеосинклинальные карбонаты кембрия-

нижнего карбона; 5 – мезо-протеро-зойские (Мр) кристаллические сланцы; Вх1 интрузивные (флюидизированные) брекчии; Вх2 – интрузивные контактовые брекчии; Вх3 – брекчии силифицированного экзоконтакта.

Схожим, но несколько большим по ресурсам (4,88 млн т меди) является месторождение **Эли**, или Робинсон (111 млн лет) в девонско-пермских породах. Скарновых руд от общих ресурсов около 20%. Еще одно важное порфиоровое месторождение Аризоны – **Моренси-Меткалф** (67 млн лет). Ресурсы 18,2 млн т руды с 0,1% Cu, в т.ч. в супергенной залежи 14,53 млн т руды, 0,8% Cu. В штате Монтана находится уникальное медное месторождение жильного типа **Бьютт**. На его рудоносной площади, сложенной кварцевыми монцонитами, известны многие дайки кислых пород и более двухсот крутопадающих жильных тел, прослеженных по простиранию на расстояние до 3-4 км, а в глубину – до 1,5 км. Зона окисления имеет мощность до ста метров, вторичного сульфидного обогащения – до 300 м. Минеральный состав руд – кварц, пирит, энаргит, халькозин, ковеллин, присутствуют также сфалерит, галенит, минералы Au и Ag. Содержания Cu – 3-4%, в среднем, Ag – 60 г/т. С начала XIX века месторождение дало более 9 млн т меди. Запасы металлов на его площади 18 км² (диаметр 5 км): 10 млн т Cu, 1,8 млн т Zn. Основная гидротермальная система месторождения действовала в интервале 64-57 млн лет, но молибденовая минерализация формировалась и до главной ее стадии.

В канадской пров. Британская Колумбия штокерное молибденовое порфиоровое месторождение **Аданак**, или Руби Крик, связано с кольцевым многофазным интрузивом монцонитовых гранитов, 70-75 млн лет. Залежи находятся на периферии гранитного купола среди метасоматитов, обогащенных калием, с серицитом, силифицированных. Ассоциирует с более древней, K₂, фазой кварцевых монцонитов. Ресурсы руды – 152 млн т, содержания 0,063%. Всего содержится 96 тыс. т Mo

На Аляске меднопорфиоровое месторождение **Пебл** полагают одним из крупнейших в Мире. Открыто в середине 1980-х годов западной залива Кука, содержит 32,7 млн т Cu, 2,9 тыс. т Au и 550 тыс. т Mo. Оно не разрабатывается из опасения нарушить устойчивость хрупкой местной экосистемы.

В гигантском Медном поясе Чили залежи типа «манто» (горизонтальные слои) оказываются более ранними, чем классические палеогеновые медно-порфиоровые. Долгое время они были вторыми по значимости для медной промышленности страны, но теперь отступили на третье место после открытия раннемеловых Au-Cu-Fe-рудных **Кандельяриа** и **Манто Верде**. Содержания меди в рудах «манто» составляет 2-5%, запасы отдельных месторождений достигают нескольких миллионов тонн. Основные объекты эксплуатации – **Лос-Макис**, **Гуаякан**, **Дьябло**, все локализованы вулканитах K₁ округа Кабильдо. В центральной части Чили медные месторождения манто ассоциируют с нижнемеловыми вулканитами. Самое крупное месторождение – **Эль Солдадо** (118±3 млн лет. K-Ag, биотит). в 120 км северней Сантьяго (ресурсы 200 млн т руды, 1,4% Cu).

На юге Центрального Перу Ag-Cu-Mn. **Беренгуэла** – крупное месторождение серебра, гидротермальное или возникшее из метеорных вод. Зона протяженностью 1,4 км при ширине 0,4 км и мощности 100 м выявлена среди известняков и доломитов мела. Отдельные линзы (халькопирит, сфалерит, сульфосоли Ag; криптомелан, тодорит, псиломелан, пиролюзит) не более 100 м длиной. При бортовом 50 г/т Ag, ресурсы руды составляют 15,6 млн т, с содержаниями 132,0 г/т Ag, 0,92% Cu, 8,8% Mn (указанные, indicated); 6,0 млн т, 111,7 г/т Ag, 0,74% Cu, 6,5% Mn (прогнозируемые, inferred). Общие ресурсы: 21,6 млн т, 126,3 г/т Ag, 0,87 % Cu, 8,2% Mn

Вторым по запасам было ныне выработанное **Ло Агуирре** (102±5 млн лет, ⁴⁰Ag – ³⁹Ag) с 16 млн т руды, 1,66% Cu, в т.ч. выщелачиваемой 0,98%. К раннемеловым меднопорфиоровым на севере Чили относят месторождения Береговой Кордильеры **Галеноса-Пунтильяс**, **Антукоя-Буэн Муэрте**, **Канчас**, **Лос Торос**, **Дос Амигос-Триколор** в районе Домейко, **Пахоналес**, **Лос Торос**, **Андакольо Коба**, **Кольигуай**. Большинство из них бедны медью. Разрабатывают только зоны вторичного обогащения месторождений **Андакольо** (рис. 8.8) и **Дос Амигос**. Все они входят в так называемый «Тихоокеанский пояс меднопорфиоровых и гидротермальных систем» Береговой Кордильеры и имеют K-Ag возраст 97-132 млн лет. Известны в Чили и 13 скарновых объектов. Большинство из них медные,



но известны полиметаллические **Мариа Кристина**, железорудные **Серро де Бандурриас**, лазуритовые **Флор де лос Андес**, Высокие Анды, «карманы» в мраморах. Наиболее важные меднорудные скарновые находятся на севере Чили в Береговой Кордильере – **Сан Антонио**, **Панулсильо**.

Рис. 8.8. Общий вид карьера Су-порфиорового с Au место-рождения Андакольо в Чили. <http://www.aditnow.co.uk/showimage/Andacollo-Cobre-Copper-Mine-User-Album-Image-001?w=1280>.

Колчеданные объекты

В Болгарии, Панагюрский рудный район, распространены колчеданные месторождения. Крупнейшие из них в Панагюрской части Центрального Среднегорья – **Челопеч, Радка, Красин, Елшица**. В этом районе вулканы K_2 прослежены в 4 полосах на 25 км. В течение сенона преимущественно андезитовый вулканизм (с ним связано месторождение **Красин**) сменился дацит-риолитовым (**Радка, Елшица**), а потом андезито-базальтовым, с жильно-полиметаллическими проявлениями.

В Сербии крупным считается Au-Cu гидротермальный объект **Бор**, с самой ранней пиритизацией в меловых андезитах. Позднее возник литокэп с ячеистым кварцем (10 т Au извлечено) и, под ним, – тонкий ковеллин-халькозиновый горизонт с реликтами гётитовой коры. Ресурсы 7 млн т Cu, 300 т Au, 1700 т Ag. На глубоких уровнях открыты две Cu-Au-порфировые халькопирит-пиритовые залежи в измененных андезитах, прорванных дайками диорит-порфиров,

В Западной Турции с верхнемеловыми гранитоидами связано полиметаллическое **Балья Маден**. Минерализация находится на контактах силлов липарит-дацитов (особенно у их апофиз – «белых даек») с дислоцированными метаосадками. Залежи субвертикальные, по простиранию один из силлов прослежен, с перерывами на 1,8 км. Рудные: пирит, галенит, сфалерит, арсенопирит, теннантит, висмутин, халькопирит, бурнотит, реальгар, джемсонит, аурипигмент. Основная часть залежей сложена гематитом, кварцем, кальцитом, флюоритом, адуляром, тремолитом, актинолитом, гранатом (гроссуляром), эпидотом. Присутствуют киноварь, полибазит-персеит. Добыто 3,5-4,0 млн т руды.

В Закавказье меловые медноколчеданные, с Au и Ag, рудные тела среди измененных эффузивов обнаружены в пределах **Болнисского** рудного поля Южной Грузии, запад энсиалической Сомхето-Кафанской островодужной структурно-формационной мегазоны (**Маднеули**, небольшие **Давид-Гареджи, Цетели-Сопели**). Ресурсы Cu, Zn, Pb **Болнисского** рудного района составляют 1,6 млн т.

В Центральном Иране Zn-Pb-Ba известно месторождение **Мехдибад**, которое позиционируют в некоторых источниках как крупнейшее в Мире. При бортовом содержании 4% Zn его указанные ресурсы (Indicated) составили 75,2 млн т, 7,38% Zn, 2,38% Pb, 62 г/т Ag; потенциальные (Inferred) – 142,7 млн т с 7,10% Zn, 2,32% Pb, 46 г/т Ag. Всего ресурсов обеих категорий: 217,9 млн т руды со средними 7,10% Zn, 2,32% Pb, 46 г/т Ag. Рудные тела стратиформные линзовидные, согласные с вмещающими породами, но среди них есть и расслоенные, с вкрапленными рудами, а также залежи типа выполнения пустот, в т.ч. карстовых, с колломорфными и гроздевидными текстурами.

В Омане месторождение вулканогенных массивных сульфидных руд **Гузайн** относят к кипрскому типу. Его считают весьма характерным для подобных скоплений в верхнемеловых офиолитах региона. Запасы руды 14 млн т, средние содержания меди 1,6 вес %.

В Забайкальском крае, Южное Приаргунье, с раннемеловой тектонической активизацией ассоциирует крупное Pb-Zn месторождение **Нойон-Тологой**. Предварительно оцененные запасы (C2) и прогнозные ресурсы (P1) составляют: Pb - 920 тыс. т, Zn - 1091 тыс. т, Ag - более 4 тыс. т при содержаниях, соответственно: 1,04%, 1,22% и 44,5 г/т. Кроме того, руды содержат Cd (82 г/т) и Au (0,09 г/т).

В китайской пров. Внутренняя Монголия, округ Линси, известно крупное Cu-Sn-Ag-Pb-Zn жильное гидротермальное месторождение **Дажинь**, руды которого датированы 138 млн лет. Помимо основных компонентов в залежах присутствуют Co и In. На юго-востоке провинции Юньнань в уезде Мэнцзы развились рудное поле и одноименное суперкрупное Ag-полиметаллическое (с Sn и Cu) месторождение **Байнючан**. Оно меловое, так как залежи локализованы среди кластических-карбонатных отложений формаций Тяньпень и Лонгха среднего кембрия над кровлей позднеяньшаньских гранитов. Среднекембрийские породы над интрузией скарнированы, ороговикованы, мраморизованы, силицифицированы, карбонатизированы. Ресурсы 6470 т Ag, 1,1 млн т Pb, 1,72 млн т Zn, 86 тыс. т Sn

На юго-востоке Японского архипелага крупный прогиб мальма-раннего мела выполнен песчано-глинистыми толщами, а также, в подчиненном количестве, базальтами и, изредка, риолитами, дацитами. С ним связаны колчеданные месторождения **Симокава** (Хоккайдо), **Макимине** (о. Кюсю), **Таро** (Хонсю). Массивные и полосчатые руды (пирит, халькопирит, сфалерит, пирротин) **Самокава** образуют линзы, дислоцированные вместе с вмещающими спилитами и диабазами, с одной стороны, и песчанистыми сланцами, филлитами, с другой. В рудах заметно повышено содержание Co. Пирит-халькопиритовые, со сфалеритом, линзовидные залежи **Макимине** наблюдаются в черных филлитах, переслаиваемых песчаниками и базальтами. Рудные тела залегают согласно с вмещающими породами, дислоцированы вместе с ними. Месторождение **Таро** – медно-колчеданное и колчеданно-полиметаллическое. Его залежи вмещают песчаники, сланцы, риолито-дациты нижнемеловой формации Харатияма.

В Мексике скопления массивных сульфидов мелового возраста локализованы в породах террейна Герреро, протянувшегося на 2 тыс. км к востоку от Тихоокеанского побережья. В

вулканогенно-осадочной металлогенической провинции Западной Мексики залежи массивных сульфидов относят к металлогеническим эпохам готеривской-аптской (131-113 млн лет), месторождение **Брамадор** и альбско-сеноманской (106-94 млн лет), месторождение **Ля Америка**. Возле барит-цинкового месторождения **Ля Минита** известен участок с оксидными железо-марганцевыми рудами. Особенно перспективной считается площадь около 525 км² вокруг месторождения **Куале**, для рудного поля которого запасы 2,47 млн т руды, содержащей 0,23% Cu, 1,03% Pb, 3,22% Zn, 0,83 г/т Au, 103 г/т Ag.

В Чили Pb-Zn скарновое месторождение **Мариа Кристина**, 80 км южнее г. Копиапо, локализовано среди карбонатных пород нижнемеловой группы Чаньярсилло. Минерализация представлена грубозернистыми массивными сульфидами (преобладает пирит). Она тяготеет к контакту подвергнутому калиевому метасоматозу телу диорит-порфиритов с датой 93,6±0,4 млн лет (⁴⁰Ar - ³⁹Ar плато).

Несульфидные месторождения цинка

В Таиланде у границы с Мьянмой находится объект **Па Даенг** (рис. 8.9), несульфидный цинковый, самый крупный в стране. Его руды представлены карбонатами и силикатами Zn, находятся

в зоне супергенного обогащения среди известняков. Открытое в 1956 г., оно эксплуатировалось с 1957 г. В 1970-е гг.

Рис. 8.9. Действующий цинковый рудник Па Даенг, район Ара Там Па Даенг, провинция Так, Таиланд.

Уникальные гемиморфит-смитсонитовые бессульфидные цинковые руды образуют гигантские скопления среди известняков триаса. Фото появилось в Сети 28 апреля 2008, автор David Clayton. <http://www.mindat.org/photos/0646893001209400914.jpg>

руды в количестве 200 тыс. т в год и (1980-е гг.) перевозили на обработку на цинковый завод компании Нью Джерси в г. Палмертон, штат Пенсильвания, США. Такой долгий путь был рентабельным из-за высокого качества руды. Содержания Zn в почвах столь высоки,



что растительности близ объекта, особенно деревьев, практически нет. Границы определяются самой природой по появлению густого тропического леса. Коричневые, до красновато-коричневых коры выветривания над рудами хорошо различаются с воздуха. Тем не менее, плодородия почвы **Па Даенг** хватает, чтобы поддержать небольшое засухоустойчивое растение, в сезоны дождей выбрасывающее красные цветы. Это – биохимический индикатор Zn. На тайском языке «па даенг» означает «красный обрыв».

В главном рудном теле протяженностью 0,5 км, 250 м шириной, мощностью иногда до 50 м заключено 3 млн т руды с 30% Zn. Ядерная часть еще богаче и окружена оболочкой более бедного рудного материала. Главное тело по большей части согласно с вмещающими известняками, но имеются участки, где оно срезает слоистость. Руда **Па Даенг** – коричневая, зеленовато-коричневая, местами у поверхности белая. Она невыдержанно пластинчатая, даже брекчирована. Руды с более 30% Zn твердые, с менее 20% Zn мягкие и землистые. В Главном теле по всей протяженности встречаются линзы незамещенных известняков и доломитов, окруженные рудой с малым содержанием Zn. Главные рудные минералы – гемиморфит (каламин, желтая цинковая руда) $Zn_4[(OH)_2Si_2O_7] \cdot H_2O$ и смитсонит $ZnCO_3$. Вторичные цинковые карбонаты представлены гидроцинком $2ZnCO_3 \cdot 3Zn(OH)_2$, лозейитом (Mn, Zn), $[(OH)_5(CO_3)]_2$. Их больше близ поверхности и, особенно, в ассоциации со смитсонитом. Помимо минералов глин, среди нерудных и наиболее обычных присутствуют кварц, маггемит Fe_2O_3 (сильно магнитный минерал железных шляп), гётит, шамозит, редко нонтронит, а в восточной части месторождения также кальцит и доломит. В залежи отмечены галенит, сфалерит, церуссит.

Золото-серебряные эпитермальные месторождения

В вулканогенных поясах Северо-Востока России выявлены многие Au-Ag рудные объекты, рис. 8.10. В Олойской островной вулканической дуге (J₃-K₁, 146-100 млн лет) среди них **Клен, Алиса, Вессенный, Смешливое, Верное, Удско-Мургальской** (K₁, 136-100 млн лет) – **Иргуней, Джульета, Нявленга, Сергеевское**. Охотско-Чукотский вулканогенный пояс (100-70 млн лет) включает **Дукат** (табл. 8.1), **Лунное, Купол, Карамкен, Валунистый, Сопка Рудная, Двойное, Хаканджа** и др. Минерализация разнообразная. Типичным представителем ее Au-Bi минерально-геохимического типа

называют **Ветвистый** на северо-востоке **Халдыкчанского** рудного поля (западный экзоконтакт нижнемелового Хадараньинского массива), Au-W-Bi – **Галечное**, Au-Co – **Кандидатское**, **Неннели**, Au-Sb – **Кандидатское**, **Неннели**, Au-Sb-Hg – **Кючус**, Au-Hg – **Пологое**, **Малыш**, **Арбпт**. Позднемеловое золото-сульфидное месторождение **Майское** в Чаунском районе Чукотки отнесено, наряду с **Сухим Логом**, **Олимпиадинским**, **Наталкинским**, **Нежданнинским**, к пяти основным золотым гигантам России. Еще один важный объект – **Купол**, месторождение Au-Ag в Анадырском районе Чукотского автономного округа (запасы 154,8 т Au, 1875 т Ag, при средних содержаниях 18-20 г/т Au и 220-260 г/т Ag), ныне практически выработан. В Пенжинском районе Корякии позднемеловым является эпитермальное Au-Ag месторождения **Сергеевское**, открытое в 1966 г. выпускником ВГУ Ю. Н. Сергеевым.

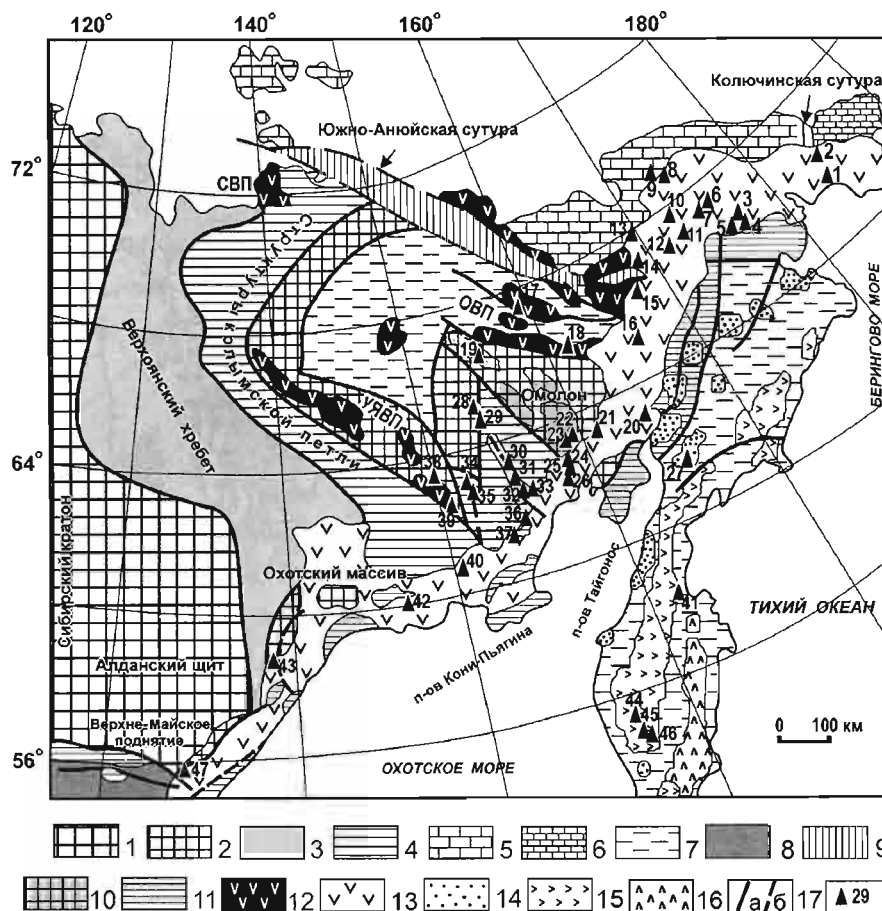


Рис. 8.10 Вулканогенные пояса и Au-Ag месторождения на северо-востоке России. Тектоническая основа по С.Д. Соколову с соавторами (1999). 1 – Сибирский кратон; 2 – крупные блоки с континентальной корой Сибирского кратона; 3–4 – пассивная окраина Сибирского кратона (Верхоянский комплекс): 3 – PZ-MZ отложения, 4 – отложения MZ; 5 – складчатый чехол Чукотского континента; 6 – Восточно-Чукотско-Сьюардский (Эскимосский) блок; 7 – Корякско-Камчатский аккреционный пояс; 8 – Монголо-Охотский складчатый пояс; 9 – позднемезозойские коллизионные сuture; 10 – Кедонский окраинно-континентальный вулканический пояс PZ₃; 11–12 – надсубдукционные образования J₃-K₁: 11 – Удско-Мур-гальская островодужная система, 12 – Уяндино-Ясачненский (УЯВП), Олойский (ОВП) и Святоносский (СВП) вулканические пояса; 13 – Охотско-Чукотский окраинно-континентальный позднемеловой вулканический пояс (ОЧВП); 14–16 – вулканические пояса KZ: 14 – эоцен-олигоценый Корякско-Западно-Камчатский, 15 – олигоцен-четвертичный Центрально-Камчатский, 16 – плиоцен-четвертичный Восточно-Камчатский; 17 – глубинные разломы: а – границы блоков, б – зоны тектоно-магматической активизации; 18 – Au-Ag эпитермальные месторождения (1–47): 1 – Пепенвеем, 2 – Коррида, 3 – Валунистое, 4 – Тенкерей, 5 – Жильное, 6 – Тэлзвеем, 7 – Провальные Озера, 8 – Сопка Рудная, 9 – Промежуточное, 10 – Энмываам, 11 – Арыкваам, 12 – Каенмываам, 13 – Двойной, 14 – Купол, 15 – Горностаевый, 16 – Иргуней, 17 – Клен, 18 – Весенний, 19 – Ольча, 20 – Сергеевское, 21 – Кегали, 22 – Биркачан, 23 – Кубака, 24–26 – Эвенская группа: 24 – Ороч, 25 – Ирбычан, 26 – Сопка Кварцевая, 27 – Аметистовый, 28 – Роговик, 29 – Громеда, 30 – Лунное, 31 – Арылах, 32 – Дукат, 33 – Гольцовый, 34 – Печальное, 35 – Ветвистый, 36 – Джульетта, 37 – Нявленга, 38 – Кунаревское, 39 – Широкое, 40 – Карамкен, 41 – Озерновское, 42 – Бургагылкан, 43 – Хаканжа, 44 – Агинское, 45 – Бараньевское, 46 – Оганчинское, 47 – Авлаякан.

Таблица 8.1

Некоторые сведения о запасах и ресурсах мелового золото-серебрянного месторождения Дукат в Омсукчанском районе Магаданской области. Определения выполнены согласно требованиям австралийского кодекса JORC (Дукат...)

Руда, тыс. т		Содержания золота, г/т	Содержания серебра, г/т	Запасы, ресурсы		
				Золото, тыс. унций	Золото, т	Серебро, тыс. унций
Запасы	18606	1,1	542,6	651	21	324570
Ресурсы	19 650	1,3	632,0	799	25	399286
						10100
						12400

Яно-Колымская область (Якутский сектор).

Месторождения золота в Яно-Колымской области на северо-востоке Якутии многочисленны и разнообразны (рис. 8.11, табл. 8.2).

Крупнейшим является гигант **Кючус** на площади Куларского антиклинория в бассейне р. Адыча (с ресурсами благородного металла, по разным оценкам, от 400 т до 1000 т. **Кючус** находится в единой зоне глубинных разломов длиной около 700 км с другим уникальным по богатству руд месторождением – **Сентачан**. Отдельные рудные тела последнего содержат, в среднем, более 30 г/т Au и до 28% Sb).

Залежи **Кючус** локализованы среди черносланцевой толщи верхоянского комплекса (ладинский ярус среднего триаса), смятых в антиклинальную форму. В

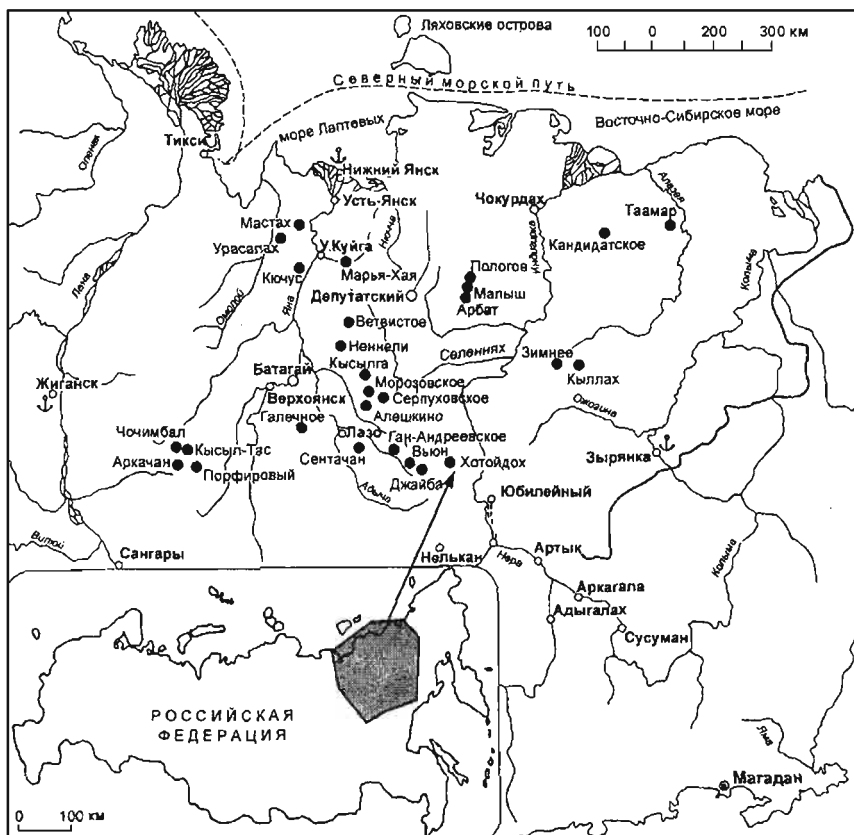


Рис. 8.11. Золоторудные месторождения северо-востока Якутии. По А.И. Некрасову, 2007.

пришарнирной ее части основное оруденение: жильные тела и прожилково-вкрапленные зоны. Кварц-карбонатные «стержневые» жилы в центральных частях зон дробления мощностью до 5-10 м содержат гнезда антимонита, реальгара, киновари, меньше, пирита, арсенопирита, тетраэдрита, бертьерита FeSb_2S_4 , золота самородного. В них 5-127 г/т Au, в среднем 9,8 г/т. Зоны прожилкования мощностью до 50 м представлены брекчированными вмещающими породами с кварц-карбонатными жилками. Содержания Au здесь от 0,2 до 50 г/т. Отмечена прямая корреляция между содержаниями арсенопирита (его в среднем 1,4%) и золота.

Из 13 рудных тел девять промышленные. Более 60% золота в рудном теле №1, прослеженном по простираю на 3,5 км и на 670 м по падению ($35-50^\circ$). Развита литологический контроль: в песчаниках больше Au. Руды содержат 0,19-0,75% углерода (до 1,84%), 130-500 г/т Hg, 0,1-1,8% Sb. Количество сульфидов в рудах составляет от 3-5% до 10%.

Месторождения **Арбат**, **Малыш**, **Пологое** в Калычано-Ардажиской рудной зоне (Черско-Полоусненская система, Селенныхский сегмент) – золото-ртутное, с ресурсами золота от первых тонн до первых десятков тонн. Очень значительным, с ресурсами около 200 т, может оказаться золото-пиритовое месторождение **Таамар** в восточном контакте гранито-идного батолита Улахан-Тас. Минерализованные зоны дробления до 50 м мощностью северо-западного и субширотного простираения на его площади наблюдались в гранитах и вулканогенно-осадочных породах J_1 и J_2 . Au находится в свободном состоянии, размер золотинок – до 0,5 мм. Содержания Au 1-5 г/т.

Таблица 8.2

Золоторудные месторождения Яно-Колымской провинции. По А.И. Некрасову (2007)

№№ п.п.	Формация	Минералого-геохимические типы	Месторождения
1	Золото-кварцевая	Золото-кварцевый	Джайба, Серпуховское
2		Золото-висмутовый	Ветвистое
3		Золото-вольфрам-висмутовый	Галечное
4		Золото-кобальтовый	Кандидатское, Неннели
5		Золото-полиметаллический	Халдыкчан, Вьюн
6	Золото (мышьяковисто)-сульфидная	Золото-пиритовый	Тамар
7		Золото-арсенопиритовый	Алешкино, Морозовское
8		Золото-сурьмяный	Сентачан, Ганн-Андреевское
9		Золото-сурьмяно-ртутный	Кючус
10		Золото-ртутный	Пологое, Малыш, Арбпт
11	Золото-полисульфидно-кварцевая	Золото-полисульфидный	Аркачан, Делювиальное
12		Золото-серебро-полиметаллический	Чочимбал, Кысыл-Тас
13		Au-Ag-колчеданно-полиметаллический	Хотойдох
14		Золото-медный	Марья-Хая, Порфиновый
15	Золото-серебряная	Золото-молибден-урановый	Кыллах
16		Золото-серебряный	Зимнее

Новосибирско-Чукотская складчатая система. В меловой этап здесь сформировались мезо- и эпиптермальные Au-Ag месторождения, некоторые крупные Cu-Mo-порфиновые. Золото-сульфидное месторождение **Майское** на западе Чукотки отнесено М.М. Константиновым с соавторами (2000), наряду с **Сухим Логом, Олимпиадинским, Наталкинским, Неждановским**, к пяти основным золотым гигантам России. **Майское** рудное поле в северных отрогах Анадырского хребта занимает водораздел рек Пегтымель, Паляваам, Кзвеем [Крупные..., 2006]. Вмещают оруденение **Майского** углеродисто-глинистые толщи Т₂. Формирование месторождений **Майского** рудного узла связано со становлением Кукенейской сателлитной интрузивно-купольной структуры и Кукенейского массива (К₁₋₂) гранитоидов. Все месторождения и рудопоявления находятся в зоне повышенной тектонической активности. В центре сателлитной структуры оказываются **Кукенейское** и **Кевеемское** касситерит-сульфидные месторождения золото-сульфидных руд **Сильное, Марс, Встречное. Майское** месторождение с золото-сульфидной вкрапленной минерализацией, Au-Ag залежи **Сопки Рудной, Промежуточного** находятся в пределах более мелких куполов, в узлах пересечения разломов широтных и северо-западной ориентации.

Золото тонкое, тесно связано с сульфидами, трудно извлекаемое. Кристаллы и сростки золото-носных арсенопирита и пирита имеют размерность от тысячных до десятых долей миллиметра. Пирит содержит до 5-7% As. В осевых частях залежей часто встречаются кварц-антимонитовые жилы и прожилки с мелкими гнездами самородного золота. Его содержания в промышленных рудах составляют 8-12 г/т. По данным 1985 г. запасы Au, разведанные по категориям В+С₁+С₂, по отношению к 1980 г. (177 т) возросли в 1,7 раза. Запасы руды до глубины 800 м по этим категориям определены в 25109,0 тыс. т, с содержанием золота 11,1 г/т. Запасы Au – 278,71 т. Оруденение установлено и на больших глубинах, до 1,3 км. С глубиной содержания золота мало меняются (на горизонте 600-800 м такое, как на поверхности), но содержания мышьяка сокращаются вдвое.

Еще один важный объект – **Купол** (рис. 8.12), позднемеловое Au-Ag месторождение в Анадырском административном районе Чукотского автономного округа. Залежи **Купола** локализованы в пределах локального вулканотектонического поднятия, образованного андезитами и базальтами альба и сеномана. Здесь распространены штоки гранит-порфиров и риолит-порфиров, дайки риолитов, андезитов и андезитобазальтов, микрогранитов и микрогаббро. Само поле (1 км²) сложено андезитами и андезито-базальтами верхнего мела и интрузивными диорит-порфирами.

Металлоносные кварцевые жилы, брекчии с кварцевым цементом мощностью 2-20 м имеют субмеридиональную ориентировку. Протяженность рудных участков составляет 0,2-0,5 км. Наиболее богаты благородными металлами кварцевые брекчии, содержания Au в которых достигает 890 г/т, а Ag – 9 кг/т. Вулканиды, вмещающие залежи, пропилитизированы (хлорит-эпидотовая ступень). В надрудной части развиты аргиллизиты (гидрослюды и монтмориллонита до 50%, каолинита до 30%, кварца до 40%, пирита до 10%). Доля новообразований у жил достигает 50-90%. Здесь развиты гидрослюды, кварц, пирит, адуляр. Единая рудоносная зона с малосульфидными адуляр-кварцевыми и кварцевыми жилами шириной от первых до 50 м прослежена на 3,5 км. Отдельные жилы тянутся до 2,4 км и меняют мощность от первых сантиметров до 5-6 м. Общие запасы: 189 т Au и 2334 т Ag.



Рис. 8.12. Позднее-меловое золото-серебряное месторождение Купол в Анадырском районе Чукотского национального округа. Мощные самосвалы канадской компании Kinross вывозят руду из карьера на северном склоне.
<http://contact/photoshelter.comimg/pixel/gif>

Юг Восточной Сибири.

К югу от Алданского щита в центральной части Станового пояса известны Au-Ag гидротермальные месторождения J_3 - K_1 **Бам**, **Ледяное**, **Скалистое**.

Самым крупным считается месторождение **Бам** в Амурской области. Оно включает 14 рудоносных кварц-карбонатных тел и несколько мелких. Длина залежей 0,3-1,5 км, мощность от 1,5 до 4,5-5,5 м. Содержания Au оценивают в 5,3-6,4 г/т, Ag – 10-20 г/т. Продуктивный «мегаштокверк» под экраном Бамского разлома напоминает изогнутую пластину протяженностью до 4 км при мощности 0,4 км. Рудные – галенит, сфалерит, халькопирит-сульфовисмутиды, теллуриды Au и Ag, тонкое самородное Au с пробой 772-938 [

В *Kumae* меловое золото-полиметаллическое кварцево-жильное мезотермальное месторождение **Сяоцилин** входит в тройку крупнейших производителей золота этой страны, при том, что эксплуатация его началась еще в эпоху династии Тан (619-907 г.г. нашей эры). Размещение золотоносных кварцевых жил **Сяоцилин**, которых около 600, контролируют разломы и пояса сдвигов. Залежи локализованы среди образований AR_1 , метаморфизованных в амфиболитовой и гранулитовой фациях (основные и средние породы, кварциты). Многочисленны гигантские по площади тела мезозойских интрузий. В позднем мезозое (мелу) регион пережил пик магматической активности. В интервале 130-198 млн лет здесь возникли многочисленные интрузии биотитовых гранитов, с которыми и связаны золоторудные объекты. Пострудные деформации, сопровождаются кварцевыми телами с галенитом, пиритом, иногда – халькопиритом, сфалеритом.

В рудных объектах различают жилы пирит-кварцевые и сульфидно-кварцевые. Во многих телах Au сопровождают минералы меди и свинца, реже цинка. Золотоносность и сульфидизация связаны между собой прямой зависимостью. Содержания Ag сопоставимо с Au, но может быть и на порядок выше. В сульфидно-кварцевых телах наблюдаются самородные Au и Ag, пирит, халькопирит, сидерит, сфалерит. Запасы золота месторождения **Сяоцилин** оценены в 1 тыс. т.

Меловыми, с возрастом 120 ± 10 млн лет (^{40}Ar - ^{39}Ar , Rb-Sr), являются многочисленные месторождения Восточно-Шаньдунского района, запасы Au которого превышают 900 т. Только в 2000 г. на меловых месторождениях здесь произведено 55 т золота. Золотоносные залежи (рис. 8.13) отнесены к разным типам. Тип «линглонг» – это одиночные жилы и жильные свиты, локализованные в разрывах II-III порядка. Типу «жиаожиа» принадлежат вкрапленные, прожилково-штокверковые образования в разломах I порядка, на контактах гранитоидов и архейских метаморфитов.

Кварцевые жилы «линглонг» прослеживают по простиранию на 100-5800 м, а в глубину – до 700 м. Средняя мощность – 1-10 м. Содержания драгоценного металла – от 3 до 32 г/т. Тонкие золотые частицы распылены в кварце и пирите. В рудах присутствуют сульфиды (халькопирит, пирротин, галенит, сфалерит), а вмещающие метасоматиты напоминают березиты. Основные жилы тяготеют к узлам пересечения разнонаправленных тектонических нарушений. Вкрапленные, прожилково-вкрапленные руды образуют залежи, протягивающиеся до 1,2 км при мощности до 2-4 м. Они прослежены в глубину до 0,85 км. Средние содержания золота в них около 10 г/т, но варьирует в интервале 3-50 г/т.

Месторождение Au **Кангшань** (находится на северо-западе «золоторудной провинции полуострова Жиаодонг»), административная провинция Шандунь. Его резервы составляют более 50 т золота. Здесь работает крупнейший золоторудный карьер Китая. Руды относят к типу жиаожиа – вкрапленные и прожилковые. Рудная зона сложена пиритизированными, серицитизированными и силицифицированными гранитоидами, подвергшимися катаклазу различной степени.



Рис. 8.13. Кристаллическое самородное золото провинции Шандунь. Месторождение **Линг-лонг** одноименного рудного поля, округ Жаюань, префектура Янтай. Полуостров Жяодонь, именуемый также золоторудной провинцией **Жяодонь**. Образец (2,2х1,7х1,5 см) найден в 2004 г. Скелетный октаэдрический хорошо образованный кристалл (0,6х0,5 см) золота на фоне его уплощенных кристаллов. Фото сделано 30 ноября 2006 г. <http://www.mindat.org/photos/0759190001164879413.jpg>

Аляска. На западе Аляски большинство наиболее важных золотоносных жил, например, месторождений **Рок Крик** и **Дивайд** локализованы среди метаморфизованных турбидитов. Для

кварцево-карбонатных жил Au-As-W месторождений **Гоулд Хилл** и **Рок Крик** получены даты 103 млн лет и 114 млн лет соответственно ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$). Считают жильные месторождения рудного района **Кэйп Ноум** «золотоносными малосульфидными кварц-карбонатными (полевошпатовыми), жильными мезотермальными, орогеническими», локализованными среди турбидитов. Их аналоги видят в подобных месторождениях Австралии, Новой Зеландии, СВ России, запада США (включая рудный район **Мазер Лоуд** в Калифорнии), прочих золоторудных районах Аляски - золоторудный пояс **Джуно** на юго-востоке.

Другой золоторудный гигант – золото-сульфидно-кварцевое порфировое в связи с верхнемеловыми гранодиоритами месторождение **Форт Нокс**, – находится в Центральной Аляске. Здесь в центральной части штоков встречены кварцевые жилы мощностью 10-20 см, содержащие, в среднем, 15 г/т металла. Они были известны более 70 лет в качестве источника Au и Bi в россыпях, но не привлекали внимания из-за низких ресурсов. Запасы золота в штоковке, оконтуренном по бортовому содержанию 0,5 г/т, определены в 260 т. Среднее содержание – 0,9 г/т Au. Основные рудные – самородное золото, висмутин, молибденит, шеелит, арсенопирит, теллуриды, нерудные – кварц, серицит.

США. На севере штата **Невада**, во второй половине мелового периода, а возможно, и позднее формировалось месторождение тонкодисперсного золота **Карлин**, рис. 8.14.



Рис. 8.14. Карьер на месторождении ультратонкого золота Карлин, штат Невада. Разные ракурсы. http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSZeM65BQwbL-KPnS5E_AR1rzYVV-DAK8FDOTrz3rzebo CrO32C

В этом стратиформном месторождении сконцентрировано около 110 т драгоценного металла со средним содержанием около 10 г/т, максимальные – до 180 г/т (5,67 унции/т). Большинство (90%) золотин месторождения **Карлин** имеют размерность менее 0,2 мкм (!). Более крупные зерна (1-5 мкм) – округлы, овальные, но в целом имеют неправильные очертания.

Для руд характерно развитие вместе с золотом летучих – As, Hg, Sb. Карлин вместе с прочими подобными месторождениями Невады (**Гетчел, Бутстрап, Манхаттан**) и Юта (**Меркур**) принадлежат весьма сложному эпигенетическому типу, для которого характерны не жильные тела, но тонкая рассеянная вкрапленность металла в подготовленных процессами замещения вторичных пористых породах. Месторождения «тренда Карлин» прослеживаются одними авторами на 65 км (40 миль), другими – на 260 км (160 миль). На северо-западе тренда расположены объекты Старое Карлин, Голдстрайк, Ди с ресурсами 3328 т Au, из которых около 2177 т Au находится на 30-км участке у г. Карлин. Основные гиганты Au этого типа в Неваде: **Гэтчел**, 95-39 млн лет, скарны, 436 т золота; **Твин Крикс**, 340 т, 42 млн лет; **Джерит Кэньон**, 470 т Au, 42-30 млн лет; кластер **Кортес**, куда включены объекты Пайрлайн и Голд Акрес, 350 т Au.

Цветные металлы (олово, вольфрам, молибден)

На севере Чукотки мусковито-кварцевожильные тела с касситеритом и вольфрамитом месторождения **Иультин** связаны с одноименным верхнемеловым рудоносным комплексом, занимающим восточные и центральные части плутона Иультин комплекса Тауреран (130-110 млн лет). Другой важный оловорудный узел Чукотки – **Валькумейский** в Певекском рудном районе, месторождения **Валькумей, Фланговое, Двурогое, Седьмой километр, Скрытое, Янрапаакское**. По минеральному составу объекты последнего одни исследователи относят к турмалиновому типу

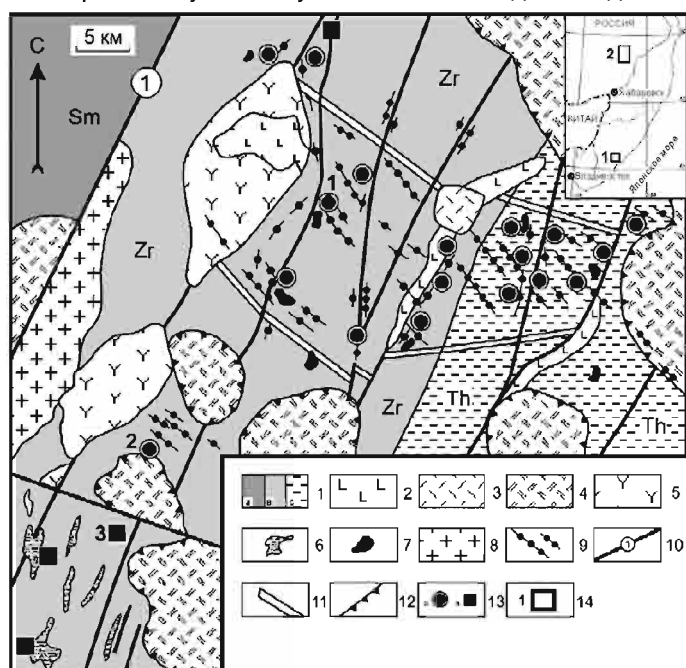


Рис. 8.15. Геологическое строение Кавалеровского рудного района в Приморском крае. По А.П. Матюнину. 1 – аккреционно-складчатый фундамент, в т.ч. террейны: а - Самаркинский, б - Журавлевский, с - Таухинский; 2-3 – дорудный ранне- и позднемеловой вулканизм (K_{1-2}), в т.ч.: 2 – трахибазальты, трахиандезиты, андезитодациты, 3 – риолиты и их туфы; 4 – пострудный вулканизм: риодациты, дациты, риолиты, базальты; 5-8 – интрузии дорудных комплексов: 5 – монцониты, 6 – гранодиориты золотоносной ассоциации, 7 – штоки монцодиоритов и гранодиоритов Угловского комплекса; 8 – биотитовые граниты и лейкограниты Шумнинского комплекса, 9 – пояса, образованные дорудными дайками базитового, промежуточного, кислого состава, син- и пострудные дайки базальтов и андезитобазальтов; 10 – разломы, в т.ч.: I – Центральный Сихотэ-Алиньский, II – «петельчато-слоистая» зона; 12 – границы вулканотектонических структур; 13 – месторождения и проявления (а) оловоносные и (б) золотоносные, в т.ч.: 1 – **Арсеньевское**, 2 – **Искра**, 3 – **Соболиное-1**, 4 – **Лазурное**; 14 – рудные районы на врезке: 1 – **Кавалеровский** в Приморья, 2 – **Комсомольский** в Хабаровском крае.

касситерит-силикатной формации, другие – к типу сульфидному. Многочисленные оловянные объекты Чаунского района (гигантское штокверковое **Пыркакайское**, а также **Валькумей, Кекурное**) традиционно связывают с раннемеловым Чукотским гранитоидным комплексом (гранодиориты, монцониты, адамеллиты, биотитовые граниты, лейкограниты). В Магаданской области с позднемеловыми лейкогранитами Верхне-Оротуканского массива Охотско-Чукотского вулканогенного пояса ассоциируют касситерит-силикатные месторождения **Кинжал** и **Куно**, золото-редко-металльные **Тохто** и **Шаман**.

В пределах Южного Приаргуны (Забайкальский край) с раннемеловой тектонической активизацией ассоциируют оловорудные **Цикейское, Иргатуйское**.

На Дальнем Востоке России различают пять оловорудных районов, рис. 8.15, в скобках их главные месторождения: 1 – **Хинган-Олоно** в Еврейской А.О. (**Джалиндинское**, с. Ip; **Хинганское**); 2 – **Кавалеровский** в Приморье (**Искра, Соболиное, Лазурное, Арсеньевское**, 3 – **Комсомольский** на ЮВ Хабаровского края (**Чалбинское, Солнечное, Перевальное, Придорожное, Фестивальное, Октябрьское, Озёрное, Лунное, Соболиное, Ветвистое**); 4 – **Арминский** на севере Приморья (Sn-W **Усть-Микулинское, Забытое, Рудное, Sn-Pb-Zn сульфидного типа Таёжное, Зимнее; Sn Тигриное**); 5 – **Баджалский** Хабаровского края (грейзеновое

месторождение **Правоурминское**). Объекты многофазные, меловые. Как пример приведем **Солнечное Комсомольского района** с резервами 100 тыс. т Sn, 100 тыс. т Pb, 300 тыс. т Zn. По данным П.Г. Коростелева, Г.А. Геневчук, Т.Л. Крыловой кислые эффузивы нижней части холдаминской серии пурильского комплекса датированы ранним мелом – 130-100 млн лет (K-Ar), комагматичные гранитоиды горы Пурил – серединой мелового периода (91-95 млн лет, K-Ar, по биотиту; 113 млн лет, Rb-Sr), гранитоиды на западе района позднемеловые – 83 ± 3 млн лет. С этими породами ассоциирует убогая золотоносная Cu-Mo и оловоносная минерализация.

На севере Приморского края находятся крупные аккумуляции сульфидно-вольфрамовых скарново-грейзеновых руд – **Восток 2** и **Лермонтовское**, соответственно в **Арминском** и **Лермонтовском** рудных районах, рис. 8.16. По описанию В.И. Гвоздева, здесь широко представлены гранитоиды альб-сеноманского Дальненского, или Татибинского, комплекса. Его породы формировались в последовательности (Rb-Sr, K-Ar датирование, от ранних к поздним): 1 – амфибол-биотитовые гранодиориты, адамеллиты, включая окраинные Бисерного массива, – 128 ± 16 млн лет; 2 – амфибол-биотитовые и биотитовые плагиограниты и гранодиориты (шток Центральный, с которым связана шеелитовая минерализация месторождения **Восток-2**) – 98 ± 15 млн лет, 111 ± 9 млн лет; 3 – биотитовые лейкократовые порфировые граниты.



Рис. 8.16. Географическое положение меловых вольфрамовых месторождений Восток-2 и Лермонтовское на севере Приморского края. По В.И. Гвоздеву (Крупные и суперкрупные..., 2006).

В **Kumae** в меловой этап продолжилось или пережило новый всплеск формирования крупнейших в Море месторождений вольфрама провинции **Цзянси**. На площади около 2 000 км² распространены серии кварц-вольфрамитовых жил мощностью до 4 м и протяженностью до 1,5 км. Жилы вмещают грейзенизированные верхнеюрские граниты, что позволяет предположить частично меловой возраст оруденения. Продолжается открытие новых объектов. Так, в округе Цимен провинции Аньхой на востоке КНР выявлено крупное месторождение вольфрама, доказанные запасы которого оцениваются в 96,2 тыс.т. Как отмечается, это открытие является важным для страны, т.к. за период 2001-2007 гг. прирост запасов вольфрама составил всего 144 тыс.т.

На юге **Кореи** очень крупным считается месторождение **Санг-Донг**, обеспечивающее 15% мировой добычи W за пределами бывшего СССР. Оно может быть связано со штоком меловых гранит-порфиров, прорвавших верхнекембрийскую толщу переслаивания кварцитов, известняков, песчаников, филлитов. Рудные скарны распространены среди известняков (по другим данным среди известковистых сланцев нескольких стратиграфических уровней).

Гетерохронный Оловорудный пояс Юго-Восточной Азии включает коренные месторождения Sn, связанные с меловыми гранитами. Последние развиты на юге Таиланда и вдоль границы Таиланд-Мьянма. Вероятно, они продолжают на Суматру. Рудник **Чинкит** в провинции Сурач Тхани показателен. На его площади меловые биотит-мусковитовые граниты прорвали известняки предположительно ордовика. В скарнах распространены обильные гранаты, эпидот, арсенопирит, меньше, пирит, халькопирит, гематит. Вкрапленники касситерита присутствуют в большом количестве. Минерал обнаружен также в кварц-полевопатовых дайках и жилах в такритах, где ассоциирует со слюдой, флюоритом, турмалином, пиритом, халькопиритом. Касситерит присутствует и кварц-турмалиновых жильных телах среди гранитов и грейзенов, а также в тонких кварцевых жилах с вольфрамитом. В отечественной литературе, в т.ч. учебной, доминирует взгляд: основное количество ресурсов Sn коренных месторождений Таиланда связано с «оловянными» гранитами K₂. Постмагматическое формирование месторождений Sn в гранитах сопровождалось появлением обильного мусковита, т.е. возникновение оловянной минерализации и метаморфизм гранитоидов были коррелятивными событиями.

В **США**, штат Невада, **Пайн Крик** – крупнейший в стране шеелитовый объект. Его скарны с W и Mo находятся в сохранившихся блоках мраморов на контакте с гранитным батолитом Сьерра Невада, возраст которого 90 млн лет. Ресурсы руды объекта составляют 16 млн т, содержания 0,48% W и 0,15% Mo. Всего 80 тыс. т W. В Неваде молибденит-шеелитовые скарны туронского яруса (92 млн лет) открыты на контакте мраморов и гранитного штока Осгуд. Скарны имеют андрадит-диопсидовый состав, отрабатываются рудником **Рэйли**. На северо-западе Монтаны г. **Броунес Лэйк** открыты гранатовые скарны с молибденитом и ферримолибденитом (69-77) млн лет. На Аляске, запад полуострова **Сьюард**, известно единственное разрабатываемое в США Sn-W месторождение.

Присутствуют пять минералов Ве – собственно берилл, хризоберилл, эвклаз, берtrandит, гельвин. Граниты позднемеловые, но оруденение явно моложе, так как моложе сбросы, его контролирующие. Поэтому допускают как позднемеловой, так и третичный возраст руд.

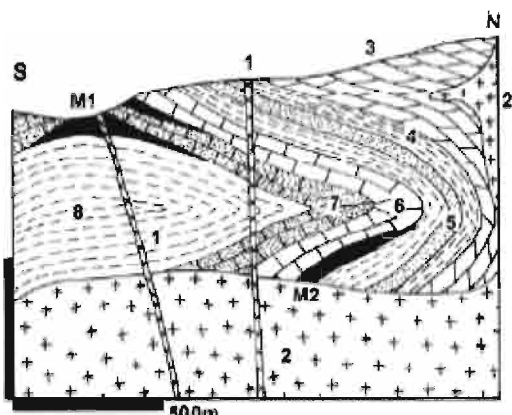


Рис. 8.17. Геологический разрез через меловое вольфрамовое месторождение Кантунг, Северо-Западные территории, Канада. По (Laznicka, 2006.). М – Вкрапленники шеелита в пирротиновом экзокарне; М1 – разрабатываемое рудное тело (вверху слева), М2 – рудная зона Е внизу; 1 – дайки порфиров; 2 – биотит-кварцевые монзониты с датами 92-90 млн лет; 3 – бассейновые доломиты кембрия-среднего девона; 4 – ороговикованные аргиллиты; 5 – метакварциты; 6 – мраморы; 7 – роговики с Са-Mg силикатами; 8 – филлиты неопротерозоя и контактовые роговики.

На Северо-Западных территориях Канады в вольфрамовом рудном поясе **Селуин** с 1950-х г.г. отработывают крупные Си-W скарновые месторождения **Мактунг** и **Кантунг** позднемелового возраста (рис. 8.17). Для первого вероятные запасы по состоянию на 1 июня 2009 г. определены в 1020699 т руды, содержащей 1.08% WO₃, для второго – запасы 30 млн т (0,93% WO₃), ресурсы 60 млн т (0,95% WO₃). Запасы и ресурсы **Кантунг** определены в 116 тыс. т W при содержаниях в руде 1,2% W.

Сурьма, ртуть

В Якутии, Верхнеиндигирский район, раннемеловое золото-антимонитовое жильное **Сарылахское** ассоциируют с гранитоидами К₁, датированными 120 млн лет, и локализованы среди терригенных пород норийского яруса Т₃. За годы работы рудника добыто более 15 т Au и около 250 тыс. т Sb. Еще один важный якутский Au-Sb объект – **Сентачан** в Верхоянском улусе, предположительно мелового возраста. Кварц-золото-антимонитовые рудные тела содержат, в среднем, более 30 г/т Au и до 28% Sb.

В Таиланде аккумуляции Sb, как и в других районах Мира (Испания, Германия, б. Югославия, Италия, Австрия), локализованы преимущественно в карбонатных породах. Жильные месторождения Sb распространены в провинции Лампанг-Пхрае на севере и в южной провинции Сурат-Тхани. Становление залежей прошло стадии: 1 – отложения и диагенеза карбонатных толщ; 2 – их доломитизации; 3 – появления ранней мезотермальной минерализации (вольфрамит, шеелит) из растворов с температурой около 300°; 4 – появление поздней эпитермальной Sb (с As) минерализации; 5 – эпитермальной доломитизации; 6 – отложения минералов S, пирита, оксидов Fe-W-Sb из горячих вод; 7 – гипогенных изменений с образованием оксигидроксидов Fe-Pb-Sb. С северо-запада на юго-восток Таиланда, по направлению к Тихоокеанскому побережью отмечают все более молодые залежи Sb и повышенную золотоносность руд. Известные месторождения **Маэтае**, **Дойнгом**, **Пхахад**, **Хуайнайкхао**.

В Китае находится крупнейшее в Мира месторождение сурьмы **Сигуаньшань**, центральная части пров. Хунань. Оно уже рассматривалось выше в разделе, посвященном киммерийскому рудогенезу. Первый этап формирования сурьмяных руд позднеюрский (155.5±1.1 млн лет), второй – меловой (124.1 ± 3.7 млн лет). Помимо этого, залежи руд мышьяка и ртути распространены во впадине Ланьпин-Сымао на западе провинции Юньнань («зона глыбовых структур Хэндуаньшань»). Металлоносные прожилки, секущие и по поверхностям напластования вмещающих триасовых отложений, содержат киноварь, метациннабарит, антимонит, тетраэдрит, минералы свинца и цинка. Несколько южнее, во впадине Баошань, ртутно-сурьмяные руды сопровождаются свинцово-цинковыми и серебряными. Их жилы и карманообразные тела локализованы среди известняков синия и пермокарбона.

Уран

Во Франции, район **Северный Лимузен** на севере Французского Центрального массива, находится месторождение **Ла Крузий** с жилой **Генриетта**, содержащей 31% урана в смолковой руде. Урановое оруденение наиболее молодое: позднегерцинские кварц-вольфрамитовые жилы здесь рассечены ураноносными с датами 105 и 147 млн лет. Еще одно месторождение поблизости – **Марньяк**, залежи которого содержат до 4% U, а в самых богатых линзах – до 20%. На северо-востоке массива в районе **Марван** разрабатывались объекты: **Грури**, **Крез**, **Боцо**.

На северо-востоке Якутии находится позднемеловое рудное поле **Кыллах** с пространственно совмещенными Mo-U и Au минерализацией. Золото встречено в кварцевых жилах, где обнаружены его свободные частицы в десятки мкм. Содержания металла определены в 0,2-2 г/т. Минералы урана: настуран, вторичная урановая чернь по настурану, урантитанит-давидит (Ti,Fe...TR)₂₁O₃₉,

урансодержащие гематит и гидрогематит. Аномальные содержания урана отмечены и во всех сульфидных.

На юго-востоке Забайкальского края (Южное Приаргунье) основной эпохой уранообразования считают раннемеловую. Тогда появились скопления урана в **Стрельцовской** вулкано-тектонической кальдере (месторождения **Аргунское, Антей, Стрельцовское, Жерловое Стрельцовского** рудного поля) с общими запасами около 300 тыс. т U, а по отдельным месторождениям более 50 тыс. т U [Казанский, Максимов, 2004, с. 198]. Раннемеловые урановые месторождения Приаргунья относят к типам: 1 – локализованных в раннемеловых вулканно-тектонических структурах (Стрельцовская). Он наиболее распространен; 2 – объекты близ поверхностей структурного несогласия, в породах метаморфических комплексов, которые могут содержать U древних залежей. Хотя современный облик месторождения U приобрели в раннемеловую эпоху (о чем говорит локализация основной части залежей в меловых толщах), предполагается значительный вклад в рудоносность ранних минерогенических этапов. Еще одно крупное (35 тыс. т U) месторождение у г. Краснокаменска в нижнемеловых (135 млн лет) сваренных туфах (игнимбритах) – **Тулукуевское**, – разрабатывали в 1972-1988 г.г. На его примере исследованы процессы перехода первичного U оруденения во вторичное, происходящие в окислительной среде ненасыщенных трещиноватых пористых туфов.

На юго-востоке Китая пояс **Ганхан**, разделивший Цзяннаньский платформенный антиклинорий субплатформы Янцзы и поздние каледониды, содержит около 40 вулканогенных объектов с U. В юре здесь возникали эруптивные центры, выполненные средними и кислыми породами. В мелу центральную часть пояса заполнили красноцветные толщи. Месторождения вмещают юрские риолиты и дациты J (при том, что залежи меловые), но иногда их обнаруживают также в осадочных породах, метаморфитах фундамента и гранитах. Крупнейшее рудное поле **Сяншань**, пров. Цзянси, приурочено к одноименной кальдере. Яньшаньские (J) интрузии гранитов поздних каледонид содержат низкотемпературное гидротермальное урановое оруденение на низких гипсометрических уровнях, датированное 90 млн лет. Различают по ассоциирующим типам изменений пять типов руд: 1 – U-апатитовые; 2 – U-хлоритовые; 3 – U-карбонатные; 4 – U-флюоритовые; 5 – U-гидросерцитовые.

Флюорит

На западе Забайкалья флюоритовые месторождения Джиды-Удинской и Холокской зон разломов **Шаралдай, Иволга** позднемеловые. Их жилы локализованы в песчаниках и конгломератах нижнего мела [Магакьян, 1974, с. 203]. В Восточном Забайкалье гидротермальные месторождения флюорита раннемеловые. Б.Н. Абрамов и Н.П. Котова (2009) приводят для адуляра **Солонечного** месторождения K-Ag дату 116 ± 5 млн лет, **Гарсонуевского** – 125 ± 5 млн лет, **Абагайтуйского** – 125 ± 5 млн лет. Эти авторы указывают на пространственную близость подобных аккумуляций к юрским магматитам амуджикано-сретинского и кукульбейского комплексов, обогащенным фтором (сотые-десятые доли процента) и кальцием. Всего известно около 40 месторождений и более сотни проявлений флюорита. Наиболее крупными считают **Гозогорское** (более 40 млн т руды), крупными – **Уртуевское, Гарсонуевское** (запасы более 10 млн т), средними – **Калангуское, Шахтёрское** (2-5 млн т), прочие мелкие (менее 2 млн т) и очень мелкие. Большая часть месторождений находится в пределах Забайкальского и Монголо-Забайкальского флюоритовых поясов северо-восточного простираения.

В Мексике флюоритовые залежи характерны для пограничного горизонта между нижним и верхним мелом, альбской формация Джорджтаун и сеноманской Буда. В Бразилии нижнемеловые жилы флюорита обнаружены в районе **Санта Катарина**. Вмещающие породы – альбские известняки.

8.2. Историко-минерогенические провинции гипогенного минерогенеза

На континентах Земли для раннеальпийского этапа выделен ряд историко-минерогенических провинций, в т.ч. : I – Северо-восточной Азии, II – Тувино-Амурская, III – Восточнокитайская, IV – Малайско-Австралийская, V – Южноевропейско-Иранская, VI – Североамериканских Кордильер; VII – Андийская, VIII – Перилаврентийская, IX – Бразильская, X – Периафриканская, XI – Антарктическая. «МегаИМП» Восточной Азии и Австралии на западе Тихого океана выделяется особой концентрацией рудных объектов (см. рис. 8.1). Ее Тувино-Амурская апофиза далеко вдаётся в Азиатский континент.

ИМП Северо-восточной Азии. Минерогенический облик ИМП определили многочисленные Au-Ag, Sn объекты, единичные, но крупные золотоносные меднопорфировые аккумуляции Хромиты и рудатиониды тоже открыты – в ультрабазитах Анадырско-Корякской области с возрастом 70-65 млн лет. Мезозойские Магаданского сектора содержат гидротермальные аккумуляции Au-пиритовые, Au-сульфоантимонитовые, Au-галенит-сфалеритовые, Au-аргентитовые, почти чисто серебряные, с селеном (**Дукат, Пачука**), чисто золотые (**Агатовское, Ойринское**). Из прочих в Магаданском секторе упомянем связанные с позднемеловыми лейкогранитами касситерит-силикатные **Кинжал** и **Куно**. В Якутском секторе выделим Au-Sb-Hg гигант **Кючук** с ресурсами Au, по разным оценкам, 400-1000 т. Значительными считаются (и незаменимыми для экономики РФ) Au-Sb **Сарылах, Сентачан** (в рудных телах, в среднем, более 30 г/т Au и до 28% Sb), рудное поле **Кыллах** Верхоянья с Mo-U и Au минерализацией. На Чукотке развивают с участием канадского капитала крупные Au-сульфидные

Майское и **Au-Ag Купол**. Мусковито-кварцевожилые тела с касситеритом и вольфрамитом **Иульта** не отрабатываются, но в прошлом значение их для экономики СССР было неопределимым. Как и еще одного оловорудного узла Чукотки – **Валькумейского**, с коренными и россыпными залежами Sn. Большим шагом в развитии Западной Чукотки станет скорое освоение **Си-Мо-порфировых Песчанки** (в рудах Au и МПГ) и **Находкинского**. На Камчатке ждут своего часа **Au-Si Кирганикское**, **Сухое**, **Шаромское**, **Хим**, **Позднее**, с рудами магнетит-борнит-халькопиритовыми, самородным золотом/.

Тувинско-Амурская ИМП на западной периферии Тихого океана до Тувы цепочкой мантийных металлоносных карбонатитов (**Кондер** с МПГ, REE, **Карасуг** Fe-F-Ba-Sr-TR специализации и др.), лампротитов (юг Алданского щита). В Западно-Алданской провинции с ранней юры и по конец мела формировался **Мурунский** массив с U и единственными на Земле залежами чароитов. Немало эндогенных Sn, Sn-W рудных объектов связано с щелочными гранитами. К югу от Алданского щита в центральной части Станового пояса известны позднеюрские-раннемеловые Au-Ag гидротермальные **Бам**, **Ледяное**, **Скалистое**. В Забайкальском крае с раннемеловой тектонической активизацией ассоциируют крупные Pb-Zn **Нойон-Тологой**; флюоритовое **Гозогор** (40 млн т руды, 12 млн т флюорита); золоторудные **Тологой-Уланское**, **Васильевско-Хуторское**, **Кир-Киринское** (в нижнемеловых конгломератах и перекрывающих отложениях Восточно-Урулюнгуевской впадины), **Зеленинское**, в Борщовичском блоке – **Скалистое**; медно-порфировые **Айрык**, **Кулайджинское**, **Шаман**; оловорудные **Цикейское**, **Иргатуйское**. Некоторые местные объекты Au значительны, в частности, **Токур** (прогнозные ресурсы P1 – 51,9 т Au).

В ИМП находятся многие важные оловорудные районы Дальнего Востока России – **Хинган-Олоно**, **Кавалеровский**, **Комсомольский**, **Арминский**, **Баджалский**. В первом из них выделяется присутствием минералов индия **Джалиндзинское**. Месторождения рудных районов **Кавалеровского** и **Комсомольского** давали в прошлом в год до 70% российского олова. **Арминский** рудный район на севере Приморья (24 месторождения, более 200 рудопроявлений Sn, W, других металлов) включает средние по запасам Sn-W **Усть-Микулинское**, **Забывшее**, **Рудное**, Sn-Pb-Zn сульфидные **Таёжное**, **Зимнее**, Sn грейзены **Тигриного**. **Комсомольский** оловорудный район на юго-востоке Хабаровского края известен меловыми месторождениями, среди которых **Чалбинское**, **Солнечное**, **Перевальное**, **Придорожное**, **Фестивальное**, **Октябрьское**, **Озёрное**, **Лунное**, **Соболиное**, **Ветвистое**. В **Баджалском** рудном районе Хабаровского края выделяется меловое грейзеновое **Правоурминское** (в рудах 0,1-5% Sn, 0,05% WO₃, 0,5% Cu). Важные аккумуляции W-сульфидных скарново-грейзеновых руд – **Восток 2** и **Лермонтовское** на севере Приморского края.

Позднемеловыми являются флюоритовые месторождения на западе Забайкалья **Шаралдай**, **Иволга**. Их жильные тела локализованы в песчаниках и конгломератах нижнего мела. В Восточной Сибири, в Южном Приаргунье в раннем мелу (основная эпоха, вторая, возможно, кайнозойская) возникли скопления U в **Стрельцовской** вулcano-тектонической кальдере (объекты **Аргунское**, **Антей**, **Стрельцовское**. **Жерловое Стрельцовского** рудного поля) с общими запасами около 300 тыс. т U.

Восточнокитайская ИМП. Эндогенные рудные объекты во-многом связаны с поздней (меловой) стадией яньшаньской активизации. Среди них такая «жемчужина» как Au-Pb-Zn полиметаллическое кварцево-жильное мезотермальное месторождение **Сяоцинъюньлинь** на границе пров. Шаньси и Хэнань с запасами 1 тыс. т Au и возрастом 128-126 млн лет. Всего в объектах Восточно-Шаньдунского рудного района запасы золота превышают 900 т. В меловой этап продолжилось или пережило новый всплеск формирования крупнейших в Мире месторождений W провинции **Цзянси**, Китай, ее серий кварц-вольфрамитовых жил в грейзенизированных гранитах J₃. Содержания WO₃ – 3-4%. Помимо вольфрамита и шеелита, жилы содержат берилл, флюорит, танталит-колумбит, касситерит. Очень заметен на этом фоне южнокорейский **Санг-Донг**, обеспечивающий в прошлом 15% мировой добычи W за пределами б. СССР. Эпитермальные рудные тела Hg и Sb в ИМП возникли на северо-востоке Китая. Крупнейшее в мире месторождение Sb **Сигуаньшань** в центральной части провинции Хунань пережило в мелу (124,1±3,7 млн лет) вторую основную фазу минерализации (первая юрская, 155,5±5,1 млн лет). Его гигантские рудные залежи имеют запасы Sb 3-5 млн т, почти треть мировых. Аккумуляции руд As и Hg распространены на западе провинции. Несколько южнее, во впадине Баошань, Hg-Sb руды сопровождаются свинцово-цинковыми и серебряными. Их жилы и карманообразные тела локализованы среди известняков синия и пермокарбона. В ИМП известны и четыре района с урановыми вулканогенными месторождениями: **Западно-Джунгарско-Тянь-Шаньский**; **Янляо**; **средне-нижнего течения Янцзы**; **юго-восточного Китая**. Последний содержит около 80% урановых руд этого типа в стране. В его пределах залежи связаны с «коллапсными» разрывами, вулканическими кратерами, трубками взрыва с эксплозивными брекчиями, субвулканическими телами. Крупнейшее рудное поле **Сяншань**, пров. Чжэцзян, юго-восток Китая, приурочено к одноименной кальдере.

Малайско-Австралийская ИМП. В хребте Бобарис Калимантана открыты две диатремы среди серпентинизированных нижнемеловых перидотитов – **“брекчия Хруэран”** и трубка дер. **Бунглей**. Породы с пониженной щелочностью представляют промежуточный тип между кимберлитами и лампроитами. Предположительно, они алмазоносны. На юго-востоке Калимантана (р. Памали, приток более крупной р. Риам-Канан) в северной части нижнемелового перидотитового массива Бобарис алмазоносная брекчия слагает диатрему эллипсоидального сечения 150х300 м.

В тайском секторе, пров. Лампанг-Пхрае на севере и в южной пров. Сурат-Тхани, распространены жильные скопления минералов Sb. Все они прошли стадии: 1 – отложения и диагенеза карбонатных толщ; 2 – их доломитизации; 3 – появления ранней мезотермальной вольфрамовой минерализации (вольфрамит, шеелит) из растворов с температурой около 300°; 4 – появление поздней эпитермальной сурьмяной (с мышьяком) минерализации; 5 – эпитермальной доломитизации; 6 – отложения минералов сурьмы, пирита, оксидов Fe-W-Sb из горячих вод; 7 – гипогенных изменений с образованием оксигидроксидов Fe-Pb-Sb. Вмещающие известняки сложены разными генерациями кальцита и доломита, с примесью халцедона, кварца, флюорита, пирита, гётита, листоватых силикатов (прежде всего, каолинита).

Южноевропейско-Иранская ИМП содержит платинометалльные хромитовые, медно-никелевые объекты в Альпах Западных и Восточных, на Балканах (Косово, Греция, Албания), в горах Тавра (Турция), в Иране, Пакистане, Мьянме и далее до Филиппин. В Албании одно из важных месторождения на востоке страны – **Булькиза**. В североалбанском массиве Тропоа сосредоточена четверть албанских ресурсов хромитов, т.е. около 6 млн т. Однако залежи Булькизы были только перемещены в покрове в раннемеловую эпоху. Сами они юрские. Наверное меловым по возрасту является только кипрский массив **Троодос**. Возраст плагиогранитов, встреченных в верхах разреза массива (конечный продукт фракционирования магмы, имеющий отношение к нижним пиллоу-лавам) $90,3 \pm 0,7$ и $92,4 \pm 0,7$ млн лет (U-Pb, два образца, цирконы). Даты хорошо согласуются с результатами определения радиоларий из прослоев охр в верхних пиллоу-лавах. Возрасты 75-85 млн лет (K-Ar), имеющиеся по лавам и расслоенным дайкам Троодос относятся к процессам перемещения офиолитов, но не к их становлению в раннем маастрихте [Mukasa, 1987]. В Турции наиболее важными являются месторождения Восточного рудного района, прежде всего, рудного узла **Гулеман** с его около 50 залежами верхнемеловых хромитов. На северо-западе страны открыты более 60 залежей. В Иране месторождения хромитов концентрируются на юго-востоке (**Эмир**, **Шахрияр**, **Эбдашт**) и северо-востоке (**Мир Махмуд**, **Гефт**). Юго-восточный гипербазитовый регион вмещает наиболее важные аккумуляции, ресурсы которых оцениваются примерно в 50 млн т, общие запасы – 25,4 млн т. Всего же в стране насчитывают более 74 потенциальных на хромиты площадей, из которых 18 разрабатывают.

В болгарском секторе ИМП распространены сенонские колчеданные месторождения **Челопеч**, **Радка**, **Красин**, **Елшица**. В регионе Малого Кавказа в J₃-K₁ появились связанные с гранитоидами аккумуляции скарновые железорудные, полиметаллические, золото-сульфидные, арсенопирит-кобальтиновые (**Кохб**, **Шикахох**, **Воскепар-Кочачкут**, **Мехмана**). В позднем мелу-палеоцене произошло становление тел гипербазитов, несущих хромиты, платиноиды. С малыми телами верхнемеловых порфириров ассоциирует эксгальционно-осадочная кремнисто-марганцевая минерализация (**Севкар**, **Саригюх**, **Молладжалинское**, **Эльворское**). Наконец, в позднем мелу-эоцене в связи с гранитоидами и субвулканическими порфирами сформировались скарновые железорудные, золото-сульфидные, колчеданные, титаномагнетитовые залежи (**Маднеули**, **Сваранц**). Ресурсы Cu, Zn, Pb в месторождениях **Болнисского** рудного района, в который входит и **Маднеули**, составляют 1,6 млн т.

ИМП Североамериканских Кордильер имеет золоторудную специализацию. Она определена присутствием на западе Аляски жильных золотоносных гидротермальных **Рок Крик**, **Дивайд** и прочих в рудных районах **Кэйп**, **Джуно**, **Хоуп-Санрайс**. Гордостью ИМП является верхнемеловое-палеоценовое (77-58 млн лет) магматогенно-гидротермальное Au-As-сульфидное месторождение **Донлин Крик** на юго-западе Аляски. Оно содержит до 800 т Au. Одним из крупнейших в Мире считают Cu-порфировое месторождение **Пибл** (Аляска). Оно содержит 32,7 млн т Cu, 2,9 тыс. т Au и 550 тыс. т Mo. Уникально медное жильное **Бьютт** в штате Монтана, США. Запасы металлов на его площади 18 км² (диаметр 5 км): 10 млн т Cu, 1,8 млн т Zn. Ресурсы 12310 т Ag, 62 т Au. На севере штата Невада, скорее всего, в мелу сформировалось «культовое» месторождение тонкодисперсного Au **Карлин**.

В Мексике залежи массивных сульфидов относят к металлогеническим эпохам готеривской-аптской (**Брамадор**) и альбско-сеноманской (**Ля Америка**). Особенно перспективной считается площадь вокруг месторождения **Куале**, для рудного поля которого подсчитаны запасы 2,47 млн т руды, содержащей 0,23% Cu, 1,03% Pb, 3,22% Zn, 0,83 г/т Au, 103 г/т Ag. На Северо-Западных территориях Канады в вольфрамовом рудном поясе **Селуин** с 1950-х г.г. отработывают крупные медно-вольфрамовые скарновые месторождения **Мактунг** и **Кантунг**.

Андийская ИМП. Чили многие годы является крупнейшим мировым производителем меди (37% мирового производства), находится на втором месте по производству молибдена (41883 т в 2004 г.). В центральной части Чили самое крупное раннемеловое золото-медно-железорудное – **Эль Солдадо**, 120 км северней Сантьяго (ресурсы 200 млн т руды, 1,4% Cu). К меднопорфировым (K_1) на севере Чили относят многие месторождения Береговой Кордильеры. Большинство бедны Cu. Разрабатывают только зоны вторичного обогащения **Андокольо** и **Дос Амигос**. **Андокольо** наиболее значительное с ресурсами руды 300 млн т (0,7% Cu, 0,015% Mo, 0,23 г/т Au). В Чили известны, как минимум, 13 скарновых объектов. Большинство медные, но известны полиметаллические (**Мария Кристина**), железорудные (**Серро де Бандурриас**), лазуриновые (**Флор де лос Андес**, Высокие Анды, «карманы» в мраморах). Месторождение **Панулсильо** славится богатыми халькопиритовыми рудами.

Среди прочих на медь обрабатывают раннемеловые Au-Cu-Fe **Кандельяриа**, **Манто Верде**. Своеобразны в ИМП по генезису и составу месторождения «золото-медные с обедненными титаном обильными оксидами железа (Cu-U-Au-REE специализация)», в связи с метасоматитами. Называют их и «малосернистыми золото-медными». Таковы: раннемеловое Au-Cu- Feоксидное **Пунта дель Кобре**, известное с семнадцатого века; Au-Cu сульфидное **Кандельяриа** в приконтактной зоне батолита гранодиоритов с датами от $117,2 \pm 1$ до $110 \pm 1,7$ млн лет ($^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$), **Манто Верде** (U-Pb данные по циркону, $128 \pm 0,9$ млн лет; для титанита из даек кварцевых монзонитов-гранодиоритов с калишпатовыми изменениями – $126,4 \pm 0,5$ млн лет). Известны в ИМП и золоторудные жильные объекты. Около ста золотоносных жил открыто в рудном районе **Андакольо Голд**. Золото концентрируется в пирите. K-Ar дата для всей золотоносной породной массы – 91 ± 6 млн лет, – рассматривается как минимальный возраст минерализации. В рудном районе **Мантос де Пунитак** известен ряд сульфидно-кварцевых жил и сульфидно-карбонатных залежей (карманов). Площадь сложена нижнемеловыми андезитами, перемежаемыми скарнированными известняками и породами плутона гранодиоритов.

В **Чилийском** железорудном поясе, протянувшемся вдоль Береговой Кордильеры на 600 км, около сорока объектов имеют совокупные ресурсы 1 млрд т металла при содержании 60% Fe. K-Ar возраст для руд **Лос Колорадос**, **Эль Алгарробо**, **Ромерал** 108-112 млн лет. Для всего пояса он охватывает интервал 128-100 млн лет, для пород рудника **Кармен** – $129,8 \pm 3$ млн лет.

Перилавrentийская ИМП. Для провинции особенно характерны тела очень глубинных магматитов. Районами, где меловой алмазоносный магматизм доказан или предполагается, являются в Канаде провинции Саскачеван, Квебек, Онтарио, а в США – штаты Арканзас и Канзас. Наиболее исследованным районом их проявлений является остров Сомерсет Канадского Арктического архипелага. Здесь давно известны 19 диатрем с меловым возрастом (97 млн лет). Кимберлиты поля **Форт а ля Корн**, пров. Саскачеван, Канада, имеют возраст позднеальбский-раннесеноманский. Их рудные ресурсы оценены в 400 млн т, содержания алмазов – 0,14 кар./т. В Арканзасе находится первое эксплуатировавшееся коренное месторождение Северной Америки нижнемеловая лампроитовая трубка **Прери-Крик** (возраст 106 ± 3 млн лет). Отсюда происходят находки именных алмазов (белый “Звезда Арканзаса”, золотисто-желтый “Гарри Мур”, голубовато-белый “Эйзенхауэр” и многие другие). Тем не менее, по соображениям рентабельности разработки ныне здесь не ведутся, но геологические и геофизические работы в надежде открыть коммерчески более значимые объекты не приостановлены.

Мезозойские месторождениями ниобия в ИМП связаны с массивами щелочных-ультраосновных пород в рифтах северо-восточной периферии. Они открыты преимущественно на территории Канады (ресурсы 1 млн т металла). В США они единичны. Массив **Ока**, пров. Квебек, с телами кальцитовых карбонатитов и ийолит-мейтельгитов – позднемеловой. В одних работах его возраст относят к интервалу 105-80 млн лет, в других датируют 117 млн лет], в третьих – 117-120 млн лет. Меловой (105 млн лет) массив **Магнет Ков**, США, помимо больших запасов пентоксида фосфора (15 млн т при содержаниях 4%) содержит около 1 млн т титана и столько же флюорита. Близкий ему по возрасту (100 млн лет) массив **Поташ Сульфур Спрингс**, США, специализирован на Nb, Ti, V. Обнаружены в ИМП и редкометалльные пегматиты и скарны. В Калифорнии альбскими (105-104 млн лет) считаются литиевые пегматиты **Пала**, обрабатываемые на руднике **Стьюарт**.

Бразильская ИМП. В меловой этап в провинции сформировались многие важные промышленные объекты. Раннемеловые в большинстве связаны с мощными излияниями базальтов K_1 в бассейне Парана. Среди них: 1 – месторождения агата и аметиста районов **Сальту ду Жакуи** и **Альту Уругуай/Ирай**, штат Риу Гранде ду Сул; 2 – жилы флюорита в районе **Санта Катарина**; 3 – первые интрузии карбонатитов **Анитаполис** и **Жакупиранга** с аккумуляциями апатита на юге и юго-востоке Бразилии; 4 – трубки алмазоносных кимберлитов **Паранатинга**, штат Мату Гроссу. В позднем мелу между 90 млн лет и 80 млн лет регион пережил еще один эпизод реактивизации рифтов. В это время появились щелочно-карбонатитовые комплексы **Посос де Калдас** (Poços de Caldas) на границе штатов Минас Жераис и Сан Паулу, **Араша**, **Тапира**, **Серра Негра**, **Каталан**, **Санта Фе де Гояс** с апатитом, Nb, Ti, Ni, Ba, Al, U, F, редкими землями. Тогда же

произошло становление кимберлитовых трубок районов **Альто Паранаиба**, штаты Минас Жераис и Гояс, и **Жуина**, штат Мату Гроссу.

Периафриканская ИМП. Кимберлитообразование в интервале 102-137 млн лет (K_1) имело место на юго-западе кратона Калахари и в его ближайшей периферии. Поля таких кимберлитов распространены в Заире, Анголе, ЮАР, Лесото, Свазиленде, Ботсване. Вот даты для некоторых известных раннемеловых тел ЮАР: диатрема **Нью-Эландс** – 127±6 млн. лет (K-Ar); дайка **Нью-Эландс** – 114±1 млн. лет (K-Ar); трубка **Робертс-Виктор** – 105-125 млн. лет (Rb-Sr). Позднемеловые кимберлиты распространены больше на юге и юго-востоке Заира: возраст кимберлитов **Бакванга** – 71,3 млн. лет ($^{205}\text{Pb}/^{238}\text{U}$), их алмазов – 628±12 млн. лет ($^{205}\text{Pb}/^{238}\text{U}$, включение циркона в алмазе). В Ботсване диатремы поля Орапа (30 тел, 5 с алмазами) датированы 93 млн лет. Поле **Каниеба** в Мали (15 тел, 3 с алмазами) имеет возраст 90 млн лет, **Постмасбург**, ЮАР (13 тел, 5 с алмазами) – 94 млн лет [Фролов и др., 2005].

В Анголе и Намибии позднемеловые массивы щелочных пород с карбонатами открыты среди пород кристаллического основания. В Анголе они меловые, в Намибии – палеогеновые. Все локализованы в пределах раннемеловой рифтогенной линейной структуры Лукапа (Lusara), пересекающей Анголу с северо-востока на юго-запад. Большинство тел находится в ее юго-западной части. Среди них **Тксивира**, **Бонга**, **Катанда**, содержащие пироклор. Комплекс **Тксивира** занимает наибольшую площадь. Он имеет кольцевое строение. Карбонаты находятся среди габбро, ийолитов, нефелиновых сиенитов, сиенитов. Все они прорывают докембрийские граниты, ныне фенитизированные. Иногда карбонатитовый материал замещен флюоритом, его кальцит – доломитом, иногда – анкеритом. Зерна пироклора мелкие, обычно менее 1 мм. Невыветрелые, они обогащены F и Nb, выветрелые – Sr и REE. Супергенные минералы представлены баритом, целестином, карбонатами REE.

Антарктическая ИМП. В раннеальпийский этап на Земле Эндерби произошло становление тел долеритов, датированных K-Ar способом 170-130 млн лет. Наиболее перспективны в минерагеническом отношении являются штокообразные и дайковые щелочно-ультраосновные породы мелового возраста. Они образуют семь тел диаметром от 25 до 180 м на небольшом участке в горах Принс-Чарльс. В большинстве тел присутствуют высокобарические минералы-спутники алмаза, а в одном из глубинных включений найдены единичные мелкие обломки кристаллов алмаза. В оазисе Джетти, что восточнее озера Бивер в горах Принс Чарльс, известны три трубки мончикитов-щелочных лампроитов порфировой структуры. Две прорывают пермские песчаники, одна – породы фундамента. Гипербазиты и рассекающие их жилы кварца иногда содержат рассеянные высокопробные золотины. Содержания золота колеблется от 0,6 до 4,2 г/т. В кварцевых жилах среди метаморфитов Au – 1-2 г/т.

8.3. Гипергенный минерагенез

Меловой этап оставил два планетарного значения уровня мощного корообразования – раннемеловой и позднемеловой–зоценовый. С меловыми корами связаны огромные месторождения редкометалльных-редкоземельных элементов Бразилии (**Питинга**, **Араша**, **Назарену**). Меловые титан-циркониевые россыпи Центральной России, Сибири обладают значительным экономическим потенциалом. Очень важны меловые фосфатоносные бассейны северных районов Южной Америки (Колумбия, Венесуэла), Ближнего Востока (Ливан, Израиль, Сирия), Северной Африки (Марокко, Египет), Восточно-Европейской платформы. В лагунных образованиях обнаружены месторождения железа (рис. 8.18). Меловой период оставил колоссальные запасы U-V руд плато Колорадо – на их примере особенно видны взаимосвязи эндогенных и экзогенных процессов в возникновении уникальных месторождений. Экзогенные рудные и нерудные аккумуляции раннеальпийского этапа разнообразны. С вулканизмом K_2 в Болгарии связаны промышленные месторождения Мп осадочно-вулканогенного происхождения. Мел Европы известен многочисленными месторождениями бокситов всей Южной Франции между подножьями Пиренеев и Альп, Чехии, Венгрии, Румынии, Греции, Италии.

Железные руды

Северная Африка. Весьма крупные месторождения сидеритовых руд находятся на территории Алжира в **Кабильской** зоне, в горных массивах на побережье Средиземного моря. В триасе-мелу осадконакопление происходило в условиях подводной гряды. Гематитовые, сидеритовые рудные тела вдоль разрывов замещают известняки апта и содержат 56,2% железа [Старостин, 2004].

Урал. Небольшие по запасам месторождения железных руд связаны с линейно-площадными корами выветривания на гипербазитах, сложенных преимущественно железосодержащими минералами. Обычно месторождения комплексные Co-Ni-железорудные. Известны **Бакальские**, **Аккермановское**, **Малкинское**, **Халиловское**, **Серовское** и представляющие скопления природнолегированных нонтронит-охристых железных руд. На **Серовском** месторождении с железными рудами коры выветривания тесно связаны переотложенные осадочные руды Замайской депрессии, в которых содержания Ni и Co крайне незначительны. Мощность рудоносной толщи от 1-2 до 29 м и в среднем 12 м. Выделяются: 1 - бобово-конгломератовые, 2 - глинистые, песчано-

глинистые, гидрогетитовые и гидрогетит-хлоритовые; 3 -- охристые гидрогетитовые и гидрогетит-хлоритовые, представляющие собой, главным образом, остаточную часть продуктов выветривания.

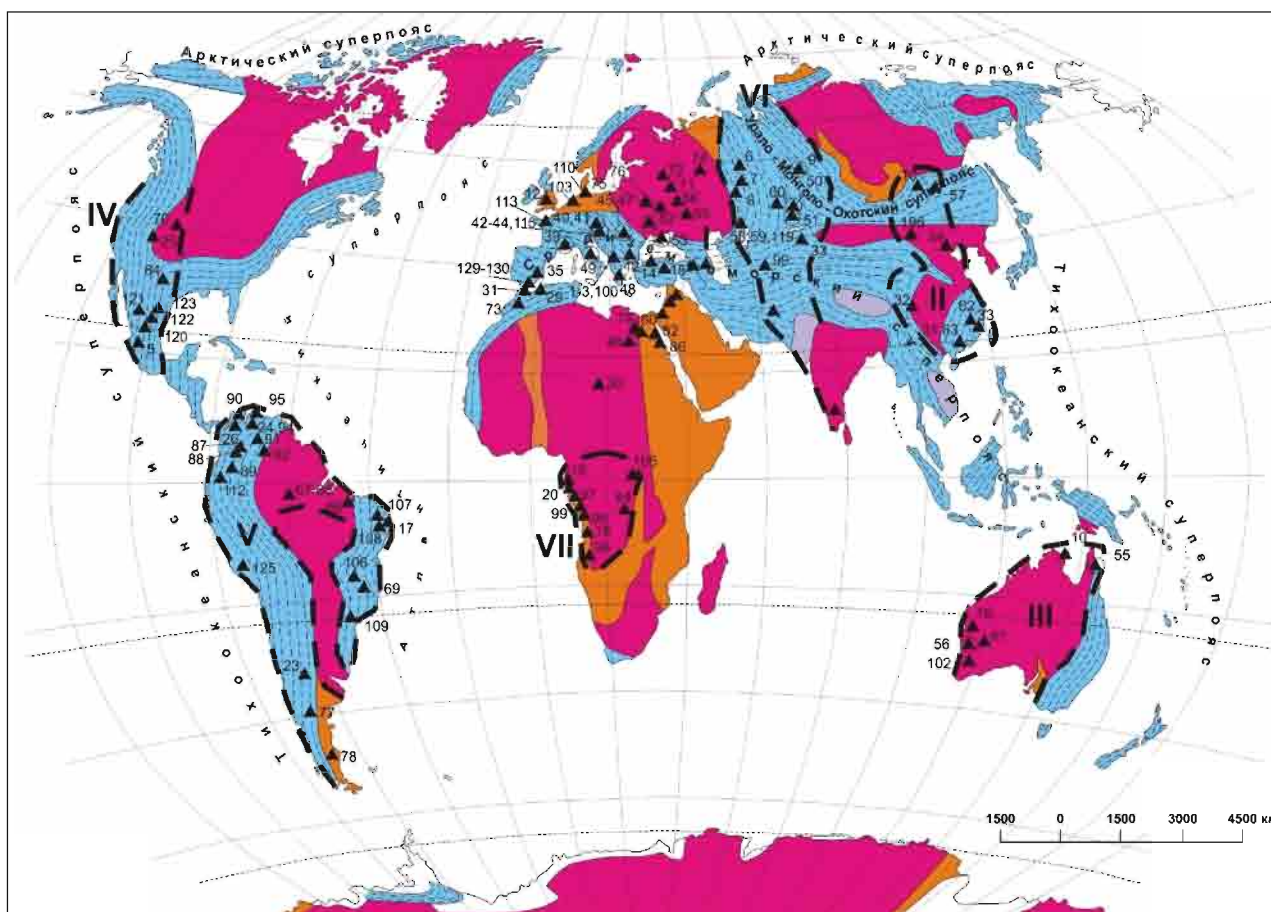


Рис. 8.18. Экзогенные месторождения, сформировавшиеся в раннеальпийский этап на континентах Земли. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина (1971), модифицированной. 1– бокситы; 2 – медистые песчаники, россыпи, соли и т.д. Прочие условные обозначения см. рис.8.1. Историко-минерагенические провинции (экзогенный рудогенез): I. Европейско-Североафриканская, II. Восточноазиатская, III. Периавстралийская, IV. Североамериканских Кордильер, V. Перибразильская; VI. Уральско-Индостанская, VII. Конголезская. Раннеальпийские экзогенные месторождения и проявления:

I – железорудные, в т.ч. хромоникелевые, стратифицированные: 1 – Круме-Кукес-Луре, Албания. Нижнемеловые латеритные Трулл-Суройи, Мамез, Номе; 2 – Либражд-Поградец, Албания. Меловое Fe-Ni, Восточный Пишкаш; 3 – Билишти, Албания. Дозоценовые латеритные Fe-Ni и силикатного Ni Битинца, Капштика, проявления Шкоза, Верник; 4 – Гилф Кибер, юго-запад Египта. Оксидное железорудное; 5 – Сапо Негро, Западная Мексика. Меловое вулканогенно-осадочное Fe-Mn; 6 – Серовское, север Свердловской области. Осадочные железные руды MZ (?); 7 – Елизаветинское, в 12 км южнее Екатеринбурга. Железорудное остаточное MZ (?); 8 – Бакальские месторождения Челябинской области. Природнолегированные железные руды, связанные с корами выветривания MZ по ультрабазитам; 9 – Западно-Сибирский железорудный бассейн; 10 – Березовское, Забайкальский край. Сидеритов и бурых железняков K₁; 11 – Лисаковское, северный Казахстан. Меловое оолитовое сидерит-лептохлорит-гидрогетитовое.

II – осадочные марганцевые: 12– Голяма Раковица, Пожарово, Болгария. Верхнемеловые вулканогенно-осадочные марганцевые; 13 – Севкар, Саригюх, Молладжалинское, Эльворское, Малый Кавказ. Эксгальационно-осадочные кремнисто-марганцевые; 14 – Эрегли, Картла, Кевуль, СЗ Турции. Эксгальационно-осадочные марганцеворудные; 15 – Центральная Турция. Оксидные марганцевые Хаймана, Чавырлы, Харалапыллар, Ортабель; 16 – Грут Эйлендт, Западная Австралия. Марганцевое пизолит-оолитовое; 17 – Азул, север Бразилии. Меловое оксидное Mn.

III – первично осадочные (эксгальационно-осадочные) медные и полиметаллические: 18 – Кашуэйрас, Ангола. Халькопирит-халькозин-борнит-дигенитовая минерализация в песчаниках и глинах K₁; 19 – Нтоум, Либервиль, Габон. Медистые песчаники K₁; 20 – Крошу, Габон. Минералы полиметаллов отложениях K₁; 21– Бени Меллал, Марокко. Меденосные залежи среди пород сеномана; 22 – Айн Сефра, Марокко. Более ста медепроявлений в песчаниках J₃ и K₁; 23 –

Уэмуль, Аргентина. Меловые медистые песчаники; 24 – **Себууроко**, запад Венесуэлы. Месторождение меди среди нижнемеловых песчаников; 25 – меловые медистые песчаники формации **Дакота**, США; 26 – **Хирон** (комплекс), Колумбия. Медепроявления в песках K_1 ; 27 – **Юньнань**, провинция Китай. Меденосные горизонты K_1 ; 28 – Хейли, юго-западный Китай. Инфильтрационное Si в конгломератах мела; 29 – **Мерия**, Высокий Атлас, Марокко. Залежи медно-свинцовых руд в меловой толще; 30 – **Аур**, юго-запад Алжира. Полоса медепроявлений; 31 – **Хейли**, юго-западный Китай. Инфильтрационное Si в конгломератах мела; 32 – **Центральная Юньнань**, Китай. Меднорудный участок юго-западной Сикан-Юньнаньского поднятия. 6 меденосных горизонтов, в т.ч. 3 – раннемеловые.

IV – первично осадочные урановые (реовинированы в поздние этапы): 33 – **Ганхан**, ураноносный пояс, Китай. Меловое урановое **Сяншань**, пров. Чжэцзян; 34 – **Донгшень**, север Ордосской впадины, Китай. Меловое урановое; 35 – **Теруэлл**, Испания. Ураноносное в терригенных осадках K_1 и P ; 36 – **Гамр**, **Кёнигштайн**, Чехия. Урановые инфильтрационные, в сеноманских толщах; 37 – **Нарс**, Гобийская плита. Инфильтрационное U в терригенном сеномане. V, Zr, Ge, La ; 38 – **Башибулак**, запад Тарима, Китай. Инфильтрационное урановое в отложениях мела.

V – бокситы: 39 – **Прованс-Нижний Лангедок**, Франция. Полоса бокситов K_1 ; 40 – **Рихнов**, Чехия. Бокситы под породами K_2 ; 41 – **Мойтин**, Чехия. Бёмитовые породы в карстовых полостях; 42 – **Задунайское Среднегорье**, Венгрия. Пласты бокситов валанжина-эоцена; 43 – **Надъхаршань**, Венгрия. Бёмитовые бокситы K_1 ; 44 – **Альсопер**, Венгрия. Нижнемеловые бёмитовые бокситы; 45 – **Падуре Крайюлю**, северо-западная Румыния. Нижнемеловые бокситы; 46 – **Суходол-Цемпени**, северо-западная Румыния. Нижнемеловые бокситы; 47 – **Хатедь-Бекен**, северо-западная Румыния. Нижнемеловые бокситы; 48 – **Парнас-Киона**, Греция. Бокситы под известняками титона-сеномана; 49 – **Абруцци**, Центральная Италия. Верхнемеловые бокситы; 50 – **Лебяжинское**, в Прииртышской депрессии. Альб-сеноманские бокситы; 51 – **Целиноградский и Майкаинский** бокситоносные районы, Центральный Казахстан. Месторождения **Майбалык**, **Майсор**, **Кайнарлы**, **Софиевское**, **Семеновское**, **Суворовское**; 52 – **Высокопольское** бокситовое месторождение, Ингулецко-Днепровский бокситоносный район, Днепропетровская область; 53 – **Покрово-Киреевка** (Кумачово), юг Донецкой области. Поздсеноманские бокситы; 54 – **Уэйпа**, Северная Австралия. Третичные (частично, верхнемеловые?) бокситы; 55 – **Гов**, Северная Австралия. Третичные, частично, возможно, верхнемеловые гиббситовые бокситы; 56 – **Дарлинг Рэйдж**, Западная Австралия. Позднемеловые, полностью или частично, бокситы.

VI – золотоносные коры выветривания и связанные с ними россыпи: 57 – **Кир-Киренское**, Забайкальский край. Восточно-Урулунгуевская впадина. Золоторудные конгломераты нижнего мела; 58 – **Южно-Балкынбайское**, Актюбинская область Западного Казахстана. Золотоносные коры выветривания K_1 ; 59 – **Каиндинское**, Актюбинская область. Золотоносный аллювий K_1 ; 60 – **Аралтюбинская**, в Акмолинской области Центрального Казахстана Золотоносная россыпь.

VII – редкометалльные, алмазонасные и др. коры выветривания и ассоциирующие с ними россыпи: 61 – **Маунт-Уэлд** (Западная Австралия. Кора выветривания по карбонатитам. Ta, Nb, TR ; 62 – **Раян**, пров. Цзянси, Восточный Китай. Мезозойские и более молодые редкоземельные (преимущественно, иттриевые) коры выветривания; 63 – **Джой-Пэй-Тун**, пров. Гуандун, Китай. Мезозойские каолинит-галлуазитовые коры выветривания с «ионными рудами». TR ; 64 – **Заур**, Касаи, г. Чикапа, меловые алмазонасные конгломераты; 65 – **Кирсановское**, Тамбовская область. Титан-циркониевое, фосфоритоносное; 66 – **Центральное**, Тамбовская область. Титан-циркониевая россыпь; 67 – **Сейс-Лагос**, штат Амазонас, Бразилия. Меловые-третичные (?) коры выветривания по карбонатитовому массиву. Nb, TR, Fe , анатаз; 68 – **Питиинга**, штат Амазонас, Бразилия. Меловые-третичные (?) коры выветривания по пегматитам Ta, Sn ; 69 – **Назарену**, юг штата Минас Жерайс, Бразилия. Меловые-третичные (?) коры выветривания по пегматитам. Ta ; 70 – полоса меловых $Ti-Zr$ россыпей в штатах **Юта**, **Аризона**, **Монтана**, **Нью-Мексико**, **Колорадо**, **Вайоминг**, США, и провинции **Альберта**, Канада; 71 – **Липецко-Скопинская** зона россыпей, Липецкая, Рязанская области. Титан-циркониевые, в отложениях неокома и апта.

VIII – аккумуляции фосфатов: 72 – **Егорьевский** фосфоритоносный район, Московская область. Среднетитонский и верхнетитонско-берриасский фосслои; 73 – **Улан-Абдун** (район), Марокко. Фосфатоносный бассейн с месторождениями в породах маастрихта (**Хурибга**), палеоцена, нижнего эоцена; 74 – **Вятско-Камский** фосфоритоносный район. Валанжинская фосфоритовая серия; 75 – **Полпинское** месторождение сеноманских фосфоритов, Брянская область; 76 – **Щигровское и Свободненское** месторождения сеноманских фосфоритов Курская область; 77 – 78 – месторождения позднеюрских-раннемеловых (нижний титон-берриас) провинций Аргентины, в т.ч.: 77 – Неукен. **Bajada del Agrio, La Porfia, Mallin Quemado**; 78 – Санта Крус. **Tres Lagos**; 79–82 – месторождения меловых фосфоритов Египта, в т.ч.: 79 – **Мут**, 80 – **Эль Кусейр**, 81 – **Абу Тартюр**, 82 – **Сафага**; 83 – меловые месторождения фосфоритов **Вади Эль Рахим**, **Вади**

Эрхейме, Эр Ракхейме, *Eastern A и B (Sawwaneh), Khneifiss*, Сирия; 84 – *El Chapote-La Casualidad* (Чаропоте 1 и 2), *Canon de las Encias* (середина мела), *Rincon de Arizmendi*, штат Nuevo Leon, Мексика. Меловое (середина мела) фосфатное (фосфатизированные известняки с лимонитом, продукт преобразования гуано); 85 – *Джебел Бир эд Дар, Хасбая*, долина Бекаа, Ливан. Верхнемеловые фосфоритовые; 86 – *Кандиду Мендес*, штат Мараньон, Бразилия. Месторождение верхнемеловых и четвертичных гуано, глиноземистых фосфатов, бокситов; 87-93 – верхнемеловые месторождения фосфоритов Колумбии, в т.ч. департаментов: 87 – Бояка. Площади и рудные поля *Boyaca Nuevo Colon, Iza Cuitiva Tota, Mongua, La Conejera, La Parroquia, La Cascajera, La Cascajera, Tunja, Pesca Sogamoso*), 88 – Кундинамарка (*Pirachon, Ombachita-El Pilar, Sogamoso, Alto De Mesa, Nueva Vizcaya, Serrania De Perico, Sueva, Caparappi (La Palma), Macheta (Guateque), Rio Sumapaz (Pandi-Cunday-Icononzo), Alto del Triga – La Sierra, Ubate*), 89 – Уила (*La Canada, Aipe – Mapata, La Troja, Baraya – Tello, Elias-Timana, Buenos Aires, Llano Verde, La Juanita, Pacarni-Iquira, El Cucharon, Yaguara-Llanoverde*), 90 – Магдалена (*Quebrada del Hierro*), 91 – Норте де Сантандер (*Bachalema, Pamplona, Gramalote-Arboledas, Rio Riecitos-Lourdes, Oru, Sardinata*), 92 – Сантандер (*Palmira, California, La Azufrada (Quebrada la Sorda), Vanegas, Hato Caballero (San Andres), San Vicente, Surata*), 93 – Толима (*Girardot, Pandi, Icononzo*); 94-95 – верхнемеловые морские фосфориты Венесуэлы, в т.ч. месторождения штатов: Тачира (*Berlin-El Pueblecite, El Corozo, La Blanca – PaloGrande, La Molina, Las Adjuntas – San Jacinto, Las Hernandez, Lobatera, Los Cedros, Los Monos*), 95 – Сулия (*La Villa del Rosaria*); 96-99 – верхнемеловые морские фосфориты Анголы, в т.ч. провинций: 96 – Бенго. *Sassolemba*, 97 – Кабинда. *Cacata, Cambota, Chibuate, Mongo Tango, Chivovo (Tchivovo, мел? ранний эоцен?)*, 98 – Уиге (*Uige*). *Pedra do Feitico*, 99 – Зауре (Zaire). *Coco Grande, Coluge, Tando, Lendiacolo, Quindonacache*; 99 – Афганистан. Пров. Герат. *Kotalj-I-Sebzak*. Позднемеловые морские фосфориты; 100 – Албания. Юрские-верхнемеловые морские фосфориты *Fush-Bardhe, Nivice, Pilloce*; 101 – Меловые морские осадочные фосфориты *Bathurst Island, Fannie Bay*, Северная Австралия; 102 – *Murchison River, Perth Basin/Dandaragan*, Западная Австралия. Меловые морские фосфориты; 103– меловые (преимущественно маастрихт) месторождения фосфоритов Бельгии – *Ciply, Saint Symphorien, Spienne,, Momalle, Rocour, Liège- Meuse*; 104 – Кривоевское, Могилевская область, Белоруссия. (желваковые фосфориты сеномана); 105 – Конго (Заир), *Holle, Tchivoula, Sintou-Kola, Loufika*. Маастрихтские-раннеэоценовые морские фосфоритов; 106-108 – среднемеозойские фосфориты штатов Бразилии, в т.ч.: 106 – Минас Жераис, *Cedro do Abaete*. Меловое остаточное, 107 – Параиба, *Alhandra-Conde* (меловое морское), *Joao Pessoa-Rio Tinto* (маастрихт), *Paulista* (маастрихт), 108 – Пернамбуко, *Goiania* (меловое морское), *Olinda* (верхнемеловое морское), 109 – Sao Paulo, *Provadija, Pleven* (юрские-олигоценовые морские); 110 – *Arnager*, округ Bornholm, Дания. Верхнемеловые (сеноманские) желваковые фосфориты. Мощность пласта 0,6 м; 111 – *La Serena*, Чили. Морские юрские-меловые фосфориты; 112 – *Lumbaqui*, Эквадор. Верхнемеловые пластовые фосфориты; 113 – позднемеловые фосфориты Парижского бассейна, Франция (*Bohain, Hargicourt* и др.); 114 – раннемеловые фосфориты Пиринеев, Арденн, Франция (*Cierp, Dombasle, Grandpre* и др.); 115 – *Bakony* (горы), Венгрия. Желваковые фосфориты, формировавшиеся в середине мелового периода; 116 – *Valdavur, штат Тамилнад*, Индия. Морские конкреционные и нодулярные фосфориты сенона-маастрихта; 117 – *Ein Yahav, Giv'at Mador, Har Teref* и др., Израиль. Морские позднекампанские месторождения фосфатов; 118 – *Al Inab, Batn El Ghol, Deir Abu Said* и др., Иордания. Морские кампанские-раннемаастрихтские и прочие верхнемеловые фосфориты; 119 – *Чилисай, Кандагач, Карагандинское, Коктюбинское, Новоукраинское, Сарбьяк, Утебьес, Верхнекарское*, Актюбинская область, Казахстан. Валанжинские и нижнесантонские фосфориты; 121-123 – фосфоритов Мексики, в т.ч. штатов: 120 – Керетаро, месторождения, сформировавшиеся в начале-середине мела *Chavarria, La Ventana, Tancamá, Peña Miller, Landa de Matamoros, Queretaro*, 121 – San Luis Potosi. Юрское-меловое *Ciudad Valles*, 122 – Guanajuato. Рудный район *Los Pozos*. Месторождения юрских-меловых фосфоритов. *La Laja, Angelina, El Paseo, La Dura, La Prieta, El Duraznillo*, 123 – Hildalgo. *San Francisco*. (начало и середина мела); 124 – *Loralai*, пров. Белуджистан, Пакистан. Меловое осадочное желваковое фосфоритов; 125 – *Mantaro*, пров. Junin, Перу. Раннеюрское (и меловое?) морское осадочное; 126 – *Annapol, Radom*, Польша. Желваковые. Формировались в середине мелового периода-позднем мелу; 127 – *Mazidagi*, горы Mardin, Турция. Туронско-сантонские морские фосфориты; 128 – *Sierra Alhambilla Woburn-Amphill* (апт), *Cambridge Greensand* (сеноман), (кампан), Англия. Фосфориты мела; 129-130 – месторождения меловых фосфоритов Испании, в т.ч.: 129 – *Sierra Alhambilla*, у г. Альмерия, 130 – *Jumilla, Sierra Espuna*, пров. Мурсия.

Украина. Наибольшее значение имеют богатые железные руды K_2 на железистых кварцитах. В Криворожском железорудном бассейне площадная кора выветривания распространена повсеместно, её мощность до 60 м, линейных кор на порядок выше, а нижние части профилей коры выветривания формировались в более ранние эпохи вплоть до рифейской. В пределах Криворожского бассейна

развит саксаганский тип богатых железных руд. Они представлены разновидностями: мартитовыми, магнетит-мартитовыми, гётит-гематит-мартитовыми и развиты обычно по тонкополосчатым богатым железом джеспилитам и кварцитам, в которых силикаты отсутствуют или содержатся в незначительных количествах. В **Саксаганском** районе эти руды достигают глубин 2500 м от поверхности, в **Кременчугском** – более 1500 м, в **Первомайском** – более 1200 м. Выделяются: 1 – пластовые и пластообразные залежи шарнирного типа, приуроченные к замку Саксаганской синклинали; 2 – столбо- и гнездообразные залежи, приуроченные к плавным поперечным изгибам крутопадающих пластов.

Западная Сибирь. Огромны ресурсы, прежде всего, верхнемеловых осадочных морских сидерит-гидрогётит-лептохлоритовых руд в Западно-Сибирском железорудном бассейне. Эпигерцинская Западно-Сибирская плита в мезозое характеризовалась вполне платформенными тектоническими режимами. Вместе с соседней Сибирской платформой она по этим показателям объединилась в гигантскую «инфраплатформу Ермак». Западно-Сибирский железорудный бассейн (площадь 300 тыс. км², протяженность 1,2 тыс. км, ширина около 150 км) имеет запасы руд с содержанием железа более 30% около 400 млрд т, что позволяет его считать одним из весьма крупных. Его залежи приурочены к горизонтам верхнемеловым нарымскому, колпашевскому, чигоринскому и эоценовому бакчарскому. По простиранию и разрезу железорудные пласты сменяются железистыми песчаниками, алевролитами, алевролитистыми глинами с оолитами лептохлоритов, рис. 8.19.

Восточная Сибирь. Нижнемеловое месторождение сидеритов и бурых железняков **Березовское** выявлено в 10 км южной п. Нерчинский Завод в Забайкальском крае. Железорудная толща в основании нижнего мела мощностью 80-300 м залегает на размытой поверхности палеозойских и юрских филлитов и порфировидных гранитов. Бурые железняки образуют линзы и пласты длиной до 3 км. Первичные сидеритовые руды (34% запасов) содержат 31-35% железа, окисленные – 35-55%. Преобладают разности руд обоих типов конгломератовидные, но окисленные могут быть также рыхлыми и обломочными. Запасы 255 млн т руды. Главное рудное тело мощностью от 20 до 200 м прослежено по падению на 0,7 км и тянется на 2,8 км.

Индостан. Здесь имеются богатые железные руды площади **Ноамунди**, штат Джаркханд (220 м мощность, прослежена на 3 км по простиранию), развитые железистым формациям архея. Различаются древние «твердые гематиты» и «мягкие» гематитовые залежи, связанные с процессами выветривания в мелу-кайнозое. Массивные руды первых микрополосчатые, сложены мартитами.

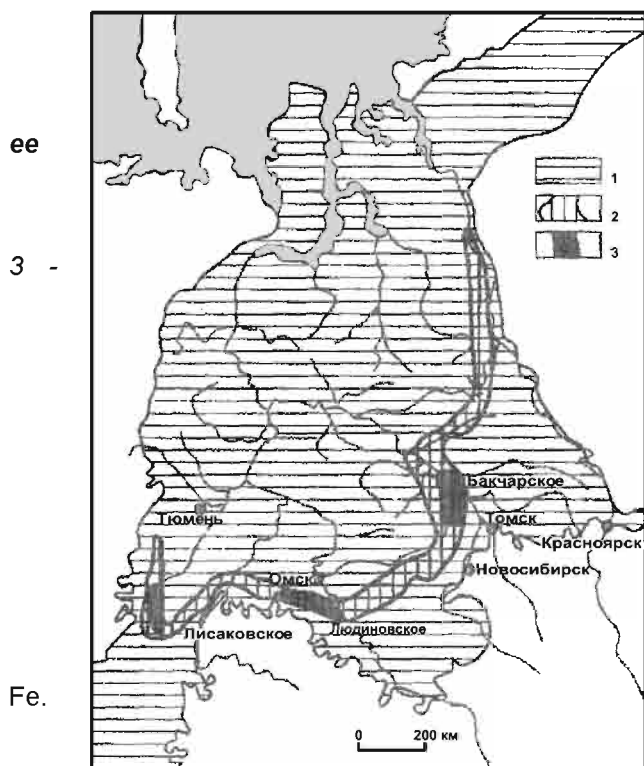


Рис. 8.19. Распространение мел-палеогенового моря в пределах Сибирско-Казахстанской платформы и положение в пределах прибрежно-морских железорудных отложений. По А.К. Мазуров и др., 2006. 1 – площадь мел-палеогенового моря; 2 – прибрежно-морские железорудные отложения; основные железорудные узлы и месторождения.

Нигерия. Меловые железные руды в работах местных ученых характеризуются как осадочные, но чаще являются латеритными. Лучше описаны два таких объекта: оолитовые железняки плато **Агбажа** и глыбовые железистые образования **Энугу**. Значительные содержания металла обнаруживают в железных шляпах на разных меловых толщах вокруг бассейна Иллумеден, и дельты р. Нигер, а также осадочного бассейна Бида. Гётит-гидрогётитовые залежи **Агбажа** содержат 47,8% Fe. После обогащения содержание возрастает до 52,1% Fe. Ресурсы оценивают в 3705 млн т. Для железняков всего рудного района **Арбажа-Патти** выявлены примеси: 8,55% SiO₂, 1% Al₂O₃,

0,91% P₂O₅

Ангола. До гражданской войны, начавшейся в 1975 г., страна произвела 40 млн т железной руды с содержаниями 50-60%. Основная масса сырья была получена из месторождений полосчатых железистых формаций докембрия провинций Кассинга-Уила. Наиболее богатые руды локализованы в меловых корах выветривания по таконитам и итабиритам. Одно из месторождений – **М'Басса** в

провинции Кассинга Норт. Его залежи развиты по джеспилитам, содержат, помимо Fe, Ti и V. Немного известно и о ванадиевых месторождениях **Кинзо** и **Луэко**, которые в 1950-е годы эксплуатировали португальцы, получив 940 т V. Указывают, что они напоминают карбонатные брекчии **Цумеб**, северная Намибия, но – в последнем совсем иные полезные компоненты – Cu, Pb, Zn, Ge, Ga.

Марганцевые руды

Марокко. На востоке Высокого Атласа, находится меловое барий-свинцово-марганцевое карстового выполнения месторождение **Имини**, единственное разрабатываемое в стране. Рудные тела **Имини** прослежены на 25 км до месторождения **Тасдрем** в полосе шириной 0,4-1,0 км. Три пластообразных рудных тела общей мощностью 3 м с пиролюзитом (преобладает), голландитом, криптомеланом, коронадитом содержат 40-56% Mn, иногда более 2% Ba и Pb, 0,3% Cu. В существенно пиролюзитовых разностях руд может быть до 59% Mn при 2,5% SiO₂. Ресурсы месторождения оценивают в 7,5 млн т марганцевой руды (1986 г.). В 2005 г. на месторождении добыто 11,27 тыс. т руды.

Австралия. В середине мела возникло огромное по запасам (437 млн т богатых руд) месторождение Mn на острове **Грут Айленд** в заливе Карпентария, 650 км к В-ЮВ от порта Дарвин. Перекрывающие образования фундамента меловые формировались в меловом периоде. Их мощность может превышать 100 м. Они накопились в двух небольших морских бассейнах. От первого остались немые кварцевые песчаники, продукты перемыва мезопротерозойских кварцитов, залегающие под глауконитовыми мелководными аргиллитами. Последние в кровле содержат



первичные оолитовые (рис. 8.20) и пизолитовые руды, по которым, в свою очередь, развиты вторичные конкреционные марганецсодержащие (рис. 8.21) и прочие продукты выветривания различного возраста.

Рис. 8.20. Пизолитовые марганцевые

руды месторождения Грут Айленд. <http://www.grooterresources.com.au/images/stories/banner2.jpg>

Отложения южного бассейна представлены песчанистыми алевролитами, частично известковистыми, с оолитами марганцевых карбонатов на более низком стратиграфическом уровне, и, меньше, песчаниками с оксидным марганцевистым цементом у поверхности. Рудное тело сложено, главным образом, первичными пизолитами и оолитами. Оно прослежено почти на 22 км, имеет ширину 6 км и мощность до 6 м (в среднем, 3 м) среди аренитов. Облик и состав руды меняется от массивной оксидной, через чередование слоев оксидов Mn с каолинитовыми глинами и кварцевыми песками до вкрапленности оксидов в песчанистом глинистом матриксе. Основные руды ныне находятся либо на небольшой глубине, либо же выходят на дневную поверхность. Главные минералы пиролюзит и криптомелан. Манганита немного. По состоянию на июнь 2009 г. измеренные ресурсы **Грут Айленд** оценивают в 160 млн т руды с содержаниями 45,5% Mn. Добывая здесь 3 млн т руды ежегодно, компания GEMCO обеспечивает 15% мирового рынка высокосортных марганцевых руд.



Рис. 8.21. Вторичные конкреционные руды Mn месторождения Грут Айленд. <http://www.grooterresources.com.au/images/stories/banner1.jpg>

Мексика. Руды марганца, ассоциирующие с меловыми

толщами, распространены во многих регионах. Обычно они комплексные железомарганцевые, но широко представлены и жильные тела из пиролюзита, псиломелана, вада, подобные тем, что обнаружены в районах **Акатлан**, **Тепехи**, юг штата Пуэбла. Неправильной формы жилы псиломелана открыты в меловых известняках близ г. Кохкатлан, штат Герреро. Сульфид Mn алабандит MnS сопровождает минералы Ag и Pb в **Сьеррита де Тепебауалко**, штат Пуэбла. Карбонат родохрозит типичен для средних частей таких зон. Его жильные тела встречены на месторождениях **Пачуа**, **Реал дель Монте** **Тетеле дель Оро**. На юго-западе, с меловыми вулканогенно-осадочными толщами ассоциируют аккумуляции Fe-Mn полосчатых руд месторождения **Ля Минута**. Fe-Mn залежи находятся в пласте фельзических туфов мощностью около 10 м. В металлоносных породах

определены тодорит, криптомелан, кварц, романешит ($\text{Ba}, \text{H}_2\text{O})_2\text{Mn}_5\text{O}_{10}$, иллит-мусковит, кристобалит, хлорит, барит, вудрафит ($\text{Zn}, \text{Mn})^{+2}(\text{Mn}, \text{Al})_6\text{O}_{12} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, накрит или каолинит, возможно, голландит $\text{Ba}_2\text{Mn}_8\text{O}_{16}$, а также аморфное вещество. Не смотря на то, что минералы месторождения **Ля Уэка** сильно изменены при диагенезе и выветривании, тонко полосчатые текстуры руд узнаваемы. Обилие в них Fe, Mn, Fe, Mn, Ba, Zn, Si, явно осадочных гематита, кремнезема, марганца, обогащенных Ba, Zn, указывают на то, что они выпали на морское дно из гидротермальных металлоносных растворов. В целом, эти аккумуляции суть дистальный вариант барит-сульфидных залежей месторождения **Ля Минута**.

Бокситы

Западная Европа. Коры выветривания K_1 , часто бокситоносные, описаны во многих странах, рис. 8.22. Во французском **Провансе** и **Нижнем Лангедоке** они слагают перешеек Дюранс альбского века. В подошве бокситоподобных пород встречены известняки юры, неокома, либо только баррема, выше – толщи сеномана, сенона и более молодые. В Провансе бокситы перекрывают известняки верхнего баррема, менее – известняки бедульского яруса нижнего апта. Площадь выходов – 400 км x 60 км. Мощности бокситов здесь 3-8 м, протяженность пластов – 10-30 км. Термин «bauxite» (в XIX веке, «beauxite») и был введен в оборот при изучении породы с холма у деревни Les Beaux у г. Арля, деп. Буш дю Рон, Прованс, Южная Франция (1821г.). Запасы «классических» бокситов **Буш дю Рон**, подсчитанные до глубины 600 м, составляют 30 млн т. Содержания кремнезема в них – 9%.

В **Чехии** несколько разновидностей бокситов выявлены в коре выветривания по амфиболитовым сланцам под верхнемеловыми породами (**Рихнов**). Бёмитовые породы у **Мойтина** залегают в закарстованной кровле известняков триаса под конгломератами эоцена. В венгерском **Задунайском Среднегорье** пласты бокситов перекрывают известняки Т, реже – титона. Бокситообразование началось в валанжине, местами продолжалось до эоцена. Мощности залежей варьируют от 1,0 до 30 м.

В **Румынии**, на северо-западе известны три бокситоносных района: массив **Падуре Крайюлю**, **Суходол-Цемпени**, **Хатедь-Бекен**. Бокситы повсеместно развиты по закарстованным известнякам мальма или иным подразделениям мезозоя, перекрыты где известняками неокома, где песками и глинами сеномана (юг, Хатедь-Бекен). Три бокситоносных района выделяют и в **Испании**: **Мазэстрасго**, **Барселона**, **Пиренейская Лерида**. Бокситы там залегают на известняках верхнего триаса, доггера, мальма и перекрыты известняками апта и альба [Бушинский, 1975, с. 69, 324-349].

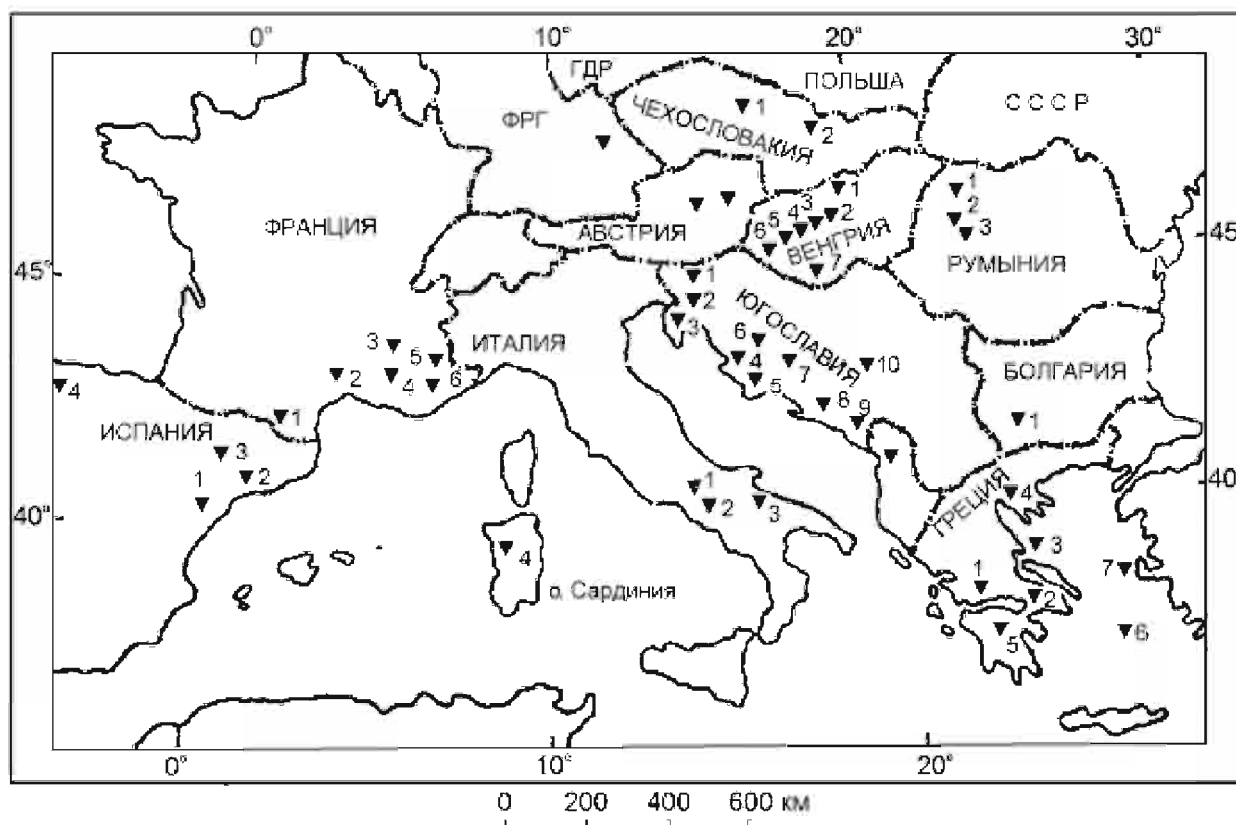


Рис. 8.22. Месторождения бокситов Западной Европы. По (Г.И.Бушинский, 1975). Испания: 1 – Мазэстрасго; 2 – Барселона; 3 – Пиренейская Лерида; 4 – Леон. Франция: 1 – Аръеж; 2 – Бедарьё; 3 – Ле Бо; 4 – Арль; 5 – Драгиньян; 6 – Бриньоль. Италия: 1 – Аbruцци; 2 – Кампания; 3

– Апулия; 4 – Нурра. Германия: Фогельсберг; Австрия: 1 – Унтерлаусса. Бывшая Чехословакия: 1 – Рихнов; 2 – Мойтин. Польша: 1 – Нова Руда. Венгрия: 1 – Нежа; 2 – Обарок-Уйбарок; 3 – Гант; 4 – Искасентдёрдь; 5 – Халимба; 6 – Нирад; 7 – Надьхаршань. Румыния: 1 – Падуре Крайюлю; 2 – Суходол Цемпени, горы Апусени; 3 – Хередь Бекен. Бывшая Югославия: 1 – Северная Словения; 2 – Южная Словения; 3 – Истрия; 4 – Обровац; 5 – Дрниш; 6 – Бихар; 7 – Яйце; 8 – Мостар; 9 – Никшич; 10 – Власеница. Греция: 1 – Парнас Киона; 2 – Мармара; 3 – Скопелос; 4 – Салоники; 5 – Астрос; 6 – Наксос; 7 – Самос.

В Венгрии меловые бёмитовые и бёмит-гиббситовые желто-красные и желтые бокситы обнаружены у г. **Надьхаршань**. Они залегают на юрских известняках, перекрыты барремскими мергелями и глинами. Бокситообразование здесь началось в валанжине и продолжалось до баррема, а в **Альсопере** – до апта. Качественные бокситы содержат 50-60% глинозема, 1-8% кремнезема, 15-20% Fe_2O_3 , 2-3% TiO_2 . Спокойно залегающая бокситовая толща иногда разбита небольшими сбросами. В опущенных блоках больше мощности продуктивного пласта и лучше качество бокситов, что делает поиски подобных структур основной задачей геологоразведочных работ.

В Греции (район **Парнас-Киона**) один из горизонтов бёмитовых бокситов мощностью до 8 м залегают над известняками титона-сеномана, под рудистыми известняками верхнего мела. Здесь же между известняками верхнего мела и конгломератами палеогена – ещё один бокситовый горизонт, а южнее – залежи эоценовых бокситов. В Австрии бокситовые залежи считают коньякскими-кампанскими. Они локализованы в кровле верхнетриасовых известняков, под кампанскими конгломератами.

Турция, Иран, Пакистан. У турецких городов **Аксеки** и **Сейдишехир** известны около сорока месторождений бёмитовых серовато-бурых, красных и кремневых бокситов, рис. 8.23. Залежи имеют мощность до 17 метров и расположены в среднегорье, на высотах рельефа 1-3 км. Залегают на известняках нижнего мела, под верхнемеловыми известняками и сильно перемяты. До глубины 250 метров подсчитаны запасы 3,1 млн т у г. Аксеки и 28,2 млн т у Сейдишехира. Их химический состав (%): Al_2O_3 – 69-62, SiO_2 – 5-7, Fe_2O_3 – 4-20, TiO_2 – 1,2-3,4, п.п.п. – 12-15. У с. Доган-Кузу под г. Сейдишехиром концентрируются лучшие залежи. В 130 км северней г. Аксеки (села Намрун и Кучук Корас) среди меловых известняков имеются линзы диаспоровых бокситов, мощность которых южнее (возрастает. Запасы высококачественных бокситов (Al_2O_3 – 57,4%, SiO_2 – 4,5%) – до 4 млн т. В районе сёл Паяс и Исляхия на горе Аманос Даг среди известняков на границе турона и сенона локализованы залежи темно-бурых пизолитовых бокситов и железных руд. Бокситы Исляхия содержат (%): Al_2O_3 – 47,8, SiO_2 – 11,6, Fe_2O_3 – 15-17.

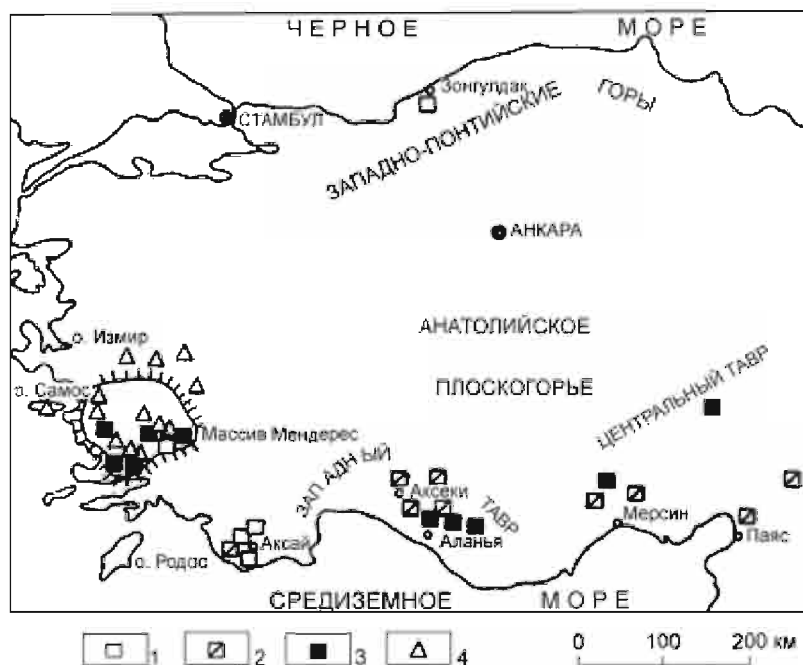


Рис. 8.23.
Месторождения бокситов и наждаков Турции. По Г.И. Бушинскому, 1975.
Бокситы: 1- эоценовые; верхнемеловые; 3 – пермские; 4 – наждаки пермские.

Казахстан занимает по запасам бокситов (рис. 8.24) 15 место в Море. Госбаланс этой республики учел аккумуляции минерального сырья в бокситоносных районах Северного Казахстана **Западно-Тургайском, Центрально-Тургайском Восточно-Тургайском** в соотношении 88,3; 4,5 и

7,2 % соответственно от разведанных запасов. В **Восточно-Тургайском** бокситовом районе разведаны месторождения **Аркалыкское, Северное, Нижне-Ашутское, Верхне-Ашутское, Уштобинское и Актаское.**

Для всех объектов, за исключением **Актаского**, на учет поставлены также запасы галлия и огнеупорных глин. **Западно-Тургайский** район объединил месторождения **Аятское, Краснооктябрьское, Белинское, Зимнее, Восточно-Аятское, Таунсорское, Карабайтальское, Клубное, Восточно-Козыревское, Варваринское, Покровское, Северо-Ливанское.** В **Центрально-**

Тургайском районе известны объекты **Приозерное, Кушмурунское, Западно-Убаганское и Кокतालское.**

Крупнейшее месторождение **Западно-Тургайского** района – **Краснооктябрьское.** Оно было открыто на юго-западе Костанайской области (западный борт Тургайского прогиба) в 1956 г. Наиболее древними породами, выходящими на поверхность, являются нижнекаменноугольные известняки, андезитовые порфириды и их туффиты, прорванные телами диоритов и плагиогранит-порфиров. В кровле палеозойского фундамента развит палеокарст, фиксирующий положение древней гидросети в полосе северо-восточного простирания. Воронки и промоины выполнены подрудными пестроцветными глинами (внизу) и каменистыми, рыхлыми и глинистыми бокситами мощностью от нескольких метров до 120 м выше. Рудные тела имеют вытянутую или изометричную форму, на флангах они расщепляются. Основные минералы – гиббсит, гидрогематит, гематит, каолинит, вторичные – сидерит, кальцит, также немного хлорита и пирита. Присутствие в верхних частях залежей сидерита до 2,85% сильно снижает качество руды. Помимо бокситов, в песчано-глинистой толще содержатся огнеупорные гиббситсодержащие каолиновые глины [Добыча бокситов ведется Краснооктябрьском бокситовым рудоуправлением (КБРУ) на участках **Аятском, Белинском и Краснооктябрьском.** Геологические запасы **Краснооктябрьского** рудного поля на 1. 01. 2005 года составили порядка 126 млн. тонн. Одновременно в КБРУ обрабатывается 10-12 карьеров разной мощности.

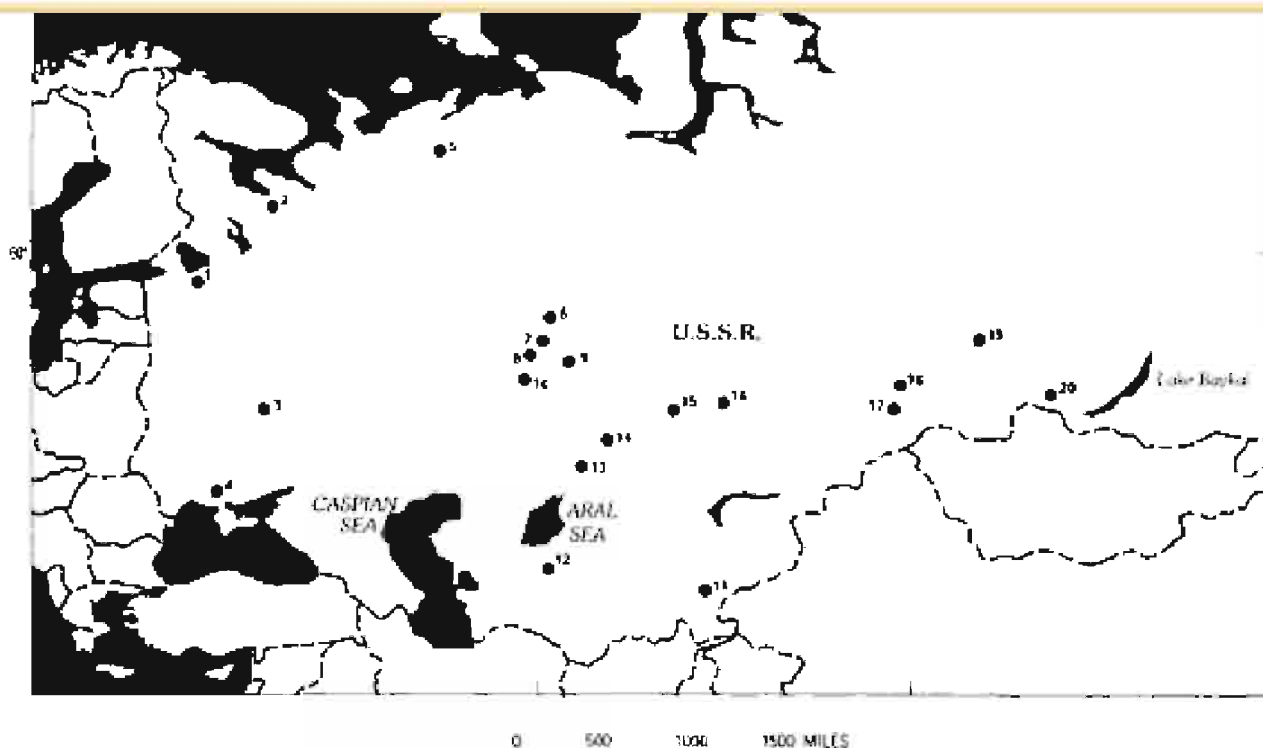


Рис. 8.24. Бокситы Урала, Казахстана, Средней Азии и прочих регионов б. СССР. По (Г.И.Бушинский, 1975). Цифрами обозначены бокситоносные районы: 1 – Тихвинский; 2 – Онежский; 3 – Воронежский; 4 – Ингулецко-Днепровский; 5 – Тиманский; 6 – Черемуховский; 7 – Карпинский; 8 – Красная Шапочка; 9 – Каменско-Уральский; 10 – Новопрестанский; 11 – Ферганский; 12 – Кызылкумский; 13 – Тургайский; 14 – Амангельдинский; 15 – Целиноградский; 16 – Экибастузский; 17 – Кузнецкий; 18 – Салаирский, в Алтае-Саянской области; 19 – Енисейский; 20 – Восточно-Саянский, в Алтае-Саянской области.

Австралия. Частично позднемеловой возраст имеют огромные (2,5 млрд т) залежи бокситов **Уэйпа**, рис. 8.25, для которых помимо бемита характерно повышенное (10-20%) содержание бёмита. Пласт красных бокситов мощностью до 9 м (в среднем, 3-4 м) залегает на нижнемеловых белых кварцевых песках и каолиновых глинах, которые при выветривании не способны дать высокоглинозёмистые породы. Разрез бокситов начинается пласт конгломератов, что тоже не находит объяснений.



Рис. 8.25. Бокситоносный район Уэйпа, север полуострова Кэйп Йорк, штат Квинсленд, Австралия. Кругом бокситы – перерабатывающий комплекс и рудник Комалко. <http://www.welcome2australia.com.au/queensland/weipa/row3-photo1.jpg>

Это же относится и к бокситам Гов на западном берегу залива Карпентария. Его гиббситовые породы, как и в Уэйпа, подстилаются конгломератами, а ниже залегают песчано-глинистые аркозы нижнемеловых гнейсы и гранулиты фундамента.

Позднемеловыми, полностью или частично, являются гиббситовые бокситы района Дарлинг Рейндж на юго-западе Австралии. Запасы его залежей (мощность 4,2 м) – 0,5 млрд т.

Медистые песчаники и сланцы

Северная Африка. На севере континента стратиформные месторождения меди в меловых толщах распространены в Марокко. В Высоком Атласе это **Мерия, Бу Селлам, Мазер, Бу Кешба.**

Мерия (Восточный Атлас, рис. 8.26 объединяет залежи свинцово-медных руд мощностью до нескольких метров, локализованных в меловой толще среди песчано-конгломератовой пачки («слоистый» тип руд) и в белых песчаниках («пятна», гнезда), образований меловых палеорусел.

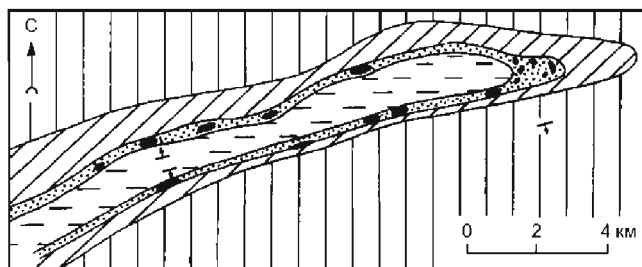


Рис. 8.26. Геологическая схема месторождения меди и свинца Мерия, залежи которого локализованы в песчано-конгломератовой пачке (рудные слои) и в виде гнезд в песчаниках «инфра-мела». Высокий Атлас, Марокко. По Дж. Кайа. 1 – морские карбонатные серии с эвапоритами в основании (K_{1-2}); 2-3 – континентальный инфрамел, в т. ч.: 2 – красные и белые песчаники и аргиллиты, 3 – базальные конгломераты и белые песчаники с медной минерализацией; 4 – морские карбонатные серии с континентальными песчаниками доггера; 5 – стратиформная медная минерализация; 6 – элементы залегания.

Рудные слои образованы зернами малахита и халькозина (до 1 мм), тяготеющими к цементу породы. Среди прочих минералов присутствуют халькопирит, борнит, сфалерит, галенит. «Гнезда» могут иметь мощность от 0,1 м до нескольких метров. Слоистые руды содержат 1-4% меди, гнездовые – 1-1,5%. В северной наименее глубокой части палеобассейна преобладает медное оруденение, свинец появляется на юге, в его наиболее погруженной части. Рудные элементы снесены в бассейн в раннем мелу с примыкающих частей суши Высокого Атласа и плато Рекам.

Около 50 проявлений и месторождений Си открыты в рудном районе **Бени Меллал**, в марокканском Атласе. По периферии домелового поднятия Абадин Бу Бакир залежи меди распространены на поверхности несогласия между породами доггера и сеномана. Второй рудоносный горизонт встречен внутри сеноманских образований, в базальной части разреза терригенной толщи, перекрывающей сеноманские андезиты. Экономически значимые залежи приурочены к наиболее высоко расположенным площадям поднятия Абадин Бу Бакир (И.Г. Наркелюн, 1983).

Китай. Меденосность юрских и нижнемеловых отложений доказана для рудных районов **Юньнань и Хейли.** На участке Центральная Юньнань, три меденосных горизонта имеют раннемеловой возраст. Основные типы минерализации: 1 – ранний мел, нижний, тип Хи-чиа-хо; 2 – ранний мел, средний, тип Цзин-твен; 3 – ранний мел, верхний, тип Сан-цзы-чанг. Количество рудных пластов в каждом от 2 до 6. Породы смяты в складки, нередко опрокинутые, прорваны интрузиями и дайками.

Большую часть залежей считают сингенетичными. Таковы два слоя медистых сланцев подтипа Сан-тай-чанг в центре Юньнаньского бассейна, распространенные среди зеленовато-серых карбонатных сланцев в толще желтых или пестроцветных пород. Халькопирит, пирит и борнит в главном нижнем слое обнаруживаются на протяженности десятков километров. Эти минералы развиты в цементе и зернах кальцита карбонатных песчаников. Оруденение тяготеет к широкой

синклинальной складке, в приразломных частях которой обнаруживаются борнитовые жилы. Медистые сланцы распространены в нижней и верхней частях седиментационных циклов красноцветов преимущественно в центре рудного района Юньнани. Там же, а также на востоке и на западе известны и медистые песчаники подтипа Та-цзяо. Их маломощные линзы и пласты развиты на границах серых и фиолетово-красных разностей. Минерализация представлена халькозином и малахитом, халькопирита немного.

Промышленные залежи линзовидные, в разрезе располагаются кулисами. Их длина в 2-5 раз больше ширины. Они пересекают плоскости напластования и часто параллельны разрывам. В средне- и крупнозернистых песчаниках больше халькозина, в мелкозернистых – халькопирита. Выделения халькозина могут содержать метакристаллы доломита. Сульфиды меди часто замещают карбонатный цемент, образуют сетчатой структуры вдоль контактов песчаников и аргиллитов. В нижнемеловых базальных конгломератах одного из седиментационных циклов пестроцветов в центре и на западе Юньнаньского района известны осадочные месторождения типа **Та-цзян**. Тонкие выдержанные слои богатых руд формируются восходящими гидротермами, стимулирующими перенос и концентрирование меди из нижних уровней осадков к их кровле. Такие тела тяготеют к минерализованным зонам разломов, испытавшим вторичную переработку и к интрузивным телам.

Таиланд. Меднорудные объекты в меловых песчаниках выявлены на северо-западе страны. Среди них: 1 – **Бан Тан** и **Хуай Чай** (В обоих случаях меденосны песчаники мощностью 2-100 м); 2 – **Бан Ванг Сам Пан**, 90 км к СВ от г. Уттарадит. Медистые песчаники здесь присутствуют на площади протяженностью 25 м. Еще один подобный объект открыт в 60 км к ЮВ от г. Уттарадит; 3 – **Бан Хуай Ниара**. Малахит здесь распространен в пласте песчаника мощностью 1 м. Содержания меди на некоторых участках составляет 10%; 4 – **Бон Пха Вианг** пласт медистого песчаника имеет мощность 2 м; 5 – **Тах Пах Мок**, 15 км к ЮЗ от г. Бан Пин; 6 – **Пху Вианг** – проявление медно-урановое. Оно находится на западной окраине плато Кхорат, где ассоциирует с пластом желтовато-серых, серых углеродистых и конгломератоподобных песчаников, предположительно, J_1 . Радиоактивные минералы, малахит, азурит образуют вкрапленники или выполняют трещины в пределах подиформных тел (чётки) мощностью до 1,5 м. Последние прослежены на 1,5 км в меридиональной полосе шириной 150 м. В наиболее богатых пробах было 0,03-0,08 % U и 0,8-3,0 Cu.

Полиметаллические месторождения

Мексика. К типу «долины р. Миссисипи» (MVT) месторождения полиметаллов барита, целестина, флюорита, выявленные в мезозойских преимущественно карбонатных толщах. Полиметаллические месторождения распространены широко. Они наблюдаются среди карбонатных отложений на 3 стратиграфических уровнях: кимериджском, верхнеготеривском-нижнебарремском, альбском. На первых двух они сопровождается баритовой, а на третьем – целестиновой минерализацией. Флюоритовые залежи характерны только для пограничного горизонта между K_1 и K_2 . Доминируют «каламиновые» руды, бессульфидные, представленные гидроцинкитом $Zn_5[(OH)_3 | CO_3]_2$ и смитсонитом $ZnCO_3$. Такие залежи известны на месторождениях штата Коауила: **Сьерра Мохад**, **Сьерра де ля Пурисима**, **Сан Маркос**. Рудный район **Сьерра Мохад** находится у кромки бассейна Сабинас. Здесь представлены два типа рудной минерализации, площади которых разделены одноименным разломом. Севернее него развиты пластообразные тела вкрапленных и массивных руд Pb и Zn, а также значимыми концентрациями Cu и Ag. Мощность минерализованной толщи около 100 м.

Урановые, ураново-ванадиевые инфильтрационные месторождения

Соседние районы Курганской области и Северного Казахстана. **Урало-Енисейский** пояс гидрогенного уранового оруденения объединил многочисленные рудные аккумуляции в зонах пластового и грунтового окисления, наблюдаемые в палеодолинах J_3-K_1 . Среди них месторождения **Добровольное** (8.27), **Далматовское** (оба в Зауральском районе, содержания U до десятых долей процента), **Семизбайское**, **Тобольское**, **Сенжарское** в Северном Казахстане. меньше – к базальной.

Китай. В стране широко распространены урановые объекты песчаникового типа, которые местные геологи делят на роллового, или межпластового, оксидационного подтипа, и базальных уровней палеодолин (фреационно-оксидационный подтип). Месторождения по ресурсам малые и средние, но изредка превышают 10 тыс. т в пересчете на U с содержаниями 0,03-0,1% U. Совокупно они составляют примерно четверть открытых ресурсов КНР и обнаружены в бассейнах **Йили** и **Каши** Таримской впадины, **Эрен** в центральной части Северного Китая, **Джианчань** и **Цинлонг**. Новые крупные скопления U обнаружены недавно. Одно из них – **Донгшень**, – находится в северной части Ордосской впадины. Урановая минерализация локализована в меловых аллювиальных песках; ранее её относили к инфильтрационному типу месторождений в песчаных слоях.

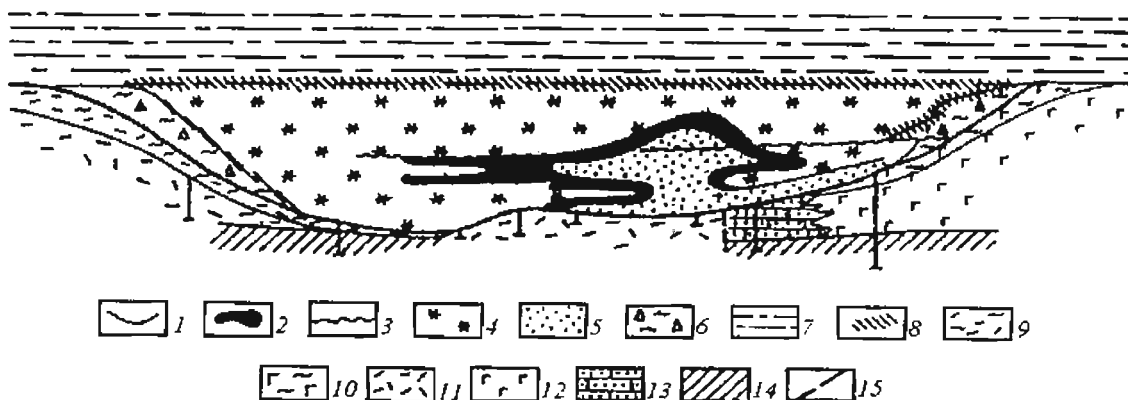


Рис. 8.27. Гидрогенное урановое инфильтрационное месторождение Добровольное в Челябинской области (Зауральский район). Геологический разрез через погребённую позднеюрскую долину, выполненную позднеюрскими-валан-жинскими аллювиальными отложениями. По А.Б. Халезову и С.Н. Маркову. 1 – ложе палеодолины; 2 – оруденение; 3 – граница первого и второго аллювиальных ритмов; 4 – восстановленная древняя зона пластового окисления, развитая по грубозернистым отложениям; 5 – песчано-алевро-глинистые первично сероцветные отложения; 6 – пролювиально-делювиальные первично красноватые породы; 7 – алевроглинистые первично красноватые озерные отложения, перекрывающие палеодолину; 8 – желтоватые гидроксиды железа, развитые в зоне контакта первично красноватых пород с белесыми породами древней восстановительной зоны окисления; 9-10 – кора выветривания: 9 – по липаритам T_1 , 10 – по базальтам T_1 ; 11 – липариты T_1 ; 12 – базальты T_1 ; 13 – карбонатизированные песчаники T_{2-3} ; 14 – сланцы P ; 15 – разлом в фундаменте.

Целестин. Барит

В Мексике месторождения целестина мирового уровня в аптских толщах формации Купидо и альбских формаций Аурора и Акатита ассоциируют с платформенными карбонатами в штатах Коауила, Сан Луис Потоси, Чиуауа. В последнем разрабатывают объект **Сьерра де Паила**, в котором промышленные пласты сложены среднезернистым белым целестином и обломками пород им незамещенных. В кавернах наблюдаются великолепные кристаллы минерала до 10 см, сопровождаемые флюоритом, серой самородной, гипсом. В горах Сьерра до Аламитос выявлены целестиновые аккумуляции **Эль Венадо, Эль Волкан, Ля Тинаха, Ля Вибора, Эль Дьябло** и другие. В проявлениях прослои и пласты с целестином варьируют по мощности от первых сантиметров до 5 м. По простиранию их прослеживают до 0,5 км. Таблитчатые, иногда призматические, кристаллы минерала, идиоморфные и гипидиоморфные, могут достигать длины в 20 см при ширине до 10 см

Месторождения никеленосных, редкометалльных, золотоносных кор выветривания

Китай. В провинции Цзянси по редкоземельным гранитам развиты мезозойские и более молодые коры выветривания с «ионными рудами». Месторождение **Раян** существенно иттриевое, его запасы 120 тыс. т, а всех TR_2O_3 – 200 тыс. т при содержании 0,1%. Месторождение **Джой-Пэй-Тин** (провинция Гуандун) – рудоносные каолинит-галлуазитовые коры выветривания мощностью 7,5 м на площади 2,5х0,6 км. 89% запасов (8 тыс. т TR_2O_3 , треть – Y_2O_3) – «ионные руды», остальное – зерна ксенотима и монацита [Беляев и др., 1996, с. 125].

Австралия. Очень богаты редкими землями железные шляпы, обнаруженные в 1986 г. над дайками (линзы и четки 2-25 м шириной, прослежены до 25 км) раннемезозойских магнетит-феррокарбонатитовых пород месторождения **Янджибана**, Западная Австралия. **Средние** концентрации TR_2O_3 в них 1,6% и более. В составе редких земель преобладают La, Ce, Nd

Распределение этих ресурсов по отдельным элементам редких земель отображено в табл. 8.3.

В Восточной Бразилии, штат Минас-Жерайс, известно уникальное позднемеловое (возраст 90 млн лет), карбонатитовое месторождение **Баррейру де Араша**, на поверхности которого развиты металлоносные коры выветривания. В них подсчитано 18 млн т руды с концентрациями пентоксида ниобия 2,48%, а в наиболее богатых блоках – 4,3% Nb_2O_5 . Площадь массива и развитых кор – 5 км². В массиве **Баррейру** ресурсы ниобийсодержащих руд в корях выветривания и коренных карбонатитах доходят до 1 млрд т. По последним оценкам, только латеритных руд там 800 млн т с 13,5% оксидов TR, 2% Nb_2O_5 , 0,05% Коры выветривания развиты на всей площади массива **Баррейру** в виде покрова мощностью около 100 метров, в среднем. Иногда мощности достигают и 200 м. Основные минералы латеритов (в порядке убывания): барит, гетит, гематит, магнетит, анатаз, апатит, бариопирохлор, гиббсит, алуинит, каолинит. Иногда встречается немного кварца. Монацит, магнетит, циркон (бадделеит), обладающие химической стойкостью, присутствуют в небольшом количестве и в карбонатитах, и в латеритах. Имеются в стране и более мелкие месторождения подобного типа.

Таблица 8.3

Средние содержания оксидов редких земель в металлоносных корах выветривания рудного района **Янджибана** Западная Австралия. По (Hastings Rare Metals).

№№	Оксиды элементов REE	Содержания, г/т	%% от общего количества оксидов REE
1	Лантан	2750	16,7
2	Церий	7600	46,3
3	Празеодим	1050	6,4
4	Неодим	4000	24,4
5	Самарий	500	3,0
6	Европий	110	0,7
7	Гадолиний	225	1,4
8	Тербий	23	0,1
9	Диспрозий	60	0,4
10	Эрбий	32	0,2
11	Иттрий	75	0,4
	Всего	16425	100

На Урале с корами выветривания связано золото в эрозионно-тектонических депрессиях. На севере это месторождения **Семеновский** и **Александровский** увалы, **Лангурская**, **Белужная**, **Чапинская**, на Среднем Урале – **Висимской** группы (**Новый лог**, **Александровский лог**, **Кантуровский покос**), **Мраморско-Кособродской** группы, на Южном Урале – **Кочкарской** группы (**Андрее-Юлье-вская**, **Еленинская**, **Каменно-Санарская**), **Казанская**, **Бессоновская**, **Колчи-нская**, **Назаровская**. Богатейшим считают на Среднем Урале **Серебрянское** с телами верхне-меловыми, нижнемиоценовыми, плиоцен-четвертичными и сложной историей его формирования (рис. 8.28).

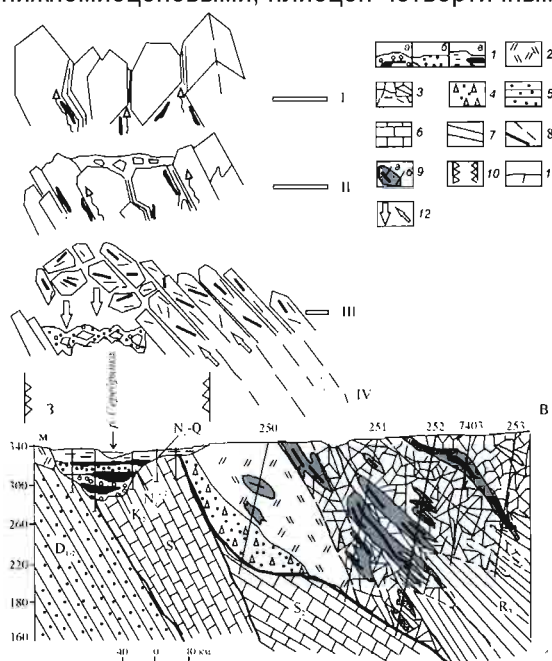


Рис. 8.28. Серебрянская золото-носная россыпь, Хионинско-Елизаветинская площадь, Вишеро-Висимская структурно-эрозионная депрессия, Пермский край. Продуктивные тела нижнемеловые, нижнемиоценовые, плиоцен-четвертичные, приведена модель их становления в 4 последовательных этапа. По А.Г. Баранникову, 2009. 1 – рыхлые отложения с россыпями золота возрастов: а – позднемелового (мысовская свита), б – раннемиоценового (наурзумская свита N_1^{1-2} пв), в – плиоцен-четвертичного (N_2^3 -Q); 2 – охристо-глинистые продукты линейной коры выветривания (eMZ); 3 – щебнисто-глинистые, дресвяно-щебнистые продукты коры выветривания, их подошва (e-dMZ); 4 – переменно-карбонатная толща, доломиты, сланцы, известняки (D_1); 6 – мраморизованные известняки (S_2 , язвинская свита); 7 – угле-родосодержащие апотерригенные сланцы (колпаковская свита R_3); 8 – тектонические нарушения различных порядков; 9 – рудоносные зоны

(содержания золота более 0,2 г/т): а – рудные тела, б – обрамляющие их метасоматиты березитовой и аргиллизитовой формаций; 10 – контуры среднеюрской-позднемеловой палеодолины; 11 – скважины поискового бурения; 12 – направления перемещения и обрушивания блоков минерализованных пород. Этапы заложения и развития мезозойских структурно-тектонических депрессий: I – (PZ_3 - MZ_1) – активизация тектонических подвижек в пределах сформированных шовных зон, сопровождающаяся флюидной активностью и изменениями пород (метасоматиты березит-лиственитовой формации); II (T_{2-3} - J_1) – заложение мезозойских эрозионно-структурных депрессий в пределах структурно подготовленных зон; начало эрозионно-аккумулятивной деятельности речных систем; рудно-метасоматические изменения пород (золотоаргиллизитовая, золотоджаспероидная формации); III (J_{2-3} - K_2) – формирование покровно-

надвиговых (сдвиго-надвиговых) структур; проявление иногда золотоаргиллизитовой минерализации; перемещение блоков минерализованных пород в «базисные» зоны (мезозойские депрессии); их обрушение на закарстованный профиль палеодолины; масштабное гипергенное преобразование пород с их последующей переработкой речными потоками и образованием россыпей; формирование глубокого заполненного карста; IV (N_2^{1-2} -Q) – неоднократная трансформация россыпей (в раннем и позднем миоцене, плиоцене-квартере).

На водоразделах россыпи в верхних частях химических кор выветривания средней юры-позднего мела формировались суффозионным путем. Это так называемые «верховики», содержащие крупные выделения и самородки золота. Прогрессировавшее денудационное снижение вело к их приуроченности к единому гипсометрическому уровню. Просадочные явления придавали зернам металла оплавленный, псевдоокатанный облик. Их острые выступы «расклепывались», загибались, на поверхности возникал тонкий шагреневый рельеф.

Алмазоносные, редкометалльные, золотоносные, титан-циркониевые россыпи

Ангола. В восточной Анголе (бассейн р. Касаи) ведется промышленная отработка верхнемеловых россыпей. Алмазоносный пласт сеноманских конгломератов имеет мощность 1-3 м, содержание алмазов 0,4-0,7 карата/м³ (бортное содержание 0,2 карата/м³). Самые крупные алмазы Анголы из бассейна р. Куанго – 105,9 карата и 101,8 карата. В них алмазы попадают, в т.ч. и из основного мелового коллектора. Запасы алмазоносных конгломератов оцениваются в 20-25 млн. м³.

Заир (Демократическая республика Конго, Киншаса). В пров. Касаи у г. **Чикапа** разрабатывают меловые алмазоносные конгломераты. Алмазоносное поле **Чикапа** находится ниже по течению от аллювиальных алмазоносных полей грабена Лукапа в соседней Анголе. Ресурсы района, «предполагаемые и дополнительные», оценивают в 4,7 млн каратов.

Восточная Европа. Меловые толщи Воронежской антеклизы богаты россыпными проявлениями минералов Ti и Zr (рис. 8.29). Россыпи формировались в четыре меловые эпохи: баррем-аптскую, сеноманскую, раннесантонскую, раннекампанскую. В преаптское время на юге антеклизы

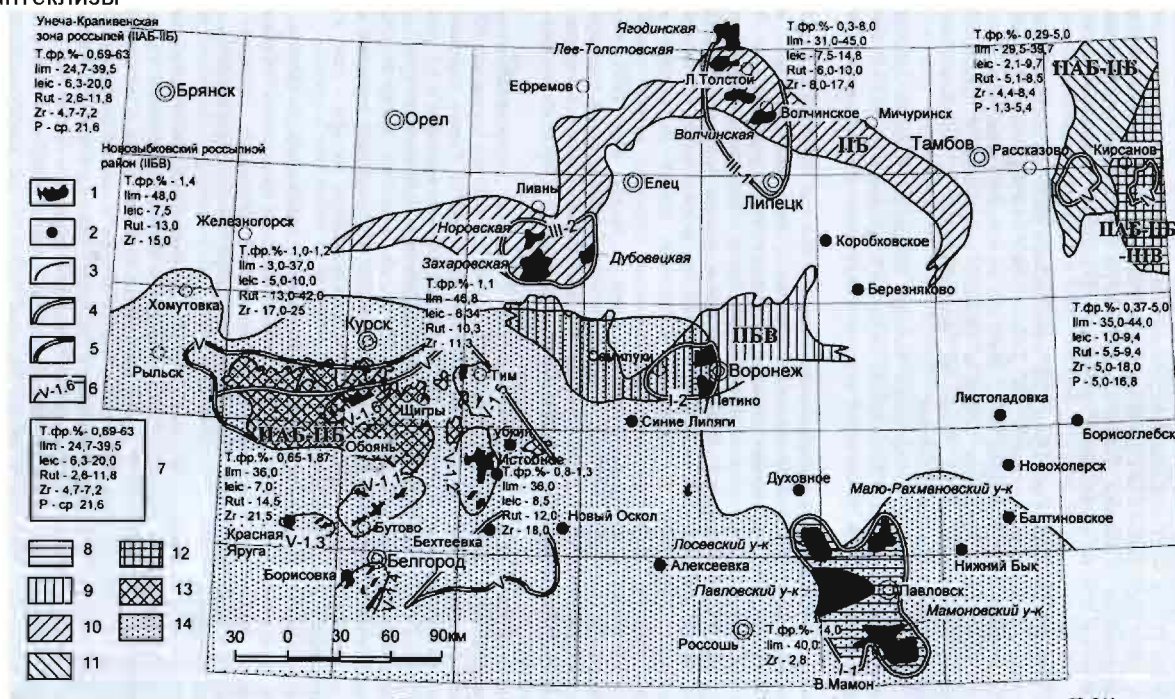


Рис. 8.29. Ti-Zr россыпи Воронежской антеклизы. По А.Д. Савко и др., 2006 г.

сформировалась кора выветривания, при размыве которой возникла продуктивная нижнемеловая формация: мономинеральные кварцевые пески, каолиновые глины, титан-циркониевые россыпи дальнего переноса. Аптские титан-циркониевые россыпи запада Рязанской и севера Липецкой областей имеют большие содержания полезных компонентов, до 200 кг/т в отдельных залежах. Все они (Волчинско-Голожоховская, Лев Толстовская, Корневская, Рогачевская и др.) принадлежат единой Липецко-Скопинской зоне россыпей. Крупнейшая – Волчинская, – прослежена на площади 98,5 км². Очень крупным мирового класса титан-циркониевое россыпное месторождение **Центральное** в Тамбовской области (рис. 8.30). Оно образовано продуктивными пластами сеноманским (основной) и ни-

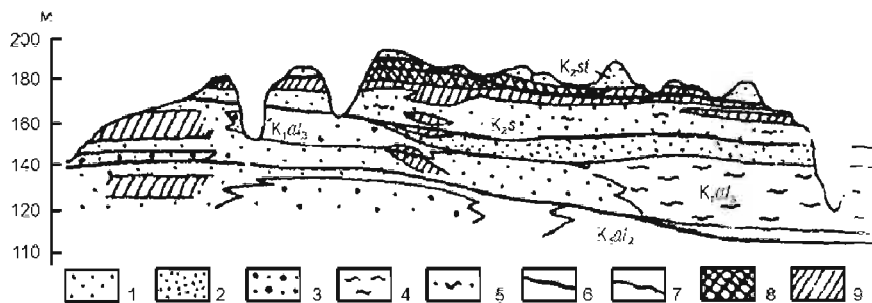


Рис. 8.30. Геологический разрез через сеноманское титан-циркониевое россыпное месторождение Центральной Вороны, Тамбовская область. По В.М. Блинову. 1-3 – пески, в т.ч.: 1 – мелкозернистые, 2 – тонкозернистые, 3 – разнотекстурированные; 4 –

глины; 5 – глинистость в песках; 6 – стратиграфические границы; 7 – границы литологических комплексов и продуктивных тел; 8 – продуктивный пласт с высоким содержанием минералов титана и циркония; 9 – продуктивный пласт с повышенным содержанием этих минералов.

жнесантонским. В 1992 на баланс поставлено 1,7 млрд. т рудных песков, 20 млн т двуокиси титана, включая 27 млн т ильменита и 5,5 млн. т рутила, а также 4,9 млн т циркона. Есть и немного отличная оценка: запасы рудных песков 1,6 млрд т с содержанием ильменита 27 млн т, рутила – 5,5 млн т, циркония – 4,9 млн т, двуокиси титана – 20 млн т.

Фосфориты

Западная Европа. Меловые морские, реже, остаточные, фосфориты широко распространены во Франции и Бельгии, известны в Албании, Великобритании, Нидерландах, Дании и других странах. Наиболее ранние (аптские, альбские и др.) пласты морских фосфоритов обнаружены в Албании, французских Арденнах и Высоких Пиренеях, Англии.

Восточная Европа. А.И. Ильин (1998) различал на Восточно-Европейской платформе фосфатогенерирующие бассейны: позднеюрский-раннемеловой Волго-Уральский и верхнемеловой Восточно-Европейский, продолжающийся и в Западную Европу.

В **Егорьевском** фосфоритоносном районе, 80-90 км юго-восточнее Москвы, продуктивными являются два фосслоя: *среднетитонский* базальный, сложенный перемытыми фосфоритовыми гальками мощностью 0,15-0,3 м и *верхнетитонско-берриасский* (внизу желваки в глинистых песках или фосплита, сверху черные глины с конкрециями железистых фосфоритов, железисто-фосфоритовые песчаники, фосплиты) мощностью 0,3-2,5 м. Залегают нижние фосфориты на глинах оксфорда. Мощности фосфатоносной толщи закономерно нарастают на север и северо-восток от 1,5 м до 8 м вслед за погружением каменноугольного основания.

Вятско-Камский фосфоритоносный район, 220 км к северо-востоку от г. Вятки, имеет одну хорошо выраженную *валанжинскую* фосфоритовую серию мощностью 0,5-1,9 м. Она залегает на верхнетитонских известковистых глинах с мергелями и содержит в основании «бухивый», или «ауцелловый», слой с обильной фосфатизированной фауной. Промышленный «желвачный» слой состоит из желваков до 20-25 см в поперечнике, погруженных в кварц-глауконитовые пески.

В Восточно-Европейском позднемеловом бассейне основные месторождения Воронежской антеклизы – сеноманские. Наиболее значительные из них **Полпинское, Щигровское, Свободнинское, Подбужское, Трухачевское, Слободско-Которецкое**. Все они отличаются количеством фосслоев, их мощностями, но есть и общие закономерности: 1 – полные трехчленные разрезы с *одной или двумя плитами* и несколькими слоями желваков фосфоритов находятся в центре крупных конседиментационных сводов Брянско-Калужского, Щигровского, Железногорского; 2 – полные трехчленные разрезы с 3-5 пролоями желваков фосфоритов, но *без плиты* встречаются на склонах поднятий и прогибов; 3 – рассеянная желваковая фосфатоносность, отсутствие четко выраженный слоев фосфоритов характерны для центральных частей прогибов (Деснянский) и впадин.

В качестве представительного примера рассмотрим **Полпинскую** группу месторождений северо-восточнее Брянска, которая эксплуатировалась более 60 лет, рис. 8.31. Здесь имеются площади с подсчитанными запасами по категориям А+В+С около 17,5 млн т и прогнозными ресурсами по категории Р₁ 0,8 млн т. Содержания Р₂О₅ в рудах – 4,5-22%. Мощности сеноманских отложений варьируют от 1,5 м на северо-востоке месторождения до 15-17 м в центральной его части, но обычно составляют 5-8 м. Изопахита 10 метров отображает зону повышенных мощностей протяженностью около 150 км при ширине 20-30 км. Месторождения **Полпинской** группы тяготеют к структурному носу, где мощности сеноманских псаммитов несколько редуцированы, но фосслой мощный. На площади Подбужского месторождения песков сеномана до 5 м по мощности, 1 и 2 фосслоя объединены, фосфатоносные отложения грубее.

Подобные месторождения присутствуют и в других регионах Восточно-Европейской платформы

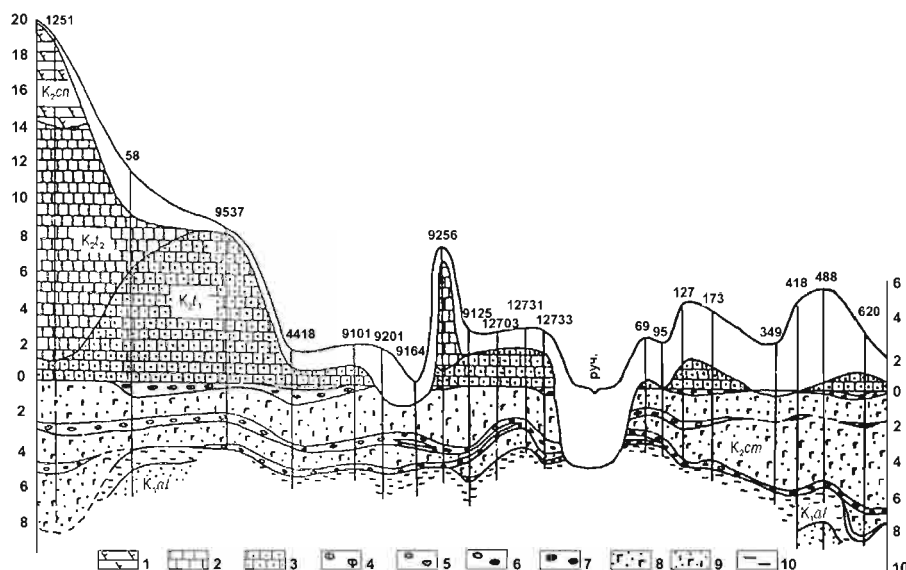


Рис. 8.31. Фосфоритоносные горизонты в разрезе меловой толщи на площади Полинского месторождения фосфоритов, Брянская область. По А.Д. Савко и др., 1994. 1 – трепелы, опоки; 2-3 – писчий мел, в т.ч. чистый (2) и запесоченный, или «сурка» (3); 4-7 – фосфоритоносные горизонты: 4 – III, 5 – II, 6 – I, 7 – I нижний; 8-9 – пески: 8 – глауконит-кварцевые, 9 – то же, известковистые; 10 –

глины

Северная Африка и Ближний Восток. В Марокко фосфориты маастрихта, палеоцена и нижнего эоцена широко распространены, а ресурсы крупнейшие в мире и составляют более 17 млрд т P_2O_5 . Общие запасы оценивают в 5.1 млрд т P_2O_5 (первое место в мире), подтвержденные – в 1.55 млрд т. Фосфоритоносный бассейн в районе **Улан-Абдун** занимает площадь 400x100 км. Фосфатоносная толща с частыми остатками фауны локализована в прогибах-синеклизах, где перекрывает породы от докембрия до мезозоя. Известны многие месторождения с фосфоритами конкреционными, пластовыми с микрофоссилиями и желваками. Залежи представлены 2-6 уровнями пластовых, оолитовых, желваковых фосфоритов с остатками фауны, залегающими среди черных мергелей, глин, известняков, доломитов на огромной площади. Фосфатоносный маастрихт (около 20 м, отдельных пластов фосфоритов – 1,0-1,3 м.) представлен на месторождении **Хурибга** чередованием известняков и рыхлых фосфоритов. Содержания P_2O_5 на массу составляет 27%.

В Египте месторождения фосфатов многочисленные и плохо изученные. В целом ряде случаев не вполне известно и их стратиграфическое положение. Для части же объектов установлен позднемеловой возраст. По данным Мохаммеда Мохни, 2011, в Египте ныне эксплуатируют три месторождения фосфатов: **Себаия** в долине Нила (21-33% P_2O_5), **Кусеир** у Красного моря (21-36% P_2O_5 , в среднем 26,81% P_2O_5) и **Абу Тартур** (15-32% P_2O_5 , в среднем 21% P_2O_5) в Западной пустыне. В первых двух ресурсы составляют 0,5 млрд т, в третьем – 990 млн т.

В Израиле известны морские позднекампанские пелитовые, нодулярные, фауноносные фосфориты на ряде месторождений. Нередко они локализованы среди кремнистых сланцев, кремнистых пород-порцелланитов, известняков, обогащенных органическим веществом. В продуктивном пласте **Нахал Зинам** присутствуют франколит, кальцит, гипс, глинистые минералы, кварц, оксиды железа, галит, доломит. На месторождении **Орон** известны три фосфослоя, каждый мощностью 1-3 м.

В Иордании морские верхнемеловые фосфориты выявлены для многих месторождений. Залежи находятся среди устричных ракушечников, мергелей, известняков, кремнистых пород. встречаются две фосфатоносные пачки мощностью 1-10 м каждая. Они разделены интервалом 5-10 м, сложенным мелоподобными мергелями и кремнистыми породами. Число фосфослоев может быть до четырех. Значительные залежи меловых фосфатов открыты в Сирии и Турции.

Казахстан. В Актюбинской области месторождения меловых фосфоритов имеют возрасты валанжинский (**Чилисай**) и сантонский (раннесантонский). Это объекты **Кандагач**, **Карагандинское**, **Коктюбинское**, **Новоукраинское**, **Сарбьяк**, **Утебьес**, **Верхнекарское**.

Афганистан. В провинции Герат известно месторождение **Коталх-И-Себзак**. Его фосфориты (0,3-1,0 м) морские слоистые, с желваками, локализованы среди глин, песчаников, известняков.

Пакистан. В штате Белуджистан на востоке страны меловое осадочное желваковое месторождение **Лорелей** выявлено среди отложений формации Могал Кот.

Индия. Основные месторождения природных фосфатов в стране ассоциируют с первично осадочными образованиями протерозоя. Меловые морские конкреционные и нодулярные фосфориты открыты в штате **Тамилнад** на юго-востоке Индии. Это площади **Валдавур**, **Намбакуручи**, **Варагупади** (фосфоритовые нодулы верхнего мела, ресурсы 2 млн т, 21-26% P_2O_5), **Гуддалоре**.

В Мексике меловые фосфориты имеют различное происхождение – морское осадочное, остаточное, а также являются продуктами преобразования гуано. Помимо конкреционных

фосфоритов здесь известны и фосфатизированные известняки с лимонитом на площадях **Эль Капоте-Ля Касуалидад**. Месторождения морских фосфоритов J-K в известняках и сланцах **Ля Лаха, Анхелина, Эль Пасео, Ля Дура, Ля Приета, Эль Дураснильо** в рудном районе **Лос Посос**, содержат 2.1-43% P_2O_5 .

В **Бразилии** на площади Приатлантических бассейнов установлены меловые осадочные аккумуляции барита, такие как **Камаму** и **Фазенда Барра**.

В **Африке** пласты верхнемеловых морских осадочных фосфоритов обнаружены в ряде провинций Анголы, а также в соседнем Заире. В Анголе пласты с фосфоритами залегают среди морских известняков (**Монго Танго, Колуго, Таудо, Лендиаколо, Квиндонакачо**), которые обогащены фосфатами, содержат капролиты. Такие залежи характерны для слоистых пеллетных меловых-третичных (?) фосфоритов **Квиндонакаче**, ресурсы которых определены в 10 млн т при 33% P_2O_5 . На месторождении **Лендиаколо** фосфориты встречаются в пределах двух площадей. Мощности фосфатов на первой (1,7 км²) в среднем составляют 0,4 м, на второй (1 км²) – 0,25 м.

Камнецветное и коллекционное минеральное сырье

Австралия, занимающая первое место в Мире по экспорту угля (35% мирового рынка), железной руды, алмазов, свинца, цинка, рутила, циркония, второе – золота, урана, третье – алюминии и т.д, не оставляет вниманием и такие, казалось бы, второстепенные виды минерального сырья как цветные и поделочные камни, коллекционные образцы. Это хорошо видно на примере опала рис. 8.32, 8.33, минерала распространенного и недорогого (хотя для некоторых разновидностей и используют термин «благородный опал»). Страна обеспечивает потребности мирового рынка в последнем на 90%.

Калийные соли

Таиланд. На плато **Кхорат** северо-восток Таиланда, открыты очень крупные ресурсы меловых калийных солей в эвапоритах. Разные источники называют такие частные объекты как **Самбоон**, ресурсы 300 млн т сильвинита, **Удон** с 1,4 млрд т калия общей стоимостью US\$525 млрд. В последнем случае речь, видимо, идет о всей калиеносной «провинции» Кхорат. Тайская пресса сообщает, что новые данные о калиеносном бассейне выбрасывают (дословно: «запасами агроруд этого сырья катапультируют») страну в первую тройку держав с самыми большими важнейшего вида, сразу же после Канады и России при этом забывается, например, гигантский Севе-рогерманский калиеносный бассейн).



Рис. 8.32. Опалы поля Кубер Педи, Южная Австралия. Верхний ряд, слева – трубочный желтый опал, 12x7x5 мм, 3,45 карата. Искривление цвета за счет иризации (игры). Стоимость \$21.00. Посредине – голубой опал 11x11x2 мм, 1,55 карата. Стоимость \$21.00. Справа – крупный зеленый опал, 8,52 карата. Цена за карат – \$65.001. Нижний ряд – благородные опалы поля **Андамоока**, Южная Австралия. Посредине – ожерелье из опалов (203 карата, или 41 г.), подаренное в 1950-е годы **Елизавете II** во время первого посещения Австралии. Работа ювелира **Джона Альтмана** http://cdn.opalauctions.com/uploads/thumbs/160000-164999/160982/160982_1237431605.jpg.



Рис. 8.33. Опалы поля Кубер Педи, Южная Австралия. Опализованные аптские сланцы с деустворками. http://www.newark.osu.edu/facultystaff/personal/jstjohn/Documents/Rocks-of-All-Ages/Cretaceous-rocks_files/image026.jpg

Эвапориты содержат в разрезе пачки кластитов (красновато-коричневые глины) и мергелей. Они расчленены на следующие пачки (сверху вниз): 1 – Верхние кластиты; 2 – Ангидриты кепрока; 3 – Верхняя соль; 4 – Средние кластиты; 5 – Средняя соль (); 6 – Нижние кластиты; 7 – Пласты цветной соли; 8 – Калийная зона; 9 – Нижняя соль; 10 – Базальный ангидрит. Все ресурсы калийных солей (сильвин, карналлит) сконцентрированы в Калийной зоне. В центре бассейна она имеет разрез: 1 – пачка Верхний карналлит; 2 – пачка Тахигидритовая (тахигидрит ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$); 3 – Нижний карналлит. По периферии Соляного купола разрез Калийной зоны разрез начинается Сильвинитовая пачка, а ниже нормальная последовательность слоев сохраняется. В наиболее полных разрезах, наконец, отмечен и Нижний сильвинит. Калийные соли выявлены на площади **Чалерм Пхракиат**, административная провинция Накхон Пхракиат. Здесь оконтурены два небольших соляных поднятия и депрессия («бассейн»). Для куполов, или «подушек» на местном профессиональном сленге, характерен один соляной пласт, для бассейна – два. В бассейне наблюдаются накопления карналлита и тахигидрита, на флангах куполов – сильвина. Центральные части куполов сложены только каменной солью.

Бразилия, Аргентина и Чили – три страны Южной Америки, последовательно развивающие собственную минеральную базу калийных удобрений. Если в 1997 г. Бразилия поставила на внутренний рынок только 281 тыс. т калийных солей, то в 2002 г. уже 438 тыс. т. Для Чили эти значения 235 тыс. т и 450 тыс. т соответственно [Хохлов, 2004]. В Бразилии и Аргентине добыча идет из пластов меловых эвапоритов, в Чили – из современной рапы Атакамы.

Аргентина. В провинциях Неукен и Мендоса калийные соли выявлены в отложениях, формировавшихся на площади нынешних Анд в середине мелового периода. Соли залегают на глубине около 1 км, подвержены воздействию эндогенного теплового потока ($T > 50^\circ\text{C}$) и разрабатываются методом подземного выщелачивания. Руды сильвинитовые, слагают два пласта, верхний 3 м мощностью и нижний 11 м. Содержания K_2O повсеместно составляют 20-25%. Опытная эксплуатация месторождений начата в конце 1990 гг. В 2004 г. осваивать бассейн **Неукен** начали компания Potash Rio Colorado S.A., «дочка» корпорации Rio Tinto и бразильская Vale de Rio Doce S.A.

Бразилия. Помимо описанных в главе 6 пермских калийных солей штата Амазон, страна располагает небольшими ресурсами этих агоруд и в толщах среднемелового возраста штата Серджипе, выполняющей рифтоподобную долину. Они выпали из морских рассолов, в которые в юре и мелу поступали богатые кальцием гидротермы. В состав солей входят сильвин, карналлит, галит, тахигидрит ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{MgCl}_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$). Пласты тахигидрита мощностью до 90 м отличаются большой чистотой. Они находятся в толще, в которой наблюдается первичное конседиментационное прорастание галититов

8.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза

Меловой этап оставил два планетарного значения уровня мощного корообразования – раннемеловой и поздне меловой–эоценовый. С меловыми корами связаны огромные месторождения

редкометальных-редкоземельных элементов Бразилии (**Питинга, Баррейру ди Араша, Назарену**). Меловые титан-циркониевые россыпи Центральной России, Сибири обладают значительным экономическим потенциалом. Очень важны меловые фосфатоносные бассейны северных районов Южной Америки (Колумбия, Венесуэла), Ближнего Востока (Ливан, Израиль, Сирия), Северной Африки (Марокко, Египет), Восточно-Европейской платформы. В меловых красноцветах Бразилии и Таиланда известны месторождения калийных солей. В лагунных образованиях Казахстана обнаружены богатые месторождения железа (**Лисаковское**). Меловой период оставил колоссальные запасы уран-ванадиевых руд плато Колорадо. Широко известны месторождения бокситов французского **Прованса** и многих стран Европы. Ниже экзогенный рудогенез мелового этапа охарактеризован для семи выделенных историко-минерогенических провинций (см. рис. 8.18), в числе которых: I. **Европейско-Североафриканская**, II. **Восточноазиатская**, III. **Периавстралийская**, IV. **Североамериканских Кордильер**, V. **Перибазильская**; VI. **Уральско-Индостанская**, VII. **Конголезская**.

I. Европейско-Североафриканская ИМП. Характеризуется наличием ряда месторождений железных и силикатных никелевых руд в латеритной коре выветривания на гипербазах в Албании, Сербии, Греции, Польше. В Турции известны залежи оксидных руд марганца на площадях Чавырлы, Харапаяллар, Ортабель. Основной рудный минерал в них – пиролюзит. В Западной Европе широко развиты месторождения высококачественных бокситов типа «терра роса» в карбонатных толщах на нескольких стратиграфических уровнях. Особенно выделяются бокситы Прованса во Франции и на Балканах. У турецких городов **Аксеки** и **Сейдишехир** известны около сорока месторождений бёмитовых серовато-бурых, красных и кремовых бокситов. Залежи имеют мощности до 17 м и расположены в среднегорье, на высотах рельефа 1-3 км. В Иране на юге страны открыты бокситы верхнего мела месторождения **Симиран**. В Пакистане известны бокситы округа **Зиаррат**.

В Восточной Европе меловые толщи Воронежской антеклизы богаты россыпями минералов титана и циркония. Среди известных их аккумуляций выделяется месторождение мирового уровня Центральное сеноманского возраста в Тамбовской области. Россыпи формировались в эпохи баррем-аптскую, сеноманскую, раннесантонскую, раннекампанскую. В преаптское время на юге антеклизы сформировалась кора выветривания, при размыве которой возникла продуктивная формация: мономинеральные кварцевые пески, каолиновые глины, титан-циркониевые россыпи.

В Северной Африке стратиформные месторождения меди в меловых толщах распространены в Марокко. В Высоком Атласе это Мерия, Бу Селлам, Мазер, Бу Кешба. Первое из них содержит также руды свинца. Около 50 месторождений и проявлений Си открыты в рудном районе **Бени Меллал**, в марокканском Атласе. По генезису это стратиформные аккумуляции.

В Западной Европе широко распространены меловые морские, реже, остаточные, фосфориты во Франции и Бельгии. Известны они и в Албании, Великобритании, Нидерландах, Дании. На Восточно-Европейской платформе фосфатогенерирующие бассейны: Волго-Уральский, J_3-K_1 и Восточно-Европейский, K_2 , продолжающийся в Западную Европу. Наиболее значительны сеноманские месторождения **Полпинское, Щигровское, Свободнинское, Подбужское**.

Полоса крупнейших в Море месторождений зернистых фосфоритов мел-палеогенового возраста тянется от Марокко до Израиля вдоль побережья Северной Африки на Ближний Восток. Ресурсы фосфоритов Марокко – крупнейшие в мире; они составляют более 17 млрд т P_2O_5 . Фосфатоносная толща с частыми остатками фауны локализована в прогибах-синеклизах, где перекрывает породы от докембрия до мезозоя. Меловые месторождения известны также в Египте, Иордании, Сирии.

С меловыми корами выветривания связаны многочисленные месторождения первичных каолинов на Украинском щите и в Западной Европе, которые в последней считают гидротермальными, а также Латненское месторождение огнеупорных глин в Воронежской области. Продуктами перемыва пород коры выветривания являются высококачественные кварцевые пески.

II. Восточноазиатская ИМП. В Восточной Сибири нижнемеловое месторождение сидеритов и бурых железняков **Березовское** выявлено в Забайкальском крае. На Гобийской плите Китая в небольших впадинах обнаружено инфильтрационное урановое месторождение **Нарс** в терригенных сероцветах сеномана. Его залежи вскрыты на глубине 200-450 м. Уран сопровождается повышенными концентрациями V, Zr, Ge, La. В Таримском массиве на западе Северо-Китайской платформы месторождение U **Башибулак** (инфильтрационного типа) с дорудным и пострудным наложением углеводородов. Имеются данные о новых крупных скоплениях урана, обнаруженных в Китае в последнее десятилетие. Одно из них – **Донгшень** – находится в пров. Внутренняя Монголия.

В провинции Цзянси по редкоземельным гранитам развиты мезозойские и более молодые коры выветривания с «ионными рудами». Месторождение **Раян** существенно иттриевое. Запасы Y_2O_3 здесь – 120 тыс. т, а всех TR_2O_3 – 200 тыс. т при содержании 0,1%. Месторождение **Джой-Пэй-Тин** – рудоносные каолиновые коры выветривания мощностью 7,5 м на площади 2,5х0,6 км. 89% запасов (8 тыс. т TR_2O_3 , треть – Y_2O_3) – «ионные руды», остальное – зерна ксенотима и монацита.

Нижнемеловые коры Сибирской платформы развиты вдоль западной окраины по неокотским образованиям. Продуктами перемыва являются туруханские песчаники, содержащие 30-70% буровато-красных бобовин железисто-гидрагиллитового состава. Раннемеловая каолиновая кора выветривания распространена в пределах **Колывань-Томской зоны, Кузбассе**, на северных отрогах **Кузнецкого Алатау**. Баррем-аптская формация **Чулымо-Енисейской впадины** представлена кварцевыми песками, красными каолиновыми глинами с прослоями бобовых бокситов.

III. Периавстралийская ИМП. В середине мела возникло огромное по запасам (437 млн т богатых руд с содержаниями 45.5% Мп марганцевое месторождение на острове в заливе Карпентария, 650 км к В-ЮВ от порта Дарвин. Перекрывающие фундамент породы формировались в начале и середине мелового периода. Их мощность может превышать сто метров. Они накопились в двух небольших морских бассейнах. От первого остались немые кварцевые песчаники, продукты перемыва мезопротерозойских кварцитов, залегающие под глауконитовыми мелководными аргиллитами. Последние в кровле содержат первичные оолитовые и пизолитовые руды, по которым затем, развиты вторичные конкреционные марганецсодержащие и прочие продукты выветривания

Морские осадочные фосфориты известны на севере и западе Австралии. На севере они пеллетные, нодулярные, конкреционные, залегают в фосфатизованных известняках (месторождение **Bathurst Island**). На месторождении **Fannie Bay** они нодулярные, обнаружены в глауконитовых песчаниках. В Западной Австралии слоистые, нодулярные фосфориты и фосфатизированная древесина открыты на площади **Perth Basin/Dandaragan**. Еще одно месторождение здесь – **Murchison River**.

IV. ИМП Североамериканских Кордильер. Обширная область верхнемеловых прибрежно-морских титан-циркониевых залежей находится в Скалистых горах США и Канады (Юта, Аризона, Монтана, Нью-Мексико, Колорадо, Вайоминг, провинция Альберта). Основная масса полезных компонентов сконцентрирована в регрессивных сериях и тяготеет к верхним частям разрезов. В штате Вайоминг по краю ларамийского куполовидного поднятия вдоль зоны Мак-Корт-Тонг на 70 км протянулись меловые прибрежно-морские черные пески с минералами титана и циркония. Некоторые линзы имеют длину до 700 м при мощности 2,5 м. Они содержат 3% тяжелой фракции, из которых 15-80% падает на циркон.

Урановые, ураново-ванадиевые инфильтрационные месторождения на плато Колорадо содержат почти 55% всех запасов урана США – 36 млн т руды при концентрации U_3O_8 0,24%. Они располагаются на территории нескольких западных штатов, где приурочиваются к весьма определенным стратиграфическим уровням – континентальным песчаникам среднего (?) триаса и юрским песчаникам формации Моррисон. Важный признак уранового оруденения: присутствие углефицированной ископаемой древесины. Возраст инфильтраций уранового оруденения плато Колорадо, по данным американских ученых приходится на середину мелового периода, 110 млн лет. Меловые фосфориты на территории ИМП распространены только в Мексике где имеют различное происхождение – морское осадочное, остаточное, а также являются продуктами преобразования гуано. Помимо конкреционных фосфоритов, здесь известны и фосфатизированные известняки с лимонитом. Месторождения морских юрско-меловых фосфоритов в известняках и содержат до 43% P_2O_5

V. Перибразильская ИМП В корях выветривания карбонатитового месторождение **Баррейру ди Араша** подсчитано 18 млн т руды с концентрациями 2,48% Nb_2O_5 , а в наиболее богатых блоках – 4,3% Nb_2O_5 . В массиве **Баррейру** ресурсы ниобийсодержащих руд в корях выветривания и коренных карбонатитах доходят до 1 млрд т. По последним оценкам, только латеритных руд там 800 млн т с 13.5% оксидов TR, 2% Nb_2O_5 , 0.05% U_3O_8 . Рудоносный шток редкометалльно-ниобиевого месторождения **Каталан**, несёт кору выветривания с анатазом, пирохлором, монацитом мощностью до 200 м, которую и разрабатывают. Ресурсы пентоксида ниобия оценивают в 1,1 млн т. В рудах содержатся (%): Nb_2O_5 – 1,74, TiO_2 – 15, TR_2O_5 – 4, P_2O_5 – 5. Гигантские россыпи минералов ниобия (преимущественно), тантала, олова обнаружены на площади месторождения **Питинга**, штат Амазонас, связанного с меловыми-третичными (?) корами выветривания по пегматитам и биотит-микроклиновым гранитам. В элювии (площадь около 1 км²), преобладает ксенотим. Запасы Ta_2O_5 оценивают в 40 тыс. т.

Примером первично осадочных Cu-U проявлений, локализованных в меловых породах Восточнобразильского кратона, является **Уэмуль**, район Агуа Ботада, провинция Мендоса, Аргентина. Минералы меди и урана здесь выявлены в красноцветных песчаниках и конгломератах группы Диамант. Минерализация ассоциирует с битумами. На западе Венесуэлы (Венесуэльские Анды) разведано месторождение **Себуроко**, залежи которого локализованы среди песчаников и конгломератов K_1 над красноцветами Т-Ж. Медно-сульфидные залежи разведаны на площади 210x105 м. Здесь подсчитаны запасы руды около 0,5 млн тонн со средним содержанием 3,0 % меди. Фосфориты выявлены и частично эксплуатируются в некоторых странах региона. Особенно много их месторождений в Венесуэле, Колумбии, но отдельные объекты обнаружены также в Аргентине, Бразилии и других странах.

VI. Уральско-Индостанская ИМП. На Урале небольшие по запасам месторождения железных руд связаны с линейно-площадными корами выветривания на гипербазитах, сложенных преимущественно железосодержащими минералами. Обычно месторождения комплексные кобальт-никель-железорудные. Известны Бакальские, Аккермановское, Малкинское, Халиловское, Серовское и другие скопления природнолегированных нонтронит-охристых железных руд. Огромны ресурсы, прежде всего, верхнемеловых осадочных морских сидерит-гидрогётит-лептохлоритовых руд в **Западно-Сибирском** железорудном бассейне. Бассейн (площадь 300 тыс. км², протяженность 1,2 тыс. км, ширина около 150 км) имеет запасы руд с содержанием железа более 30% около 400 млрд т, что позволяет его считать одним из весьма крупных. Залежи приурочены к горизонтам верхнемеловым нарымскому, колпашевскому, чигоринскому и эоценовому бакчарскому. В Тургайском прогибе и на Туранской плите Казахстана залежи меловых оолитовых руд (30-35% железа, 0,5% фосфора) возникли в речных долинах и дельтах при размыве кор выветривания. В пределах **Лисаковского** месторождения, Кустанайская область, сидерит-лептохлорит-гидрогётитовые пласты прослежены на десятки километров. В их составе обнаружены помимо лимонита, сидерита и шамозита (бертьерита) пирит, марказит, гипс]. **Лисаковское** месторождение имеет утвержденные запасы более 3000 млн тонн, содержание железа 34-38%. Вредная примесь руд – фосфор.

На Среднем и Южном Урале в эрозионно-тектонических депрессиях распространены золотоносные отложения сеноманской мысовской свиты K₂ms. Ультратонкое золото (золотины размерностью 7,5-200 мкм при среднем размере около 100 мкм) ассоциирует с пиритом, галенитом свежего облика, карбонатами меди, баритом, мелкими кристаллами кварца. Одной из богатейших считают на Среднем Урале **Серебрянскую** россыпь с телами верхнемеловыми, нижнемиоценовыми, плиоцен-четвертичными. В Казахстане в карстовых воронках с бокситами промышленное экзогенное золото наблюдается в бокситоносных глинах K₁. В Акмолинской области Центрального Казахстана в 1971 г. Н. Н. Целиковым была открыта золотоносная россыпь **Аралтюбинская**, приуроченная к альбским пескам. Альбскую-палеоценовую палеодолину вмещают ордовикские основные и кислые вулканиты, сланцы, силурийские вулканиты, прорывающие их ультрабазиты и габбро девона. Пески (K₁) ложатся на кору выветривания по девонским ультрабазитам. Ярко-желтые золотины имеют размерность от 0,5х0,5 мм до 0,8х0,9 мм. Их сопровождают рутил, анатаз, сфен, циркон, кианит, турмалин.

Урало-Енисейский пояс гидрогенного уранового оруденения объединил многочисленные рудные аккумуляции в зонах пластового и грунтового окисления, наблюдаемые в келловейских-валанжинских палеодолинах. Среди них месторождения Добровольное, Далматовское (оба в Зауральском районе), Семизбайское, Тобольское, Сенжарское в Северном Казахстане.

А. П. Сигов отнес к нижнемеловым никеленосные месторождения коры выветривания по гипербазитам на Урале. Они разновозрастны первичным бокситам **Соколовского** карьера, перекрывающим базальты. Раннемеловой пенеплен, зафиксированный корой выветривания, выявлен в Западном Казахстане. Наиболее мощные коры апт-среднеальбского возраста, в том числе, латеритные, развиты в **Мугоджарах**. Процессы выветривания, господствовавшие на протяжении мальма и мела, привели к появлению в Центральном Казахстане многих металлоносных рудных аккумуляций. К ним относятся остаточные образования: 1 – "железных шляп" колчеданных месторождений **Баянаульского** мегасинклиория и **Чингиз-Тарбагатайского** мегаантиклиория; 2 – зон окисления, вторичного обогащения с появлением самородной меди в кровле палеовыходов медистых песчаников – **Джезказган, Итауз**; 3 – зон окисления, вторичного сульфидного обогащения по залежам медно-порфировых руд – **Бошеколь, Коктасжал, Коунрад**; 4 – зон окисления полиметаллических месторождений среди ордовикских известняков с концентрацией свинца в остаточных продуктах – **Акшоки, Жилан, Комсомольский, Кызылтау**; 5 – зон окисления и восстановительной барит-свинцово-цинковых месторождений атасуйского типа – **Жайрем, Ушкатын-III**; 6 – зон окисления шеелитовых и молибденитовых месторождений с развитием необогатимых руд – **Верхнее Койракты**; 7 – обогащенной нижней шеелитовой зоны коры выветривания скарново-грейзеновых месторождений вольфрама, которая, переотложенная в карстовых западинах, формирует ценные залежи "смешанных руд" – **Коктенколь**.

VII. Конголезская ИМП. Первично осадочные (экспляционно-осадочные) медные и полиметаллические месторождения известны в Габоне и Анголе среди нижнемеловых отложений приокеанического рифта. На севере и востоке впадины Конго алмазоносность выявлена в базальных конгломератах верхнемеловых серий Берберати, Лунда, Кванго, Лубилаш. В восточной Анголе ведется промышленная отработка верхнемеловых россыпей. Алмазоносный пласт меловых конгломератов Калонда имеет мощность 1-3 м, содержание алмазов 0,4-0,7 карата/м³ (бортовое содержание 0,2 карата/м³). Запасы алмазоносных конгломератов оцениваются в 20-25 млн м³. В соседнем Заире, пров. Касаи, у г. **Чикапа** разрабатывают меловые алмазоносные конгломераты.

Пласты морских осадочных фосфоритов обнаружены в ряде провинций Анголы (Бенго, Кабинда, Уинже, Зайре), а также в соседнем Заире. В Анголе пласты с фосфоритами залегают среди морских известняков (**Mongo Tango, Coluge, Tando, Lendiacolo, Quindonacache**), котоые обогащены

фосфатами, содержат капролиты. Такие залежи характерны для слоистых пеллетных фосфоритов **Quindonacache**. На месторождении **Lendiacolo** фосфориты встречены в пределах двух площадей. Мощности фосфатов на первой (1,7 км²) в среднем составляют 0,4 м, на второй (1 км²) – 0,25 м. В Заире, в отличие от Анголы, возраст фосфатов уточнен до маастрихтского-раннеэоценового.

Выводы

Раннеальпийские тектоно-магматическая активизация и минерагенез оказались масштабней и выраженной киммерийского. Меловой магматизм затронул еще большие площади континентов чем поздне триасовый-юрский. На примере мела стала очевидней, для ранних этапов только угадывавшаяся, глобальная тенденция нарастания контрастности между минерагеническими особенностями областей, оказавшихся во власти прогрессирующей океанизации и тех, что сохранили черты прежнего "доокеанического" развития. Из недр последних продолжали вырываться к дневной поверхности массы глубинного древнего вещества кимберлитов и карбонатитов (докембрийский возраст кимбер-литовых алмазов никак не связан с возрастами эксплозий). Это характерно для платформ Северной и Южной Америки и Южной Африки. В подвижных поясах, областях океанизации, меловое эндогенное рудообразование было связано преимущественно с коровыми источниками.

Для раннеальпийского (мелового) этапа очень характерны эндогенные золоторудные месторождения различных типов, представленные на Северо-Востоке Азии, в области яньшаньской тектонической активизации (где их сопровождают полиметаллические, сурьмяные и ртутные руды), на Аляске, в Кордильерах. В Канадском секторе Кордильер известны важные раннемеловое **Логтунг** (W-Мо-порфировое), **Мактунг** (W-Cu, скарновое), **Кантунг** (W-Cu, скарновое). На Филиппинах значительным считается меловое золото-медное **Атлас**. В Чилийских и Перуанских Андах в мелу появились огромные аккумуляции меди типа "манто" Медного пояса. Месторождения иных типов тоже присутствуют – важнейшей вольфрамоносной пров. **Цзянси**, Китай. Меловые месторождения серебра весьма распространены в Кордильерах Северной Америки – **Кено Хилл-Галена**.

Экзогенный минерагенез этапа оставил многочисленные месторождения фосфоритов, бокситов, титан-циркониевые, редкометалльные россыпи. В периокепанических областях формировались оолитовые зернистые фосфориты, тогда как на платформах – преимущественно желваковые. На Восточно-Европейской платформе в рассматриваемый этап сформировались многочисленные Ni-Zr россыпи, в том числе крупнейшее месторождение Центральное на северо-востоке Воронежской антеклизы. Выделяются своими масштабами урановые месторождения плато Колорадо в США.

Глава 9. Кайнозойский (позднеальпийский) этап

9.1. Гипогенный минерогенез

Эндеогенные месторождения кайнозоя разнообразны по ведущим компонентам и генетическим типам, рис. 9.1.

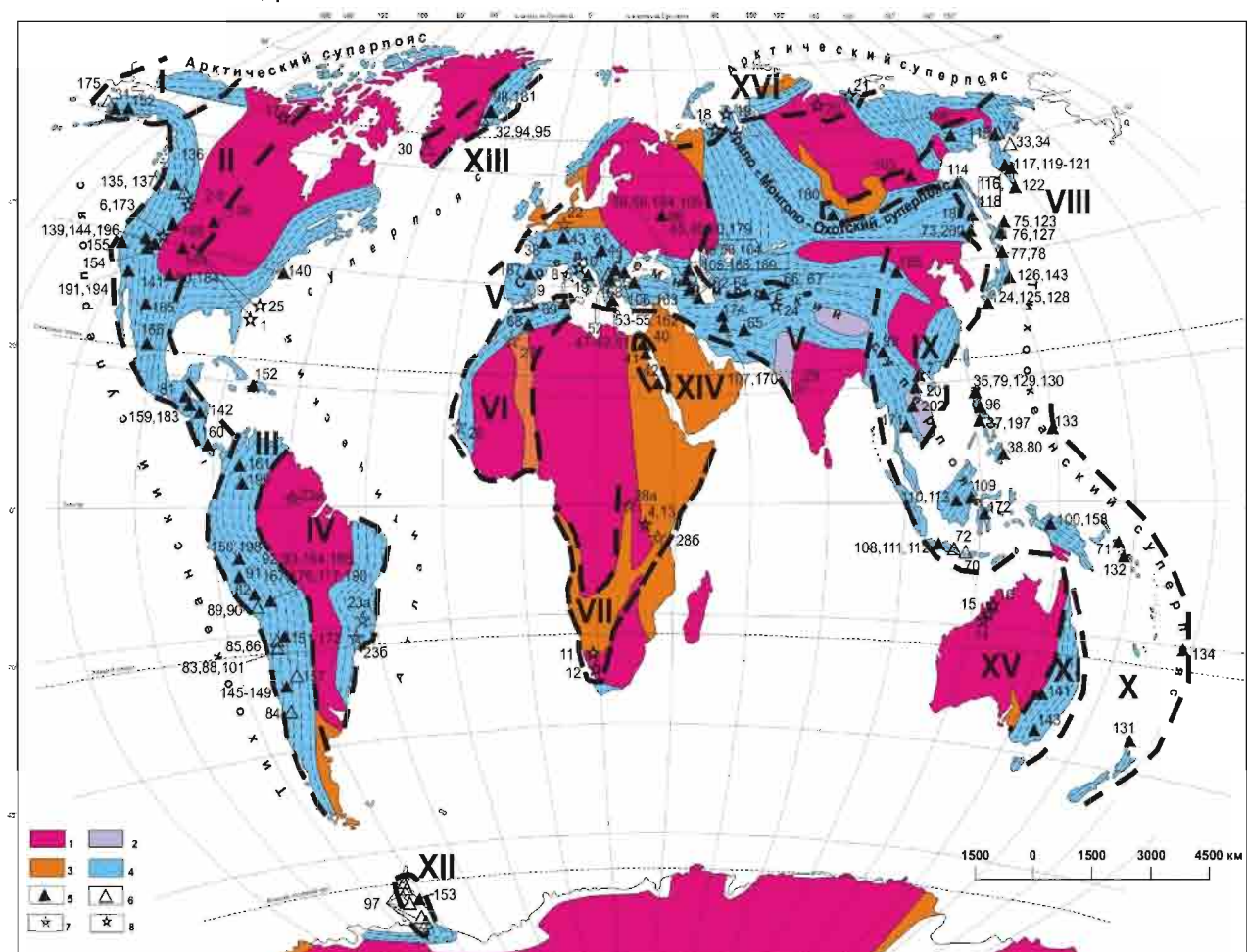


Рис. 9.1. Позднеальпийские (кайнозойские, моложе 65 млрд лет) эндогенные месторождения на континентах Земли. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина, 1971, модифицированной. 1 – древние платформы и крупные срединные массивы с раннедокембрийским фундаментом; 2 – срединные массивы с ранне- или позднедокембрийским фундаментом; 3 – части подвижных поясов неогена, испытавшие складчатость и консолидацию в конце PR₃-начале PZ; 4 – подвижные пояса, продолжавшие развитие в неогене; 5-8 – эндогенные и экзогенные месторождения и проявления, в т.ч. связанные: 5 – с преимущественно коллизионными процессами – скарновые, гидротермальные; 6 – с процессами дилатансии, преимущественно основным вулканизмом (источники рудных компонентов в верхах мантии и низах коры, руды медно-никелевые, медно-молибденовые порфиоровые и т.д.), 7-8 – мантийными источниками (7 – карбонатиты, 8 – кимберлиты). Историко-минерогенические провинции (ИМП) с наибольшими концентрациями месторождений эндогенных полезных ископаемых (римские цифры на схеме): I – Аляскинская, II – Западная Перилавроитийская, III – Андийская, IV – Бразильская, V – Западноевропейско-Иранская, VI – Западная Периафриканская, VII – Восточно-Африканских рифтов, VIII – Амурско-Камчатско-Японская, IX – Восточнокитайско-Малайская, X – Западного Пафифика, XI – Восточно-Австралийская, XII – Антарктического полуострова, XIII – Восточной Гренландии, XIV – Красноморская, XV – Северо-западной Австралии, XVI – Северной периферии Евразии.

Позднеальпийские месторождения и проявления, в т.ч.:

I. Алмазоносные и потенциально алмазоносные кимберлиты, лампроиты, импактиты: 1 – Миддл Парк; 2 – Смоук Бьют; 3 – Хайвуд Маунтинс; 4 – Игунга; 5 – Грассридж; 6 – Мьюн Кэньон; 7 – Пусанкап; 8 – Корсика; 9 – Мурсия, Альмерия; 10 – Кампания, Тоскана, Лацио; 11 – Южная Намибия; 12 – Намакваленд; 13 – Нзеза; 14 – Нункамбах; 15 – Эллендейл; 16 – Калвинярд; 17 – Слейв. Кимберлиты; 18-21 – палеогеновые «астроблемы», иногда с лонсдейлитом, в т.ч.: 18 – Карская, 19 – Усть-Карская, 20 – Попигайская, 21 – Беенчине-Саатлинская.

II – апатитоносные и другие массивы ультраосновных щелочных пород с карбонатитами: 22 – Кайзерштуль, Делич; 23 – карбонатиты Бразилии, активизированные в

палеогене, в т.ч.: 23а – Баррейру ди Араша, Тапира, 23б – Жакупиранга, 23в – Сейс Лагос; 24 – Ханнешин; 25 – Роки Бой; 26 – Таррафал; 27 – Тамазерт; 28 – карбонатиты Кении, в т.ч.: 28а – Rangwa, Noma Mountain, North Ruri, South Ruti, 28 б – Мрима; 29 – Амба Донгар.

III – никелевые, медно-никелевые, платинометалльные, в связи с интрузиями базитов-ультрабазитов, офиолитами: 30 – Кекертассуак-Нууссуак; 31 – Гудныйос; 32 – Скаегаард, Кэмп Эдвард Холмс; 33 – Дукукский рудный район; 34 – Шануч.

IV – хромитовые: 35-38 – эоценовые Филиппин, в т.ч.: 35 – о. Лусон (Kinamailigan, Naghiao, Sierra Madre), 36 – о. Самар, 37 – о. Палаван, 38 – о. Минданао.

V – железорудные, марганцевые: 39 – Раздан, Ахавнадзор, Сваранц, Калакар, Абовянское; 40 – Вади Араба; 41 – Шарм-эль-Шейх; 42 – Шалатеев-Халаиб.

VI – колчеданные полиметаллические, медные, медно-молибденовые порфировые, пиритовые, арсенопиритовые месторождения: 43 – Крут, Роншампе; 44 – Майданпек; 45 – Тандзут; 46 – Чибухли; 47 – Буцим; 48 – Алсар; 49 – Тораница; 50 – Бингем; 51 – Тира; 52 – Мирдита; 53 – Маджарово, Галенит-Звездел; 54 – Асарыл, Влайков-Врых, Медет; 55 – Вырли-Бряг, Росен; 56 – Каялу-Гегарчин; 57 – Газма, Гегюшане; 58 – Каджаран; 59 – Агарак, Анкаван, Дастакерт; 60 – Тигранобердское; 61 – Кремница, Банска Штявница, Банска Ходруша, Злата Бата; 62 – Гулан, Мескане, Сюнгюн; 63 – Озбах-Кух, Антуран; 64 – Аббасабад, Себзевар; 65 – Чеелкуре; 66 – Кугитангское; 67 – Базартюбинское; 68 – Бу Арафа; 69 – Бу Грин; 70 – Бату Хияу; 71 – Бугенвиль; 72 – Селогори, Паситан, Мерубетири; 73 – Дальнегорский; 74 – Карагинская группа; 75 – Водопадненское, Валентиновское; 76 – Тоёха; 77 – Хокуроку; 78 – Бабама; 79 – Лепанто; 80 – Кинкин; 81 – Падре Антонио; 82 – Бьенавентурада; 83 – Рефухио; 84 – Эль-Теньенте; 85 – Чукикамата; 86 – Ла Эксотика; 87 – Эль-Сальвадор; 88 – Потрерильос; 89 – Токепала; 90 – Куахоне; 91 – Серро-де-Паско; 92 – Колькечака; 93 – Беренгела; 94 – Фламмефельд; 95 – Мальмбьерг, Меллемпас; 96 – Шкурлатовское; 97 – Антарктический п-в; 98 – Местерсвиг; 99 – Байнючан; 100 – Грасберг; 101 – Эскондидо; 102 – Лаврион.

VII месторождения золота: 103 – Маломыр; 104 – Меградзор; 105 – Зодское; 106 – Овачик; 107 – Кухе Доум; 108 – Понгкор; 109 – Келиан; 110 – Муро; 111 – Сиротан; 112 – Сибалюнг; 113 – Таран; 114 – Многовершинное; 115 – Аметистовое; 116 – Золотое; 117 – По-рожистое; 118 – Агинское; 119 – Родниковое; 120 – Мутновское; 121 – Вилучинское; 122 – Рифовое; 123 – Аметистовое, Островное; 124 – Ивасита; 125 – Хашикари; 126 – Ямадо; 127 – Хоккайдо; 128 – Кукино; 129 – Багио; 130 – Нелесбитан; 131 – Хаураки; 132 – Миштри; 133 – Яп; 134 – Эмперор; 135 – Репаблик; 136 – Сильвертон-Теллурид; 137 – Америкэн Таннел, Терри Таннел, Голд Кинг; 138 – Хомстейк; 139 – Карлин, Гетчел и др; 140 – Насроп; 141 – Тье-рра Кононсито; 142 – Эль Лимон; 143 – Ивато; 144 – Раунд Маунтин; 145 – Эль Индио; 146 – Эль Тамбо; 147 – Эль Гуанако; 148 – Ла Канделлария; 149 – Лас Пальмас; 150 – Сан-Кристобаль; 151 – Рио Бланко; 152 – Донлин Крик; 152 – Пуэбло Вьехо; 153 – Антарктический п-в; 154 – Гол-дфилд; 155 – Мазер Лауд; 156 – Печальное, Ветвистое; 157 – Бахо де Аламбрера; 158 – Порге-ра; 159 – Эскобаль, Серро Бланко; 160 – Чассоуль; 161 – Грамалоте; 162 – Бая Маре; 163 – Кисладаг.

VIII – существенно серебряные, висмутовые, селеновые: 164 – Потоси; 165 – Оруро; 166 – Лос Пломмосос, Ники, Санта Эвлалия; 167 – Пакахаке.

IX – редкометалльные, ассоциирующие с гранитоидами, пегматитовые, скарновые: 168 – Трепча Стари; 169 – Клаймакс; 170 – Де Хосейн; 171 – Пхукет-Пхангнга; 172 – Алитупу; 173 – Спор Маунтин; 174 – Анарак; 175 – Сьюард; 176 – Льяльягуа, Морококала, Уануни; 177 – Фундисьон, Сант Ягильо, Уаноко; 178 – Серро-Гранадас, Серро Пулулос; 179 – Тырныауз; 180 – Улуг-Танзек; 181 – Конг Оскар Фьорд; 182 – Арсеньевское; 183 – Ихтауакан.

X – урановые: 184 – Мерисвэйл; 185 – Нопаль-1, Маргаритас; 186 – Донгшень.

XI – сурьмяные, ртутные, мышьяковые месторождения: 187 – Альмаден; 188 – Сари-ландж, Советашен, Хосров; 189 – Дарридаг, Сальварти; 190 – Монте Амиата; 191 – Нью-Индрия; 192 – Сальфур Банк; 193 – Амеди; 194 – Косо; 195 – Бойлинг; 196 – Стимбот Спрингс; 197 – Санто-Лоудес; 198 – Уанкавелика.

XII – драгоценных камней (изумрудов, сапфиров и т. д.): 199 – Колумбийские Изумрудные копи; 200 – Шкотовское плато; 201 – Банхуайсай, Лаос; 202 – Дакнонг, Вьетнам; 203 – Ярроуич; 204 – Тумбарумба.

Они хорошо известны в зонах активизации на древних платформах, но более распространены в подвижных поясах Кордильер и Анд, Средиземноморском, западного ограничения Тихоокеанского кольца. Нынешние морфологический облик рудных тел и минеральный состав месторождений кайнозоа чаще, чем в прошлые этапы, оказывались результатом сложного сочетания эндогенных и экзогенных тектонических и геохимических обстоятельств. Эндогенный фактор был иницирующим, ответственным за поступление на площади будущего рудного узла собственно рудного вещества, в то время как экзогенные в разных сочетаниях осуществляли его мобилизацию, перенос, аккумуляцию. Экзогенное участие так вуалировало первичный эндогенный источник вещества, что гипотезы о первично осадочном

происхождении многих видов стратиформных руд не кажутся неосновательными. Только таким генезисом сложно объяснить, отчего в разных частях Земли стратиформными оказываются залежи вполне определенных и с разными геохимическими свойствами элементов. Остается во многом непонятным соотношение скрытого эндогенного и ярко проявленных экзогенных факторов в формирование гигантских миоценовых (?) стратиформных урановых залежей плато Колорадо в США.

В позднеальпийский этап сформировались некоторые аккумуляции редкоземельных-редкометалльных карбонатитов, медно-никелевых руд, хромитов, но не они определяют его минерогенический облик. Наиболее типичными оказываются гидротермальные месторождения золота и серебра, полиметаллов, меди, олова, ртути. В кайнозой возникли основные аккумуляции огромных оловянных поясов Боливии-Южного Перу, юго-восточной Азии, Медного пояса Чили.

С многофазным внедрением эльджуртинских гранитоидов в карбонатные, вулканогенные, терригенные породы девона и карбона восточной части Пшикиш-Тырныаузской шовной зоны связано W-Mo-полиметаллическое месторождение **Тырныауз** (Кабардино-Балкария, бассейн р. Баксан). Ранее об этих гранитах говорили лишь как о послераннеюрских, и только данные Е.М. Колесникова и др. [1990], а также А.М. Борсука с соавторами позволили существенно уточнить возраст. Ныне он принимается позднеплиоценовым (2 млн лет, K-Ag), а прорывающих эффузивов – 1,8 млн лет. В год **Тырныаузский** горнорудный комбинат добывает 10-12 млн т руды. Остаточные запасы этого крупнейшего месторождения W Европы более 120 млн т (средние содержания 0,137% W, 0,03% Mo).

Четвертичный период и современность – время продолжающегося формирования эндогенных месторождений полезных ископаемых. Горячие источники Камчатки, Новой Зеландии, Калифорнии, Большого Зондского архипелага продолжают отлагать минералы ртути, серу, золотоносные сульфиды. Издавна из отложений пароводяных смесей итальянских сольфатар, фумарол, мофет получали борную кислоту. В.Я. Данченко, Ф.И. Шадерман, А.А. Кременецкий (1998) сообщили о высокой ренееносности современных возгонов вулканов Курильских островов. Газы вулкана Кудрявого на о. Итуруп, помимо Pb, Zn, Cu, Ag, Sb, As, Hg, Ba, S, при температуре более 600°C выносят золота 1-2 г/т, рения – 1-5 г/т, индия – 1-3 г/т. В год фумаролы только этого вулкана поставляют на дневную поверхность около 2 тонн рения (Н.Г. Патык Кара и др., 2005). Можно вспомнить о вольфрамсодержащих рассолах и эвапоритах современных озер аридного климата. Два пласта каменной соли мощностью до 50 м в озере Сёрлс, пустыня Мохаве, Калифорния, пропитаны солями с содержанием WO_3 0,008% и общими запасами 170 тыс. т. Уже разработан способ их переработки в концентрат с 44% триоксида вольфрама и коэффициентом извлечения 92-98 %.

I.R. Jonasson et al. (1990) сообщили о чрезвычайно заметных концентрациях золота (до 1 кг/т), формирующихся в кальдере вулкана **Эксийл** подводного тихоокеанского хребта Хуан де Фука. Черные курильщики этого района поставляют в океанические воды гидротермы с температурой 328°, а возникающие рядом илы содержат 1% меди, 25% цинка. В отмерших баритовых постройках Восточного Рифта обнаружено до 4% Pb, 400 г/т Ag. В западной части Тихого океана у архипелага Бонин молодые гидротермалиты подводного вулкана **Уэнсди** содержат 71 г/т Au и 10% Cu. Высота вулканической постройки – 3 км, глубина кальдеры – 0,5 км, ширина – 1,5 км.

Алмазы

В Канаде, субпровинция **Слейв**, часть промышленных тел кимберлитов кайнозойская. Самые молодые трубки расположены у озера **Лак де Гра**. Эти же трубки наиболее алмазоносные, хотя промышленные содержания известны и в более древних кимберлитах субпровинции. Они разрабатываются канадскими алмазодобывающими рудниками **Экати** (рис. 9.2), суммарное ежегодное производство которого 4 млн карат, и **Диавик**, рис. 9.3 с запасами руды 43,5 млн т, алмазов – 71,83 млн карат, стоимостью \$6,034 млрд.

Австралия. В Западном Кимберли, тела лампроитов миоцена образуют поля **Нункамбах** (24 трубки и дайки), **Эллендейл** (48 тел), **Калвинярдах** (около 10 тел). Наиболее крупное поле **Эллендейл** занимает площадь примерно 40x50 км. Три четверти тел имеют размер менее 10 га, но **Эллендейл-6** занимает 106 га. Овальная в плане диатрема **Маунт Норт** (0,5x0,25 км) окружена силлами лампроитов мощностью 1-4 м. Алмазы содержат примерно поровну включения эклогитовые и перидотитовые. В гранатах CaO до 10%, 0.2% Na₂O (до 0,5%). Это намного меньше, чем у гранатов рифейской лампроитовой трубки **Аргайл** соседнего поля Восточный Кимберли.

В 2011 г. компания Kimberley Diamond и частные спонсоры преподнесли Музею Западной Австралии в ее столице г. Перт представительную коллекцию желтых и бесцветных алмазов (рис. 9.3) общим весом 38,06 карата. Все они из нового рудника **Эллендейл -9**. В этой связи вспомнили, что открыты они были впервые тоже в ноябре, но только 1976 г., ровно 35 лет назад, т.е. подарок юбилейный. Месторождению прочили скорое освоение, однако в 1979 г. в Восточном Кимберли из неизвестности появился лампроитовый гигант **Аргайл**. Лишь явное истощение ресурсов последнего к 2000-м гг. заставило вспомнить сначала об **Эллендейл-9** в 2002 г., а затем и об оливиновых лампроитах **Эллендейл-4** в 2005 г. В наши дни рудник **Эллендейл-9** приобрел всемирную известность. Рудник обеспечивает 50% мирового производства этой уникальной разновидности драгоценного минерала рис. 9.3.

Здесь уместно вспомнить, что и недалекая трубка **Аргайл** держит мировое первенство в добыче другой замечательной разновидности – розовой. Из подаренной в Музей г. Перт коллекции все камни имели массу 0,97-3,69 карата, представлены разностями прозрачной белой, не совсем белой, желтой и «восхитительно желтой». Два кристалла находились в лампроитовой породе, остальные представляли мелкие белые, серые, желтые и коричневые кристаллы. Желтая окраска вызвана примесью азота. Алмазы Эллендейл-9 кристаллизовались около 426 млн лет назад в верхней мантии с $T = \sim 1100\text{--}1200^\circ\text{C}$, хотя их поступление на поверхности состоялось только 20 млн лет назад.



Рис. 9.2. Первый канадский алмазный рудник Экати, принадлежащий BHP Billiton Canada Inc., национальная территория Нунавут, Канада. Производит 3% мировой добычи алмазов по весу (5% по стоимости). <http://www.bhpbilliton.com/bbContentRepository/ekatipanorama.jpg>

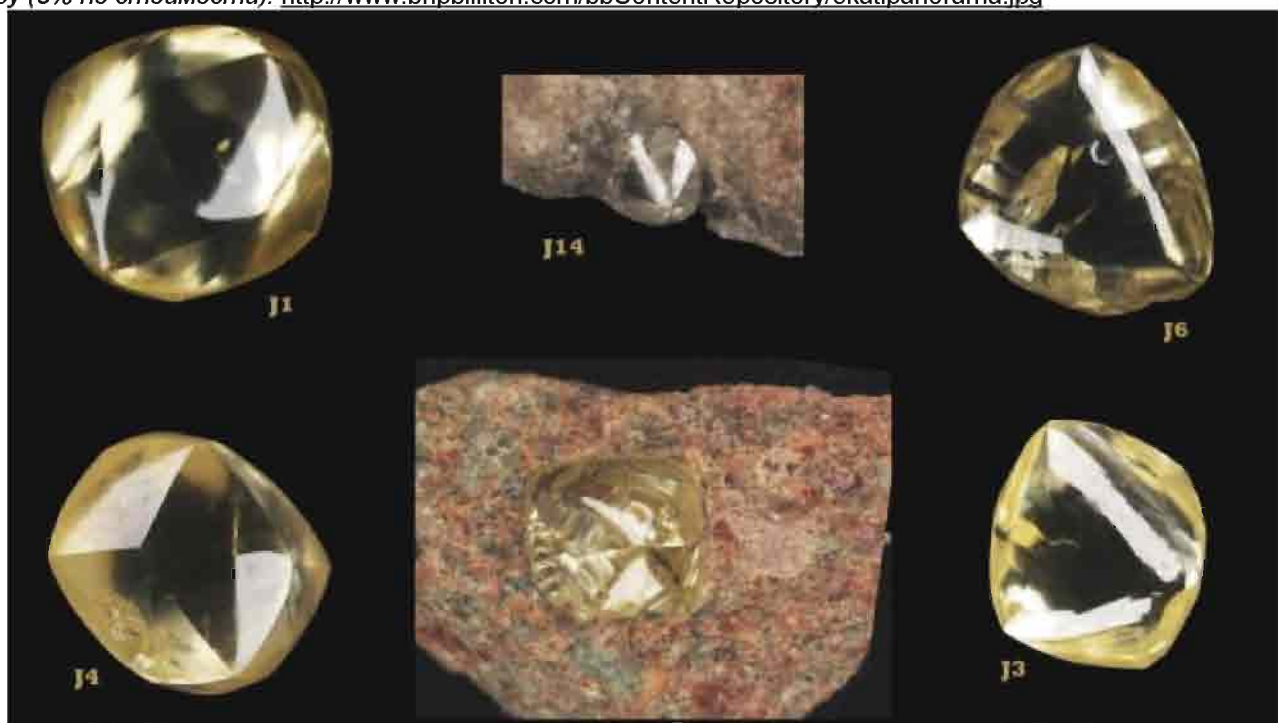


Рис. 9.3. Уникальные желтые алмазы миоценовой диатремы Эллендейл-9, окраска которых обусловлена равномерным распределением микроскопической примеси азота. Из коллекции Музея Западной Австралии – дар компании Kimberley Diamond. Ноябрь 2011 г. http://museum.wa.gov.au/sites/default/files/ima_geocache/wam_v2_article_full/collections/ellendale-diamonds.jpg

Редкие и редкоземельные элементы

Позднеальпийские эндогенные месторождения в карбонатах известны практически на всех континентах, рис. 9.4. Они вмещают REE, апатитовые, флюоритовые руды, драгоценные камни в зависимости от геохимической специализации карбонатитовых магм.

В Бразилии наиболее интересен объект **Морру душ Сейс Лагос**, находящийся в 60 км от границы с Венесуэлой. Его становление определяют в интервале 64-83 млн лет, K/Ag, с медианным значением 77 млн лет. Он был открыт аэрогадометрической съёмкой в штате Амазонас (60 км от границы с Венесуэлой) и заверен затем полевыми наблюдениями, рис. 9.5.

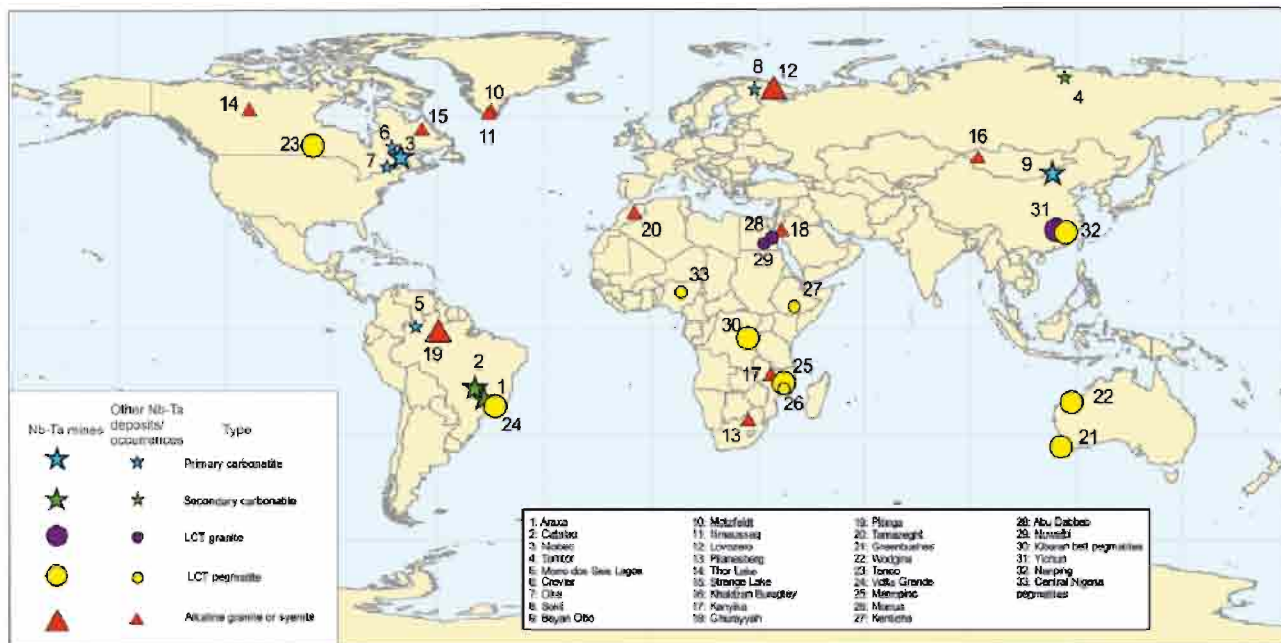


Рис. 9.4. Крупнейшие месторождения тантала и ниобия на карте мировых ресурсов стратегических металлов. Из [Mineral Profiles, рис. 3, с. 8]. Условные обозначения, сверху вниз, перевод: 1-5. – Nb-Ta рудники (крупные знаки), месторождения, проявления, типы, в т.ч.: 1 – первичные карбонатиты; 2 – вторичные, связанные с карбонатитами, 3 – LCT-граниты, 4 – LCT-пегматиты, 5 – щелочные граниты и пегматиты. Месторождения (№№ на рис.): 1 – Араша; 2 – Каталан; 3 – Ниобек; 4 – Томтор; 5 – Морру душ Сейс Лагос; 6 – Кревьер; 7 – Ока; 8 – Сокли; 9 – Баян Обо; 10 – Моцфельд; 11 – Иллимауссак; 12 – Ловозеро; 13 – Пиланесберг; 14 – Тор Лейк; 15 – Страйндрейк; 16 – Халдзан Бурегтэй; 17 – Каньика, Малави; 18 – Гурайя; 19 – Питинга; 20 – Тамазегт; 21 – Гринбушес; 22 – Уоджина; 23 – Танко; 24 – Вота Гранде; 25 – Марропино; 26 – Морруа; 27 – Кентича; 28 – Абу Даббаб; 29 – Нувейби; 30 – пегматитовый пояс Кибара; 31 – Иичун; 32 – Нанпинь; 33 – пегматиты Центральной Нигерии.

Объект считают крупнейшей в Мировой аккумуляцией редких металлов: 2,9 млрд т руды с 2% Nb, 1,5% REE. Всего здесь сконцентрировано 57 млн т Nb и 43,5 млн т REE. Карбонатиты кальцитовые и сидеритовые, содержат пироксениты, обогащенные ильменитом, рутилом,



Рис. 9.5. Общий вид олигоценевого меднопорфирового рудника Клаймакс, штат Колорадо, США. <http://www.airphotona.com/stockimg/images/01163.jpg>

цирконом, титаном. Несмотря на уникальные концентрации полезных компонентов и их ресурсы, массив не разрабатывается, хотя попытки эксплуатации зафиксированы. Это связано с трудностями освоения удаленного района Амазонии. Говорится о ба-снословных 2897 млн т руды с 2,81% Nb₂O₅, что соответствует невероятным 81 млн т Nb₂O₅! Массив Посус де Калдас (около 1 тыс. км²) в штате Минас Жерайс – единственный в мире

район промышленной добычи бадделеита как сырья на Zr. Еще один небольшой мел-палеоценовый массив с богатым флюоритовым оруденением **Мату Прету** известен в штате Парана. Он входит в группу таких же интрузивов, среди которых **Тунаш**, **Баньядан**, **Итапирапуа**, **Барра ду Итапирапуа**. Их K-Ar возрасты колеблются между $60,3 \pm 3,4$ млн лет и $71,7 \pm 3,4$ млн лет. На севере тела расположен ныне закрытый рудник **Клуггер**.

Юго-запад Китая, Сычуань. Зона влияния рифта Паньси в округе Мианнинь на западе пров. Сычуань известна месторождением **Маонюпин**. Оно кайнозойское, связано с Гималайским карбонатит-щелочным комплексом. В 1992 г. вместе с месторождением **Вейшань** объект обеспечил 24% всего производства REE Китая. Бастнезит-барит-карбонатитовые тела месторождения ассоциируются с сиенитами. Системы жил пегматитов, карбонатитовых брекчий, штокверковых зон, вкрапленной минерализации прослежены на 2,6 км. Рои жил и прожилков имеют протяженность до 1 км при ширине до 20 м. В рудах распространены барит, флюорит, эгирин-авгит, бастнезит. Ресурсы составляют 1,2 млн т руды с 2,89% оксидов REE.

Открытие нового месторождения **Далусяо** в округе Дачань, юго-западной провинции Сычуань называют очередным крупным геологической партии № 109 сычуаньского Бюро геологии и минеральных ресурсов. Именно эта партия раньше обнаружила и отмеченный выше объект **Маонюпин**, на который очень похожим оказалось **Далусяо**: 1 – оба месторождения приурочены к широтной рудоконтролирующей структуре, вмещающей Гималайский редкоземельный щелочной комплекс; 2 – для обоих объектов характерна геохимическая модель распределения REE «три в одном», т.е. несколько повышенных содержания этих элементов в интрузиях эгирин-авгитовых сиенит-порфиров (а), эгирин-авгитовых жилах с флюоритом и Sr-баритом (б), кальцитовых жилах (в). Руды богатые. Основной промышленный минерал – бастнезит в виде крупных вкрапленников, что сильно облегчает обогащение. С Гималайским карбонатит-щелочным комплексом связано жильное месторождение **Вейшань**. Его бастнезит-барит-карбонатитовые тела приурочены к сиенитам.

Медные, медно-молибденовые, молибденовые порфировые месторождения

Ярким представителем молибденовых порфировых аккумуляций является уникальное олигоценое (34-27 млн лет) штокверковое вольфрам-молибденовое со скандием месторождение **Клаймакс**, рис. 9.5, Колорадо, США.

Оно связано с постмагматическими гидротермальными процессами – внедрением штока высококремнеземистых, богатых щелочами риолитов, монцонит- и гранит-порфиров. Ядро этого зонально построенного месторождения диаметром до 500 м составляет существенно кварцевая брекчия, в которой молибдена почти нет. В рудах 0,4% MoO_2 , 0,02% WO_3 . За сутки добывают 50 тыс. т руды. Запасы молибдена – 0,5 млн т. Месторождение **Бингем**, Юта, США, также относят к эоценовой меднопорфировой формации, рис. 9.6. Его связывают с интрузиями и экструзиями гранодиорит-порфиров, монцонит-порфиров, риолитов, андезитов, внедрившихся 30-40 млн лет назад в верхнепалеозойские песчаники, кварциты, известняки (300 млн лет). Возраст Cu-Mo оруденения – 40 млн лет. Запасы руд – 640 млн т, содержания Cu – 1%. В сутки добывают до 90 тыс. т руды. До 2004 г. добыто 15,4 млн т Cu, 715 т Au, 5,9 тыс. т Ag, 386 тыс. т Mo. Регион славится многими кайнозойскими Cu-, Cu-Mo, Mo-порфировыми объектами. В пределах США находится 3 из 4 известных на Земле Mo-порфировых супергигантов в понимании Peter Lazichka [2006]: **Клаймакс** (Колорадо, 2,18 млн т Mo); **Гендерсон-Урад** (Колорадо, 1,243 млн т Mo); 3 – **Маунт Толман** (Вашингтон, 1,175 млн т Mo). Интересно, что и четвертый супергигант – **Кварц Крик** (Аляска, 1,207), тоже оказался на территории США.



Рис. 9.6. Карьер Кенекотт на эоценовом меднопорфировом месторождении Бингем, 60 км к ЮВ от г. Солт Лейк Сити, штат Юта, считается крупнейшей открытой выработкой на Земле – 4,5 км в диаметре при глубине 1,3 км www.flickr.com/photos/404873991/

В Южной Америке на севере Чили и юге Перу имеются многочисленные кайнозойские Cu-Mo-порфировые месторождения. Наиболее крупным из них является **Чукикамата** (рис. 9.7). В 1915-1997 г.г. оно дало 31 млн т меди и примерно столько же

металла еще осталось в недрах. Не смотря на колоссальные масштабы, **Чукикамата** – классическое порфировое месторождение, что относится и к многим другим объектам описываемого региона. Пояс позднемиоцен-раннеплиоценовых Cu-Mo-порфириновых месторождений на севере Чили вмещает объекты мирового класса: **Эль Теньенте**, **Лос Бронсес-Рио Бланко**, **Лос Пеламбрес**. В совокупности эти гиганты имеют 183 млн т меди (ресурсы+продукция). **Эль Теньенте** и **Лос Бронсес-Рио Бланко** возникли одновременно, 6,46-4,37 млн лет назад, а минерализация **Лос Пеламбрес** более древняя (13-10 млн лет). Все они ассоциируют с многофазными штоками порфириров кварцевых диоритов-кварцевых монцонитов и комплексами гидротермально-магматических брекчий.



Рис. 9.7. Олигоценовый медно-молибденовый порфиновый гигант Чукикамата на севере Чили начал отрабатываться в 1917 г. Ныне работы ведет компания CODELCO-Chile. Площадь карьера 4,5х2,5 км, глубина 750 м. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/2/2a/Chuquibambilla_panorama.jpg/800px-Chuquibambilla_panorama.jpg

Китай. Серия медно-молибден-порфириновых месторождений имеется в Тибете. Это **Юлонг**, **Дуосясогдао**, **Маласоньдуо**, **Тинггонь**, **Чонгжиань** и другие. Они связаны с щелочно-полевошпатовыми гранитами и монцонитами. Содержания меди в них от 0,5 до 1 %, запасы обычно первые миллионы тонн. Молибден содержится в количествах от 0,04 до 0,14 %.

Сербия. В Восточно-Сербских горах Сербии разрабатывают медно-молибденовое гидротермальное штокерковое месторождение **Майданпек**. Оно сформировалось в олигоцене-миоцене. В Родопском массиве (Болгария, примыкающие районы б. Югославии и Греции) подобные же полиметаллические аккумуляции **Маджарово**, **Галенит-Звездел** находятся в олигоценовых эффузивах, что определяет весьма молодой возраст минерализации. Медно-порфириновые скопления, содержащие немного Мо, в болгарских Родопах ассоциируют с гранитоидами, возраст которых предполагают олигоцен-миоценовым или ларамийским: **Асарыл**, **Влайков-Врых**, **Медет**. Здесь же известны и их жильные аналоги – **Вырли-Бряг**, **Росен**. Содержания Cu повсюду, в среднем, 0,36%, Мо – 0,01%.

Македония. Медно-порфириновое месторождение **Буцим** считают очень похожим на греческое **Геракарио**. Оно, как и другие месторождения – **Туларе**, **Боров Дол**, **Ватхи**, **Понтокерасия** – не обнаруживает связей с развитыми здесь субвулканическими и вулканическими породами. Здесь ежегодно добывают 4 млн т руды с содержаниями 0,3% меди и 0,35 г/т золота. Общие запасы руды оценивают в 100 млн т, что определяет **Буцим** как месторождение для медно-порфириновых небольших. В пределах рудного поля развиты субвулканические тела латитов (трахиандезитов) и андезитов. Первичная медная минерализация тяготеет к магматитам, подвергшимся поздним мощным, длительным изменениям. В его халькопиритах содержания золота оценены в 0,01-300 г/т. Выделения металла в зернах минерала имеют размерность около 0,1 мкм, изредка – до 6 мкм, вроски Au в кристаллических структурах еще тоньше – 0,01 мкм и менее. В пиритах Au от 0,01 до 52,1 г/т, иногда до 350 г/т.

Кавказ. Кайнозойское оруденение активно выражено в структурно-металлогенических зонах Большого и Малого Кавказа. В Армении расположены основные Cu-Mo месторождения Малого Кавказа – **Каджаран**, **Агарах**, **Анкаван**, **Дастакерт**. Крупнейшее из них – первое, на севере Мегринского плутона. Общие запасы Мо составляют 680 тыс. т, ресурсы – 700 тыс. т, что соответствует 7,6% мировых. Средние содержания 0,033% Мо, но – руды комплексные, с Re, Te, Se, Bi, что положительно сказывается на рентабельности. Залежь **Каджарана** представлена сложным штокерком (рис. 9.8). Cu-Mo руды находятся на участках развития даек и измененных (каолинизация, окварцевание, серицитизация, хлоритизация) пород. Оруденение отнесено к типам жильному, вкрапленному, прожилковому. Крупночешуйчатый молибденит характерен для жильного типа, особенно выраженного в центральной части рудного поля. Карбонатно-кварцевые жилы имеют мощность 0,1-9 м. Рудная вкрапленность распространена в измененных породах. Основные рудные минералы – пирит, халькопирит, молибденит. К второстепенным отнесены борнит, галенит, сфалерит, висмутин.

В раннюю (предрудную) стадию произошла калишпатизация пород, после чего последовательно формировались минеральные ассоциации: магнетит-молибденитовая, молибденит-халькопиритовая, халькопирит-пирит-кварцевая. Оруденению свойственна зональность. На участках, примыкающих к основному разлому рудного поля, преобладает молибденовая минерализация, на удалении от него – медная. С глубиной содержания меди падают, молибдена возрастают. В товарной руде **Каджарана** содержится 0,05-1,0 % Mo и 0,5-1,0 Cu (И.Ф. Романович и др., 1992, с. 164-166).

Колчеданно-полиметаллические месторождения

Дальний Восток России. Большой интерес из-за высокого качества руд свинца и цинка представляет **Дальнегорский (Тетюхе)** рудный район Приморского края. Он находится на сочленении областей мезозойской и кайнозойской складчатости. Рудные залежи обнаруживаются на пересечении разрывов в грабенах Тигровом, Горбушинско-Довгалеvском и горсте Тетюхе. На

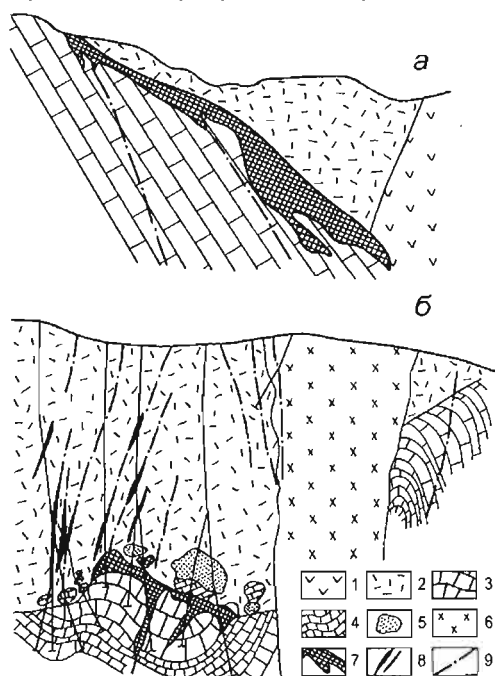


Рис. 9.8. Геологические разрезы через рудные поля позднемеловых-раннетретичных скарновых полиметаллических месторождений Верхнего (а) и Николаевского (б), Дальнегорский рудный район Приморского края. По В.В. Аристову и др., 2000]. 1-2 – верхнемеловые вулканы, в т.ч.: 1 – андезиты, 2 – липариты; 3-5 – верхнетриасовые породы, в т.ч.: 3 – известняки, 4 – полимиктовые брекчи, 5 – сланцы; 6 – диориты, габбро-диориты; 7 – скарновые рудные тела; 8 – кварцево-сульфидные жилы; 9 – разрывы.

площади месторождения **Верхнее** скарны с полиметаллической минерализацией находятся под эффузивами верхнего мела в триасовых известняках. Сами эффузивы нередко содержат проявления минералов свинца и цинка, не имеющие экономического значения. В 1961 г. в этом же рудном районе одна из скважин вскрыла на глубине 700 м геденбергит-сульфидные скарны нового месторождения, получившего название **Николаевского** (рис. 9.9, б). В 1969 г. юго-восточнее **Николаевского** было открыто ещё одно слепое месторождение – **Садовое**.

С.М. Родионов и А.И. Ханчук назвали скарны с рудами Pb и Zn **Николаевского** месторождения в Дальнегорском рудном поле позднемеловыми-раннетретичными. Они же сообщили и о содержаниях в них полезных компонентов: 1,5-8,7% Pb, 1,36-10,5% Zn и 62 г/т Ag. В.В. Авдонин с соавторами [2005] уточняют возраст руд – 66-68 млн лет. Они говорят о том, что руды формировались в два этапа. В скарново-полиметаллический этап рудообразование прошло стадии предрудную скарновую (ильваит-гранат, геденбергит, аксинит, флюорит, кварц), допродуктивную арсенопиритовую, продуктивную галенит-сфалеритовую и постпродуктивную феррофильную (пирит, пирротин, марказит, халькопирит). В поздний этап возникла низкотемпературная ассоциация (галенит, блеклые руды, антимонит, сульфосоли Ag, самородные As, Sb). Над скрытыми рудными телами **Дальнегорского** района обнаруживают контрастные геохимические ореолы. Именно повышенные концентрации Pb и Zn в экранирующих эффузивах привели к открытию месторождения **Садового**. Сульфидов в рудах несколько процентов. Продуктивными являются руды Au-халькопирит-блэкклорудного и Au-сфалерит-теллуридного минеральных составов. Идиоморфные и дендритовидные выделения первого типа имеют пробу 870-910‰, второго – 750 ‰, размерность золотин 1-400 мкм.

Благодаря работе В.А. Баскиной [Крупные..., 2006], мы теперь лучше знаем историю становления уникальных месторождений **Дальнегорского** рудного района. Складчатый фундамент здесь образует пачка тектонических чешуй, сложенных кремнисто-терригенными образованиями триаса-мела. Пачка надвинута на олистострому валанжина. Флишоидный алевроитовый матрикс последней содержит фауну берриаса-валанжина и – закатанные глыбы известняков триаса до нескольких километров в поперечнике, блоки терригенной юры. Сверху породы перекрыты "неоавтохтоном" из песчаников берриаса-валанжина. В складчатом фундаменте распространены тела щелочных базальтов.

В альбе складчатое основание перекрыли вулканы, образовавшие серии кальдер, куполов, сводов. Магматиты мела-палеогена заняли более половины площади **Дальнегорского** рудного района. В сеноне-палеоцене произошло становление известково-щелочных пород дальнегорского комплекса, представленного базальтами, андезитами, риолитами. В палеоцене-эоцене (65-45 млн лет) появились базальты, субщелочные аляскиты, риолиты. В эоцене образовались полиметаллических залежей с серебром. Au-Ag руды ассоциируют с риолитами. В олигоцене и

раннем миоцене (32-20 млн лет назад) появились скопления апофиллита, флюорита, иногда датолита, цеолитов.

Основное скарновое борное оруденение локализовано в известняках триаса, изредка – среди песчаников, алевролитов, брекчий валанжина. Трубообразная залежь длиной 2,4 км прослежена по падению на 1,6 км. Мощность рудного тела от 15 до 350 м. Промышленные датолитовые залежи, а это 10 изолированных тел, наблюдаются в интервале отметок от +500 м до -560 м.

Японский архипелаг. На островах Японского архипелага вулканизм особенно активизировался в миоцене и квартере. Месторождения типа «куроко», представляющие залежи массивных полиметаллических сульфидных руд, широко развиты на Японских островах (рис. 9.9), Курилах и Камчатке. Большинство сформировалось в эпоху максимального миоценового растяжения (15 млн лет назад) в тыловодужных рифтах. Большинство месторождений «куроко» в области зеленых туфов

Токоху на северо-востоке о. Хонсю образовались в тесной связи с формированием вулканитов известково-щелочной серии. Залежи приурочены к строго определенному стратиграфическому горизонту N_{2-3} с широким развитием песчаных и глинистых пород.

Рис. 9.9. Неогеновые металлогенические провинции Японии. По А. Такебатаке, 1974. 1 – сурьмяные и ртутные провинции; 2 – марганцевые провинции; 3 – золотые, серебряные, медные, свинцовые, цинковые и железорудные провинции; 4 – оловянные, вольфрамовые и мышьяковые провинции; 5 – разломы; 6 – 11 – основные месторождения: 6 – золото-серебряные (1 – Китаме, 2 – Садо, 3 – Ното, 4 – Огоя, 5 – Идзу, 6 – Тадзима, 7 – Икуно-Акенобе, 8 – Тао, 9 – Кагосима), 7 – меди, свинца и цинка (10 – Сиретоко, 11 – Асио, 12 – Синдзи, 13 – Цусима); 8 – марганцевые (14 – юго-запад Хоккайдо, 15 – Цугару); 9 – ртутно-сурьмяные (16 – Китаме, 17 – Накаса, 18 – Сидара, 19 – Ямато, 20 – Восточный Сикоку, 21 – Западный Сикоку, 22 – Сакана, 23 – Миядзакис); 10 – месторождения меди, свинца, цинка, олова, вольфрама, мышьяка (24 – Икуно-Акенобе, 25 – Обира); 11 – олово-вольфрамовые (26 – Кагосима, 27 – Яку).



Префектура Акита на северо-западе о. Хонсю известна месторождениями меди (**Одате**), полиметаллических руд и даже добычей нефти. Ее рудный район **Хокуроку** одно из лучших мест в мире для исследования связей $Zn-Pb-Cu-Au-Ag$ залежей массивных сульфидов с щелочным вулканизмом, проявления которого представлены явными и скрытыми куполами, силлами. В строении рудного района **Хокуроку** принимают участие среднемиоценовый риолит-базальтовый комплекс мощностью 0,3-1,0 км и средне-верхнемиоценовые измененные туфоалевролиты, мощные пачки подводных щелочных пирокластов такой же мощности. Залежи руд куроко тяготеют к кровле риолит-базальтов. На площади рудного поля **Косака** их вмещает небольшой риолитовый купол.

Залежи «куроко» отличаются выраженной вертикальной и горизонтальной зональностью в распределении минеральных ассоциаций. От внешних частей к внутренним сменяются зоны: 1 – монтмориллонит-цеолитовая, переходная к неизмененным породам; 2 – серицит-пирит-хлоритовая (внутренние части пород кровли); 3 – серицит-хлорит-кварцевая (возле рудного тела); 4 – зона окремнения (лежащий бок, центральная часть залежи). Примером такой зональности служит разрез через рудное поле месторождения **Саканаи** (рис. 9.10).

Греция. Свинцово-цинковые месторождения располагаются в трёх рудных районах: Аттика (**Лаврион**), Македония (**Халкидики-Пантеон**) и южная Фракия (**Кирки**). Почти все тела залегают в метаморфитах или близ контактов осадочных и изверженных пород. Месторождения мелкие, представлены рудами сложного состава с галенитом, сфалеритом и пиритом. Присутствуют минералы Cu, As, Sb и др. Наибольшее значение имеет район Касандра (полуостров Халкидики), включающий три разрабатываемых месторождения (главное — **Олимпия**). Основная рудная залежь лентообразной формы прослежена по простиранию до 400 м, а по падению на 1500 м, мощность в среднем 12 м. По предварительным оценкам запасы руд здесь 5 млн. т с содержанием суммы Pb и Zn 5-10%.

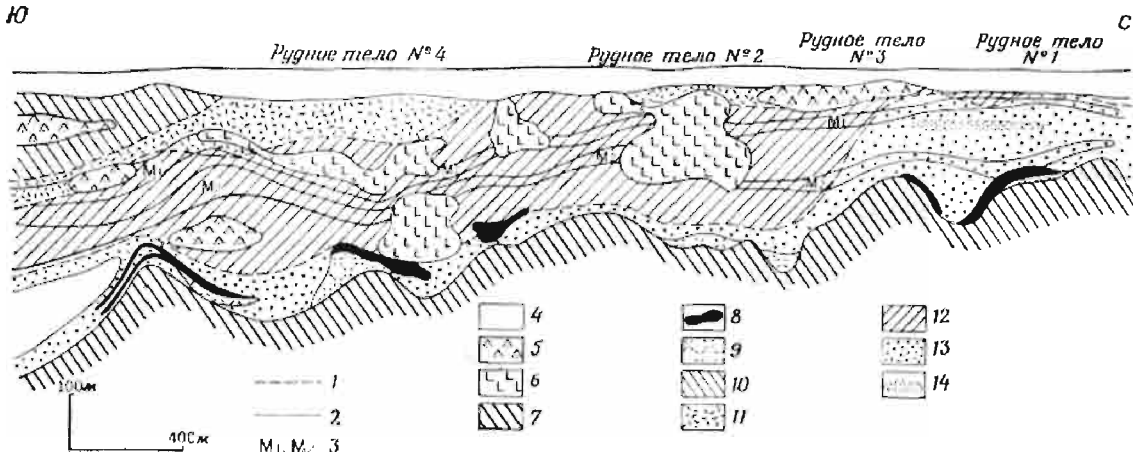


Рис. 9.10. Зональность размещения продуктов гидротермального изменения пород в разрезе через рудное поле мио-оценового месторождения ти-па «куроко» Саканаи, северо-восток о. Хонсю. По Вулканизм..., 1973. 1 – границы зон изменений; 2 – геологические контакты; 3 – аргиллиты; 4 – четвертичные отложения; 5 – долериты; 6 – риолиты; 7 – подстилающие породы; 8 – рудные залежи; 9 – гипс; 10 – морденитовая зона; 11 – монтмориллонитовая зона; 12 – серицит-хлоритовая зона; 13 – гипсовая зона; 14 – зона повышенной концентрации гипса.

Миоценовое скарновое серебро-полиметаллическое месторождение мирового уровня **Лаврион** известно с античных времен. Оно находится в 50 км юго-восточной Афин в исторической области Аттика. В пределах рудного поля близмеридиональная зона с массивными сульфидными рудами (43 млн т) прослежена на 17 км при мощности 6 км. Она окружает по периферии шток гранодиоритов (7-10 млн лет) и размещается в приконтактных роговиках. Руды локализованы на контактах переслаивающихся нижнетриасовых мраморов и сланцев с линзами гнейсов в последних (240 ± 4 млн лет, SHRIMP, циркон из гнейсов), относятся к типу замещения в карбонатных породах. На мезозойские метаморфиты надвинут покров верхнемеловых (?) филлитов («Голубые сланцы Циклады»). По базальному срыву в основании внедрились силлы, датированные $8,38 \pm 0,2$ млн лет, SHRIMP, циркон.

Рудные: галенит (с Ag), сфалерит, пирит, халькопирит, арсенопирит. Минерализация мностадийная. Первым отложился магнетит, позднее – пирротин и шеелит, затем – галенит, сфалерит, халькопирит, самородный Bi. Месторождение – «минералогический рай»: обнаружены 265 минералов (по другим данным, 430 минералов, не включая те, что возникли при естественном преобразовании шлаков античных времен), в т.ч., прекрасные кристаллы вторичного аннабергита $(\text{Ni}, \text{Co}_3)(\text{H}_2\text{O})_8 (\text{AsO}_4)_2$, рис. 9.11. В VII-I вв. до н.э. добыто 13 млн т руды со средними содержаниями 20% Pb и 400 г/т Ag, т.е. 1,4 млн т Pb и 3500 т Ag, в 1865-1977 гг. добыли еще около 30 млн т руды со средними 3% Pb и 140 г/т, т.е. 0,9 млн т Pb и 4200 т Ag.



Рис. 9.11. Кристаллы аннабергита $(\text{Ni}, \text{Co}_3)(\text{H}_2\text{O})_8 (\text{AsO}_4)_2$ из рудников Лаврион. <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/78/Annabergite-Grece-1.jpg/220px-Annabergite-Grece-1.jpg>

Плиоцен-четвертичные колчеданно-полиметаллические аккумуляции известны в Греции на о. **Тира** (второе название – Санторин) в архипелаге Киклиды. Самые древние породы острова – триасовые известняки, – обнажены в стенах кальдеры. Рудник Афиниос разрабатывает интенсивно гидротермально измененные эоценовые филлиты, переслаивающиеся с известняками. В филлитах распространена вкрапленность галенита, сфалерита, халькопирита. Галенит содержит Ag и Sb.

Македония. В Сербско-Македонской рудной провинции (Саса-Тораникский рудный район) крупные месторождения **Саса** и **Тораница** находятся в единой структурно-металлогенической зоне Бесна Кобила-Осагово. Запасы полиметаллической руды **Саса** оценено в 27,5 млн т, содержание Pb+Zn – 8%. Залежи находятся на контакте рифейских-кембрийских кварц-графитовых сланцев с докембрийскими гнейсами, известняками и дайками кварц-латитов (возраст 18-20 млн лет). Рудные ленты, линзы, пласты, залежи неправильной формы имеют мощность 1-20 м. Они прослежены на 150-1800 м. Открытое в 1974 г. крупное Pb-Zn месторождение **Тораница** имеет ресурсы 12,6 млн т руды, содержащей 4,47 вес.% Pb, 2,93 вес.% Zn, 20 г/т Ag. Оно эксплуатировалось в 1988-2000 г.г.

Иран. Здесь находится рудный район **Анарак** с меловыми офиолитами и эоценовыми шошонитами (базальтовыми трахиандезитами, по международной классификации IUGS), ассоциирующими с полифазной минерализацией. Имеются месторождения **Талмесси, Мескани, Даман-Яла, Чеелкуре**. Последнее разрабатывалось, судя по археологическим данным, уже в 660-830 годах нашей эры, что является косвенным подтверждением богатства и доступности залежей. В одноименном рудном районе известны несколько палеогеновых штоков гранодиорит-порфиров и кварцевых монцодиоритов, пространственно и по времени становления связанных с зонами минерализации. Магматиты внедрены в эоценовую толщу переслаивания граувакков, алевролитов, сланцев, среди которых и наблюдаются залежи. Оруденение локализовано в зонах разрывов и представлено ассоциацией: кварц, доломит, анкерит, сидерит, кальцит, молибденит, пирротин, арсенопирит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, обогащенная селеном разность галенита, борнит, марказит, ильменит, рутил. Содержания полиметаллов и Cu значительные (4,1% Cu+Zn+Pb), Ag (22 г/т). Золота в рудах немного – 0,14 г/т.

Туркмения. В олигоцене-миоцене в **Гаурдак-Кугитангском** горнорудном районе на границе Туркмении и Узбекистана произошли крупные смещения по разрывам с вертикальной амплитудой до 5 км. В известняках келловея-оксфорда возникли низкотемпературные полиметаллические залежи рудных полей **Западно-Кугитангского** и **Гаурдакского**. **Кугитангское** свинцово-цинковое месторождение (находится в зоне влияния Тазачарвинского взброса с амплитудой до 15 м, прослеженного на 7 км). Здесь разведаны рудные линзы с промышленными рудами. В сущности, это слабо наклоненные (10-15°) рудные столбы. Сильно окисленные свинцовые руды локализованы среди известняков горизонтов рифового (нижний оксфорд) и псевдоконгломератового (верхний оксфорд). В пределах последнего сохранились участками первичные барит-свинцовые руды. Мощности рудоносной линзы варьируют от 0,3-0,5 м до 10-12 м, средняя – 4,3 м. Pb в залежах, в среднем, 4,56%, максимальные содержания – до 61,55%. Больше полезного компонента в низах рифового и ближе к кровле псевдоконгломератового уровней, на «коленцах» в вертикальном сечении разлома. На богатых участках очень значительны брекчирование, доломитизация, ожелезнение.

Базартюбинское Pb-Zn месторождение находится в 4,2 км к юго-востоку от **Кугитангского**. Здесь выявлены две субпараллельные зоны разрывов с амплитудами перемещений 3-50 м. Оруденение локализовано в приразломных участках среди известняков горизонтов оксфордского яруса аммонитового, пелециподового, псевдоконгломератового, рифового. Линза Pb-Zn руд около 1,5 м мощностью, в среднем, полого наклонена на юг. Свинца в ней до 26,5%. К висячему борту возрастают содержания Zn, происходит переход к существенно цинковым рудам. Мощность обогащенного Zn интервала составляет несколько метров при содержании Zn 4,08% и максимуме – до 20,8%. Контакты оруденения с вмещающими известняками хорошо выражены. Околорудные ожелезнение, окварцевание, доломитизация имеют мощность до одного метра.

Китай. Замечательное Pb-Zn месторождение Тибета «песчаникового типа» – **Жиндинг** с запасами Pb 2,64 млн т и Zn 12,84 млн т, а также Ag 1722 т, считают самым молодым гигантом среди подобных в Мирове. Создание его трехмерной пространственной модели позволило показать грибообразную форму залежи и то, что основные образующие ее частные рудные тела (линзы и пластовые) оказываются в пределах структурного купола. Вмещают руды третичные пористые гипсоносные кластиты, перекрытые меловым песчаником. Основная масса руд представлена окисленными сульфидами Pb и Zn. Такие черты предполагают возникновение этих брекчий при поступлении и взрывной разгрузке флюидов. Кроме того, имеются месторождения Zn-Pb-Cu руд,

содержащих также Ag.

Перу. В полиметаллической провинции Центрального Перу колчеданно-полиметаллическое месторождение **Серро-де-Паско**, рис. 9.12, – крупнейшее по запасам Cu, Ag, Zn, Pb.

Рис. 9.12. Ежегодно огромный карьер, действующий на миоценовом Cu-Ag-Zn-Pb месторождении Серро де Паско, Перу, «съедает» участки одноименного города. <http://www.earthbl.org.com/log/archives/2010/04/18/cerro-de-pasco-mine.jpg>



Кроме того, его руды содержат Bi, Cd, Se, Te, Tl, In, Ge. Залежи находятся в пределах третичного вулканического аппарата, покровные фации которого андезиты, а интрузивные – монциты и кварцевые диориты. Руды локализованы в триасовых известняках и их контактах с филлитами и сланцами. На месторождении выделяется гигантское серповидное **Пиритовое** тело. В нем в западной части имеются жилы с энаргитом Cu_3AsS_4 и люцитом Cu_3AsS_4 , в восточной – крупные трубообразные скопления сульфосоединений серебра, три главные залежи Pb-Zn руд с Ag (в среднем, 110 г/т, а в обогащенных частях – до 2,8 кг/т). Среди сланцев силура (?) и в Пиритовом теле присутствуют Cu-Ag залежи, а также медно-колчеданные 0,3 км и только в Пиритовом теле присутствуют несколько типов пирита: «твердый», «мягкий» (рыхлый) и «пиритовую брекчию», продукт замещения сульфидами железа триасовых известняков. Здесь *серебро-свинцово-цинковый пояс* характеризуется максимальным распространением меловых карбонатных пород. К северной границе карбонатные породы мела сменяются битуминозными глинистыми сланцами больших глубин, южнее переходят в мергельно-глинистые пестроцветы лагунные и континентальные. Формирование месторождения **Серро де Паско** связывают с активностью вулканического канала («взрывной диатремы»), возникшем вдоль Продольного сброса. По этому каналу поднимались магматические расплавы и минералообразующие растворы. Рудное тело вмещает 100 млн т пирита, 4 млн т Zn, 2 млн т Pb, >1 млн т Cu, 10 тыс. т Ag. Прочими месторождениями провинции Центрального Перу, однотипными с уникальным **Серро-де-Паско**, но меньшими по запасам, являются **Сан-Кристобаль**, **Касапалка**, **Маракоча**, второстепенными – **Волкан**, **Уарон**, **Колкихирха** и др.

Золото-серебряные месторождения

На юго-западе Аляски, район Юкон-Коюкук 460 км (270 миль) к северо-западу от г. Анкоридж, обнаружено верхнемеловое-палеоценовое магматогенно-гидротермальное золоторудное месторождение золото-мышьяковисто-сульфидной формации **Донлин Крик**. Месторождение относится к сверхкрупным с запасами металла 900 т Au (29,3 млн унций) и дополнительными ресурсами 2540 т при содержаниях 2 г/т. Кварц-карбонатные прожилки с сульфидами распространены на площади 8 x 3 км, в пределах которой развиты дайки риодацитового и дацитового составов. Породы серицитизированы, карбонатизированы, сульфидизированы. В рудоносных прожилках из сульфидов преобладают арсенопирит с тонкодисперсным Au и пирит (0,1-1,0 г/т Au). Встречен и более поздний антимонит. Рудообразование происходило на глубине 1-2 км при температуре 275-300°.

Юг Дальнего Востока России. Здесь главным объектом, эксплуатируемым Нижнеамурским ГОКом, является палеогеновое **Многовершинное**. Известны также **Белая Гора**, **Дурминское**, **Крутое**, **Салют** [Недра России, 2001]. Среднее по запасам **Многовершинное** локализовано в одном из грабенов Сихотэ-Алиньского окраинно-континентального вулканического пояса, выполненном палеогеновыми андезито-дацитами. Продуктивными являются руды золото-халькопирит-блэклюдного и золото-сфалерит-теллуридного минеральных составов. Идиоморфные и дендритовидные выделения первого типа имеют пробу 870-910‰, второго – 750 ‰, размерность золотин 1-400 мкм.

В Приморском крае известно эоценовое золото-серебряное месторождение **Союзное**. Его тела локализованы среди эоценовых вулканитов, перекрывших породы мезозоя. В рудах присутствуют шеелит и молибдошеелит, не свойственные этому типу минерализации, но свидетельствующие о возможном нахождении на глубине Mo- или W-носных скарнов. Шеелит в рудах представлен ксеногенными зернами, обросшими кристаллами адуляра и подвергшимися интенсивной коррозии.

Месторождение **Пионер** (Зейский район) находится в северо-западном борту Ушумунского прогиба, выполненного терригенными отложениями юры. На его площади распространены осадочные толщи мальма, прорванные интрузиями и субвулканами мелового возраста. Все типы пород подверглись метасоматическим изменениям. На месторождении широко распространены площадная и линейная коры выветривания, продукты окисления обнаружены на глубинах до 180-220 м. Золотины часто почти не содержат примесей, а в корях выветривания наиболее глубоко проработанной Андреевской зоны встречено практически чистое бессеребряное золото.

Камчатка. В **Северо-Камчатском** металлогеническом районе (Западно-Камчатский вулканогенный пояс) большие материалы накоплены за годы изучения жильных золото-серебряных месторождений типа **Аметистового** (41,1±1,1 млн лет, эоцен). Более ранним, позднемеловым, в Пенжинском районе Камчатской области является эпитермальное Au-Ag месторождения **Сергеевское**. Оловорудные с Au и Ag жильные тела месторождений **Айнаветкин**, **Хрустальное**, **Резниковское**, **Иволга**, **Спрут** обнаружены в преддуговом террейне Западно-Камчатского вулканогенного пояса.

Жильные золото-серебряные и медно-полиметаллические месторождения распространены в **Центрально-Камчатском** металлогеническом районе на юге одноименного вулканогенного пояса. В его пределах и на о. Карагинский обнаружены также медно-молибденовые порфировые залежи **Карагинской** группы, **Кирганикское**, **Малахитовое**, **Туткливаям**. Важным и сравнительно недавно изученным месторождением является **Родниковое** в Елизовском районе Камчатской области. Оно

эпитермальное золоторудное, кварц-карбонат-адулярное жильное, с возрастом 1,1-0,9 млн лет. Содержания Au в его рудах меняются от 0,1 г/т до 130-140 г/т, иногда достигая 300-1200 г/т. И.Д. Петренко, многие годы посвятивший разведке Au-Ag месторождений Камчатского края, в пределах **Оганчинско-Козыревского** рудного района различал месторождения **Агинское, Южно-Агинское, Бараньевское, Золотое** и более 20 золотопроявлений. Почти все они входят в состав рудных узлов: **Агинский, Левинсона-Лессинга, Сухариковский, Анавгайский, Дишиканский.**

Агинское месторождение считают наиболее значительным по ресурсам. Оно приурочено к одноименному палеовулкану, излияния которого более чем на 90% представлены базальтами и андезибазальтами. Промышленное оруденение расположено в пределах эффузивно-пирокластических образований 90% запасов золота Агинского месторождения вмещают мощные сложные жилы и жильные зоны в крупных сколовых трещинах. Основные запасы сосредоточены в рудных столбах. В одной из кварцевых жил мощностью до 3 м в раздувах столба Сюрприз содержания Au до 1,2-1,6 кг/т.

Японский архипелаг. На о. Кюсю (месторождение **Ивасита**) золотоносность связана с силицифицированием андезитов миоцена-нижнего плиоцена. Сильно окварцеванные миоценовые андезиты месторождения **Ивато** несут золотую минерализацию на протяжении 1,2 км при бортовом содержании Au 4 г/т. В префектурах **Хоккайдо** и **Куסיкино** адуляр-кварцевые жилы (тип «гингуши» формации «куроко») обогащены самородными Au и Ag. Месторождение **Тоёха**, Хоккайдо, содержит полиметаллов в среднем 16%, Ag 270 г/т, а в цинковых и полосчато-цинковых рудах только Zn 13%. Запасы руд, здесь 4,5 млн т. Богатый золоторудный эпитермальный адуляр-серцитовый жильный объект **Хисикари** находится на о. Кюсю, в 30 км северной одноименного города. Его добыча+резервы составляют 264 т (8,5 млн унций) Au, 3,5 млн т руды с 60-70 г/т, и 2 млн т с 20-25 г/т. Система жил распространена по контакту между меловыми сланцами и песчаниками с прослоями туфосланцев, кремнистых пород и перекрывающими известково-щелочными андезитами, дацитами, их туфами кавартера. Вглубь на 20 м от несогласия в пределах зоны гематитизации концентрируется 60% запасов руды.

Нансацу на юге Кюсю – рудный район миоценовых высокосульфидных эпитермальных золоторудных месторождений, среди которых **Касуга, Ивато, Акеши**. Все вместе они уже произвели 27 т Au. Район сложен меловыми троговыми турбидитами (песчаниками), содержащими подводные базальты и кремнистые породы. Все они перекрыты известково-щелочными третичными-четвертичными вулканитами, ассоциирующими с кальдерой и потоком пирокластов. Au концентрируется в ядерной зоне силицифицированных пород. В каждой такой системе (мощность 1-10 м) встречена зональность: алуниты и каолиниты внутренней зоны сменяются смектитами и иллитами. Последние переходит на удалении в пропилиты и свежие породы. Основные рудные – электрум, энаргит, немного люцитона. Золото ассоциирует с гётитом в верхах рудных зон; книзу содержания падают.

Касуга – одно из трех миоценовых высокосульфидных эпитермальных золоторудных месторождений рудного района **Нансацу** на юге Кюсю. Содержания на западе рудника, где трещиноватость максимальная, составляют 5 г/т Au. В месяц добывают 10 тыс. т кварцевой руды с 4 г/т Au, отходы кремнезема идут на медеплавильный завод, где используются в качестве флюса. В конце Второй Мировой войны запасы составляли 1,6 млн т, ныне – 0,8 млн т. Рядом есть значительные объемы бедных руд с 1 г/т золота. В 1928-1994 г. извлечено 8,8 т Au и 5 т Ag.

Филиппины. Золотодобыча в стране кормит тысячи людей. В работу на 73 островах (провинциях) вовлечены почти все жители многих деревень. Основное частное производство – на островах Багуйо, Паракале, Масбате, Суригао, Масара. На севере о. Лусон в его Центральной Кордильере находится прекрасно выраженный пояс золотоносных меднопорфировых и прочих золоторудных месторождений протяженностью около 150 км. В пределах пояса, 250 км северной столицы страны г. Манила, известен рудный район Манкаян, включающий четыре крупных рудных объекта, в т.ч.: 1 – **Лепанто** Au-Cu с высокосульфидной эпитермальной энаргит-люцитоновой минерализацией; 2-3 – **Виктория и Тереза** жильные Au-Ag умеренно-сульфидные; 4 – **Фа Саут-Ист** - Au-Cu-порфировое, ассоциирующее с последними. Содержания Cu в Лепанто оценивают в 3%, As – 1%. Месторождение характеризуется как близповерхностное энаргит-золотое в неогеновых дацитах. Оно относится к месторождениям эпитермальным с чертами порфировых. Совокупные ресурсы драгоценного металла Лепанто и соседнего Фа Саут-Ист – 550 т Au и 3,6 млн т Cu. Эти эпитермальные месторождения, с чертами и порфировых рудных формаций имеют единый вулканический очаг.

Новая Гвинея. Грасберг в пров. Ириан-Джая, Индонезия (о. Новая Гвинея) – одно из крупнейших золото-меднопорфировых месторождений и самое высокогорное в Море (4100 м), рис. 9.13. Повозрасту оно кайнозойское, связанное с крупным штоком преимущественно монцодиоритового состава. Залежи локализованы среди мезокайнозойских песчано-сланцевых толщ с горизонтами известняков и известковистых сланцев. В кровле интрузии и в перекрывающих

отложениях залегает столбообразное почти вертикальное рудное тело «Главный рудный шток». Оно сложено штокверковыми телами кварц-пиритового состава.



Рис. 9.13. Вид рудника кайнозойского золото-меднопорфирового месторождения Грасберг в пров. Ириан-Джая, Индонезия (о. Новая Гвинея).
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/05/Grasberg_mine.jpg/200px-Grasberg_mine.jpg

Прочие рудные – халькопирит, борнит, иногда сульфиды свинца и цинка. Сателлитные тела находятся южнее и юго-восточней, ассоциируют с мелкими интрузиями (экзо- и эндоконтакты). В карбонатных породах наблюдаются магнетитовые скарны с медью, в алюмосиликатных – кварц-сульфидные прожилки и вкрапленность сульфидов. В пределах скарновой системы Эрцберг-Ист

размах оруденения по вертикали – 700-800 м. В 2003 г. здесь при разведке содержания Au составляли 0,76 г/т, Cu – 0,73-2,6% (интервал глубин 24-737 м). Запасы Au на месторождении 2,5 тыс. т, Cu – 30 млн т. В целом по месторождению содержания Au – 0,88 г/т. Планируется добыча Au 85-90 т в год, меди – 930-950 тыс. т.

Большой Зондский архипелаг. Эти острова, принадлежащие Индонезии, Малайзии и иным небольшим государствам (Саравак, Восточный Тимор, Бруней), известны многими важными гипогенными месторождениями кайнозоя. В Индонезии на Сулавеси разрабатывают золотоносные брекчии, локализованные среди плиоценовых андезитов и риодацитов. На востоке Калимантана, месторождение **Келиан** коммерчески значимые содержания золота известны в адуляр-серицит-кварц-пиритовых рудах, залегающих среди нижнемиоценовых андезитов. Подобное месторождение **Муро** есть и на Центральном Калимантане. С июля 2009 г. по июнь 2010 г. на объекте получено около 1,6 т золота и 4,5 т серебра из 615544 т руды с содержаниями 2,55 г/т Au и 12,4 г/т Ag.

В третичном эпитермальном малосульфидном Au-Ag месторождении **Понгкор** на западе Явы запасы Au определены в 100 т. Cu-Ag залежи месторождения **Бату Хияу** на о. Сумбаватожетретичные. В них подсчитаны запасы руды 914 млн т с содержаниями 0,53% Cu и 0,40 г/т Au. Самые значимые в экономическом отношении месторождения Западной Явы – эпитермальные малосульфидные золото-серебряные. Среди них выделяются **Сибалюнг**, **Понгкор**, **Сиротан**. На западе огромного острова Ява (126,5 тыс. км²) известны также месторождения и других типов: скарновое **Гумунг Маланг**, порфировое **Сиенмас**. Все они миоценовые или более древние и относительно невелики по запасам. Молодые золоторудные объекты издавна известны и на крупнейшем острове – Калимантане. Высокоперспективна площадь **Таран** в 20 км северо-восточней г. Куалакурун в Центральном Калимантане. Она известна значительными содержаниями золота в кварцевых жилах (более 18,62 г/т, в среднем, 2,90 г/т), а также серебра (до 9,24 г/т, при среднем содержании 1,82 г/т), которые являются источником металла в россыпях, объектов широко развитого незаконного промысла.

Папуа-Новая Гвинея. Крупное месторождение **Поргера** (300 т золота, 800 т серебра) формировалось с конца миоцена и весь плиоцен (7,45-1,4 млн лет). Оно представлено эксплозивными рудоносными брекчиями, локализованными среди интрузивов, на контактах субвулканических пород (андезиты, диориты, полевошпатовые порфиры), в углеродистых и известковистых черных сланцах. Содержания золота составляют в среднем 30-40 г/т. В залежи Варувари (протяженность 0,6 км, ширина до 0,4 км, вертикальный размах оруденения 0,4 км) самородное золото сопровождают пирит, сфалерит, галенит, арсенопирит, блеклые руды, теллуриды и сульфосоли серебра.

Третичное Au-Cu месторождение **Пангуна** на о. **Бугенвиль** Соломоновых островов у берегов Новой Гвинеи иногда называют одним из крупнейших в Мирове. Здесь подсчитаны запасы руды 480 млн т, содержащей, в том числе, 13,9 т золота и 48,4 т серебра. На площади рудного поля среди ороговикованных андезитов распространены интрузии плиоценовых гранодиоритов и диоритов. Руды халькопирит-борнитовые жильные и вкрапленные. Рудник разрабатывался в 1966-1989 гг. Производство, организация которого обошлась в \$350 млн, давало в самом расцвете реализации проекта (1971 г.) работу 10,7 тыс. человек. Однако, в мае 1989 г. действия местных партизан, борющихся за независимость острова Бугенвиль от Папуа-Новой Гвинеи, заставили промышленную деятельность свернуть.

Океания. Из прочих Тихоокеанских островных территорий кайнозойскими месторождениями золота известна северная оконечность о. Северный (Новая Зеландия) – полуостров Коромандел с рудным узлом **Хаураки** и остров **Грейт Барьер** на продолжении полуострова к северу. Здесь мощная кайнозойская эффузивная серия перекрывает породы фундамента (от пермских до юрских). Вмещают рудные залежи самые ранние эффузивы (андезиты, реже дациты), возраст которых позднеэоценовый или миоценовый, а мощность достигает 0,75 км. Всего из руд группы жил **Хаураки** добыто 15 т золота, на всех месторождениях Коромандел – 40 т. В жилах **Хаураки** на пересечениях или изгибах жил содержания золота доходило до 75 кг/т («унция на фунт!»). Рудных минералов до 20-30%. Преобладает пирит, отмечены арсенопирит, пирротин, киноварь, галенит, самородное Au, самородная Pt, блеклые руды и т.д. Встречаются, хотя обычно немного, теллуриды и селениды: в концентрате богатой руды 1,8% Те. Отношение Au:Ag = 1:30. Глубина отработки месторождений до 600 метров, зона окисления до 450 метров. В низах зоны содержалось Au 30-60 г/т, иногда 750 г/т, Ag – 900-2000 г/т, до 30 кг/т.

Наиболее важным является постпозднеплиоценовое золоторудное поле **Ватукаула** на о. Вити Леву, из руд которого ежегодно получают 2,5-3,5 т Au в год, рис. 9.14.



Рис. 9.14. Плиоценовое золоторудное месторождение Ватукаула, архипелаг Фиджи.

Рудник и обогатительная фабрика компании *Vatukoula Gold Mines*. www.vgmplc.com

последним данным, месторождение имеет запасы доказанной и вероятной категорий 1,9 млн т руды с содержанием 10,9 г/т Au и ресурсами 20 т (0,68 млн унций). Это месторождение мирового класса было открыто в 1872 г., его разработки начались в 1932 г. За это время отсюда получено 210 т металла (6,9 млн унций) с содержанием 6,9 г/т.

Чили. Большое число богатых золотоносных порфировых месторождений находится в Высоких Андах между широтами 27° и 28°. Среди них: **Рефухио, Серро Касале, Марте, Лобо, Санта Сесилия** и др. Совокупные ресурсы их оценивают в 40 млн унций золота (1,3 тыс. т). Из них только первое эксплуатировалось, но был закрыт в 2001 г. Месторождения рассматриваемого типа многотоннажные, но бедные по содержанию основных компонентов. Исключением является **Серро Касале** с содержаниями 17,7 г/т золота и 1,5% меди. Месторождения тяготеют к зонам взбросов. Штоки порфиров, тела интрузивных брекчий, золотоносные пластообразные жилы, локальные сбросы, дайки, силицифицированные плиты преимущественно вытянуты на СЗ. Обогащенные Au порфировые тела представляют собой многофазные кварцевые штокверки, представленные комплексами субпараллельных пластообразных жил хаотичного, но, чаще, северо-западного простирания. Из сульфидов в них доминирует пирит, меньше халькопирита, а борнит и молибденит редки. Меди от 0,03% до 0,26%.



Перу и Эквадор. Пояс кайнозойских медно-порфировых месторождений Андийского пояса продолжается на север, в пределы этих стран, где они оказываются среди образований: 1 – среднего-верхнего миоцена – **Чауча, Каньяриако, Ля Гранха, Мичикильяй, Пашпап, Торо Мочо**; 2 – палеоцена-нижнего эоцена – **Серра Верде** (рис. 9.15), **Санта Роса, Куахоне, Кельявеко**.

Рис. 9.15. Палеоценовый меднопорфировый гигант

Серро Верде – третий по производительности медный рудник в Перу. [http://s. 14. photobucket](http://s.14.photobucket)

Аргентина. В Восточных Андах активно эксплуатируется эоцен-олиго-ценовое Au-Cu порфировое месторождение **Бахо де Аламбера**. Оно формировалось в толще андезитов и дацитов мощностью 2,5 км на удалении от жерла стратовулкана. Залежи локализованы среди небольших штоков фельзит-порфиров семи генераций. Основные ресурсы металлов ассоциируют с ранней эоценовой генерацией, представлены кварцевыми жилами среди измененных пород (вторичная калишпатизация, присутствие иногда магнетита, ангидрита, биотита). Ресурсы, в т.ч. уже извлеченные, составляли 605 млн т руды со средними содержаниями 0,54% Cu и 0,64 г/т Au.

Вольфрам-молибденовые месторождения

Знаменитое вольфрам-молибден-полиметаллическое месторождение **Тырныауз** (Кабардино-Балкария, бассейн р. Баксан) расположено в восточной суженной части Пшикиш-Тырныаузской шовой зоны, которая отделяет Глав-ный Кавказский хребет от южной периферии Скифской плиты (рис. 9.16). Оно связано с многофазным внедрением «верхнеальпийских» (В.И. Старостин, 1999) эльджуртинских гранитоидов в карбонатные, вулканогенные, терригенные породы девона и карбона.

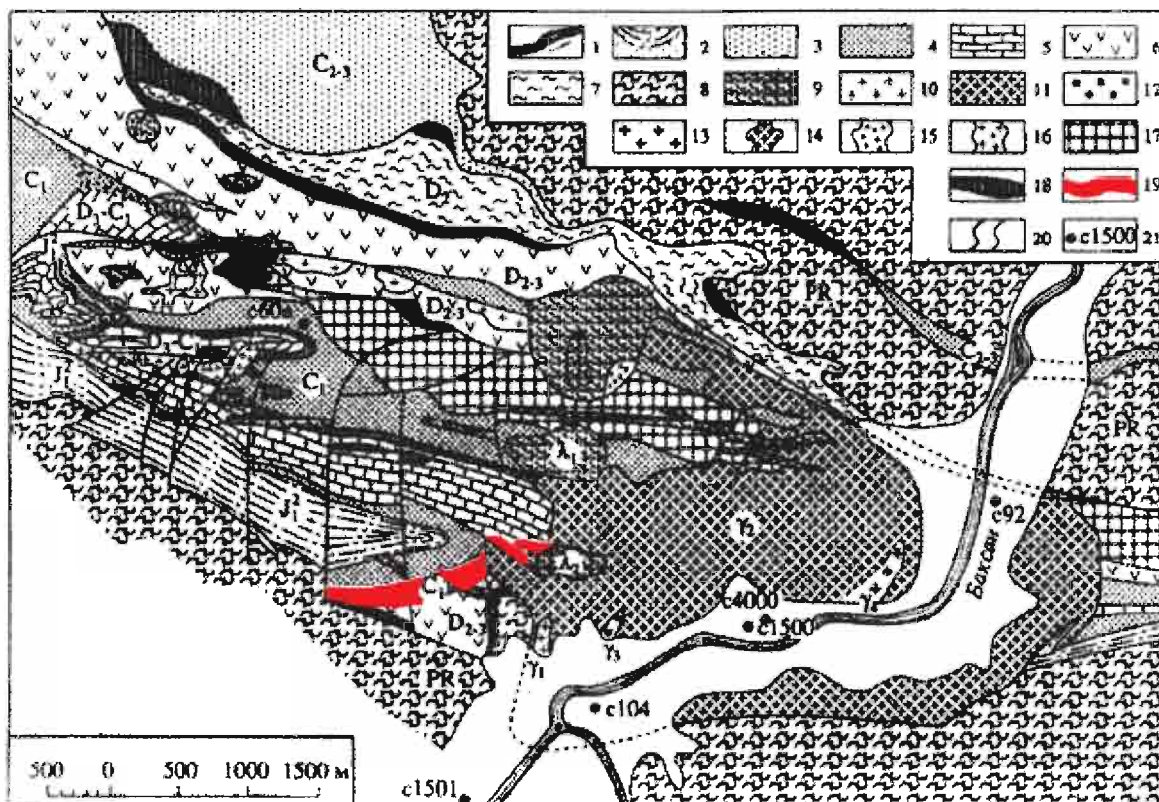


Рис. 9.16. Тырныаузское рудное поле в интерпретации О.В. Кононова, с использованием материалов Тырныаузской ГРЭ, Б.В. Орлова, А.В. Пека, А.А. Курдюкова, из (Старостин и др., 1999, рис. 1, с. 103). 1 – кайнозойские аллювиальные отложения и русла рек; 2 – нижняя юра: алевролиты, песчаники, конгломераты; 3 – средний-верхний карбон: молассовые отложения; 4 – нижний карбон: терригенно-карбонатные отложения; 5 – верхний карбон: карбонатные отложения; 6 – средний-верхний девон: вулканогенные отложения; 7 – средний девон: филлиты; 8 – протерозой: кристаллические сланцы, гнейсы, мигматиты; 9 – липариты: апорфировые, порфировые, брекчированные; 10-13 – верхнеплиоценовые эльджуртинские граниты (около 2 млн лет), в т.ч. 10 – I фазы, 11 – II фазы, 12 – III фазы, 14 – IV фазы; 14-16 – лейкократовые гранитоиды, в т.ч. 14 – двуполевошпатовые граниты, 15 – интрузивная брекчия, 16 – гранит-порфиры; 17 – тоналиты и плагиограниты; 18 – гипербазиты; 19 – скарны; 20 – геологические границы; 21 – скважины и их номера.

Ныне возраст по данным К-Аг датирования принимается поздне- плиоценовым (2 млн лет), прорывающих эффузивов – 1,8 млн лет. Рудные скарны на контакте роговиков и мраморов образуют раз дув в сводовой части вмещающей складчатой структуры. Мо-W оруденение выявлено в скарнах, молибденовое – в биотитизированных роговиках, вольфрамовое – в скарнированных мраморах. В местных шеелит-флюоритовых высокотемпературных и полисульфидных рудах описаны более 60 минералов. Основными А.В. Пэк называет шеелит (молибдошеелит), молибденит, магнетит, пирит, пирротин, марказит, арсенопирит, халькопирит, тетраэдрит, теннантит, станнин, полибазит,

самородные Ag и Au. Сохраняющиеся запасы более 120 млн т. Средние содержания W – 0,137%, Mo – 0,03%.

Грейзены с олово-вольфрамовым и бериллиевым оруденением

На западе полуострова Сьюард, центральная часть хребта Порк, Аляска, известно единственное разрабатываемое в США Sn-W месторождение. Здесь действует рудник **Лост-Ривер**. Промышленный интерес представляют кварц-топазовые грейзены с касситеритом и вольфрамитом в экзо- и эндоконтактах верхнемеловых-нижнетретичных ларамийских биотитовых гранитов. Предполагается что граниты с повышенными против кларка содержаниями бериллия (0,00166%) и олова (0,002%) залегают под всем полуостровом Сьюард. Метасоматиты с бериллием и флюоритом в этом рудном районе представлены штокверками, жилами, трубами, рассекающими карбонатные отложения ордовика. Присутствуют пять минералов Be – собственно берилл, а также хризоберилл, эвклаз, берtrandит, гельвин. Возраст гранитов K-Ag методом определен как позднемеловой, но оруденение явно моложе, так как моложе сбросы, его контролирующие. Поэтому допускают третичный возраст руд. Ресурсы объекта для открытой добычи в 23527 тыс. т руды с 16,43% флюорита, 0,26% олова, 0,04% WO_3 .

Оловянные, серебряные, селеновые месторождения

В кайнозое возникли знаменитые залежи **Оловянного пояса** средней и южной Боливии, медные руды боливийского пояса Корокоро, уникальные месторождения меди, серебра Центрального Перу. Оловянный пояс Боливии и северо-запада Аргентины образуют миоценовые оловянные и олово-серебряные месторождения. Гидротермальные месторождения пояса протягиваются на тысячу километров при ширине около 100 км. В Центральной и Южной Боливии существует большая группа крупных месторождений, относимых к криптобатолитовым и близповерхностным субвулканогенным. Все они сформировались в миоцене и пространственно связаны со штоками, главным образом, дацитов и риолитов. В глубину жилы, минерализованные зоны и штокверки прослеживаются до 1 км. Рудоносные флюиды из области больших давлений были внезапно выброшены по трещинам к поверхности. Особенность руд – высокотемпературные минеральные ассоциации и малые глубины формирования. Крупнейшие Sn и Sn-Ag месторождения – **Льяльагуа** (Sn, с вольфрамитом), **Морококала**, **Уануни**, **Потоси** (в прошлом, самое богатое в мире месторождение серебра, теперь же преимущественно оловянное), **Оруро** (Sn-cAg). Месторождение **Льялагуа**, департамент Оруро, локализовано в штоке кварцевых порфиров. Самым ранним минералом был кварц, касситерит, вольфрамит и висмутин отлагались позже. Первичные руды месторождения **Потоси** содержат 300 г/т Ag и 4% Sn. В них в заметном количестве встречаются минералы Ge канфельдит $4Ag_2S \times (Sn, Ge)S_2$ и аргиродит $4Ag_2OSnGeS_2$, образующие кристаллы и гнезда до 6 см. На юге Боливии и в соседних районах Аргентины известны и **плиоценовые** месторождения деревянистого Sn (гроздевидный и натечный касситерит малых глубин), еще более молодые, чем основные рудные залежи Пояса. В самих лавах риолитов и дацитов плиоцена, с которыми связаны залежи плато Серро-Кондор-Иканья и района Мача, нередок касситерит. В Боливии к этому позднему типу отнесены месторождения **Фундисьон**, **Сант-Ягильо**, **Уаиоко** (красный касситерит в трещинках), в северо-западной Аргентине – скопления деревянистого Sn в массивах дацитов **Серро-Пулулос** и **Серро-Гранадас**.

Ртутные месторождения

Европа. Месторождения ртути в кайнозойский этап сформировались на Иберийском (**Альмаден**, **Альмерия**) и Апеннинском (**Монте-Амиата**) полуостровах, на Кавказе. Аккумуляции крупнейшего в Мире рудного района и месторождения **Альмаден** в провинции Сьюдад Реаль, Испания, у северного подножья гор Сьерра Морена, эллины разрабатывали за 300 лет до нашей эры. Они локализованы в верхах толщи силурийских кварцитов, глинистых сланцев, покровов диабазов



под белыми кварцитами и известняками девона и, может быть, связано с кайнозойскими кварцевыми и диабазовыми порфирами, прорвавшими нижнепалеозойские сланцы, песчаники и кварциты. Три параллельных рудных залежи (мелкозернистый кварц и киноварь (рис. 9.17), самородная ртуть, пирит, халькопирит, серицит, кальцит, доломит, барит, цеолиты и битумы) локализованы в пластах кварцитов.

Рис. 9.17. Массивная киноварь Альмадена. <http://www.turnstone.ca/0949hs.jpg>

Оруденение прослежено на 20 км. Протяженность отдельных тел 300-500 м, мощность – 3-12 м. Содержания ртути в руде ныне до 5-6%, в среднем –1,5%. Горными выработками оруденение наблюдалось вглубь на 500 м. В год здесь добывают ртути около 40% от мировой добычи (1,5-2,0 тыс. т), За более чем 10 веков эксплуатации отсюда извлечено 250 тыс. т металла. Совокупные запасы, с учетом уже добытого, определяют в 0,5-1,0 млн т ртути [Авдонин и др., 2005].

Другой важнейший рудный район – **Монте Амиата** в пров. Тоскана, Италия, рис. 9.18. Он объединил около 40 месторождений (**Монте-Амиата, Аббадия, Сан-Сальваторе, Сьеле, Аргус** и др.). По количеству извлеченной ртути занимает третье место в мире, после **Альмадена** и **Идрии**. Залежи **Монте Амиата** начали разрабатывать в античные времена, но особенно интенсивно с XIX века, добыв около 150 тыс. т ртути. Сохранившиеся запасы оценивают в 70 тыс. т. Залежи с киноварными плотными и порошковатыми массами тяготеют к контакту верхнемеловых известняков и сланцев с перекрывающим потоком четвертичных гиперстен-лабрадоровых трахитов. Рудоносная тектоническая брекчия прослежена на 30 км. Ширина ее полосы – около 10 км. Наиболее богатые руды (до 20% металла) давно выработаны. Оставшиеся залежи содержат не более 0,2-0,3% ртути.



Рис. 9.18. Вулкан Монте Амиата на юге пров. Тоскана (1732 м над уровнем моря, около 600 м над окружающим плато), Италия. К кальдере тяготеют аккумуляции киновари.
http://www.monte-amiata.com/images/monte_amiata_panorama_2.jpg

Северная Америка. В группе месторождений **Нью-Идриа** на юге гор Дьявола, система Берегового хребта, штат Калифорния, известны пять основных рудных зон: **Западная Идриа, Старый Рудник, Салфер-Спрингс-Крик, Молино, Сан-Карлос**. Крупное месторождение ртути в куполе **Нью-Идриа** ассоциирует с серпентинитами на контактах с юрскими песчаниками. Несколько рудных тел обнаружено и в песчаниках верхнего мела. Ртутные руды Калифорнии повсюду ассоциируют с кварцево-карбонатными околорудными изменениями, а самое богатое оруденение в наиболее измененных вмещающих породах. Такие руды образуют штокверки. Здесь раньше добывали руды с содержаниями 10% Hg, но в 1960-е г.г. пришлось перейти к частям залежей, содержащих до 0,54% Hg.

На западном побережье США известны пять областей современного накопления HgS и Sb₂S₃ либо только HgS. В районе **Сальфур-Банк**, штат Калифорния, рудное тело возникло совсем недавно. Оно находится на геохимической площади **Гейзерс-Клиа Лэйк**, которую называют «геохимическим гигантом» из-за ресурсов ртути 7 млн. т. Там киноварь, сера, пирит, марказит, цеолиты и смектит распространены в четвертичных силицифицированных и аргиллитизированных андезитах, глыбах оползней и склоновых отложениях. Ниже несогласно залегают мезозойские осадочные породы и офиолиты. Рудная зона почти согласна с дневной поверхностью. Минерализация проникает на глубину до 75 м. Рудоотложение периодически продолжается последние 44 тыс. лет [Laznicka, 2006]. Активные горячие источники продолжают откладывать метациннабарит и антимонит Sb₂S₃. Подобные источники **Амеди** имеются на восточном берегу оз. Хони, северо-восток Калифорнии, **Бойлинг** в штате Айдахо, **Косо**, округ Иньо, Калифорния, в районе **Стимбот** в Неваде.

Перу. Одно из крупнейших в Мире ртутных месторождений **Уанкавелика** находится в Центральном Перу (450 км к ЮВ от Лимы). Этот миоценовый гидротермальный объект разрабатывается более 450 лет и именовался инками Рудником Смерти. Главное рудное тело приурочено к меридиональному разлому Санта Барбара, который наблюдается в висячей стенке подземного руд. Залежи локализованы в нижнемеловых кварцевых аренидах и вышележащих пресноводных известняках. Разлом смещает эти породы, а также перекрывающие базальты с изохронным возрастом около 35 млн лет (⁴⁰Ar/³⁹Ar). Выше их несогласно залегают конгломераты, озерные известняки, туфы и лавы. По разлому на уровне 16,6 млн лет внедрился шток дацитов, затем (3,3±0,3 млн лет назад) – пострудная дацитовая дайка. Руды брекчиевые и замещения в

диагональных разрывах. Основной рудный – киноварь, встречены также ртуть самородная, реальгар, аурипигмент, арсенопирит, пирит, марказит, кварц, барит, углеводороды. Содержания As – 100-400 г/т, Au – менее 1 мг/т

Месторождения бериллия

Северная Америка. В 1959-1960 г.г. в 50 милях западной г. Делта, штат Юта было открыто уникальное по масштабам и генезису месторождение Ве **Спор Маунтин**, рис. 9.19. В 1969 г. оно уже начало разрабатываться, обеспечивая в 1997-2000 г.г. более 70% мирового производства бериллия.

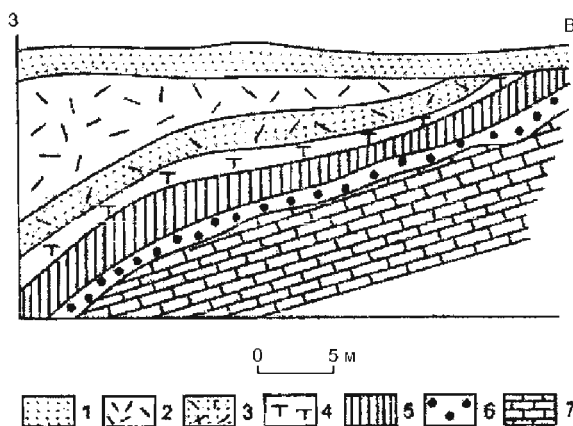


Рис. 9.19. Геологический разрез через один из участков месторождения бериллия Спор Маунтин, штат Юта. По Edward S. Grew. 1 – современный аллювий; 2 – риолиты с датами 39-6 млн лет, часто с топазом; 3 – риолиты гидротермально измененные; 4 – туфы риолитов и дацит-риолитов; 5 – рудное тело с берtrandитом $\text{Be}_4[(\text{OH})_2\text{SiO}_4\text{SiO}_3]$; 6 – туфы с обломками известняков; 7 известняки и доломиты PZ.

Запасы берtrandитовых руд составляют 7 млн т, ВеО – 50,8 тыс. т, средние содержания Ве – 0,72%. Оруденение (Ве, а также Li, F, U, Zp) локализовано в плиоценовых (?) риолитовых туфах. Согласно плитообразные тела с берtrandитом $\text{Be}_4[(\text{OH})_2\text{SiO}_4\text{SiO}_3]$ и промышленной концентрацией ВеО протягиваются иногда на 2,5 мили по простиранию и, по меньшей мере, на 300 м по падению. Их мощность может превышать 15 м. Известен эрозионный останец рудного тела протяженностью 270 м, мощностью 1,8 м, прослеженный по падению на 120 м. В нем и других телах во многих миллионах тонн руды содержится не менее 0,5% ВеО, немало Li, F, U, Zp. Иногда неправильной формы рудные тела обнаруживают среди ниже-среднедевонских (?) доломитов Севи и среднесилурийских доломитов.

Общую площадь оруденения оценивают в 3 x 5 км. Рудоносные туфы серые, розоватые, красноватые, с пятнами гидроксидов марганца. Известны жеоды 2,5-30 см в диаметре, состоящие из берtrandита, флюорита, кальцита, халцедона. Сам берtrandит весьма тонкозернистый и плохо различим визуально. Иногда он сопровождается бехоитом Ве (OH_2). Небольшая вскрыша и отсутствие водопритока позволяют эффективно отрабатывать наиболее богатые участки небольшими карьерами. Рудоносные туфы серые, розоватые, красноватые, с пятнами гидроксидов марганца. Известны жеоды 2,5-30 см в диаметре, состоящие из берtrandита, флюорита, кальцита, халцедона. Сам берtrandит весьма тонкозернистый и плохо различим визуально. Иногда он сопровождается бехоитом Ве (OH_2).

Месторождения изумрудов

Месторождения **Изумрудных копей** Колумбии расположены в окрестностях пос. **Мусо (Коскуэс, Чивор, деп. Бояка)**. Изумруды (рис. 9.20) находятся в ассоциации с кварцем, альбитом, доломитом, пиритом и редкоземельными карбонатами в кальцитовых жилах, секущих битуминозные известняки мелового возраста. Образование этих месторождений связывают с действием горячих (~400°C) рассолов, возникших при метаморфизме соленосных толщ. Ве, Si, Cr и другие элементы были экстрагированы из углеродистых сланцев, содержащихся в осадочных толщах, поэтому месторождения следует относить к телетермальному типу [Литасов и др., 2010]. Новейшими исследованиями предполагается образование этой минерализации из двойной циркуляции горячих соленых растворов, дренировавших мощные черносланцевые отложения древнего бассейна Кордильер. В последние годы в Западно-Тихоокеанском поясе открыты скопления сапфиров, рубинов, цирконов ювелирного качества, связанных с меловыми-кайнозойскими базальтами. Пояс месторождений прослежен на 12 тысяч километров между Тасманией и российским Приморьем. Доказан плиоценовый возраст включений циркона в сапфирах лаосского месторождения **Банхуайсай**.

В Таиланде сапфиры из местных базальтов, обнаружены в районах **Боплой, Денчай, Чантабури-Трат**. Известны они в районах распространения базальтов Вьетнама – **Дакнонг**. В рубинах Таиланда встречены включения сапфирина, граната, клинопироксена - свидетельства их метаморфогенного генезиса. Сапфиры лаосского **Банхуайсай** содержат сингенетические магматогенные циркон, чералит (разновидность монацита), альбит, эвксенит. Отмечены повышенные содержания Sn, Ta, Nb в сапфирах, позволившие полагать, что они кристаллизовались в условиях воздействия карбонатитового расплава на сиенитовые гнейсы. Корунды же Таиланда полигенны.



Рис. 9.20. Изумруды Колумбии. Верхний ряд. Слева: кристалл в породе, месторождение Мусо (Muzo). Посредине: обработанный изумруд из Мусо. Справа: испанской работы изумруд и золотой кулон, музей Виктории и Альберта. Нижний ряд. Слева: кристалл изумруда (около 1 см) в кальцитовом матриксе. Посредине: кристалл изумруда 5 карат отличного качества. Справа: изумруд Гачала. Один из крупнейших в Море (858 карат, или 172 г). Найден в 1972 г. на руднике Ля Вега де Сан Хуан в Гачала. Хранится в Национальном музее естественной истории Смитсоновского института Вашингтона, округ Колумбия, США. (1, 3-6 – <http://en.wikipedia.org/wiki/Emerald>; www.azemerald.com; 2 – www.azemerald.com).

Восточная Австралия это регион многочисленных месторождения драгоценных камней (рис. 9.21) – сапфиров, рубинов, ювелирных разновидностей циркона. Они имеют вулканогенное и метаморфогенное происхождение и обычно сопровождаются россыпями. Пояс таких объектов тянется вдоль западной периферии Тихого океана через страны Юго-Восточной Азии (Лаос, Камбоджа, Вьетнам), Китай, до Шкотского плато Приморского края России включительно.

Урановые месторождения

Вулканогенные урановые месторождения кайнозоя известны в юго-восточном Китае, где сосредоточено 80% ресурсов урановых руд этого типа. В его пределах рудные залежи пространственно связаны с «коллапсными» разрывами, вулканическими кратерами, трубками взрыва с взрывными брекчиями, субвулканическими телами. Месторождения вмещают меловые риолиты и дациты с возрастом 120-90 млн лет, но иногда залежи урана обнаруживают также в осадочных породах, метаморфитах фундамента и гранитах. Одно из месторождений залегает в кратере среди вулканитов на периферии позднемелового рифтогенного вулканогенного бассейна (депрессии), выполненного красноцветами. Бассейн подстилается индосинийскими и яньшаньскими. Предполагается, что урановые месторождения этого типа существенно более молодые, чем вмещающие вулканиты и формировались в палеоцене-эоцене 70-40 млн лет назад. Ремобилизованными в кайнозой полагают аккумуляции первично осадочного месторождения **Донгшэнь** в пров. Внутренняя Монголия.



Рис. 9.21. Сапфиры Восточной Австралии. Верхний ряд, слева направо: 1 – цветовые зоны в кристалле из Реддистоун Крик; 2 – сапфир в 9,3 карата с полосами интенсивной синей окраски, Реддистоун Крик; 3 – желтый сапфир из района Инверелл. Средний ряд: 4 – сапфир с зелеными гранями (фасетками) из Уэллингров Крик; 5 – сапфир морфологического типа «собачьи зубы»; 6 – гигантский просвечивающий кристалл корунда массой 190 каратов. Нижний ряд: 7 – ограненный сапфир из Инверелл, Новый Южный Уэльс. Национальный музей Австралии; 8 – ограненный рубин из Баррингтон Топс, там же; 9 – ограненные драгоценные разности корунда площади Анаки, там же. Фото Stuart Humphreys. Национальный музей Австралии <https://aussiesapphire.files.wordpress.com/2006/11/photo1.thumbnail.jpg?w=450> <https://aussiesapphire.files.wordpress.com/2006/11/photo6.thumbnail.JPG?w=450>

9.2. Историко-минерагенические провинции гипогенного минерогенеза

Для кайнозойского этапа на континентах Земли выделены 16 историко-минерагенических провинций (ИМП), см. рис. 9.1: I – Аляскинская, II – Западная Перилавrentийская, III – Андийская, IV – Бразильская, V – Западноевропейско-Иранская, VI – Западная Периафриканская, VII – Восточно-Африканских рифтов, VIII – Амурско-Камчатско-Японская, IX – Восточнокитайско-Малайская, X – Западного Пасифика, XI – Восточно-Австралийская, XII – Антарктического полуострова, XIII – Восточной Гренландии, XIV – Красноморская, XV – Северо-западной Австралии, XVI – Сев. периферии Евразии.

I. Аляскинская ИМП. На юго-западе Аляски, пров. Юкон-Коюкук, обнаружено верхнемеловое-палеоценовое магматогенно-гидротермальное месторождение Au-As-сульфидной формации **Донлин Крик**. На западе полуострова **Сьюард**, центральная часть хребта Порк, известно единственное разрабатываемое в США Sn-W месторождение. Здесь действует рудник **Лост-Ривер**. Промышленный интерес представляют кварц-топазовые грейзены с касситеритом и вольфрамитом в экзо- и эндоконтактах ларамийских биотитовых гранитов. Имеется месторождение **Кварц Крик**, олигоценое супергигантское молибденпорфировое, в связи с пералюминиевыми гранитами и риолитовыми порфирами (30 млн лет). Его ресурсы 1,584 млрд т руды с 0,0762% Mo. Всего 1,207 млн т Mo].

II. Западная Перилавrentийская ИМП. В неё попадают кайнозойские месторождения СевероАмериканских Кордильер и активизированные площади Лавrentийского щита, в.т.ч. его северной приокеанической периферии. Промышленные палеогеновые кимберлиты сконцентрированы в алмазоносной субпровинции **Слейв**. ИМП славится многими кайнозойскими Cu-, Cu-Mo, Mo-порфировыми объектами. В ее пределах находятся три из четырех известных на Земле Mo-порфировых «супергигантов»: **Клаймакс** (Колорадо, 2,18 млн т Mo); **Гендерсон-Урад** (Колорадо, 1,243 млн т Mo); 3 – **Маунт Толман**, Вашингтон, 1,175 млн т Mo). Интересно, что и четвертый, выше упомянутый супергигант **Кварц Крик** Аляска, 1,207), тоже оказался на территории США!

Интервал среднего-позднего эоцена в Кордильерах Невады (43-36 млн лет) считают наиболее продуктивным для становления Au-Ag и Sb-Hg аккумуляций типа **Карлин**, связываемых с базальт-андезит-риолитовой ассоциацией. Совместные запасы тонкого золота в Au-As-Hg месторождениях **Карлин, Кортес, Гетчел, Биц** оценивают в несколько тысяч тонн. Известны 73 крупных и суперкрупных месторождений, в т.ч. 66 сформировавшихся в фанерозое. В 1959-1960 г.г. в 50 милях западней г. Делта, штат Юта было открыто уникальное по масштабам и генетическим особенностям месторождение бериллия **Спор Маунтин**. В 1969 г. оно начало разрабатываться, обеспечив в 1997-2000 г.г. более 70% мирового производства Be.

III. Андийская ИМП. Кайнозойские месторождения Анд представлены мирового класса аккумуляциями Cu-порфиоровыми, Sn, Ag, Au-Ag, изумрудов. Немало объектов с Fe, REE, Se. Помимо раннемеловых, в Чилийском железорудном поясе имеются и миоцен-плиоценовые месторождения Fe: **Эль Лако, Инкауаси, Магнетта Педеналлес**. Все – в Высоких Андах и приурочены к неогеновым вулканическим сооружениям. На севере Чили выделяют шесть меридиональных поясов с меднорудными объектами. Большое число богатых золотоносных порфировых объектов находится в Высоких Андах. Среди них: **Рефухио, Серро Касале, Марте, Лобо** и др. В Аргентинских Андах разрабатывают эоцен-олигоценное Au-Cu-порфировое месторождение **Бахо де ля Алумбрера**.

В кайнозое возникли залежи Оловянного пояса средней и южной Боливии, медные руды боливийского пояса **Корокоро**, уникальные месторождения Cu, Ag Центрального Перу. Олово-полиметаллические жилы **Колькечака**, особенно **Эмбудо-Гальяфа** (департамент Потоси) содержат минералы Ge. В Pb-Zn рудах **Беренгела** в миоценовых туффитах 8-11% Cd на одном из участков. В залежах рудника **Вирхен де Суруми** содержания Pt 1380 г/т, Pd 70 г/т, до 500 г/т). Одно из крупнейших ртутных месторождений – **Уанкавелика** в Центральном Перу. Оно разрабатывается более 450 лет.

В месторождениях **Изумрудных копей** Колумбии изумруды находятся в ассоциации с кварцем, альбитом, доломитом, пиритом и редкоземельными карбонатами в кальцитовых жилах, секущих битуминозные известняки мела. Образование их связывают с действием горячих (~400°C) рассолов, возникших при метаморфизме соленосных толщ. Be, Si, Cг и другие элементы экстрагированы из углеродистых сланцев, поэтому месторождения следует относить к телетермальному типу.

IV. Бразильская ИМП. Позднеальпийские эндогенные месторождения не характерны для Бразильской платформы, кроме таковых в массивах ультраосновных пород с карбонатитами, становление которых завершилось на рубеже мела и палеогена (**Тапира, Сайс Лагос**), в палеогене (**Баррейру де Араша** – 51 млн лет). Формирование ряда из них началось еще в поздней юре (**Баррейру де Араша** – 153 млн лет) или самом начале мела (**Жакупиранга** – 136 млн лет).

V. Средиземноморская ИМП. На острове **Эльба** в Тосканском архипелаге, 12 км от Апеннин, железные скарновые руды ассоциируют с метаморфитами. Жильные, стратиформные (преобладают), линзообразные магнетитовые тела разрабатывали этруски, греки, римляне. В 1980 г. остановлены последние рудники **Каламита** и **Джинепро** (славился образцами эпидота, турмалина, граната).

В Памбак-Зангезурском рудном поясе Армении расположены основные Cu-Mo месторождения Кавказа – **Каджаран, Агарак, Анкаван, Дастакерт**. **Каджаран** на севере Мегринского плутона – крупнейшее. Общие запасы Mo составляют 680 тыс. т, ресурсы – 700 тыс. т, 7,6% мировых. Знаменитое W-Mo-Pb-Zn месторождение **Тырныауз** (Кабардино-Балкария), связано с многофазным внедрением эльджуртинских гранитоидов в породы девона и карбона. По данным K-Ag датирования принимается позднеплиоценовым (2 млн лет), возраст прорывающих эффузивов – 1,8 млн лет.

Многие золоторудные месторождения известны в Македонии, Сербии, Боснии и Герцоговине. В Румынии металлогеническая Au-Ag провинция **Апусени** занимает горный хребет во внутренней части Карпатской дуги с меловыми и кайнозойскими Au-Cu-порфиоровыми и эпитермальными Au-Ag месторождениями. Месторождения связаны с эпизодами: 1 – мел-эоценовым «бонатитовым», сформировавшим Cu-порфиоровые месторождения региона Банат в Румынии и в Восточной Сербии; 2 – миоцен-плиоценовым с эпитермальными Au-Ag и Pb-Zn объектами, а также меднопорфиоровыми на глубине. Провинция объединила пять Au-Ag рудных районов, или полей, из которых все, кроме одного, имеют перспективы на открытие Cu-(Au) аккумуляций. Только один гигант **Рося Пойзни**, содержит 4 млн т Cu. Ныне разрабатывают два объекта: **Дева** и **Долина Муреш**. Историческая добыча в провинции – 1260 т Au. Из 40 объектов крупнейшие **Брад** и **Рошя Монтаня** (~501 т Au, 2400 т Ag). На Au-Ag-Te месторождении **Сякярамб** основные носители Au – минералы Te, – связаны с андезитовым штоком. В кальдере третичного вулкана локализованы месторождения рудного района **Бая-Маре**. Среди них миоценовые эпитермальные мало- и умеренносulfидные Pb-Zn-Cu(-Au) жильные, иногда, штокверковые **Илба, Нистру, Сасар, Эрья, Бая Сприе, Суйор, Кавниц**. Возраст испанских полиметаллических месторождений **Пикос де Эуропа, Реосин, Авеклиа** рудного района **Маэстрат** – 63 млн лет (U /Pb, кальцит) Свинцово-цинковые месторождения Греции располагаются в районах Аттика (**Лаврион**), Македония (**Халкидики-Пантеон**) и южная Фракия (**Кирки**). Миоценовое **Лаврион** – «минералогический рай»: обнаружены 265 минералов (по другим данным, 430 минералов)

VI. **Западная Периафриканская ИМП.** Палеогеновые кимберлиты, иногда алмазоносные, довольно распространены в ЮАР. Все палеоценовые и эоценовые диатремы ЮАР расположены в циркумкратонном складчатом поясе Намакварид. Их возрасты, определенные U-Pb методом по цирконам, таковы (млн. лет): трубка **Бокпутс** – 67,9; **Платбакбис** – 66,7; **Брейкфонтейн** – 54,1; **Лушоф** у г. Виктория-Уэст – 67,7; **Мелкфонтейн**, **Гриксваленд** (циркон из карбонатного туфа) – 63,4. Миоценовые карбонатиты **Кавалу** на о. Сант Висенти, республика Кабо Верде, выявлены на площади около 2,5 км². Некоторые тела комплекса Таррафал содержат бастнезит Ce [F, CO₃], отчего залежи обогащены редкими землями (1-3 % TR₂O₃), 1-3% апатита. Жилы вкрапленных Мп руд с кварцем и баритом локализованы в толщах метасоматитов среди палеогеновых вулканитов Марокко. В Алжире основные месторождения железа среди юрских, меловых, эоценовых пород находятся в Средиземноморской прибрежной зоне, где с запада на восток, известны их группы **Бени Саф**, **Заккар**, **Бу Хадир** и **Оенз**, последняя у границы с Тунисом. Среди эоценовых андезитов Кабильской зоны есть и сульфидные объекты. Рудную полосу продолжают к востоку месторождения Туниса – **Джебель Джерисс** (крупнейшее), **Джебель Слат**, **Джебель Хамаим**. В Тунисе полиметаллические залежи обычно локализованы в карбонатных породах кампана-маастрихта, однако часть из них обнаружена в триасовых брекчиях, юрских известняках и палеогеновых осадочных толщах, что позволяет считать возраст руд кайнозойским. Очень интересно крупное Pb-Zn **Бу Грин** в Северном Тунисе типа долины Миссисипи

VII. **ИМП Восточно-Африканских рифтов.** Тела кайнозойских карбонатитов в ИМП невелики и расположены в кальдерах. Известны месторождения Nb **Мрима** (рудообразование было и в юре), **Торор**, **Тороро**, **Напак**, **Калианго**, **Босоту**, **Лолекек**, **Соколо**, **Рангва**, **Керемаси**, **Чизанья** и др. В современных излияниях карбонатитовых щелочных вулканов есть REE минерализация. В Кении различают 8 кольцевых карбонатитовых комплексов, породы которых представляют интерес для производства фосфатных удобрений. В рифте Ньяса это **Rangwa**, **Homa Mountain**, **North Ruri**, **South Ruti**, **Tuige**, **Sokolo**, **Tinderet**, **Londiani**, на юго-востоке – **Jombo** и **Mrima Hills**. Вмещающие породы фенитизированные, аргиллитизированные. Сильно проявлены гипергенные изменения. Минеральный состав сложный. Определены анатаз, апатит, пирохлор, барит, брукит, флоренсит, галенит, горсейскит Ba[Al₃(OH)₆(PO₄)(PO₃OH)], гойяцит Sr[Al₃(OH)₆(PO₄)(PO₃OH)], гематит, ильменит, лимонит, марказит, ильменит, магнетит, моноцит, перовскит, псиломелан, пирит, пирротин, рутил, сфалерит, циркон. Основная масса сложена амфиболом, биотитом, кальцитом, хлоритом, доломитом, эпидотом, полевым шпатом, каолинитом, мелилитом, флогопитом, кварцем, скаполитом, шпинелью. Ресурсы 49 млн т руды с 0,7% Nb₂O₅, 0,61% редких земель. Остаточные руды (6 млн т) могут содержать 5% TR₂O₃ и больше, 0,4-0,2% MoO₃. Определены также ресурсы 10 млн т P₂O₅ (8%), 25 млн т барита (30%).

VIII. **Амурско-Камчатско-Японская ИМП.** Одной из примечательных особенностей является заметное присутствие гипербазитов. Массив **Кондёр** - источник Au и Pt россыпей. В Срединном хребте Камчатки с интрузиями базитов-ультрабазитов связаны сульфидные руды Ni и Cu. Наиболее значительны перспективы **Дукукского** и **Шанучского** рудных районов. Большой интерес из-за высокого качества Pb-Zn руд представляет **Дальнегорский (Тетюхе)** рудный район Приморского края. Скарны с Pb- Zn рудами **Николаевского** месторождения в Дальнегорском рудном поле позднемеловые-раннетретичные, с 1,5-8,7% Pb, 1,36-10,5% Zn и 62 г/т Ag. Над скрытыми рудными телами **Тетюхе** обнаруживают геохимические ореолы. Они привели к открытию залежей месторождения **Садового**.

В Приморье и на востоке Хабаровского края имеются небольшие коренными месторождения Au, обычно жильные Au-кварцевые. В **Северо-Камчатском** металлогеническом районе (Западно-Камчатский вулканогенный пояс) значительны жильные Au-Ag месторождения типа **Аметистового**. Оловорудные с Au и Ag жильные тела ряда месторождений обнаружены в Западно-Камчатском вулканогенном поясе. Жильные Au-Ag и Cu-Pb-Zn месторождения распространены в Центральном-Камчатском металлогеническом районе на юге одноименного вулканогенного пояса. В пределах пояса и на о. Карагинский обнаружены также Cu-Mo порфириновые залежи **Карагинской** группы.

На о. Кюсю (месторождение **Ивасита**) золотоносность связана с силицифицированием андезитов миоцена-нижнего плиоцена (25-4 млн лет). Сильно окварцеванные миоценовые андезиты месторождения **Ивато** несут Au минерализацию на протяжении 1,2 км при бортовом содержании Au 4 г/т. В префектурах **Хоккайдо** и **Кусикино** адуляр-кварцевые жилы (тип «гингуши» формации «куроко») обогащены самородными Au и Ag. Месторождение **Тоёха**, Хоккайдо, содержит 16% Pb+Zn, 270 г/т Ag, а в Zn и полосчатых Zn рудах только 13% Zn. Запасы руд, в т.ч. пиритовых и Cu, здесь 4,5 млн т.

Месторождения типа «куроко» широко развиты на Японских островах, Курилах и Камчатке. Префектура Акита на о. Хонсю известна месторождениями Cu (**Одате**), Pb-Zn. В рудном районе **Хокуроку** с Au-Ag-Zn-Pb-Cu залежи массивных сульфидов связаны с щелочным вулканизмом. Накопление рудного вещества типа куроко месторождений **Бабаме** и **Хикаризава** произошло под

морским дном путем разгрузки полезных компонентов, вынесенных флюидом из миоценовых вулканитов. В пределах Шкотовского плато обнаружены сапфиры и цирконы ювелирного качества.

IX. Восточнокитайско-Малайская ИМП. На западе пров. Сычуань ЮЗ Китая, в зоне влияния рифта Паньси открыты карбонатитовые жилы и дайки **Маонюпин**. В 1992 г. вместе с месторождением **Вейшан** они обеспечили 24% всего производства REE Китая. Залежи – бастнезит-барит-карбо-натитовые, в связи с сиенитами. В рудах барит, флюорит, эгирин-авгит, бастнезит. Ресурсы определены в 1,2 млн т руды с 2,89% оксидов REE. Возможно, позднемиоценовыми-палеогеновыми (ларамийскими?) являются наиболее поздние яньшаньские граниты, со становлением которых связан недавно открытый полиметаллический с серебром эксгальационно-осадочный гигант **Байнючан**, пров. Юньнань. Минерализация прослежена на 60 км. Среднее содержание Ag – 100 г/т, суммарные содержания Zn+Pb – 6,51%, Sn – 0,32%, Вероятные ресурсы – 6470 т Ag, 1,1 млн т Pb, 1,72 млн т Zn, 86 тыс. т. В южном Таиланде месторождения тантала **Пхукет-Пхангнга** связаны с умеренно глиноземистыми сиенит-гранитами, прорывающими осадочную толщу серии Кэнгкрачан. Это часть «Западной оловорудной провинции Оловорудного пояса Юго-Восточной Азии». Жилы пегматитов и грейзены содержат минералы лития, тантала и ниобия, редкоземельных элементов, олова, вольфрама. Возраст минерализации 58-41 млн лет. Вулканогенные урановые месторождения кайнозой известны в юго-восточном Китае, где сосредоточено 80% ресурсов урановых руд этого типа. Ремобилизованными в кайнозой полагают аккумуляции первично осадочного уранового месторождения **Донгшень** в пров. Внутренняя Монголия. Пояс месторождений сапфиров, рубинов, цирконов ювелирного качества прослежен на 12 тысяч километров между Тасманией и российским Приморьем. Доказан плиоценовый возраст включений циркона в сапфирах лаосского месторождения **Банхуайсай**.

X. ИМП Западного Пацифика Около 60 месторождений огнеупорных и металлургических хромитов известны на островах Филиппин. Большинство локализованы в эоценовом офиолитовом комплексе **Самбалес**, о. Лусон. Au-Cu-порфировое месторождение **Кинкинг** - на востоке о. Минданао. **Грасберг** в пров. Ириан-Джая, Индонезия (о. Новая Гвинея) – одно из крупнейших в Мире Au-Cu-порфировых. По возрасту оно кайнозойское, связано с крупным штоком преимущественно монцодиоритов. Запасы Au на месторождении 2,5 тыс. т, Cu – 30 млн т. В целом по месторождению содержания Au – 0,88 г/т. Планируется добыча 85-90 т Au и 930-950 тыс. т Cu ежегодно.

Третичные вулканиты вмещают эпитермальные Au-Ag малосульфидные объекты острова Ява. Для месторождения **Понгкор** (золота 100 т). Cu-Au залежи **Бату Хияу** на о. Сумбава имеют запасы руды 914 млн т с содержаниями 0,53% Cu и 0,40 г/т Au. Самые значимые в экономическом отношении месторождения Западной Явы – эпитермальные малосульфидные Au-Ag. Среди них выделяются **Сибалюнг**, **Понгкор**, **Сиротан**. Третичное Au-Cu месторождение **Пангуна** на о. **Бугенвиль** Соломоновых островов у берегов Новой Гвинеи одно из крупнейших. Здесь подсчитаны запасы руды 480 млн т, с 13,9 т Au и 48,4 т Ag. Главные месторождения Au Филиппин находятся на островах Лусон, Масбате и севере острова Минданао. Гидротермальные Au-Ag-Te руды **Лепанто**, **Антамок**, **Акупен-Аток**, **Итогон**, **Балаток** связаны с поясом вулканитов миоцена. Ресурсы **Лепанто** (и соседнего **ФСЕ** – 550 т Au и 3,6 млн т Cu. В некоторых районах Океании тоже известны кайнозойские гипогенные месторождения Au. Наиболее важным является золоторудное поле **Ватукаула** на о. Вити Леву.

XI. Восточно-Австралийская ИМП. В штате Новый Южный Уэльс разрабатывают россыпи рубинов и сапфиров **Баррингтон Топс**, происходящих из расположенных юго-восточней диатрем **Глаусистер Ривер**. На северо-востоке штата обнаружено поле **Ярроуич**. Рубины и сапфиры вместе с мегакристами цирконов и шпинели наблюдаются в пирокластике, древних и современных речных толщах на площади более 100 км². Драгоценные разновидности корунда на площади **Тумбарумба**, юг Нового Южного Уэльса, имеют разное происхождение. В метасоматитах они кристаллизовались около 400 млн лет назад, в магматитах – 23 млн лет назад, одновременно со щелочными базальтами. В поле **Ярроуич** обнаружены метаморфогенные гвоздично-красные рубины, магматогенные сине-желто-зеленые сапфиры и отличные от них голубые сапфиры из полевошпатовых туфов.

XII. ИМП Антарктического полуострова. Ильменит-магнетитовая минерализация развита в породах расслоенного габбро-анортозитового комплекса Аргентинских островов близ украинской НИС "Академик Вернадский" (о. Анограмм). Рудоносность этого типа отмечена в аналогичных породах островов Берселот, Крулс и на мысе Туксен. Габбро о. Анаграмм содержат магнетита до 30% в зонах мощностью до 2 м протяженностью до 2 км. На о. Питерман (15 км к СВ) залежи ассоциируют с горизонтами средне-крупнозернистых габбро. Содержания ильменита и магнетита до 20% наблюдались в трех прослоях среди анортозитов и мелкозернистых габбро. На мысе Туксен среднезернистые габбро минерализованы меньше – не более 10-20% рудных. Здесь установлено тело гигантозернистых меланогаббро-пегматитов, в которых рудных до 40%. Магматиты относятся к андскому комплексу (поздний триас-эоцен) нормальной известково-щелочной серии.

XIII. ИМП Восточной Гренландии. Кайнозойские эндогенные месторождения концентрируются на востоке острова, где распространены третичные вулканиты. В поле развития третичных вулканитов выявлены Au-PGE малосульфидные **Скаергаард** и **Кэмп Эдвард Холмс**. Оба объекта

ассоциируют с расслоенными интрузиями габброидов. В разрезе габброидов **Скаергаард** в верхней части Ti-носной средней зоны, до 1,2 км обнаружено более десяти металлоносных слоев-рифов в пачке мощностью 10-70 м. В них до 5,6 г/т Au, 1,5 г/т Pt, 3,5 г/т Pd. Cu-Mo-порфиновые **Мальмбьерг** и **Меллемпас** ассоциируют с щелочными гранитами. В этом же районе Mo-порфировое **Фламмефельд** связано с массивом Кангерлуссуак (кварцевые сиениты, сиениты, нефелиновые сиениты).

XIV. Красноморская ИМП. В Красноморской впадине **Атлантис-II** (6x15 км) в условиях продолжающейся гидротермальной деятельности разрезы металлоносных осадков похожи на те, что наблюдаются в пределах полей распространения древних колчеданов на континентах Земли: внизу обломочно-окисно-пиритовая зона, затем (последовательно) нижняя сульфидная, центральная окисная, верхняя сульфидная, поверхностная аморфно-силикатная. Здесь распространены сфалерит, более редкие пирит, халькопирит, кубанит, барит. Встречаются самородные Al, Fe, Pb. Накопление металлоносных осадков 25-100 м мощностью произошло за 25 тыс. лет. Во впадине сконцентрированы ресурсы (в скобках содержания в верхнем горизонте, %): Zn – 1,7 млн т (3,4%), Cu – 0,7 млн т (1,3%), Pb – 30 тыс. т (0,1%), Au – 21 т, Ag – 2100 т. Вдоль красноморского побережья (25°45'-25°50' С) в третичных рифовых известняках распространены Ba-Pb залежи. Минерализация тяготеет к краевым частям покровов базальтов и разрывам СВ простирания.

XV. ИМП Северо-западной Австралии. В субпровинции Западного Кимберли тела лампроитов миоцена образуют поля **Нункамбах**, **Эллендейл**, **Калвинягдах**. Распространены они в пределах подвижной зоны Кинг Леопольд и грабена Фицрой с мощностью осадков фанерозоя до 8 км. Для лампроитов поля **Эллендейл** среди других характерны уникальные желтые алмазы.

XVI. ИМП Северной периферии Евразии. Кайнозойская тектоническая активизация привела к появлению вдоль южной периферии Ледовитого океана редкой цепи палеогеновых алмазоносных (лонсдейлит) очаговых вулcano-тектонических структур (ОВТС) – Карской, Попигайской, Беенчиме-Салаатинской. Возраст тагамитов и стекол Карского объекта (48-65 млн. лет, K-Ar) весьма обычен для промышленно алмазоносных диатрем провинции Слейв, находящейся с «противоположной» стороны Ледовитого океана (диатремы Панда, Су, Мизери, Коала и др.). С ними перекликается и наиболее активный интервал становления многостадийной Попигайской структуры – 38,9 млн. лет, K-Ar по стеклам, тагамитам, треки U по стеклам и т.д. Факт синхронности становления ОВТС и тел классических кимберлитов свидетельствует об определяющей роли однотипных тектонических обстановок планетарного ранга в эти временные интервалы, а точнее – в эпохи преобладающей дилатансии. И, наоборот, в противостоящие эпохи общего сжатия, когда кимберлитообразования нет, не возникают и ОВТС. Проявления молодого довольно глубинного вулканизма прослеживаются восточней линии «Карская-Попигай» на Чукотку: вулканы Анюйский, Алучинско-Бургахчанской группы, все в Билибинском районе, Чаплинские высокотемпературные, +80-87°C, ключи Провиденского района.

9.3. Гипергенный минерагенез

В кайнозой на континентах появились огромные аккумуляции качественных бокситов, железных и марганцевых руд, латеритные никеля и кобальта, основные и наиболее богатые россыпи золота, платиноидов, редких и малых металлов, алмазов. Уникальными, экзотическими, не имеющими аналогов в прошлом оказались некоторые гипергенные по преимуществу скопления ванадия (**Мина Рагра**, Перу), селитры (Чили), бирюзы (иранский **Нешапур**, юго-восток США и др.), континентальных калийных солей (**Цайдам**), цезиеносные источники Тибета, урановые и редкоземельные месторождения в верхнеолигоценовых «рыбных слоях» Мангышлака и Калмыкии.

На Земле существует не так много месторождений, чья принадлежность к гипогенному или гипергенному типам однозначна и сомнений не вызывает. Относится это к довольно просто организованным скоплениям полезного для человека вещества, с короткой, одноактной историей формирования – массовых строительных материалов, некоторых видов металлургического сырья – флюсовые известняки и доломиты. Однако в большинстве случаев современный облик залежей полезных компонентов предопределён сложным взаимодействием глубинных и поверхностных явлений, например, стратиформные месторождения многих металлов, мощные металлоносные коры выветривания, даже россыпи. Тем не менее, ведущее значение экзогенных факторов, климатической зональности, расчлененности, относительных высот, совершенно очевидны. Экзогенные процессы кайнозоя оставили множество месторождений разнообразных типов (рис. 9.22).

Железные руды

Бразилия. Крупнейшие месторождения высококачественных железных руд, связанных с кайнозойскими латеритными корами выветривания, образованы в результате воздействия гипергенных процессов на различные породы кристаллического фундамента, в первую очередь, на железистые кварциты, в том числе полосчатые – итабириты раннепротерозойского возраста. Мощность руд достигает 200 и более метров, (рис. 9.23). Рудные залежи суть прерывистые линзы разных размеров и формы среди итабиритов. Различают руды богатые гематитовые с > 64% Fe и промежуточные (intermediate), с 52–64 % Fe. Последние – рыхлые и обычно переходят в твердые итабириты с малым

содержанием Fe. Выделяются «твердая», «мягкая» (порошковатая) и «средняя» руды, состоящие преимущественно из гематита. Они содержат 66% железа, в среднем, иногда больше. В верхних частях обычна «канга» (67% Fe) – пизолитовая и бобовая руда, состоящая из обломков твердой или мягкой руды, сцементированных лимонитом, аналогичная латеритам Индии. Основные железорудные районы Бразилии образуют протяженный пояс вдоль восточной окраины Бразильского щита. Месторождения богатых железных руд известны, главным образом, в штатах Минас-Жераис, Мату-Гросу, Гояс, Байя, на федеральной территории Амапа. Наибольшее количество месторождений находится в центральной части штата Минас-Жераис, где протяженность выходов железорудной формации составляет не менее 200 км, а ресурсы железа оценивают не менее 35 млрд тонн.

В муниципалитетах Итабира, Санта-Барбара, Риу-Пирасикаба, Ору-Прента и других разведаны многие месторождения с запасами богатых железных руд, содержащих 68% Fe в десятки и сотни миллионов тонн. Значительные запасы руды находятся в других частях этого штата. На севере, в районе **Итамаранбинда**, итабириты представлены гематитом с примесью магнетита. Крупные скопления гематита, итабирита и канги известны в районах **Мору-ду-Пилар, Консейсанду-Мато-Ден-тро, Кандонга, Сассуи, Гематиту, Козайс-Гранде, Жакуи, Оливейра** и других. В штате Баия гематитовые руды локализованы в месторождениях **Педрас ду Энесто, Томбадор, Тапера**. В округе Палмейрас месторождения железных руд состоят из канги и магнетита.

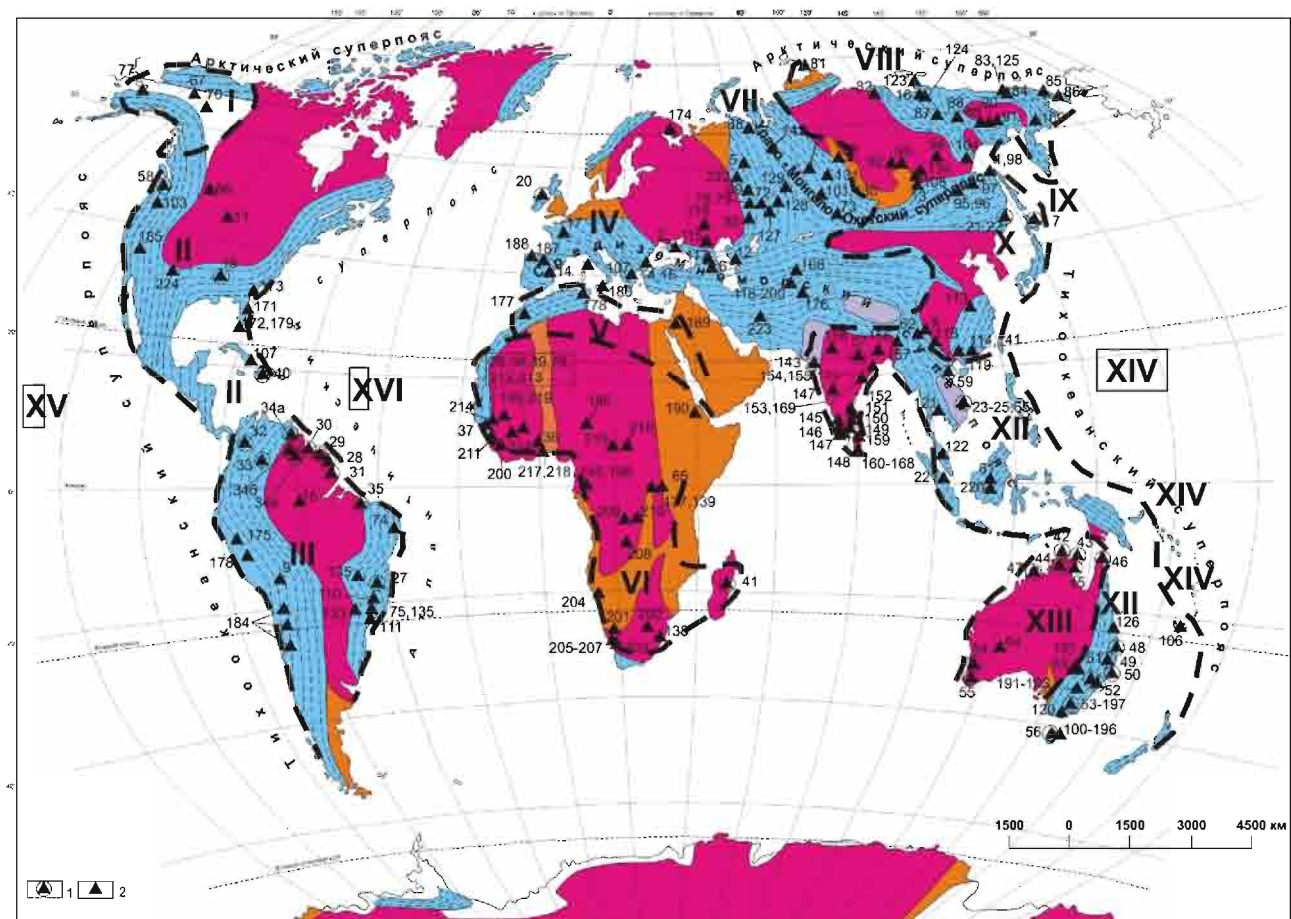


Рис. 9.22. Экзогенные месторождения, сформировавшиеся в позднеальпийский этап на континентах Земли. С использованием в качестве основы схемы В.Е. Хаина, 1971. 1 – бокситы; 2 – медистые песчаники, россыпи, соли и т.д. Историко-минерагенические провинции (ИМП) с наибольшими концентрациями месторождений экзогенных полезных ископаемых (римские цифры на схеме): I – Аляскинская, II – Канадских Кордильер, США и Центральной Америки, III – Южноамериканская, IV – Средиземноморская, V – Северной Африки (Марокканско-Египетская), VI – Центральной и Южной Африки, VII – Урало-Казахстанская, VIII – Таймыро-Камчатская, IX – Байкальско-Приморская, X – Китайская, XI – Индостанская, XII – Юго-восточной Азии и Океании, XIII – Австралийская, XIV-XVI – ИМП Мирового океана, с экономическими интересами России (разведочные районы выделены квадратами), в т.ч.: XIV – Западного Пацифика, XV – Кларифон-Клиппертон на северо-западе приэкваториальной зоны Тихого океана, XVI – Центральной Атлантики, XVII – Центрально-Индоокеанская. Раннеальпийские экзогенные месторождения:

I – железорудные стратифицированные: 1 – Николаевское, Хабаровский край; 2 – Керченский железорудный район; 3 – Западно-Сибирский железорудный бассейн.

II – осадочные марганцевые: 4 – *Оброчиште* у г. Варна, Болгария; 5 – *Северо-Уральский* бассейн; 6 – *Чиатури*, Грузия; 7 – *Дзококу, Инакураиси, Ягумо*, юго-запад о. Хоккайдо.

III – первично осадочные (экспозиционно-осадочные) медные и полиметаллические: 8 – *Миличан*, Китай; 9 – *Корокоро, Чакарилья, Вета Верде, Писакери*, Боливия; 10 – *Кашгар и Куча*, впадины Таримского платформенного массива.

IV – Экзогенные урановые: 11 – *Блэк-Хиллс, Паудер-Ривер, Шерли Бейсин*, штаты Южная Дакота и Вайоминг, США; 12 – *Мангышлакский* рудный район; 13 – *Витимское* плато, Забайкалье; 14 – *Теруэлл*, Испания; 15 – *Монино, Мудрец, Хасково, Орлов Дол*, Болгария; 16 – *Хараулахская* россыпная То-REE провинция, Якутия; 17 – *Кутра*, Франция; 18 – *Донгшень*, Китай.

V – бокситы: 19 – *Арканзас*, США; 20 – *Антрим, Коллерайн и Лондондерри*, Ольстер; 21 – *Зеркальненское*, Сихотэ-Алинь; 22 – *Тадушинская* депрессия, Сихотэ-Алинь; 23 – *Чаомат*, Южный Вьетнам; 24 – *Баолок, Ванхоа, Куаншон*, Южный Вьетнам; 25 – *Суанлок*, Южный Вьетнам; 26 – *Фута-Джалон* (плато), Гвинея; 27 – *Алегриа, Ауро Прето, Диамантина, Нова Лима, Марианна, Посус ди Калдас*, штат Минас Жерайс, Бразилия; 28 – *Коко*, Французская Гвиана; 29 – *Бакхёйс и Паранам*, Суринам; 30 – *Маккензи*, Гайана; 31 – *Амапа* (Федеральная территория), Бразилия; 32 – *Антёкия* (департамент), Колумбия; 33 – *Моралес Кахибио*, деп. Каука, Колумбия; 34 а, б, в – *Упата, Нурия, Гран Сабана, Серрания де лос Гуаикос Венесуэлф*; 35 – *Илха да Траура*, штат Мараньян, Бразилия; 36 – *Ашанти* (плато), Гана; 37 – *Бое*, Гвинея-Биссау; 38 – *Боке* (250 км к СЗ от Конакри), Гвинея; 39 – *Туге*, Гвинея; 40 – *Гаити*, р-н *Мирагоан*; 41 – *Абмободиногона*, Мадагаскар; 42-56 – месторождения бокситов Австралии, в т.ч.: 42 – о. *Крокер*, 43 – о-ва *Марчинбар*, 44 – п-ов *Кобург*, 45 – *Гов*, 46 – *Уэйпа*, 47 – *Митчел Плато*, 48 – *Хемптон*, 49 – *Тамбурин-Маунтин*, 50 – *Инверелл*, 51 – *Трайдел*, 52 – *Мосс Вейл*, 53 – *Джипсленд*, 54 – *Дарлинг Рэйндж*, 55 – *Яррадел*, 56 – о. *Тасмания*; 57 – *Майкала, Сурджуя-Райгарх-Биласпур*, штат Мадхья Прадеш, Индия; 58 – *Берегового хребта*, США; 59 – *Тапна, Донгданг, Мамео*, Северный Вьетнам; 60 – *Комплонг-Канак, Прибрежный, Дакнонг, Баолок-Зилинь, Фьюкнонг*, Южный Вьетнам.

VI – золотоносные, сереброносные коры выветривания и связанные с ними россыпи: 61 – *Таран*, Центральный Калимантан, Индонезия; 62 – *Хэндуаньшаньская* зона глыбовых структур, запад пров. Юньнань; 63 – *Брокен-Хилл*, Австралия; 64 – *Боддингтон*, Западная Австралия; 65 – *Мпумудде*, Уганда; 66 – *Майнерс Кулиш*, округ Грэйнайт, штат Монтана; 67 – *Ливенгуд*, Аляска; 68 – *Новогоднее-Монто*, Полярный Урал; 69 – *Горный Прииск*, Башкирскбк Урал; 70 – *Клондайк*, Юкон, Канада; 71 – *Караултобе, Таукин*, Акмолинская область; 72 – *Манайдорское*, Джетыгаринский район, Костанайская область; 73 – *Май-Капчагайская долина*, Восточно-Казахстанская область; 74 – *Салобу*, штат Параиба, Бразилия; 75 – *Банья*, округ Каражас, Бразилия; 76 – *Майел* (река), Северная Гвинея; 77 – *Ном*, Приберинговоморская зона Аляски, США; 78-99 – основные кайнозойские россыпи золота РФ, в т.ч.: 78 – *Среднего Урала* (Au-Pt), 79 – р. *Санарка*, 80 – *Светлинской группы*, 81 – острова *Большевик*, 82 – *Куларская группа*, 83 – *Чаанай*, 84 – *Билибинского района*, 85 – *Рывеем*, 86 – *Пеньельхин*, 87 – *Адычанской группы*, 88 – *Верхнеиндигирского района*, 89 – *Чар-Юрье*, 90 – *Омчак*, 91 – *Ат-Юрях*, 92 – *Бодайбо*; 93 – *Маракан*, 94 – *Большой Куранах*, 95 – *Нагими*, 96 – *Петровская*, 97 – *Октябрьского района*, 98 – *Белая гора*, 99 – *Енгажимо*; 100 – *Биконсфилд*, Тасмания, Австралия; 101 – *Суздальское*, Казахстан.

VII – никеленосные, платиноносные коры выветривания и связанные с ними россыпи: 102 – *Вулкан*, Северная Албания; 103 – *Никел-Маунтин*, юго-восток штата Орегон, США; 104 – *Кондёр*, север Хабаровского края; 105 – *Чинейский* плутон, север Забайкалья; 106 – *Новая Каледония*, Меланезия; 107 – *Никаро, Моа*, восток Кубы; 108 – *Юсупташ*, Алмалык-Ангренский рудный район, Узбекистан; 109 – *Сейнав-Гальмознанский* рудно-россыпной район, Корякия.

VIII – редкометалльные коры выветривания и ассоциирующие с ними россыпи: 110 – *Баррейру ди Араша, Тапира*, Бразилия; 111 – *Якупиранга* (Жакупиранга), Восточная Бразилия; 112 – *Сейс-Лагос*, Бразилия; 113 – *Раян*, пров. Цзянси, Восточный Китай; 114 – *Джой-Пэй-Тин*, провинция Гуандун, Китай; 115 – *Ставропольский* россыпной бассейн; 116 – *Ольховская* площадь, Ростовская область; 117 – *Дагестан*, Передовой хребет Восточного Кавказа; 118 – *Гэцзю*, пров. Юньнань, Китай; 119 – остаточная киноварь в коре выветривания *Гуанси-Чжуанского* автономного района; 120 – **ВИМ-150**, побережье штата Виктория, Австралия; 121 – *Пхукет* (остров), Южный Таиланд; 122 – *Семелинг*, Малайзия; 123 – *Ляховский* россыпной район, Новосибирские о-ва, Якутия; 124 – *Северо-Янская* группа, Якутия; 125 – *Валькумейское, Пыркакайское*, Чукотка; 126 – *Гринбушес*, Квинсленд, Австралия. Касситерит, Та, Nb; 127 – *Шокашское*, Актюбинская область, Казахстан; 128 – *Обуховское*, Акмолинская область, Казахстан; 129 – *Тарское*, Омская область; 130 – *Ордынское*, Новосибирская область; 131 – *Туганское, Георгиевское*, Томская область; 132 – *Тургайская*, Томский вал; 133 – *Посус де Калдас* (плато), граница штатов Минас Жерайс и Сан Паулу, Бразилия; 134 – *Катугинское*, Забайкальский край; 135 – *Каталан*, штат Гояс, Бразилия; 136 – *Джос* (плато), Нигерия; 137 –

Маньем (округ между озером Киву и р. Конго), Заир; 138 – **Наталью**, ЮАР; 139 – **Северный Лузулу**, Идиба (реки), Заир; 140 – **Мабун**, Габон; 141 – **Фухэчжун**, северо-восток провинции; 142 – **Мансийский** титан-циркониевый россыпной район и **Мансийская** площадь, Западная Сибирь; 143-170 – REE современных россыпей Индостана, в т.ч.: 143 – штат **Гуджарат**, 144 – побережья **Ратнагири**, штат Махараштра, 145 – **Човгат-Паннани**, 146 – **Ниндакара**, 147 – **Манавалакуручи**, все штат Керала; 148 – мыс **Каморин**, 149 – **Тиругендур**, 150 – **Адирампаттин**, 151 – **Наггапаттин**, 152 – **Транкебар**, все штат Тамилнад, 153 – побережье в устье р. **Годавари**, штат Андхра Прадеш, 154 – **Висагапатнам**, 155 – **Волтаир**, 156 – **Биллипатнам**, все штат Орисса, 157 – **Ранци-Пурулия**, у границы штатов Западная Бенгалия и Бихар, 158 – **Катахалдих**, штат Мадхья Прадеш, 159 – **Пулмоддай**, 160 – **Тирукковиль**, 161 – **Хамбанто**, 162 – **Тангалла**, 163 – **Галле**, 164 – **Берувала**, 165 – **Ратнапура**, 166 – район побережья **Коломбо**, 167 – **Кудремалай**, 168 – **Манар**, 169 – **Вимилипатна**, штат Андхра-Прадеш, 170 – **Чавара**, штат Орисса; 171 – **Джорджия**, штат США; 172 – **Трейл-Ридж**, штат Флорида, США; 173 – **Вирджиния**, штат США; 174 – **Ловозерские** россыпи лопарита.

IX – ванадиевые, молибденовые аккумуляции в черных сланцах: 175 – **Мина Рагра**, Перу; 176 – **Гарауты**, Таджикистан.

X – фосфориты : 177 – **Хурибга**, район Улан-Абдун, Марокко; 178 – **Редееф**, **Муларес**, **Метлави**, **Мдилла**, **Гафса**, **Хайдра**, **Кальа Джерда**, Западный Тунис; 179 – **Флорида**, США. **Экзогенные серы, целестина, селитры:** 180 – **Сицилия**. Крупные залежи серы; 181 – **Гаурдакское**, Восточная Туркмения. Сера; 182 – **Балахана** (гора), Гаурдак-Кугитанский рудный район, Восточная Туркмения. Целестиновое; 183 – **Арик**, восток Туркмении. Целестиновое; 184 – месторождения чилийской натриевой селитры между 19° и 25° ю.ш.

XI – соли осадочные калийные и редкометалльные: 185 – **Сёрлс**, **Оуэнс**, **Параминт**, Калифорния, США. Li, W; 186-188 – калиеносные бассейны: 186 – **Цайдамский**, Китай; 187 – **Каталонский**, Испания; 188 – **Наварры**, Испания; 189 – **Мертвое море**. K, Br, Mg; 190 – **Данахил**, Эфиопия. K.

XII – россыпи и прочие гипергенные месторождения драгоценных камней (алмаза, рубинов, сапфиров, бирюзы и т. д.): 191 – **Гвидир-Копс**, междуречье. Новый Южный Уэльс, Австралия. Алмазы; 192 – **Бингара**, Новый Южный Уэльс, Австралия. Алмазы; 193 – **Мак-Куари**, Новый Южный Уэльс, Австралия. Алмазы; 194 – **Баррингтон Топс**, Новый Южный Уэльс, Австралия. Рубины; 195 – **Ярроуич**, северо-восток штата Новый Южный Уэльс, Австралия. Рубины, сапфиры; 196 – **Уэлдбарэ**, северо-восток Тасмании. Сапфиры; 197 – **Тумбарумба**, юг Нового Южного Уэльса. Рубины и сапфиры; 198 – **Маконгонио**, Габон. Алмазы; 199 – **Сегуела**, Кот-д'Ивуар. Алмазы; 200 – **Гбапа**, Либерия. Алмазы; 201 – **Идаталь** (долина), около г. Помона, Намибия. Алмазы; 202 – **Лихтенбург**, Трансвааль, ЮАР. Алмазы; 203 – **Намакваленд**, юго-запад ЮАР. Алмазы; 204 – **Каокофельд** (Берег Скелетов), Намибия. Алмазы; 205 – **Александр Бей** (южной порта Людерци), Намибия. Алмазы; 206 – **Аухас** (50 км северней устья р. Оранжевой), Намибия. Алмазы; 207 – **Чаменс**, бухта в 113 км к северу от устья р. Оранжевой, Намибия. Морская алмазоносная россыпь (шельф); 208 – **Луембе**, **Кванза**, **Кванго** (реки), пров. Лунда Норт, северо-восток Анголы. Алмазы; 209 – **Касаи** (река) у г. Чикапа, Заир. Россыпи алмазов; 210 – **Бакванга**, Мбужи-Майи, Заир. Алмазы; 211 – **Сева** (река), Сьерра Леоне. Россыпи алмазов; 212 – **Бараду**, на р. Макона, Гвинея. Алмазы; 213 – **Гбенко** на р. Бауле (у границы с Сьерра Леоне), Гвинея. Алмазы; 214 – **Каниеба** (город), Мали. Алмазы; 215 – **Западное Убанги**, г. Берберати, Центрально-Африканская республика. Алмазы; 216 – **Восточное Убанги**, г. Бриа, Центрально-Африканская республика. Алмазы; 217 – **Биррим** (река), Гана. Алмазы; 218 – **Бонса** (бассейн реки), Гана. 200 км западней Аккры у г. Тарква. Алмазы; 219 – **Тортийя** (600 км к СЗ от района Биррим), Кот-д'Ивуар. Алмазы; 220 – **Семпака**, юго-восток Калимантана. Алмазы; 221 – **Кампар-Канан** (река), Центральная Суматра. Алмазы; 222 – **Чикман** (река), Пермский край. Четвертичная алмазоносная россыпь; 223 – **Нишапур**, пров. Хорасан, с. Мезден, Иран. Бирюза; 224 – **Серильос Хиллс**, штат Нью Мексико. Бирюза.

Суринам. Наиболее крупными латеритными месторождениями являются **Дондрубари** с запасами в первые сотни миллионов тонн и средними содержаниями 47% Fe; **Миндринети** (40% Fe), **Мажородам** (50% Fe) с общими запасами в сотни миллионов тонн. Содержания в рудах прочих компонентов (%): Al₂O₃ до 15; SiO₂ – 2-10; TiO₂ – 0,5-1,5; S – от следов до 0,5; P – от следов до 0,1.

Гвинея. Общие ресурсы железных руд страны оценивают в 15,6 млрд т. Содержания железа составляют 40-70%. Ресурсы, которые уже исследованы в различной степени достигают 4,46 млрд т. Помимо крупного месторождения **Калум**, известен ряд объектов меньшего масштаба и относительно менее качественными рудами в пределах областей развития пород верхнего протерозоя и осадочного палеозоя. Самые крупные залежи открыты в горном хребте **Симанду** и на горе **Нимба**, юго-восток Гвинеи. Залежи месторождения Калум представлены латеритной корой выветривания мощностью от 3-5 м до 100 м, развитой по базитам (габбро) и ультрабазитам. В элювии имеется собственно железо-рудный горизонт мощностью 30-40 м. Ресурсы объекта определены в 6 млрд т со

средними содержаниями Fe – 53% ; Al_2O_3 - 9% ; SiO_2 – 1,5% ; Cr – 1,15% ; Ni – 0,12%. Выделяются типы железной руды (снизу вверх): 1 – желтая мягкая, легкая с реликтовыми структурами и текстурами гетитового состава; 2 – плотная красная или коричневая; 3 – твердая черная или очень темная красновато-коричневая гранулированная, с кавернами, гематитовая. По содержанию Fe_2O_3 (73,5%) и Al_2O_3 (9,2%) эти типы близки между собой. На северо-восточной окраине массива выявлена площадь (около 2,6 км²) с содержанием Ni 0,5-0,9%. Средняя мощность легированных железных руд этого уникального месторождения составляет 10-12 м, а прогнозные запасы – 6 млрд т.



Рис. 9.23. Карьеры, отрабатывающие богатые железные руды рудного района Каражас, штат Пара, Бразилия. Фото Tony Morrison/South American Pictures. <http://media-3.web.britannica.com/eb-media/86/20286-004-FF39DD42.jpg>; <http://3.bp.blogspot.com/-l8-lpYMf rh4/UEVuRXzvK5I/AAAAAAAAAH-w/8IMQXvTI9ZA/s1600/iron+mine.jpg>

Месторождение **Симанду** выявлено в одноименном субмеридиональном горном хребте протяженностью 200 км при ширине 30-50 км. Оно представлено джеспилитами серии Симанду с мощными прослоями гематитовых, реже гематит-магнетитовых, руд. Залежи приурочены к осевой части хребта, особенно к ее южному сегменту. Они прослеживаются на многие Километры. Индивидуальные тела раздроблены, перемежаемые с пустой породой, протягиваются на 0,3-3 км и мощность 200 м. Ресурсы месторождения оценены в 7 млрд т, содержания 50-70% Fe.

Месторождение **Нимба** открыто на севере одноименной горной цепи Юго-Восточной Гвинеи. Руды связаны с докембрийскими кварцитами, филлитами, итабиритами, смятыми в изоклинальные складки. Разведаны четыре тела гематитовых руд, в т.ч. два – **Пьеро-Ришо** и **Сампере**, – более детально. Совокупные ресурсы месторождения оценены в 2 млрд т с содержаниями более 60% Fe.

ЮАР. Известны месторождения в корах выветривания на железистых кварцитах группы Трансвааль, в том числе **Табазимбе**, северо-западный Трансвааль, **Жишен** (марганцево-железное) и железорудного поля **Постмасбург** в Северной Капской провинции, рис. 9.24. Железо присутствует преимущественно в форме гематита, качество руд высокое (66-69% Fe_2O_3), вредных примесей очень мало. Гематит мелкокристаллический, синий на изломе, иногда с включениями красных гидроокислов железа. Мощность рудных тел 17-60 м, запасы в сотни миллионов тонн с большими перспективами наращивания.

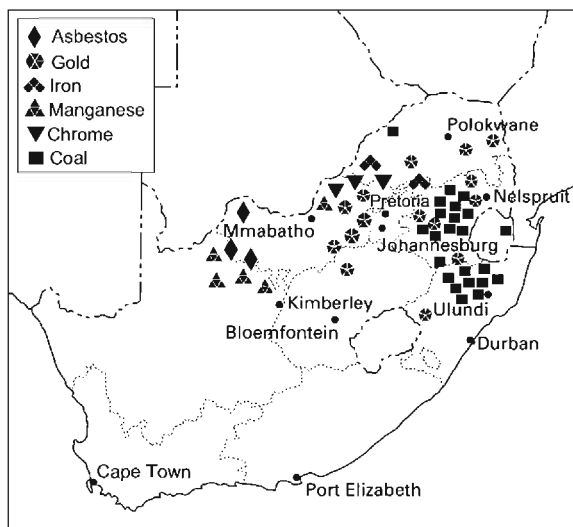


Рис. 9.24. Основные месторождения железа находятся на севере ЮАР, где связаны с корамя выветривания по джеспилитам нижнего докембрия. Условные обозначения, перевод: 1 – асбест; 2 – золото; 3 – железо; 4 – марганец; 5 – хром; 6 – уголь. <http://cnx.org/content/m22302/latest/graphics1.png>

На месторождении **Жишен** железосодержащие тела по простиранию переходят в

марганецсодержащие.

Намибия. К юго-востоку от Виндхука, имеется серия месторождений поля **Каокофельд**, которое продолжается в Анголу. На отдельных участках мощности кор выветривания с богатыми железными рудами (свыше 40% железа) имеют мощность более 50 м. Запасы исчисляются в сотни миллионов тонн. В юго-восточной части поля находится месторождение **Каус-Окава-Гагарус**. В нем содержание

Fe составляет 58-59%, кремнезема – 18%. Руды сложены гематитом, лимонитом, магнетитом, доступны для разработки открытым способом.

Индия располагает крупнейшими ресурсами железорудного сырья рис. 9.25, оцениваемыми в 6,2 млрд т (для сравнения, в занимающей первую строчку России, по тому же источнику, – 31 млрд т),. Это 5 место в Море. 19% индийских ресурсов вполне доступны для рентабельного извлечения.

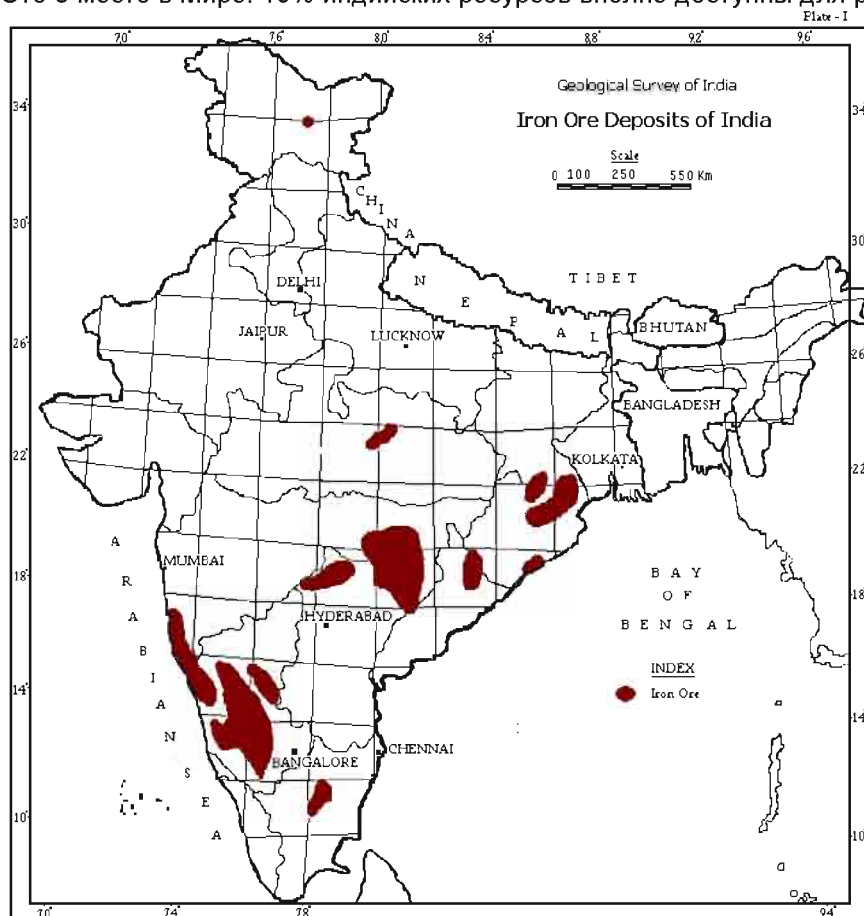


Рис. 9.25. Железорудные площади Индии (выделены бордовым).
<http://www.portal.gsi.gov.in/images/GSIimages/mapfront.gif>

Крупные запасы богатых железных руд, особенно гематитовых в коре выветривания джеспилитов палеопротерозоя, известны в различных штатах этой обширной страны. В Бенгалии источниками руд являлись латериты на юрских траппах. Содержания железа в них колеблются от 28 до 59% и в среднем составляют 43%. В штате Орисса на железистых полосчатых кварцитах, образующих в рельефе серию гряд, в верхних частях развиты богатые гематитовые руды значительной мощности.

В центральных частях субконтинента в горах Байладил имеется 14 крупных месторождений. Они приурочены к верхним

частям двух параллельных гряд меридионального простирания. Мощность богатых железных руд составляет свыше 60 м. запасы – сотни млн т. Шесть подобных месторождений известны в **Ровхате**, где богатые железные руды слагают вершины гряд. Руды высокого качества. Содержание железа 66-68,5%, запасы свыше миллиарда тонн. Подобные месторождения с запасами в сотни миллионов тонн имеются в штатах Мадрас и Майсур.

Украина. Важнейшим районом с залежами кайнозойских экзогенных железных руд на площади 150 км² является **Керченский**. Здесь в подошве плиоцена выражен ряд пологих мутьев (рис. 9.26). Морские (лагунные) железо- В 1846 г. здесь уже работал чугуноплавильный завод. В 1855 г. во время неудачной для России Крымской войны английские войска разграбили городгород, взорвали доменную печь, а оборудование вывезли в Англию. Построенный более 100 лет назад Керченский металлургический завод с 1900 г. использовал руды местных месторождений. рудные залежи в центре мутьев имеют мощность до 25-30 метров, иногда до 40 м, а на крыльях – 2-3 м. Они принадлежат киммерийскому регио-ярусу нижнего плиоцена. Окисленные оолитовые гидрогетитовые руды коричневые. Свежие их разности гидро-гётит-сидерит-хлоритовые, зеленые. Оолиты из гидроксидов железа сцементированы карбо-натами железа, марганца, бари-том, фосфатами. Средние руды содержат (%): железа – 30-35 (до 50), марганца – 0,1-10, P₂O₅ – до 1,5%. В основании известны прослои сидерита и марганцевых минералов (до 35% Mn).

Сибирь. Меловая-палеогеновая трансгрессия, охватившая север Сибирской платформы и всю Западно-Сибирскую плиту, оставила огромные скопления (около 400 млрд т) морских сидерит-гидрогётит-лептохлоритовых руд. Из четырех железорудных уровней три (нарымский, колпашевский, чигоринский) верхнемеловые, а самый верхний – бачкарский, – эоценовый. Его проявления образуют полосу протяженностью более 600 км при ширине 50-180 км. Промышленно значимые руды установлены в приобском Бачкарском районе Томской области (150-200 км западней Томска). Здесь железорудные залежи колпашевского и бачкарского горизонтов не только достигают максимальных значений, но и практически объединяются. Объединенное рудное тело имеет мощность 26-36 м, а

среднюю – 34 м. Известны четыре участка (**Бакчар, Могочино, Колпа-шево, Парбиг**), где руды содержат более 30% железа на мощность более 2 м. Перекрывающая осадочная толща содержит пласты бурых углей и лигнитов (4-9 м), торфа (3,5 м), которые тоже могут быть использованы при комплексной обработке **Бакчарского** месторождения. Содержания железа в залежах – 30-53%, в среднем 40,16%. Присутствуют P_2O_5 – 1,03-1,3%, V 0,13-0,25%, а также иногда Au– 0,65-1,8 г/т, Pt 10-127 мг/т, Pd 1,3-16 мг/т. Примесь драгоценных металлов объясняют их сорбированием тонкодисперсным железистым веществом из подземных вод. По этой причине **Бакчарские** железные руды считают (перспективным сырьем и на драгметаллы. Здесь различают шесть типов железных руд, но наиболее распространены – слабо сцементированные гидрогётитовые с базальным лептохлоритовым цементом (41,5%) и слабо сцементированные гидрогётит-лептохлоритовые с лептохлоритовым корковым поровым или базальным цементом (30,3%). Предварительная оценка запасов железной руды **Бакчарского** рудного узла составляет 25-30 млрд тонн со средним содержанием валового железа в руде 37,5-42,5%. Около 30% запасов находится в рыхлом, сыпучем или полусцементированном состоянии.

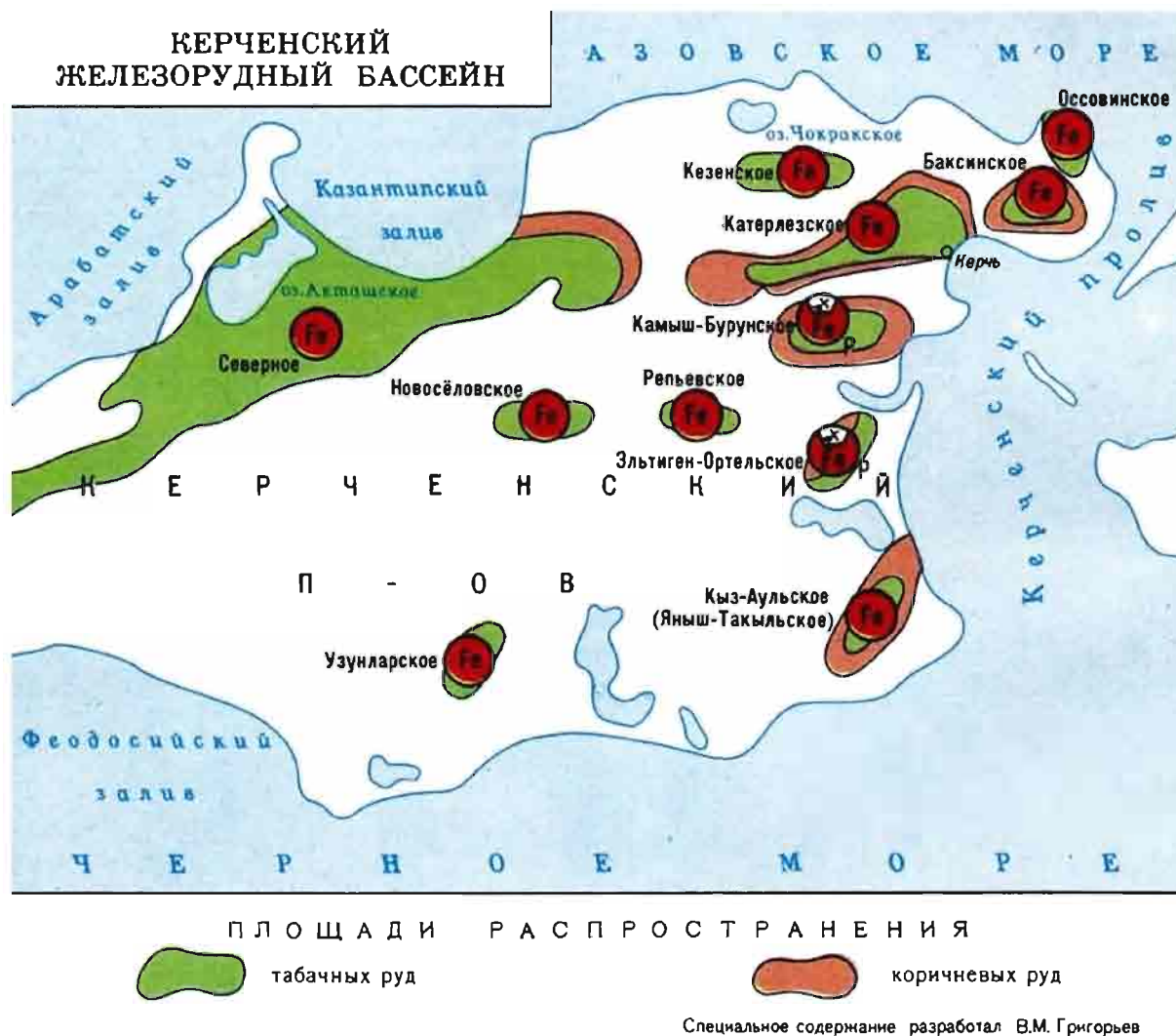


Рис. 9.26. Месторождения Керченского железорудного бассейна на востоке Крыма тяготеют к многочисленным частным мульдам, выполненным морскими (лагунными) залежами. Последние принадлежат к средней части киммерийского регионаруса нижнего плиоцена. http://dic.academic.ru/pictures/enc_geolog/1001.jpg Украина.

Казахстан. Лисаковское месторождение в Кустанайской области, рис. 9.27, на севере республики (Тургайский прогиб) в ряде отечественных публикаций называют меловым. Несомненно, меловые коры выветривания региона внесли в его формирования свой вклад, однако породы лисаковской железорудной формации и оолитовые сидерит-лептохлорит-гидрогётитовые залежи имеют среднеолигоценный возраст. Пластовые рудные тела прослежены по простиранию на десятки километров. Разведанные запасы оолитовых бурых железняков оценены в 2,8 млрд т при

35% Fe. Всего известно 26 пластовых рудных тел мощностью от 6 м до 26 м при общей протяженности до 100 км. Различают руды оолитовые и сцементированные с одинаковым химическим составом. Сцементированные руды представлены гидрогетитовыми конкрециями с зернами кварца. В оолитовых рудах присутствует 20-50% сцементированных разностей, распределенных незакономерно. Раздельно их не добывают. Руды содержат 35-40 % Fe, в среднем 0,03 % S, 0,55 % Р и около 0,07 % V. Содержание Fe в оолитах характеризуется постоянством и составляет 51,3-52,9 %, а Р – 1,28–1,42 %. Руды пылеватые и содержат большое количество влаги (около 12 %). Для разработки месторождения и обогащения руд введен в эксплуатацию Лисаковский ГОК производительностью 10-11 млн. т сырой руды в год. Схемы обогащения лисаковских руд позволяют получать два вида концентратов: гравитационно- магнитного (ЛГМК) и обжигмагнитного обогащения (ЛОМК) с содержанием Fe, соответственно, 49 и 61,8 %



Рис. 9.27. Лисаковское месторождение среднеолигоценовых оолитовых сидерит-лептохлорит-гидрогетитовых руд на севере Казахстана (Костанайская область). Слева – карьер Лисаковского ГОКа, справа – бурый железняк месторождения. <http://im5-tub-ru.yandex.net/i?id=349570411-42-72&n=21> <http://im4-tub-ru.yandex.net/i?id=690471915-47-72&n=21>

Марганцевые руды

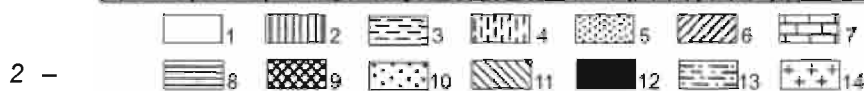
Болгария. Варненский пояс олигоценовых месторождений оксидного и силикатного марганца никопольского типа протянулся на площади 15 x 25 км между городами Блатница на севере и Была на юге. В центральной части пояса (г.г. Варна и Каварна) находится **Оброчиште** (52 км²) – одно из крупнейших месторождений марганца в Европе с запасами в 895,5 млн т, включая 125,5 млн т промышленных руд. Залежи обнаружены в основании разреза олигоцена под вскрышей 2-70 м мощности. Находящиеся на небольшой глубине залежи содержат 29-39% Мп. Руды сильно кремнеземистые (40% SiO₂) и фосфористые (0,2-0,4% P₂O₅). Марганцевоносные пласты **Оброчиште** залегают среди алевроитов и глауконитовых глин под мергелями и, более, алевроитами олигоцена. Мощность рудного пласта – 2-24 м. Руды пизолитовые и конкреционные. Пизолиты образованы гидросиликатами и карбонатами Мп. Присутствуют пирит и алабандит, обусловившие высокую сернистость руд. Карбонаты марганца – манганокальцит и родохрозит. Отмечены признаки гидротермальной активности.

Украина. Раннеолигоценовый марганцевый бассейн Южной Украины (**Никопольское** и **Больше-Токмакское** месторождения) расположен на обоих берегах Днепра, преимущественно на правом берегу северней от г. Никополь Днепропетровской области. **Больше-Токмакское** месторождение – левобережная часть бассейна, общая длина которого вдоль Днепра и его притока Ингульца 250 км при ширине около 25 км. Марганцевые оксидные, смешанные и карбонатные руды мощностью 2-4 м залегают как на размытой поверхности докембрийского основания (гранитоиды), так и по развитых по ним каолинах коры выветривания или песчано-глинистым олигоценовым образованиям. Сверху руды перекрыты олигоценовыми же песками, глинами, известняками, мергелями. По простиранию рудный пласт переходит в безрудные глины. Различают типы руд: землистые, сплошные, кусковатые, конкреционные. Пиролюзит-псиломелан-манганитовые оксидные руды содержат (%): марганца – 35, железа – 2-3, SiO₂ – до 30, фосфора – 0,15-0,32. Манганокальцитовые, реже родохрозитовые руды беднее. В них (%) марганца – 23, CaO – 3-12, SiO₂ – 30-50, фосфора – 0,18.

Рудный пласт **Никопольского** месторождения имеет мощность 3-6 м, рис. 9.28. Он залегает либо на месте мощной размытой коры выветривания, либо в пределах ее сохранившихся реликтов. На поднятии палеорельефа пласт выклинивается, а к югу расщепляется, сменяясь безрудными или марганец-карбонатсодержащими глинами. Отдельные прослойки здесь имеют мощность до 0,3 м. Они сложены рудными оолитами и обломками, безрудным материалом. Руды месторождения двух типов - карбонатные, представленные родохрозитом, манганокальцитом, и оксидные, из манганита и пиролюзита. Различают «конкреционные» (более 50% марганца) и «сажистые» (10-50% Мп) разности.

По запасам марганца Украина находится на втором месте в Миров. Они оценены в 2,5 млрд т, что соответствует 11,7% от Мировых. Однако ей далеко до занимающей первую строчку ЮАР с 13,6 млрд т Мп, или 63% Мировых ресурсов. Марганцевые месторождения Украины разрабатывают с 1883 г. За этот период отработана их значительная часть. Только в Никопольском бассейне за последние

полстолетия добыто более 500 млн. тонн руды. При таких темпах сырья хватит только на ближайшие 20 лет. Добычу ведут с производительностью 2,0 и 7,1 млн. тонн руды в год.



2 –
–
7 – плиоценовые отложения (6 – глина серо-зеленая, 7 – известняк); 8-10 – миоценовые отложения (8 – глина серо-белая, 9 – глина черная, 10 – песок зеленый); 11-13 – олигоценовые отложения (11 – глина зеленая, 12 – марганцевая руда, 13 – каолин); 14 – докембрий.

Рис. 9.28.
Геологический разрез
одного из участков
Никопольского место-
рождения марганца. По
Д.И. Покровскому. 1-5 –
четвертичные
отложения (1 – чернозем,
лесс, 3 – глина красная, 4
глина бурая, 5 – песок); 6-
7 – плиоценовые отложения (6 – глина серо-зеленая, 7 – известняк); 8-10 – миоценовые отложения (8 – глина серо-белая, 9 – глина черная, 10 – песок зеленый); 11-13 – олигоценовые отложения (11 – глина зеленая, 12 – марганцевая руда, 13 – каолин); 14 – докембрий.



порфиры и туфы; 2 – известняки K_2 ; 3 – рудоносный горизонт; 4 – песчаники олигоцена; 5 – пески и глины начала среднего миоцена; 6 – порфиры; 7 – сброс.

Кавказ. Стратиформные марганцевые месторождения Грузии (**Чиатури**, рис. 9.29) – раннеолигоценовые. Они находятся в пределах Закавказского срединного массива.

Рис. 9.29. Положение
рудноносного горизонта в
геологическом разрезе
марганцевого месторождения
Чиатури, Грузия. По А.Г.
Бетехтину. 1 – кварцевые

Рудный горизонт состоит из 3-25 прослоев Мп-руд по 0,1-0,3 м, разделенных безрудными кремнистыми прослоями до 1 м мощностью каждый. Его суммарная мощность доходит до 14 м. Основная часть богатых руд тяготеет к низам разреза, более бедная – к верхам. Между ними существует безрудный прослой из гидроокисфлов железа, с глауконитом хлоритом. Преобладают вкрапленные оолитовые руды с 35% Мп. В «пласте» сплошных руд содержания Мп 45-58%. Карбонатные руды беднее – 10-30% марганца. Первично окисдные руды основания «пласта» на восток и северо-восток сменяются карбонатными. По минеральному составу различают руды пиролюзит-псиломелановые («черная белята»), манганитовые («бурая белята»), карбонатные (родохрозит, манганокальцит). Местные окисленные пористые, красно-коричневые руды, развитые по карбонатным, вернадитовые (вернадит $HMnO_3 \cdot H_2O$). В них Мп до 30%.

Турция. Добыча марганцевых руд в стране впервые началась в 1900-1901 гг. на северо-востоке Черноморского региона, где обнаружено месторождение **Перонит**. В Первую Мировую войну на юго-западе в области Фетхийе стали обрабатывать объект **Гёкчёовасик**. Помимо чисто осадочного месторождения **Бинкилич**, северо-запад Турции, все остальные аккумуляции марганца имеют вулканогенно-осадочное происхождение. Самое крупное из них – **Улукент** с резервами руды 2,5 млн. Минерализация родохрозитовая, локализована в черных сланцах нижнего мела. По первичным залежам развиты окисдные руды. Содержания оксида марганца колеблется в интервале 34,3-78,6%.

Урал. Наиболее древним кайнозойским марганцеворудным бассейном на территории б. СССР является **Северо-Уральский**. На протяжении почти 200 км от г. Серова до пос. Бурмантово на севере (все в Свердловской области) протянулась полоса из 15 палеоценовых месторождений карбонатных, частично окисленных руд, из которых 9 детально изучены. Локализованы залежи среди песчаников и глин нижнего палеоцена мощностью до 30 м. Рудоносный горизонт подстилают терригенные толщи K_2 (кварц-глауконитовые пески и т.д.). Вскрышные породы мощностью до 120 м представлены аргиллитами и диатомитами. Рудные минералы – манганокальцит и манганосидерит. В окисленных разностях присутствуют манганит и пиролюзит. Подсчитанные запасы Мп в бассейне составляют 41,3 млн т с содержанием Мп 20-22%, прогнозируемые ресурсы – до 125 млн т. Первичные марганцевые руды (15-20% Мп) сложены родохрозитом и манганокальцитом. На верхних горизонтах распространены окисленные их разновидности с пиролюзитом, псиломеланом, манганитом (25-30% Мп). Разрабатывают месторождения **Тыньинское, Ново-Березовское, Березовское и Южно-Березовское.**

Индия. Ресурсы марганца оценивают в 240 млн т. Они сосредоточены в штатах Мадхья Прадеш, Махараштра, Орисса, Карнатака, Андхра Прадеш, Гоа, Гуджарат, Бихар. Орисса и Карнатака обеспечивают большую часть национальных ресурсов марганца: 25% и 40% соответственно. **Марганцевый пояс Махараштра** и маленький по площади штат Гоа вносят в общий потенциал еще 60 млн т марганцевой руды. По ресурсам марганцевых руд штат Орисса следует за наиболее богатым этим видом сырья штатом Карнатака (но именно Орисса держит первое место в стране по добыче руд за счет месторождений **Марганцевого пояса Бонай-Кеонжхар** (на севере. Прочие рудные объекты Ориссы – **Нишикхал-Кутинга** на юге и гондитовые аккумуляции пояса **Гангпур**, рис. 9.30, 9.31



Рис. 9.30. Общий вид марганцевого карьера в пригороде г. Нагпур, штат Махараштра, Индия <http://nevsedoma.com.ua/images/2010/148/7/80000004.jpg>

Марганцевые образования зеленокаменных поясов в Индии наиболее древние. Они тесно ассоциируют с полосчатыми железистыми формациями (BIF) с возрастом от архейского до протерозойского, а залежи марганца именуются как находящиеся среди кондалитов (глиноземистых гранат-кварц-силлиманитовых метасадков). В третичное и четвертичное время возникли «латеритоподобные» (латероидные, 'lateritoid') руды над некоторыми гондитами, кондалитами и содержащими джеспилиты зеленокаменными образованиями.

Рис. 9.31. Оксидная марганцевая руда пластового типа из карьера в пригороде г. Нагпур, Индия <http://nevsedoma.com.ua/images/2010/148/7/18000005.jpg>

Месторождения марганца пояса **М.П.-Махараштра**, поясов **Висакхапатнам-Срика-куларн**), **Марганцевого пояса Гангпур** в штате Орисса, частично, пояса **Норт Канара** штата Карнатака – пластового типа. Марганцевые объекты пояса

Сингбхум-Кеонжхар-Бонай,

Беллари-Хоспет и **Норт Канара** – латероидные. Последние особенно ценятся из-за малого содержания фосфора. Более 50% руд пояса **М.П.-Махараштра** – богатые.

Марганцевый пояс **Бонай-Кеонжхар** на севере штата Орисса производит 90% его руды, или 36% всеиндийского производства. Он занимает площадь 65 км x 25 км в пределах синклиория, который в литературе именуют «Железорудной лошадейю». Полосчатые железистые формации определяют контуры этой тектонической формы. Они выходят на поверхность почти без перерыва по периферии, тогда как руды Мп, ассоциирующие с глинистыми сланцами, распространены в центральной части. Породы пояса полагают наиболее древними метаотложениями плато Чхотанагпур и видят в них возрастные аналоги Дхарварской супергруппы. Все они интенсивно латеритизированы на разную глубину. Рудные тела приурочены к зоне глубин 50-55 м. Общая мощность измененных пород варьирует между 40 м и 120 м. Залежи Мп появились благодаря вторичному обогащению в глинистых сланцах, ассоциирующих с докембрийскими джеспилитами. Все они приурочены к латеритным шляпам на поверхности материнских пород. Различают по литологии: 1 – тонкие пласты, линзы, просечки, «ящичные формы», залегающие согласно с пестроцветными

кремнистыми, железистыми глинистыми сланцами. Это основной тип руд Мп региона; 2 – неправильной формы карманы, конкреции и линзы разного морфологического облика на глубинах от поверхности 0-10 м; 3 – тонкие жилы и прожилки, секущие друг друга в кремнистых сланцах и кремнеземистых кварцитах. Основные минералы – пиролюзит, псиломелан, криптомелан. Протяженность залежей меняется от нескольких до 300 м. Ширина тел много меньшая. Всего открыто 232 залежи.

Бокситы

С рассматриваемой эпохой связано более 80 % всех бокситов Мира.

Северная Америка. На Канадском щите в эоцене сформировалась поверхность Лаврентийской планиции. С ней связаны бокситовые месторождения юго-восточных штатов, в т.ч. центральной части штата **Арканзас**, южнее г. Литтл Рок. В позднемеловую эпоху здесь в песчаники и сланцы О-С внедрились батолиты нефелиновых сиенитов. В палеоцене их перекрыли монтмориллонитовые и каолининовые глины, известняки, песчаники мощностью до 200 метров. Снизу вверх постепенно происходило замещение монтмориллонитовых глин и аркозов каолинами и кварцевыми алевролитами, из чего Г.И. Бушинский сделал вывод о нарастании интенсивности выветривания пород суши в этом районе. Бокситоносны породы нижнего эоцена мощностью 30-100 м, представленной обычно углистыми, каолининовыми глинами с конкрециями сидерита и кварцевыми песками. В основании их со сложной гипсометрией залегает латеритная кора с бокситами. Линзы последних встречаются по периферии сиенитовых холмов Пуляски и Залине в каолининовых шлейфах, образовавшихся речных и озерно-болотных условиях при субтропическом или тропическом климате. Мощность боксит-каолининовых образований 10-30 м. По мере удаления от сиенитовых холмов (диаметр каждого у основания 8-9 км, высота 180 м) они сменяются серыми алевритистыми глинами с лигнитами, а еще дальше – зеленовато-серыми песками. Важнейшие типы бокситов: остаточный (экстралатеритный) на верхнемеловых нефелиновых сиенитах; II-коллювиальный; III-слоистый IV-конгломератовый. Они содержат микро- и криптокристаллический гиббсит, развитый по ортоклазу, микроклину, нефелину. Пизолитовые бокситы в залежах основные. Образованы оолитами (округлые образования 0,1-50 мм, обычно 1-20 мм), пизолитами (более 2 мм) из аморфного или скрытокристаллического гиббсита, с примесью оксидов титана, железа. В цементе между оолитами и пизолитами – гиббсит с примесью анатаза, каолинита. Мощность пласта пизолитового боксита 2-5 м, включая верхнюю «твёрдую шляпу» (hard cap) мощностью 0,2-0,5 м (боксит, содержащий до 50% каолинита). Более редкие белые высококачественные афанитовые бокситы образуют неправильные тела («лошади») бокситов остальных двух типов. Содержания Al_2O_3 в бокситах Арканзаса – 57%, в то время как в нефелиновых сиенитах только 18-21%. В 2-3 раза больше в бокситах также Zr, Ti, Fe, Nb, V, Ga, Sc, Mn. Самые значительные залежи обнаружены на склонах и днищах древних оврагов холма Залине/ Запасы бокситов с содержанием глинозема: 59% ($6\% SiO_2$) – 6 млн т; 52% ($10\% SiO_2$) – 48,9 млн т; 50% ($9\% SiO_2$) – 88,9 млн т. Бокситы Арканзаса при опытной переработке дали концентрат ZrO_2 до 3,0%. Арканзас – единственная территория в США, где разрабатываются бокситы (9.32).

В Южной Америке бокситы развиты на площадях, тяготеющих к Гвианскому щиту и на ЮВ Бразилии (рис. 9.33). В **Колумбии** они известны на северо-западе (в долине между Западной и Центральной Кордильерами, департамент **Антьокия**) и в центре страны (**Моралес Кахибио**, департамент Каука). В первом случае пласт бокситов мощностью 4-6 м прослежен на площади 20 км x 10 км. Содержания глинозема в нем 40-60%. Гиббситовые бокситы входят в состав преимущественно глинистой толщи, перекрывающей плейстоценовые туффиты и конгломераты. Бокситовый горизонт мощностью 2 м на 80% образован глиной с повышенным содержанием глинозема, а на 20% – желваками гиббсита. Запасы оцениваются в 20 млн т. Они содержат (%): Al_2O_3 – 59; SiO_2 – 3; Fe_2O_3 – 4,4, п.п.п. – 32.

Венесуэла располагает четырьмя бокситоносными районами, находящимися на востоке в пределах Гвианского плато. В районе **Гран Сабана** они обнаружены на высотах около одного километра. Залежи бокситов **Нурия** и **Упата** занимают сниженные водораздельные пространства, залегают на 20 высотах около 600 м среди каолинов. Их состав (%): Al_2O_3 – 60; SiO_2 – 0,9; Fe_2O_3 – 12, п.п.п. – 27,3.. Запасы бокситов в стране оценены в 103 млн т.

В Бразилии наиболее значительные аккумуляции бокситов известны в штате Минас Жераис. Его бокситоносные районы **Алегрриа**, **Ауро Прето**, **Диамантина**, **Нова Лима**, **Мариана**, **Посус ди Калдас** находятся на поверхности плато с абсолютными отметками около 1300 метров и на склонах гор с а.о. около 1800 м. Залежи бокситов мощностью около одного метра на плато Посус ди Калдас (а. о. поверхности 1200-1500 м) тяготеют к выходам гнейсов и щелочных пород, фонолитов, нефелиновых сиенитов. Их состав (%): Al_2O_3 – 56-61; SiO_2 – 1-2; Fe_2O_3 – 2-7, TiO_2 – 0,7-1,2, п.п.п. – 26-30. В районе **Алегрриа** разрабатывают пласт латеритных бокситов до 6 м мощностью, на доломитистых филлитах и доломитах. В северо-восточном штате Мараньян



Рис. 9.32. Все бокситы Арканзаса. Вверху слева – почтовая открытка начала XX века с видом разработок на полпути между городами Литл Рок и Хот Спрингс (), справа – современные разработки, Второй ряд – национальный памятник бокситам Арканзаса; воздвигнут в марте 1943 г. в благодарность за их вклад в обороноспособность США во время Второй мировой войны. Представляет собой глыбу высококачественного боксита весом около 20 т, привезенную из рудника Дулин близ г. Свит Хоум), округ Пуласки). Остальные фото – «глазастые» бокситы Арканзаса. Все типы. https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQWqQVvxJUoEO_ обнаружена залежь **Илха да Траура** железо- и алюмофосфатов (10 млн т). Она содержит 30-40% Al_2O_3 и 20-30% P_2O_5 . У устья Амазонки гиббситовые латериты с гематитом, гётитом, каолинитом мощностью до 10 м залегают на породах палеозоя, и третичных и докембрийских. Общие запасы бокситов штата Минас Жерайс оцениваются в 100 млн т, всей Бразилии-более 200 млн т.

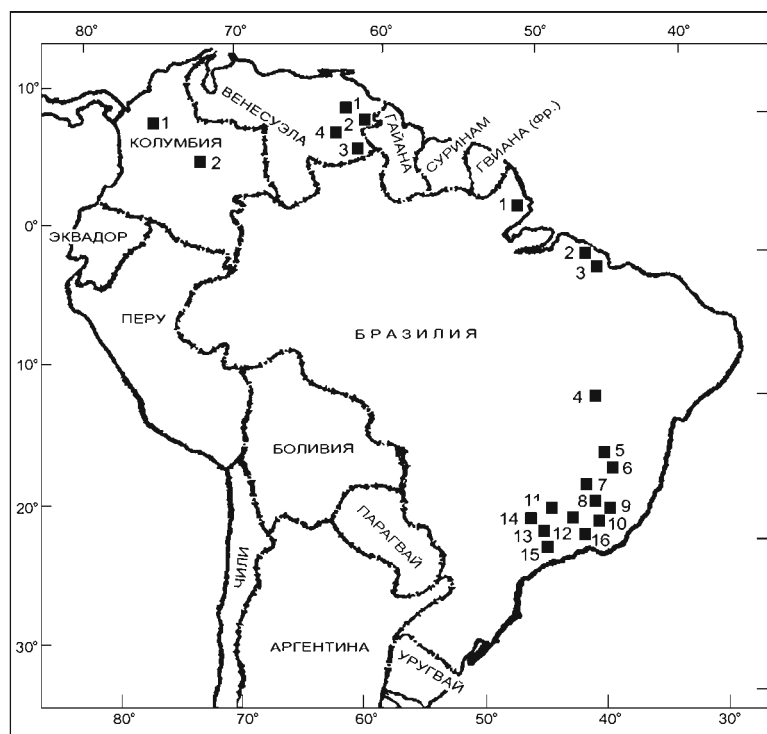


Рис. 9.33. Бокситоносные районы Южной Америки. По S.H. Patterson, из (Г.И. Бушинский, 1975). Колумбия: 1-Антюкия, 2-Моралес-Кахибио, деп. Каука. Венесуэла: 1-Упата, 2-Нуриа, 3-Гран Сабана, 4-Серрания де лос Гиаикос. Бразилия: 1-Амапа, 2-район р.Пириа, 3-Ирха да Траура, 4-Коррентина, 5-Диамантина, 6-Серро, 7-Нова Лима, 8-Ауро Прето, 9-Мариана, 10-Дескоберто, 11-Непомусено, 12-Посус ди Калдас, 13-Алегрриа, 14-Агуас да Прата, 15-Моги дас Крусас, Барра ду Пираи, 16-Лагинха.

Фута-Джалон. В целом ряде месторождений (Туге, Боке, Сангареди, Дабола, Фриа, Киндиа)



содержится более чем по 100 млн т бокситов, рис. 9.34

Рис. 9.34. Слева – латеритный боксит из Гвинеи. Справа – добыча боксита в Гвинее. <http://www.Guineamining.com/ibauxite/guinea2.jpg>.

Залежи **Туге** прослеживаются на сто километров по бовалям – вершинам столовых гор с отметками +750-900 м и относительными превышениями 200-400 м в междуречье Дафинг-Гамбия. Таких бовалей здесь десятки, с общей площадью 1 тыс. км². Бурые, пористые гиббситовые бокситы повсеместно развиты по терригенным образованиям рифея-палеозоя, долеритам мезозоя. Среднее содержание глинозема –40-48%, SiO₂ –1,3-5%. Запасы только на шести бовальях определены в 1,526 млрд т. Район **Боке** (250 км к СЗ от Конакри) имеет площадь 5000 км². Его бовали (5-20 км² каждый) на 200-400 м возвышаются над днищами долин. Латериты на их поверхности имеют мощность до 30 м и развиты по терригенным толщам силура, девона, прорывающим дайкам габбро-диабазов и долеритов. Рыхлые псевдоморфные бокситы (5-10 м) залегают над гётит-каоли-нитовым, с примесью гиббсита, литомаржем. Они перекрыты конгломератовидной кирасой до 10 м мощностью, где в верхней части Fe₂O₃ до 50%, а в нижней и собственно бокситах – 26-36%. Запасы бокситов с содержанием Al₂O₃ 55% около 1 млрд т.

В **Гайане** разрабатывают залежи **Маккензи** и других месторождений. Их общие запасы –150 млн т при содержаниях глинозема более 50 % в рудных районах **Бакхёйс** и **Паранам**. **Французская Гвиана** эксплуатирует месторождение **Коко**. **Суринам**, самая маленькая страна Южной Америки, тоже имеет бокситовые объекты и производит глинозем. В 2010 г. его производство сократилось до примерно 1,1 млн т с 2,0 млн т годом раньше. Здесь действуют два открытых рудника: **Кермотибо** и **Мознго** (рис. 9.61. Рудник **Кермотибо** начал работу в августе 2011 г. в 23 км к юго-востоку от столицы г. Парамарибо и в 11 км восточней глиноземного завода в г. Паранам, принадлежащего мировому гиганту **Алсоа**. Продукцию рудника **Мознго** продают на свободном рынке, это около 2 млн т бокситов в год.

Африка. Наиболее богата бокситами **Западная Африка**, особенно **Гвинея**. Большинство ее месторождений сформировались на разновозрастных поверхностях в мел-зооценовое время.

В **Гвинее** 16 бокситоносных районов объединены в бокситоносную провинцию плато

Уникальное, мирового значения, месторождение **Сангареди** находится на северо-западе страны, в 60 км от г. Боке. Относительное превышение поверхности бавалея над дном долины – около 90 м. Пласт олигоцен-мио-ценовых гиббситовых, с примесью бёмита, гётита, анатаза, бокситов средней мощности 15 м содержит 56,5-64,8% Al_2O_3 и не более 1,3% SiO_2 . Запасы бокситов – 150 млн т.

В Гане основные месторождения найдены в 60-150 км от океана на плато Ашанти, с абсолютными отметками поверхности 150-300 м, 500-700 м. К Центральной группе принадлежат **Эжуанема, Атева, Западной – Енахин, Афох, Нсисресо**. Бокситы гиббситовые, но в кирасе есть и бёмит, 10-30%. Латериты с бокситами месторождения **Енахин** залегают на основных породах бавалей. Розовато-желтые трубчатые бокситы мощностью 4 м перекрывают красный литомарж под красной конгломератовидной кирасой (4 м). В центре заболоченных бавалей они светлые, с невысокими содержаниями Fe_2O_3 , на краях – железистые (15-30% Fe_2O_3). Запасы – 200 млн. т. Бокситы месторождения **Афох** (40 млн т) развиты по сланцам.

В Гвинее-Бисау на невысокой (60-70 м) равнине, наклоненной к океану, находится бокситоносный район **Бое**. Латеритные коры с железистыми бокситами имеют мощность 10-20 м. Они залегают на



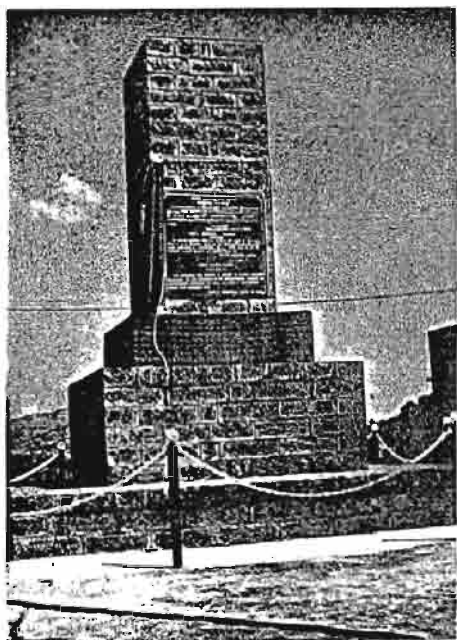
терригенных породах силура, девона, выходах долеритов. Бокситы среднего и высокого качества выявлены на бовалях вдоль границы с Гвинеей, месторождения: **Адам, Ева, Исаак, Якоб, Хаин, Ребекка, Рахель**.

В *Мальгайской республике* пласт железистых бокситов мощностью 1-2 м и запасами 2 млн т обнаружен в 150 км юго-восточней г. Антананариву (бокситоносный район **Абмободиногока**). Латериты развиты по биотитовым гнейсам. Латеритный покров пользуется широким развитием на острове, рис. 9.35

Рис. 9.35. Латериты Мадагаскара. <http://www.lensart.ru/picture-pid-1059b.htm?ps=18>

Небольшие залежи бокситов встречены и во многих других странах Африки, исключая её север и юг.

Индия – регион классических латеритов. Впервые латериты были описаны именно на индийском субконтиненте как материал, используемый местными жителями в строительстве («itica cullu» – «кирпичный камень»; «laterculus» - «кирпич-сырец»). В сыром виде латериты мягкие, но на воздухе твердеют и больше не размокают в воде. Ф. Вичапап в 1807 г. назвал их глинисто-железистыми породами, и только в 1898 г. М Бауэр обнаружил в них глинозём.



National Geological Museum of Latertia, Angadipuram, Kerala
Photo: J. Unpublished Survey of India



Латериты Индии вмещают залежи не только алюминиевых, но железных и редкометалльных руд.

Национальный приоритет выделения их в самостоятельный тип пород закреплен установкой на юге страны Национального Монумена (рис. 9.36).

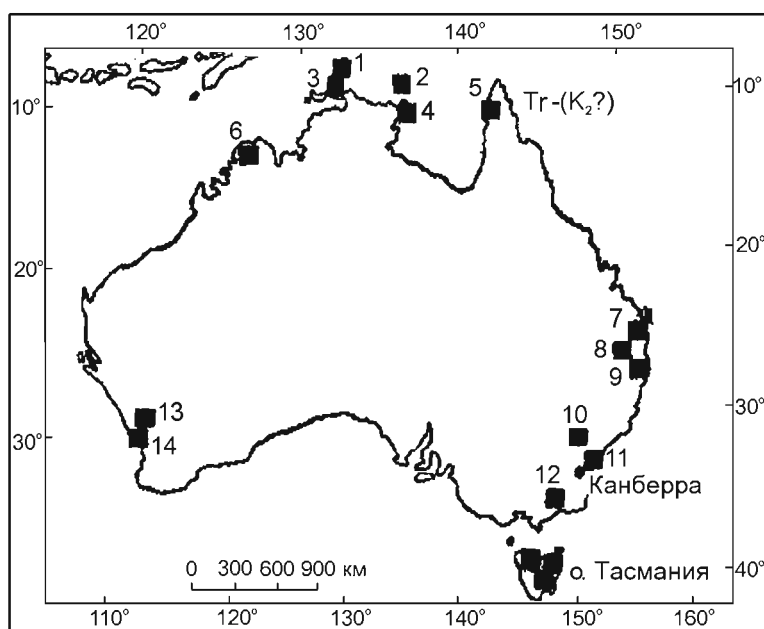
Рис. 9.36. Слева – Национальный Геологический Памятник Латеритам в г. Ангадипурам, штат Керала, Индия. Основание сделано из латеритных кирпичей (см. справа), текст

рассказывает о замечательных свойствах латеритов. Фото Геол. службы. Справа – заготовка латеритного кирпича http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d2/Laterite_quarry%2CAngadipuram2C India.

Латеритные месторождения в Индии классифицируют по ведущему полезному компоненту: 1 – алюминиевые латериты, в т.ч. бокситы; 2 – железистые латериты (железные руды); 3 – Mn-содержащие латериты (марганцевые руды); 4 – Ni-содержащие латериты (руды Ni); 5 – Cr-содержащие латериты (руды Cr). В год добывается более 1 млн. тонн бокситов.

Вьетнам по ресурсам бокситов претендует на первое место в Море – по состоянию на 24 ноября 2010 г. 11 млрд т. На северо-востоке обнаружены осадочные бокситы месторождений **Тапна, Донданг, Мамео**, залегающие на карбонатных породах позднепермского возраста. Основные рудообразующие минералы — диаспор и бёмит с содержанием Al_2O_3 40-56%, SiO_2 1-12%. Запасы достигают 100 млн. т руды. Основные латеритные залежи находятся на юге в районах с латеритными бокситами **Комплонг-Канак, Прибрежный, Дакнонг, Баолок-Зилинь, Фьюкнонг**. Материнскими породами кор выветривания там являются неоген-четвертичные базальты. Бокситы железистые с содержанием 35-40% Al_2O_3 , 2-13% SiO_2 , 10-40% Fe_2O_3 , главными минералами являются гиббсит и гетит.

В Австралии (рис. 9.37) в 2003 г. добыли 53 млн т бокситов, получили 16,5 млн т глинозёма (первое место в Море) и 1,9 млн т алюминия.



Представлена горнорудная и алюминиевая промышленность 5 бокситовыми рудниками, 6 глиноземными заводами, таким же количеством предприятий по получению первичного алюминия, 12 штамповочными и 4 прокатными производствами. Все аккумуляции бокситов ассоциируют с латеритами, из минералов глинозёма в них повсеместно преобладает гиббсит. Разрабатывают бокситы **Уэпа**

Рис. 9.37. Бокситовые месторождения Австралии. По (Г.И. Бушинский, 1975). Месторождения: 1-о. Крокер, 2-о-ва Марчинбар, 3-п-ов Кобург, 4-Гов, 5-Уэйпа, 6-Митчел Плато, 7-Хемптон, 8-Тамбурин-Маунтин, 9-Инверелл, 10-Трайдел, 11-Мосс Вейл, 12-Джипсленд, 13-Дарлинг Рэйндж, 14-Яррадел, 15-о. Тасмания.

(север Квинсленда), полуострова **Гов** (Северные Территории), **Дарлинг Рэйндж** (запад континента). Месторождения **Митчел Плато** Западной Австралии и **Кэйп Бугенвиль** на ее севере ждут освоения. Северный бокситоносный пояс образуют районы и месторождения **Уэйпа, Комалко, Митчел Плато, Кобург, о. Крокер, Гов, Уэссы**. Месторождения бокситов побережий юго-восточной Австралии, штаты Новый Южный Уэльс и Квинсленд небольшие. Обычно они развиты на субстрате третичных базальтов, латеритные, переотложенные, гиббситовые [Бушинский., 1975].

Сибирь. В 1934 году Е.Н. Щукиной в центральной части Енисейского кряжа было открыто **Татарское** месторождение бокситов карстового типа. Сейчас к нему добавились Сохатиное, Березовское, Средне-Татарское и Мурлинское. В наиболее крупном Татарском месторождении среди пестроцветных глин, заполняющих карстовые депрессии, насчитывают 14 залежей с запасами 19 млн т. Размеры воронок – первые сотни метров, мощности рудных тел – 150-175 м..

В Восточном Саяне выделен **Южно-Енисейский** бокситоносный район. Здесь в Беллыкском Белогорье обнаружена линза эоценовых бокситов **Алгашлык** мощностью до 45 м. Содержания в ней оксидов (%): Al_2O_3 – 42-53; SiO_2 – 2-17; Fe_2O_3 – 12-32. В зоне сочленения Енисейского кряжа и Сибирской платформы известно **Ендинское** месторождение карстового типа. В районе Чадобецкого поднятия на юге Тунгусской синеклизы, юго-западная Сибирь открыты месторождения бокситов **Центральное, Ибджибек, Пуня** с общими запасами, 47,9 млн тонн. Наиболее крупное **Центральное** приурочено к замкнутой котловине, сложенной озерно-болотными образованиями. Продуктивная толща представлена бокситами, пестроцветными каолиновыми и бокситовыми глинами, бурыми глиноземистыми железняками. Бокситы, включающие глинистые, рыхлые и каменистые

разновидности, образуют 29 пластовых и линзовидных тел со средней мощностью 10,3 м и коэффициентом вскрыши 1,15. Средние содержания составляют (%): Al_2O_3 35,84, SiO_2 6,64, Fe_2O_3 29,37. А.Д. Слукин [1975] на этом месторождении, помимо осадочных бокситов, выделил и латеритные. Их мощность до 8,5 м, содержания Al_2O_3 - 88-60,65%, Fe_2O_3 - 2,1-40,58%, SiO_2 - 0,78-1,98%.

Казахстан. В **Амангельдинском** бокситоносном районе Тургайской бокситоносной провинции к мел-палеогеновой коре выветривания и продуктам её переотложения приурочены **Аркалыкское** и **Ашутское** месторождения. Содержание глинозема в лиловых бокситах обычно 50-60%, основной минерал в них гиббсит. Коры выветривания образовались на терригенно-карбонатных породах девона с убогой в ряде случаев полиметаллической минерализацией. В бокситах накапливается серебро (от 1,1-21 г/т, в среднем 9,876 г/т), меньше, золото.

Никель и кобальт

Большая часть запасов никеля и кобальта связана с корами выветривания на ультраосновных породах. Ресурсы этих стратегических металлов по регионами Мира в табл. 9.1. Существуют и другие оценки, выводящие в лидеры по ресурсам другие страны.

Таблица 9.1.

Основные показатели мировой сырьевой базы оксидно-силикатных руд. по Б.М. Михайлову, 2002

Страна	Запасы Ni, млн т	Добыча Ni, тыс. т	Содержание Ni в руде, %
Новая Каледония	11,700	121	2,10
Индонезия	2,960	88,2	1,60
Филиппины	0,370	3,5	2,10
Колумбия	0,450	24,0	2,60
Куба	18,000	40,0	1,10-1,16
Россия (Урал)	0,5	8,0-10,0	0,71

Юго-восток Азии и Океания один из основных поставщиков дефицитного никеля, который получают из кайнозойских латеритов. В **Индонезии** на о. Сулавеси располагаются крупные никелевые объекты **Помолаа** (юг острова), **Сороако** (север острова), **Ларона**, **Колако**, **Кукузан** на юго-востоке о. Калимантан. Более мелкие представлены на островах Моллукских, Гебе, Вайгео. Тип месторождений – охристо-серпентиновый. При отработке первых двух месторождений добывались только гарниерит-серпентиновые руды, а охристые кобальт-никелевые не использовались. Кора выветривания развита по породам дунит-лерцолит-гарцбургитовой ассоциации. **Индонезия** располагает 15,7% мировых ресурсов латеритного Ni (1576 млн т руды с 1,76% Ni, 25 млн т Ni). Для **Филиппин** (рис. 9.38) эти значения: 17,4%; 2189 млн т; 1,28% Ni; 28 млн т Ni.



Рис. 9.38. Площадь развития никеленосных латеритов Агата (окоптурена желтыми точками) в рудном районе Суригао на острове Минданао, Филиппины. По Mindoro Resources/.

Еще более высокие цифры характеризуют ресурсы **Новой Каледонии** (рис. 9.39) 2,9%; 2559 млн т; 1,44% Ni; 37 млн т Ni. Здесь известны около 1500 месторождений эоценовых никеленосных кор выветривания на площади более 10 тыс. км². Здесь ежегодно добывают более 3 млн т руды из обогащенных никелем сапролитов (2,5-3%). Запасы кобальта оцениваются 900 тыс. т при среднем его содержании 0,07%. Гарниеритовые залежи эксплуатируют в пяти центрах на севере и юге острова: **Тио**, **Коуауа**, **Тьебаги**, **Непоуи-Копето**, **Этуаль дю Нор**.

В **Австралии** только латеритных руд никеля 2452 млн т при средних содержаниях 0,86%. Это отвечает ресурсам собственно металла 21 млн т. На востоке континента выявлены объекты с серпентин-охристыми залежами по перидотитам (**Гринвейл**), серпентиновыми (**Рокгемтон**), охристыми (**Уингеллина**), керолит-нонтронитовыми (**Ора-Банда**). Никеленосные коры развиты по серпентинитам, реже по коматиитам и дунитам. В латеритной коре выветривания месторождения **Гринвейл**, штат Квинсленд, содержания никеля: в исходных породах 0,28% (0,01% Co), в выветрелых серпентинитах 1,5-1,7, в кремнистых породах (ящичные кремнистые руды зон трещиноватости) – до 6%, в лимонитах – 1,2-1,4% (0,5% Co, в среднем, 0,25%). В прочих породах коры его концентрации низкие. В самой верхней части элювия – кираса, – сложенной оолитами и пизолитами, содержания Ni и Co тоже невелики. В латеритах Ni концентрировался в водных силикатах таких как непунит $Ni_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$, в гётите, смектите, оксидах марганца. Месторождение эксплуатировали в 1974-1992 гг. Объект **Муррин Муррин** на юге штата Западная Австралия в 2005 г. располагает ресурсами латеритной Ni-Co руды 334 млн т, с содержаниями 1,06% Ni и 0,085% Co. Руды развиты

серпентинизированным перидотитам. Серпентинизированные перидотиты содержат 0,2% Ni, сконцентрированного в лизардите.

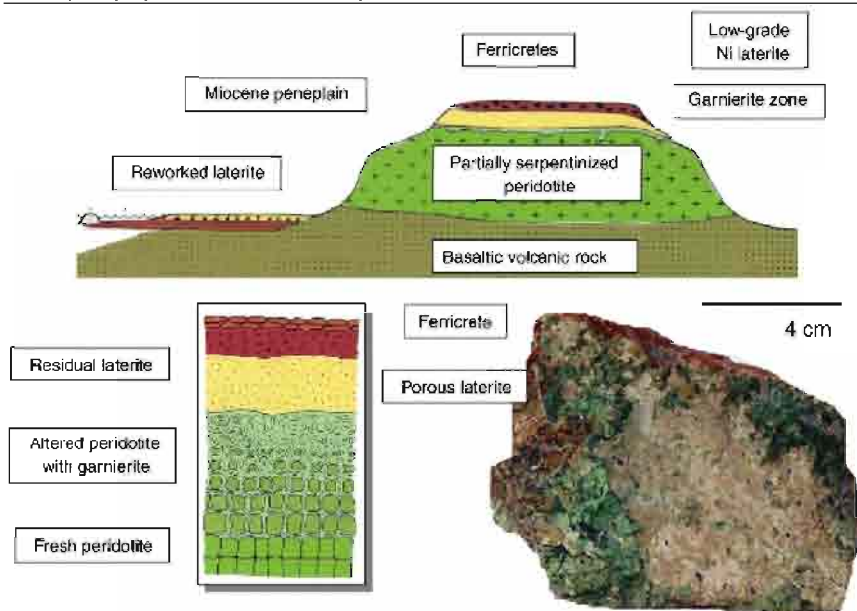


Рис. 9.39 Типичные разрез и никель-кобальтовые латеритные руды Новой Каледонии. Вверху – разрез миоценового пенепплена, в пределах которого (сверху вниз) располагаются зоны: 1 – феррикретовая; 2 – гарниеритовая; 3 – частично серпентинизированных перидотитов; 4 – основных вулканитов (базальтов). У подножья залегают переотложенные латериты. Внизу слева приведен частный разрез, с выделенными зонами остаточных латеритов, измененных перидотитов с

гарниеритом, свежих перидотитов. Внизу справа – фото образца породы с участками феррикрета (темно-красноватыми), пористого латерита (светло-коричневые) и зеленым гарниеритом. http://rudocs.exdat.com/pars_docs/tw_refs/433/432070/432070.html_395a25ed.gif

В Индии никеленосные латериты открыты в штатах Одиша (б. Орисса), Манипур, Тамил Наду (Тамилнад), на Андаманских островах. На кратоне Сингбум в штате Орисса никеленосная латеритная кора выветривания месторождения **Сукинда**, развита по дунитам, содержащих хромиты. Она находится в понижении рельефа поверхности выравнивания, перекрыта аллювиальными отложениями, игравшими роль защитного слоя. Здесь сосредоточена большая часть ресурсов никеля Индии.

На Кубе рудоносные латериты эоцена, развитые по гипербазитам, прослежены на 800 километров (рис. 9.40) Co-Ni-Al-Fe аккумуляции особенно распространены в восточной пров. Ориенте. Месторождения **Пунта Горда** и **Моа Бэй** на восточной окраине крупного (1,5 тыс. км²) массива меловых перидотитов входят в состав рудного поля **Моа Бэй** с единым латеритным покровом. Различают 16 рудоносных участков, в том числе **Плайя-ла-Вака**, **Атлантик**, **Пилото**, **Купейяль** и другие. Мощности рудных тел колеблются от 7 до 13 м. В 1998 г. доказанные и вероятные запасы никеля **Моа Бэй** составили 60 млн т руды с 1,27% Ni. Объекты включают в более крупную латеритную «провинцию Восточной Кубы» с ресурсами 1,2 млрд т руды (1,3% Ni), в которой находятся месторождения **Пинарес-де-Маяри** и **Никаро**. Общие ресурсы Ni Кубы порядка 27 млн т.

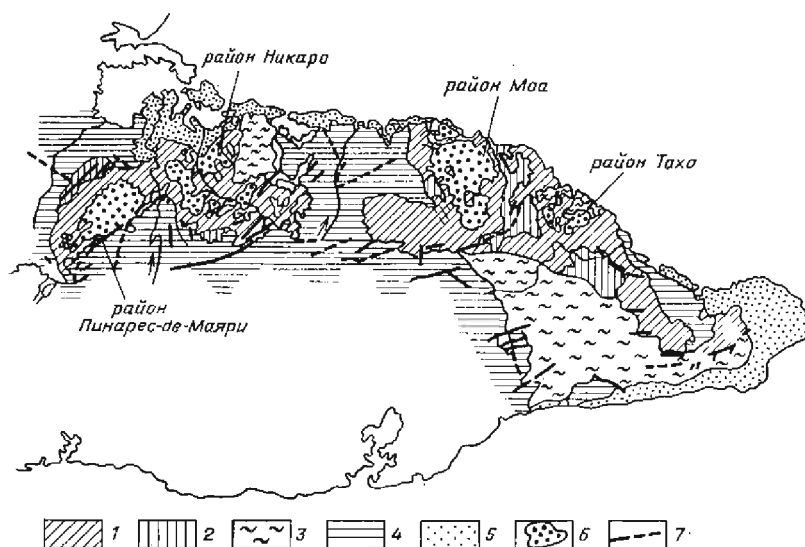


Рис. 9.40 Схема размещения никеленосных кор выветривания в пределах Восточной Кубы. По А.С. Вершинину, 1993: 1 – гипербазиты; 2 – габбро; 3 – породы складчатого основания, предшествовавшие внедрению гипербазитов (кристаллические сланцы J и основные эффузивы K₁); 4 – породы синхронные кубинской складчатости: конгломераты, песчаники, туфы, известняки, мергели (маастрихт-палеоцен); 5 – породы платформенного чехла: мергели, песчаники,

глины, аллохтонные латериты (олигоцен-квартер); 6 – площади развития никеленосных КВ; 7 – зоны тектонических нарушений.

В Доминиканской республике, 80 км северней Санто Доминго, крупное латеритное месторождение **Фалкондо** обеспечивает ежегодную выплавку 32 тыс. т ферроникеля (40% Ni, 60% Fe). С начала эксплуатации в 1971 г. месторождение дало 620 тыс. т продукции по содержанию Ni. Латеритные руды извлекают на участках **Ларга, Лома Ортега, Фрасер, Пегуэра, Таина, Гуардаррайа**, занимающих вершины холмов с отметками 200-600 м над уровнем моря. Залежи находятся под вскрышей от первых до 40 м, средней мощностью 7 м. Все они развиты по серпентинизированным ультрамафитам.

На островах *Карибского архипелага* никеленосные латериты занимают площадь до 5000 км². Ресурсы оценивают в 344 млн т с 1,17% Ni (11 млн т Ni). Это 6,9% мирового латеритного Ni.

США. На юго-западе штата Орегон расположено единственное месторождение силикатного никеля – **Никел-Маунтин**. Оно удовлетворяет потребности США в этом металле на 7%. Добыча предпринята по решению правительства США в 1954 г., посчитавшего опасным для государства не иметь самостоятельного производства металла, незаменимого при производстве двигателей боевых самолетов. Разрабатываются латериты коры выветривания по перидотитам мелового возраста.

В *Бразилии* никеленосные латериты известны более века. Эти продукты выветривания ультрабазитов распространены между 8° и 25° ю.ш. Большинство месторождений находится в центральном штате Гояс, Страна по ресурсам никеля (4,1 млн т) занимала седьмую позицию в Мире (1975 г.). В позднеэоценовый «цикл Вельяс» древние никеленосные массивы ультрабазитов были выведены эрозией на поверхность. Под меловым силкритом начал формироваться новый металлоносный профиль выветривания, латеритный во влажном климате Центральной Бразилии, сапролитовый в аридных условиях ее северо-востока. Об этом напоминают плато и плосковершинные горы-останцы современного рельефа над гипербазитами. Наиболее мощные никеленосные латериты известны на объектах **Морру ду Никел, Барру Альту**. Эоценовое месторождение силикатного никеля **Сан Жоау ду Пьяуи** активно разрабатывалось. В 2007 г. его ресурсы составили 88 млн т руды с содержанием 0,86% никеля. Еще один перспективный объект – **Брежу Секу** на юго-востоке штата Пиауи. В латеритах Бразилии силикатные руды никеля доминируют над лимонитовыми разностями, что объясняют четвертичной «тектоно-морфоклиматической» эволюцией ранних залежей. В этом видят важное отличие латеритных месторождений никеля Бразилии от иных регионов Мира.

Колумбия. В 400 км северней столицы Богота, находится латеритное месторождение никеля **Серро Матосо**. Здесь на западном склоне Анд оконтурена залежь овальной в плане формы протяженностью 2,5 км. Она приурочена к вершине холма, возвышающегося на 200 м над прилегающим пространством. Залежь перекрыта слоем латерита, поверх которого часто развиты железистые конгломераты-канга. Собственно руды представлены сапролитом и сапролитизированным перидотитом. В основании залегают неизменные перидотиты. В 1999 г. доказанные+вероятные резервы составили 35 млн т руды с содержанием 2,3% Ni при бортовом содержании 1,5% Ni и 60 млн т, если «борт» опустить до 1% Ni. По этой причине **Cerro Matoso** полагают одним из крупнейших в Мире.

На *Балканах* латеритные месторождения никеля и бокситов находятся в тектонических зонах Мирдита-Суб-Пелагонианской и Пелагианской. Они развиты по верхнеюрским и нижнемеловым офиолитам. Тектонические режимы были в мелу и кайнозое настолько напряженными, что тела металлоносных латеритов были раздроблены, перенесены или вовсе перемешаны с подстилающими породами (меланж). Их Fe и Ni были многократно мобилизованы и вновь переотложены, отчего первичные минеральные ассоциации и химические составы трудно восстанавливаемы. Потенциальные резервы Fe-Ni руд Греции оценивают в 100 млн т при содержаниях 1-1,4% Ni.

В *Турции* единственное месторождение латеритного никеля **Чалдаг** находится на западе страны в области Маниса. Для него подсчитаны резервы 49 млн т руды с 1,49% Ni.

Золотоносные коры выветривания и россыпи

В *Финляндии*, запад Лапландского гранулитового пояса, золотоносный аллювий распространен в бассейне р. **Лемменйоки**. В сентябре 1945 г. братья Рантилла представили публике реальное золотые самородки отсюда как коллекционный материал. При промывке обнаруживают и самородки Pt. Юго-восток площади **Ивалойоки** стал известным в Европе полем «старательского туризма». Мелкие самородки Au отсюда – дорогостоящие сувениры; стоимостью в разы большей собственно металла.

На *Полярном Урала* широко распространены коры выветривания предположительно мел-палеогенового возраста так называемого Зауральского, или Восточно-Уральского пенеплена, с возвышающимися над ним останцовыми поверхностями. Одна из них с абсолютной отметкой 191 м рассматривается Н] как золоторудное месторождение **Новогоднее-Монто**, связанное с корами выветривания. Коренные руды D₂₋₃ золото-(сульфидно)-кварцевые жильные и прожилково-вкрапленные,

золото-сульфи-дно-магнетитовые скарновые. В гидроксидах железа **Новогоднего-Монто** более 200 г/т Au.

На **Салаирском** кряже открыты месторождения мел-палеогеновых золотоносных кор выветривания, в том числе **Егорьевское** (Новосибирская область), **Апрельское** (рис. 9.41) и **Христиновская Яма** (оба в Кемеровской области).

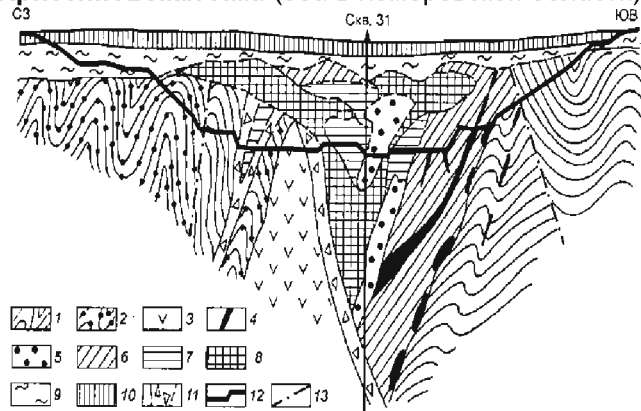


Рис. 9.41 Геологический разрез золотоносной коры выветривания Апрельского месторождения огнеупорных глин, Салаир (Н.А. Калинин, 2006). Сапролиты по исходным породам печеркинской свиты (Є_{1р}): 1-3-выветрелые 1 – кварц-серицитовые сланцы, 2 – углистые сланцы, 3 – кислые эффузивы и их туфы, 4 – залежи бурых железняков; элювиальные глины: 5 – красноватые бокситовые, 6 – красноватые, 7 – белые каолиновые некондиционные, 8 – белые каолиновые огнеупорные, 9 – каолиновые глины местного переотложения, 10 – аллохтонные

лессовидные суглинки; 11 – зоны дробления; 12 – контур дна карьера; 13 – тектонические нарушения.

На **Башкирском Урале** раннекайнозойские (палеогеновые) коры по золотоносным телам распространены в **Авзяно-Белорецком** районе с объектами **Горный Прииск**, **Рамеева жила**, **Калашникова жила**, **Акташ**, **Кургашля**, перспективные площади **Ишлинская**, **Инткрановская**, **Кагармановская**, **Суранская**, **Шатакская**. На объекте **Горный Прииск** золото фиксируется по всему разрезу коры, но больше его в глинистых породах. Обогащенные интервалы с содержаниями до первых грамм на тонну отмечены на разных глубинах, а также в приповерхностной зоне мощностью до 10-16 м

На севере **Бурятии** Еравнинская впадина с золотоносными россыпями находится на периферии уникального раннекембрийского колчеданно-полиметаллического **Озернинского** рудного поля в окружении реликтов меловых-палеогеновых каолиновых кор с мощностями 30-50 м, до 100 м.

Лено-Витимское междуречье – старинный район золотодобычи из россыпей. Только в Ленском районе за полтора века эксплуатации извлекли 1200 т Au. Россыпи условно относят к среднему-верхнему или просто верхнему плейстоцену. Современные исследования могут изменить это мнение. Местные огромной мощности накопления («долинный аллювий» – 6-10 м, «древний аллювий» – 5 м, «коллювий + древний аллювий» – 30 м) по палинологическим данным показали: золотоносные отложения начали формироваться в конце эоцена, чтобы продолжиться в олигоцене и миоцене.

Восток Якутии и Магаданскую область с их россыпями традиционно объединяют в **Центрально-Колымский** регион – единственный в Мире, где из россыпей добыто 95% всего произведенного золота. Россыпного металла здесь получили за 70 лет 2500 т, в т.ч. из объектов центральной части региона – 1892 т. Среди россыпных месторождений особенно крупными оказались россыпи р. **Берелёх**, давшие 250 т благородного металла, **Чай-Юрья** – 205 т, **Ат-Юрья** – 140 т, **Хатыннах** – 78 т.

В **Амурской области** по состоянию на 01.01. 2003 г. учтено более 6000 россыпных золотоносных объектов в ранге месторождений, россыпепроявлений и прогнозируемых участков. Все они сосредоточены в пределах 13 рудно-россыпных районов и входящих в них 46 рудно-россыпных узлов, общая площадь которых составляет 155 тыс. км (42,6% площади Амурской области). Большинство объектов имеют запасы менее 700 кг, но отрабатывают и несколько россыпей с запасами более 5 т. Прогнозные ресурсы россыпного золота категории Р1 оценивают в 100 т, общие ресурсы 130 т. Из россыпных месторождений Амурской области в 2009 году произведено 6 тонн 508 кг золота.

В **Казахстане** на площади **Талды-Ащисайского** месторождения меловых бокситов (Мугоджарский район Актюбинской области) обнаружены долинные и ложковые россыпи четвертичного возраста на площади 20 км². Их золотины имеют размерность до 100 мкм. В Акмолинской области открыты древние россыпи **Караултобе** и **Таукин**. Россыпь **Май-Капчагайская долина** Восточно-Казахстанской области известна двумя продуктивными горизонтами: современным аллювием и в основании кайнозойской аллювиальной толщи. Среднее содержания золота последнего на мощность 0,8-1,5 м 15-62 г/м³. На объекте **Суздальское**, 40 км северо-западной Семипалатинска, мощность линейной коры – 60-80 м. В ней известны 4 рудных залежи, в каждой – два-три рудных тела. Тело № 1 прослежено на 0,6 км при мощности 0,7-30 м. Содержания Au в нем 1-102,4 г/т, 9,8 г/т в среднем. Рудное тело 1а мощностью 20 м, протяженностью 200 м, содержит до 100 г/т Au.

В *Китае* россыпи золота обнаружены в долинах рек, дренирующих площадь антиклинория Лаоелин. В **Хэндуаньшаньской** зоне глыбовых структур к западу от Сикан-Юньнаньского платформенного антиклинория (запад пров. Юньнань) россыпное золото выявлено в районах Яньцзяна и у г. Юнпин.

Во многих регионах Канады и США кайнозойские, особенно, четвертичные, золотоносные россыпи – давние объекты эксплуатации. На Аляске они в XIX веке становились причиной нескольких волн «золотой лихорадки». Поныне бассейн р. Юкон Канады и США, где богатые россыпи были открыты в 1896 г., остается заметным центром добычи аллювиального золота (канадский г. Доусон). В 1880-1957 гг. на Аляске добыли 870 т Au (28 859 718 тройских унций) на сумму \$722122186. Примерно 550 т поступило из россыпей. В 1958 и 1959 гг. преимущественно из аллювия извлечено еще около 11 т (365 353 унции) драгоценного металла. Выделяют около полусотни исторических рудно-россыпных районов. Среди них, в т.ч., и рудный район **Чичагов** (25 т совокупной добычи, или 0,8 млн унций) на островах с русскими именами **Чичагов, Якоби, Баранов** и более мелких, входящих в архипелаг Александры. Отметим наиболее выдающиеся районы. Среди них, конечно, **Фербенкс** с центром в одноименном городе, открытый в 1902 г. итальянским эмигрантом Феличе Педрони и Томом Гилмором в бассейнах рек Танана и Чена. Он быстро стал лидером золотодобычи: 250 т золота в историческое время извлекли в равных долях из коренных руд и россыпей. Ныне в его горном округе Гудпастер, 137 км к юго-востоку от Фербенкса, действует рудник **Пого**, разрабатывающий две мощные (несколько м) богатые (около 15 г/т золота) кварцевые жилы, открытые в 1992 году г. Горный район **Фотимайл** Центральной Аляски и есть знаменитая **Сороковая миля**, описанная в рассказах Джека Лондона. С открытия в 1886 г. ее богатых россыпей началась волна «золотой лихорадки». Район известен историей о том, как посланные правительством США в 1899 г. для борьбы с беззаконием солдаты сами превратились в нанятых старателями перевозчиков грузов между Вальдесом и Иглом, забыв о целях миссии. Открытие золотых самородков в притоке р. **Клондайк** на соседней канадской территории Юкон в 1896 г. заставило людей метнуться туда, но после часть старожилов вернулась на **Сороковую милю**, наиболее продуктивный регион Аляски, давший 38 т золота (1,2 млн унций), т.е. 5% совокупной добычи штата Аляска (около 800 т). Между тем, район **Клондайк** недаром пользуется и ныне мировой известностью: его аллювиальные россыпи обеспечили производство 390 т золота (12,5 млн унций). Рудный район **Ном** был открыт в 1898 г. «тремя счастливыми-шведами», которых звали Яфет Линдберг, Эрик Линдблом, Джон Бринтезон. Аллювиальные россыпи обеспечили производство 112 т золота (3,6 млн унций).

В *Калифорнии, США*, золотая лихорадка началась в 1840-е гг., за полвека до аляскинской. В бассейнах рек обрабатывали россыпи, возникшие при размыве золото-кварцевых жил. До сих пор на склонах Сьерры Невады еще обнаруживают глубоко залегающие древние россыпные тела с мощностью пластов до 45-60 м. Нередко они превращены в конгломераты, сцементированные пиритом, кремнеземом. Россыпное золото встречается во многих пересыхающих и эфемерных водотоках штатов Невада, Аризона, Нью-Мексико. Во многих местах там могут находиться значительные ресурсы небогатых россыпей, но нехватка воды требует применения для экстракции металла дорогостоящих «сухих» и «полусухих» технологий, что затрудняет освоение. Штат Айдахо в иные годы становился первым в США по объему производства золота из россыпей. Одной из важных площадей дражной добычи был бассейн реки Буас, запад центральной части штата. Прочие россыпи находились по рр. Сэлмон, Клиэвотер и их притокам, особенно по Элк Коти, Пис Орофино.

В *Бразилии*, помимо множества россыпей, есть и необычные кайнозойские аккумуляции золота. Таково **Банья**, округ Каражас. Оно связано с мощным (30-300 м) кайнозойским латеритным покровом над сульфидизированными золотоносными хлоритовыми сланцами. В верхней части коры многочисленны железистые конкреции. Последние содержат мелкие (менее 1 мм) колломорфные и дендритовидные выделения электрума (21,37% Au, до 1,04% Hg, до 0,41 Cu, до 0,08% Pt). С глубиной пробыность золотин возрастает. На месторождении **Салобу**, штат Параиба, золотом обогащены коры выветривания в зоне шарьяжа. Латериты и подстилающие окварцеванные сульфидизированные сланцы содержат 5 г/т Au.

На *севере Гвинеи* многочисленны проявления золота в латеритах западной части зоны **Сигири**. Местные старатели отработали латеритную кору выветривания на золото-кварцевом месторождении **Банора**. В 1959-1960 г.г. добыли 482 кг металла, при содержании в коренных породах 40,4 г/т. Значительна россыпь высоких (40-50 м) террас р. **Майел**. Преобладающий класс золотин по отдельным пробам то +0,5 мм (до 80%), то +1,0 мм (35%). В песках есть глыбы золотоносного (до 30 г/т) кварца.

В *Уганде*, площадь **Мпумудде**, марганцевистые золотоносные конкреции образуют в латеритах хорошо выраженные слои мощностью до 0,5 м на глубине до 1,5 м. В них обнаружено до 150 г/т золота, а также 0,08% вольфрама, до 0,25% меди, иногда более 3% свинца [Беневольский и др., 1995].

В *Кот д'Ивуар* значительные ресурсы золотоносных латеритов отработывают на месторождении **Ити**. Основные залежи приурочены к вершине горы Флотуо, в пределах которой золоторудные тела оказываются наиболее приближенными к поверхности. На площади **Агбу** в бирримском зеленокаменном поясе породы нижнего протерозоя смяты в складки. Все латериты содержат золота более 0,5 г/т. Их мощность составляет 1-5 м. Отмечена вторичная минерализация.

В Австралии, особенно на юго-западе, железные латеритные шляпы обогащены благородными металлами. В корах выветривания архейского месторождения **Калгурли** и расположенных рядом месторождений **Маунт-Перси** и **Кэноуна** содержалось до 35 г/т золота. Ресурсы золота в латеритной коре (мощности от 10 м до 110 м, в среднем 35 м) месторождения **Боддингтон** (рис. 9.42), бокситоносный район **Дарлинг Рэйндж** кратона Йилгарн, которая разрабатывалась ранее на бокситы, определены в 115 т. Среднее содержания Au 1,8 г/т, бортовое – 1,0 г/т (Б.И. Беневольский и др., 1995). Запасы золотоносных латеритов с промышленными содержаниями – 80 млн т. Центром золотодобычи является район **Лоулерс** с расположенными поблизости месторождениями **Бронзеин**, **Маунт-Кейт** и **Сэндстоун**, где промышленная золотоносность связана с латеритами по зеленосланцевым и метабазитовым породам. Содержания гипергенного золота (тонкие частицы в трещинках, дендриты на поверхности гетита) достигают 9 г/т. На месторождении **Бронзеин** (ресурсы 85 т, среднее содержание 4,6 г/т) золото в коре выветривания (90-120 м) концентрируется в двух горизонтах – сапропелите и латерите, разделенных зоной «истощенных глин». На Тасмании с раннегерцинским золоторудным месторождением **Биконсфилд** связана третичная россыпь золота. Золотоносны третичные галечники, выполняющие древнюю долину в 80 метрах ниже уровня моря.



Рис. 9.42. Карьер архейско-го Au-Cu месторождения Боддингтон с ресурсами 820 т золота (более 26 млн унций) на площади распространения золотоносных латеритов
<https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSHQUkSzuPXMbKn3fiKHaxJ8O26DRxya8lqUB1JNTvz4DOitx80>

Платинометалльные россыпи

На севере Забайкальского края склоновые россыпи платиноидов, самородных Au и Ag охарактеризованы для периферии **Чинейского** расслоенного плутона. В склоновых отложениях присутствуют те же ассоциации рудных минералов, что и в первичных рудах: спериллит $PtAs_2$, Au-Ag сплавы с содержаниями Ag 14,72 -75,35 вес. %, изоферроплатина Pt_3Fe , куперит PtS , минералы Pd].

В «**Амурской** потенциально платиноносной провинции» коры выветривания по породам **Усть-Депского** массива дунит-клинопироксен-габброидной фформации содержат 0,9 г/т платиноидов. В Аяно-Майском районе Хабаровского края россыпи окружают щелочной ультраосновной массив с карбонатитами **Кондёр**, формировавшегося в интервале 178-50 млн лет. Запасы платиноидов в россыпи **Кондёр-Уоргалан** – 60 т (добыто 3 т). Средние содержания – 2-5 г/т [Крупные..., 2006]. Другие авторы приводят отличные данные. Отметив, что платинометалльная россыпь прослежена на 50 км от истоков р. Кондёр и то, что она вмещает 69% всех запасов россыпных платиноидов России, они указали содержания МПГ 6-20 мг/м³, что обеспечивает рентабельную добычу вместе с золотом.

В **Корякии** периодически разрабатывают платинометалльную аллювиальную россыпь руч. Смятого, находящуюся на левобережье в устье р. Пенжины. Намного большими ресурсами обладает **Сейнав-Гальмознанский** рудно-россыпной узел на юге Корякского нагорья, который ассоциирует с дунит-клинопироксенит-габбровыми массивами. Металлоносны отложения четвертичные аллювиальные и плиоценовых (?) полигенетических террас. Ресурсы платиноидов последних оценивают в 25-30 т. Россыпи относят к иридисто-платинистому типу. Среднее содержание МПГ на

пласт – 2,88 г/м³. Д.А. Додин [2008] полагает, ресурсы платиноидов узла «превышают первые десятки т». Наиболее известна четвертичная россыпь руч. **Ледяного**, продолжающаяся по ручьям **Сентябрь** и **Пятнистый**.

В **Эфиопии** в среднем течении реки Бирбир с 1924 года эксплуатируют россыпное платинометалльное месторождение **Юбдо**. Добыто несколько тонн платиноидов. Платина находится в латеритной коре выветривания дунит-клинопироксеновых пород одноименного массива и в аллювии. Мощность темно-красного элювия, где сосредоточены основные запасы Pt, составляет 2-10, в среднем 6 м. Он представлен преимущественно лимонитом. Ниже залегают бирбириты (кварц-халцедоновые породы по выщелоченным ультрамафитам), образовавшиеся в процессе гипергенной серпентинизации. Под ними породы невыветрелые. Содержание платины в материнских образованиях составляет 0,05 г/т, в элювии в среднем 0,432 г/т, по лимонитовой зоне – 2-3 г/т. В 2000 г. ресурсы оценены в 12,5 т металла, 0,336 г/т.

В **Австралии** с 1887 г. до середины 1960-х гг. **Файфилд** оставался единственным местом на континенте, где проводилась промышленная добыча платины из россыпных месторождений. Всего было извлечено около 600 кг Pt (20 тыс. унций) и 200 кг Au (6200 унций) из трех россыпных месторождений **Платина**, **Джиллинбайн Тэнк**, **Файфилд** и древних конгломератов **Джекс Лукаут**. Было открыто латеритное месторождение **Сайэрсток** с ресурсами руды 96 млн т, содержащей 0,70% Ni и 0,12% Co. Остаточные ресурсы Pt в его контуре превышают 31 т при содержании 0,24 г/т Pt.

Драгоценные камни (алмазы, рубины, сапфиры и т.д.)

В **Пермском крае** россыпи алмаза эксплуатируют с довоенного времени. Одной из них является четвертичная россыпь р. **Чикман**, где алмазоносны образования поймы и I-IV надпойменных террас. Продуктивные пески, глины, суглинки мощностью 2-18 м залегают на закарстованных известняках. Они прослежены по бортам и днищу долины р. **Чикман** на 20 км непрерывной полосой, имеющей ширину 80-780 м. Средние содержания алмазов – 4-5 мг/м³.

В **Индонезии** на юго-востоке Калимантана, горы Мератус, известны промышленные алмазоносные россыпи, источники их не известны. Алмазы в кайнозойе оказались сгуженными в отложениях локальных площадей («депоцентров») под приморскими низинными болотами. Аллювиальные алмазы месторождения **Семпака** встречаются в гравии палеорусел, выработанных в кайнозойских аргиллитах и сланцах и перекрытых песками, глинами, илами мощностью 13 м. Алмазы ассоциируют в шлихах с самородными золотом, платиноидами, цирконом, рутилом, магнетитом, хромитом, корундом/диаспором. Индикаторные минералы вроде пиропов или пикроильменитов отсутствуют. Алмазы россыпи **Семпака** ювелирного качества; более 15% из них имеют массу более карата. Самый крупный, найденный с начала эксплуатации месторождения в начале 2005 г., – бесцветный октаэдр массой 16,48 карата.

На юго-западе **США** (Нью-Мексико, Невада, Аризона, Колорадо, Калифорния) бирюзу добывают со времен ацтеков. Большая часть аризонской бирюзы происходит из меднопорфировых месторождений горного района **Глоб-Майами**. Среди них **Кастл Доум**, руды которого связаны с позднемеловыми или раннетретичными гранитами Шульце (кварцевые монцониты). Среди фосфатов в рудах определены апатит, бирюза, вавеллит $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 13(\text{H}_2\text{O}, \text{HF})$, метаторбернит $\text{CuO} \cdot \text{UO}_3 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, либетенит $4\text{CuO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$. В Неваде в районе Ройстоун бирюзу добывают рудники: **Банкер Хилл Тюркойс**, **Оскар Веренд Тюркойс** и, наиболее крупный, – **Роял Блю Тюркойс**. В 1934-1970 гг. минерал извлекали и на **Блю Джем Тюркойс**. В 1954 г. блок бирюзы массой 60,8 кг обнаружили около Баттл-Маунтин. Через два года на руднике **Майн № 8** у г. Карлин был в горной выработке встречен камень массой до 80 кг. Месторождения бирюзы в **Серильос Хилс**, штат Нью-Мексико, типичны для всего юго-востока США. Минерал обнаруживают на глубине примерно 100 м в наиболее измененных породах, развитых по меденосным кварцевым монцонит-порфирам. Происхождение минерала неясно. Согласно гипогенной гипотезе бирюзу оставляют восходящие из глубин флюиды. Гипергенная гипотеза объясняет появление минерала выпадением из холодных вод поверхностного происхождения. Однако, скорее всего, месторождения минералы полигенные, и роль экзогенного фактора, во всяком случае, в их сохранности, очень велика; все подобные объекты встречены только в аридных зонах.

В **Венесуэле** россыпи алмазов распространены в районах юго-восточного штата Боливар, к югу от р. Ориноко. Впервые алмазы были обнаружены в 1902 г. в бассейнах рек Парагу и Карони. В 1927 г. здесь появились поселения бразильских старателей, промывавших аллювий на площадях **Паратепуи**, **Рио Сурукун** и в верхних притоках р. Карони – площади **Санта Тереса**, **Агуа Негра**, **Салва Ля Патриа**, **Эль Вале**, **Эль Полако**. В 1942 г. в долине **Эль Полако** нашли алмаз **Эль Либердадор** (154 карата). В тот год в связи с начавшейся алмазной лихорадкой старатели вовлекли в эксплуатацию участки **Рио Икабару**, **Рио Уайпару**, **Гуари**. В последующем осваивались площади **Гран Сабана**, **Уруман**, **Капаура**, **Авеки** (1943 г.), **Синко Ранчос** (1950 г.), поля в верховьях р. Парагуа – **Эль Касабе**, **Манаре**, **Орис**, **Аса**, **Чигуао** (1954 г.), то же в верховьях р. Карони – **Каруачи**, **Плая Бланка**, **Рио Кларо**, **Мерей** (1961 г.). В 1968 г. были открыты богатые россыпи **Сан Салвадор де Паул** и соседние **Рио Парупа**. В 1970 г. обнаружили алмазоносные россыпные месторождения **Гуаньямо** (рис. 9.43), которые обеспечили 85% добычи алмазного сырья Венесуэлы в 1970-1978 гг. В пределах

венесуэльской части Гвианского щита старатели поныне добывают ежегодно около 150 тыс. каратов минерала. Известны документы одной из компаний в Антверпене о получении из этого района двух посылок, содержащих по 50 тыс. каратов каждая. Стоимость камней определена в \$ 60-70/карат (как и алмазов **Накынского** поля). В посылках содержались камни массой до 60 карат.



Рис. 9.43.
Гвианский щит. Алмазоносный район Гуаньямо в бассейне р. Кебрада (вверху справа), Он единственный в Венесуэле, где известны коренные кимберлиты (9 силлов, 730 млн лет). Здесь же распространены четвертичные аллювиальные россыпи алмаза. <http://www.uab.es/uabdivulga/img/venezuela2.jpg>

В Южной Африке третичные коры выветривания по кимберлитам представлены «желтыми» и «синими» землями. «Желтая земля» это разрушенная порода, состоящая из глинистой массы, пропитанной

карбонатами кальция и магния, окислами железа. В её составе имеются округлые и угловатые обломки кремнистых пород, зерна пиропов, диопсида, ильменита, алмаза (до 300 кар./м³), слюды, цеолиты, барит, целестин, пирит и марказит. Мощности «желтой земли» составляли, по данным И.С. Рожкова, на известных трубках (в метрах): **Кимберли** – 22; **Премьер** – 12; **Ягерсфонтейн** – 20; **ЛЭС** – 12; **Фооренид** – 30-32; **Робертс Виктор** – 47; **Нью Эландс** – 27; **Коффифонтейн** и **Эбенхезер** – 23. В Заире, пров. Шаба (б. Катанга), мощность верхней части коры не превышает 20 м, обычная – 6-8 м. «Желтая земля» через «ржавую землю», границу зоны окисления, переходит в «синюю землю». Это менее разложенная порода, дресвяно-глинистая масса мощностью до 300 м, с сохранившимися текстурными и структурными особенностями материнских пород. Преобладает среди глинистых монтмориллонит, встречаются псевдоморфозы серпентина по оливину, флогопит, пироп, ильменит, дипсид, энстатит, алмаз. На глубине «синяя земля» переходит в более твердый зеленый кимберлит, рассыпающийся при попадании на поверхность. В корях выветривания содержания алмазов возрастает многократно по сравнению с коренными породами. В долине **Идатель** около г. Помона, Намибия, известно место, где алмазы можно было собирать из материала кор голыми руками. Там дополнительным фактором, способствовавшим концентрированию алмазов, был ветер, способствовавший выносу более легкого, чем они материала.

Во многих странах Гвинейского залива, южной и юго-восточной Африки, ЮАР эксплуатируют кайнозойские россыпи алмаза. Наиболее важные находятся в ЮАР (**Лихтенбург** в Трансваале и плато **Намакваленд** на юго-западе) и **Намибии** (Приатлантическая зона от плато **Каоковельд** у ангольской границы до устья р. Оранжевой). Приатлантические пляжевые россыпи Намакваленда, ЮАР, между устьем р. Оранжевой и р. Олефанс имеют протяженность около 400 км. Одним из поисковых признаков алмазоносности – «устричная линия Г. Меренского», присутствие в отложениях крупных раковин океанических устриц, надежный признак того, что пески сформировались в зоне прибрежных волнений. В Намакваленде действовали или продолжают работать прииски: **Алекс Клейнзее**, **Дрейер Пан**, **Клейнзее**, **Куаинас**. Последняя связана и с океанской террасой, и с древними руслами, выработанными грязевыми потоками. В коренной породе здесь обнаружены каналы глубиной до 7 м, выполненные желтой глиной, состоящей из разложенного полевого шпата.

На востоке Австралии разрабатывают кайнозойские россыпные месторождения рубинов и сапфиров нагорья **Баррингтон Топс**. На севере о. Тасмания сапфиры широко распространены в аллювии. Сапфиры, шпинели, цирконы добываются на площади **Уэлдбарэ**. Камни в аллювий попадают из щелочных базальтов эоцена с датами 47-46 млн лет. Они несут признаки аллювиальной обработки.

Сапфиры **Уэлдбарэ** синие (89%), желтые и зеленые (20%), изредка встречаются редкие розовые разновидности.

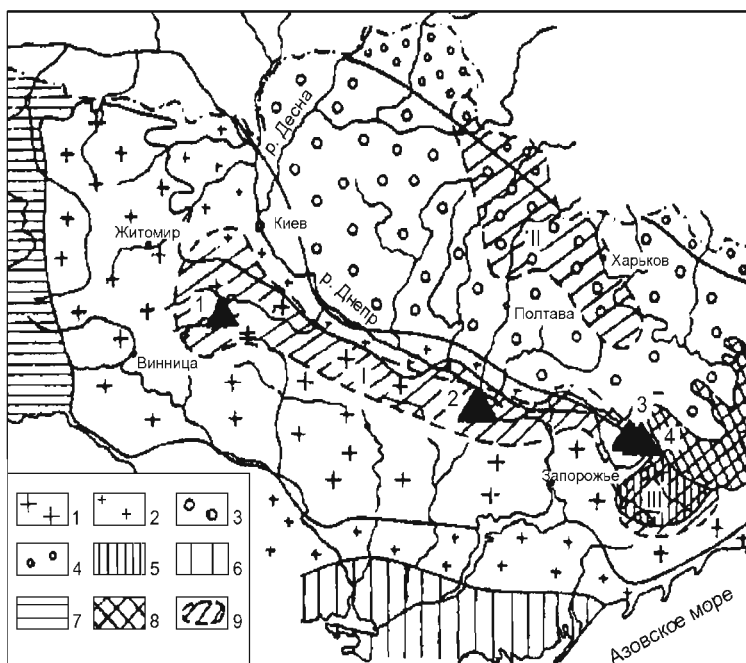
В штате **Новый Южный Уэльс** Австралии алмазоносные россыпи были открыты в 1851 г., задолго до южноафриканских аналогов. Аллювий междуречья Гвидир и Копс, верховьев МакКуари, рек Бингар, Инверел дал немало драгоценного минерала, в конце XIX века добыча здесь составляла 25 тыс. каратов в год. Алмазоносная область делится на три района: Северный (верховья р. Гвидир, Центральный (верховья р. Мак-Куари); 3 – Южный район. Источники алмазов не открыты поныне. На западе континента россыпные алмазы распространены на всех трех кратонах региона (Кимберли, Йилгарн, Пилбара), но из-за малых содержаний в аллювии никогда не разрабатывались. В пределах Пилблоа они встречены в районе Нуллагайн. Промышленные алмазоносные россыпи открыты на крайнем севере штата с содержанием драгоценного минерала 10,56 карата на 100 т породы.

Титан-циркониевые и оловянные россыпи, редкие металлы

В Среднем Приднепровье Украины с 1950-х гг. выделяют одноименный район Ti-Zr россыпей, рис. 9.44. Россыпи **Малышевская, Волчанская, Тарасовская, Краснокутская**

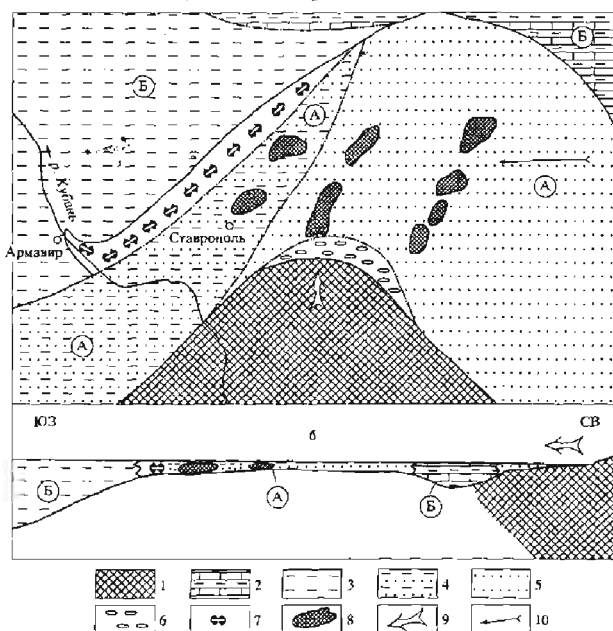
тяготеют к зо-

Рис. 9.44. Комплексные титан-циркониевые россыпи Центральной и Восточной Украины. По С.Н. Цымбалу, Ю.А. Полканову. 1-Украинский щит; 2-склоны щита, частично перекрытые платформенным чехлом; 3-Днепровско-Донецкая впадина; 4-юго-западный склон Воронежского массива; 5-Конско-Ялынская впадина; 6-При-черноморская впадина; 7-Волыно-По-дольская плита; 8-Донецкий бассейн; 9-россыпные зоны и районы: I Приднепровский, подразделяющийся на Право- и Левобережный районы; II-Днепровско-Донецкий; III-Приазовский. Треугольниками и арабскими цифрами обозначены месторождения: 1-Тарасовское; 2-Малышевское (Самотканское); 3-Волчанское; 4-Краснокутское.



не сочленения Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. В экономически наиболее важном **Самотканском** районе они локализованы в осадочных толщах полтавского надгоризонта (P_3-N_1p) и сарматского региояруса N_1s . Залегают рудоносные толщи на верхнемеловой-нижне-палеоценовой коре выветривания, отложениях эоцена. На **Малышевском** месторождении Запорожья рудная толща полтавских псаммитов достигает мощности 30-40 м. Наиболее высокие концентрации в сотни кг/т Ti-Zr концентрата приходится на верхнюю часть полтавского разреза. Пески содержат монацит и ксенотим, но в цирконовом концентрате количество этих минералов не превышает 0,1%, а мелких (0,1-0,2 мм) зерен циркона – 15-45%. Украина эксплуатирует 4 рудника по добыче ильменита и циркона на россыпях **Стремигородская** и **Малышевская** в Вольногорском районе (Днепропетровская обл.), **Иршанская** и **Валки-Гацковская** (Житомирская обл.). В 2008 г. производство титановых концентратов в сумме составило 940 тыс. т.

Рис. 9.45. Положение основных Ti-Zr россыпей Ставропольского свода (Центральное Предкавказье) на палеогеографической схеме для среднего сармата (а – схема, б – разрез) По Н.И. Бойко, 2004. 1 – суша; 2-7 – субкомплексы отложений, в



т.ч.: 2 – пелитово-известняковый, 3 – пелитовый, 4 – пелитово-песчаный, 5 – песчаный, 6 – псефитовый, 7 – органогенных построек; 8 – основные титан-циркониевые россыпи; 9 – направления выноса осадочного материала с областей денудации; 10 – направления морских течений. Литолого-фациальные комплексы отложений: А – прибрежно-морских, Б – мелководного шельфа. Бешпагирское месторождение показано на схеме в 40 км восточней Ставрополя.

На Северном Кавказе выделяют "Южно-Русскую провинцию древних прибрежно-морских титано-циркониевых россыпей" как одну из перспективных для освоения, рис. 9.45. В нее Н.И. Бойко включает "Предкавказский россыпной бассейн" (сарматские и киммерийские россыпи, прогнозные ресурсы 435 тыс. т минералов Ti и Zr), южные склоны Воронежской антеклизы (6 миоценовых россыпей), **Ставропольский свод** (сарматские россыпи), **Таманский** полуостров (киммерийские россыпи). Со среднесарматским горизонтом Ставропольского свода ассоциируют наиболее важные россыпные аккумуляции **Бешпагирского, Высоцкого, Грачёвского** и других месторождений, с содержаниями в песках полезных компонентов более 50 кг/м³.

Юг Западной Сибири известен Ti-Zr россыпями в меловых-палеогеновых долинах переходной зоны между гористой (Алтай, Саян, Северо-Казахстанская возвышенность, Енисейский хребет) и равнинной частями, рис. 9.46. Помимо циркона и ильменита россыпи содержат тонкое золото, впервые обнаруженное в **Ордынской** россыпи.

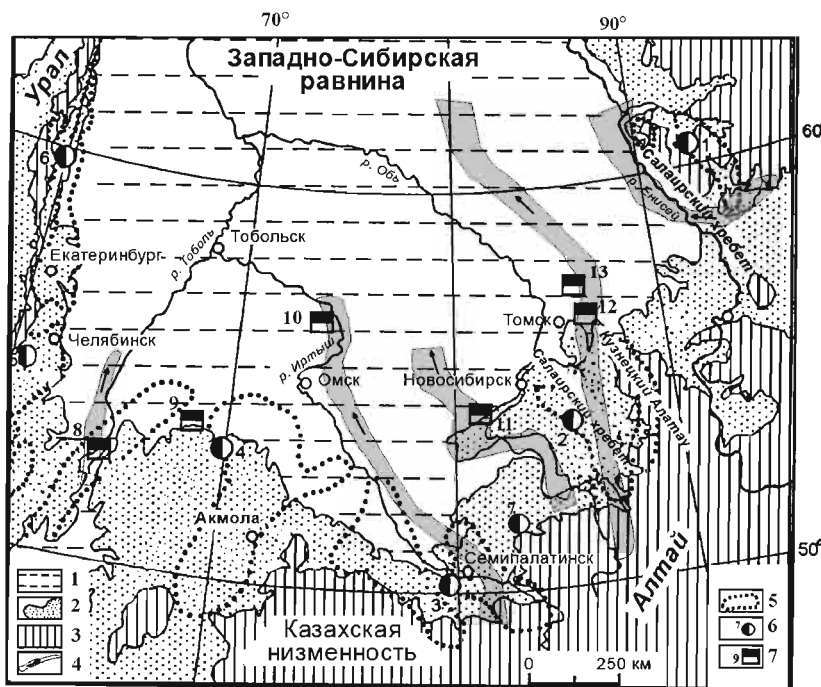


Рис. 9.46. Ассоциации кор выветривания и циркон-ильменитовых россыпей с эндогенной золоторудной минерализацией на периферии Западно-Сибирской платформы. По Н.А. Рослякову и др. (2006).

1 – равнины с высотами до 200 м выше уровня моря; 2 – плато, холмистые равнины с признаками химического выветривания (высоты от 200 до 500 м выше уровня моря); 3 – горы, высоты более 500 м выше уровня моря; 4 – древние долины; 5 – золотоносные поля; 6 – крупные золоторудные месторождения со значительными ресурсами золота в корах выветривания: 1 – **Олимпиада**; 2 – **Егорьевское**; 3 – **Суздальское**; 4 –

Васильковское; 5 – **Светлинское**; 6 – **Воронцовское**. 7 – Алтайский край, район **Алейска**; 8-13 – крупные циркон-ильменитовые россыпные месторождения, в т.ч.: 8 – **Шокашское**; 9 – **Обучковское**; 10 – **Тарское**; 11 – **Ордынское**; 12 – **Туганское**; 13 – **Георгиевское**.

В Иркутской области у г. Нижнеудинска в кайнозойских (?) корах выветривания щелочно-ультраосновного массива **Белая Зима** (18 км²) содержится около 1 млн т Nb₂O₅. Наиболее перспективный участок – **Ягодный Ключ**. Помимо ниобия (Nb₂O₅ около 0,3-0,8%), из руд добывают апатит. На площади месторождения **Катугинского**, Забайкальский край, известна кайнозойская элювиально-делювиальная циркониевая россыпь. Она содержит 25 кг/м³ циркона (1,38%), в котором обнаружено до 1,5% высокоценного гафния. Запасы циркония оценены в 100 тыс. т. Попутно могут извлекаться пироклор и минералы редких земель [Беляев и др., 1996; Недра России, 2001].

На севере Якутии и примыкающих районов Чукотского полуострова известны аллювиальные россыпи олова, прежде всего, долинные, но также и террасовые. Среди них крупнейшая **Тирехтяхская** в Северо-Янской группе (запасы 100 тыс. т олова), россыпи узлов **Депутатского, Тенкелийского** (оба в Якутии), **Пыркакайского** на Чукотке. С 1998 г. известны оловоносные районы и месторождения на шельфе морей Лаптевых и Восточно-Сибирского: семь разведанных месторождений острова Ляховский Новосибирских островов (**Ляховский** россыпной район), **Чокурдахско-Святоносский** район на севере Якутии, **Прибрежная, Валькумейская** россыпи (Чукотка). На севере Якутии экономический интерес могут представить и пролювиально-аллювиальные россыпи аутигенно-метаморфического Eu-монацита («серый монацит», «куларит»). Куларит был впервые диагностирован академиком И.Я. Некрасовым, одним из первооткрывателей **Депутатского** оловорудного месторождения на севере Якутии. Содержания минерала на объектах **Куларского** района составляют в среднем 1 кг/м³, колеблясь в интервале 0,1-2 кг/м³. В старых

отвалах **Куларского** куста россыпей сосредоточено 40 тыс. т куларита, содержащего 16-17 редкоземельных элементов, а также 102 т золота.

На *Тихоокеанском побережье России* открыто множество пляжевых титаномагнетитовых россыпей. Из них наиболее известны 1 – **Кроноцкая**, 2 – **Жупановская**, 3 – **Халактырская**, 4 – **Озерновская**, 5 – **Курбатовская**, 6 – **Блакистонская**, 7 – **Подгорная**, 8 – **Открытого рейда**, 9 – **Ручарская**, 10 – **Рейдовская**, 11 – **Ветровая**, **Океанская**, **Канонерская**, 12 – **Куриотская**, 13 – **Куйбышевская**, 14 – **Касаткинская** (Зеркальный пляж), 15 – **Одесская**, 16 – **Лесозаводская**, 17 – **Рока**, 18 – **Ловцовская**, 19 – пересыпь озера **Лагунного**, 20 – **Южно-Курильская**, 21 – **Серноводская**, 22 – **Весловская**, 23 – россыпи **Татарского** пролива (В.А. [Мелкий, В.А. Сахаров, 2008]).

В *КНР* высокие концентрации редкоземельных элементов («ионные руды») распространены в мезозойских-кайнозойских корах выветривания по редкоземельным гранитам южных провинций Цзянси и Гуандунь. Их добыча ведется подземным выщелачиванием, а переработка – там же, а также в пров. Цзянсу. Месторождение **Раян** существенно иттриевое. Запасы Y_2O_3 здесь – 120 тыс. т, всех TR_2O_3 – 200 тыс. т при содержании 0,1%. Месторождение **Джой-Пэй-Тин** (провинция Гуандун) представляет собой серию залежей рудоносных мезозойских (послеяньшаньских) и третично-четвертичных каолинит-галлуазитовых кор выветривания. Их мощность 7,5 м. Они развиты на площади 2,5х0,6 км. Подсчитанные запасы – 8 тыс. т TR_2O_3 , треть из них относится к Y_2O_3 . 80 % запасов считаются «ионными рудами», остальное – зерна ксенотима и монацита. С 1991 г. компании, в т.ч. со 100% японским капиталом, начали эксплуатацию прибрежных шельфовых россыпей побережья пров. Гуандун. Добываются рутил, ильменит, циркон. Производство концентрата 20 млн т/год. 70% от этого количества экспортируется. Некоторые объекты рудного района **Лонгнан** в Цзянси особенно обогащены ценным иттрием; его доля может составлять 58,3 и 64,1%. Еще один подобный промышленный объект пров. Цзянси – **Сунву**. **Лонгнан** специализирован на тяжелых редких землях (HREE), **Сунву** – на лёгкие (LREE, особенно, лантан). Рудные тела мощностью 3-10 м сложены галлуазитом и каолинитом с остаточными кварцем и полевым шпатом. Оксидов (REE) в них 0,05-0,2%. Их считают латеритами, весьма схожими с такими же породами, развитыми по щелочным магматитам и карбонатитам. Отрабатывают «ионные руды» также в округах **Чантинь**, пров. Фуцзянь, и **Чонгжуо**, пров. Гуанси.

Ионными рудами ресурсы редких металлов в древних корах Китая не ограничены. В пров. Юньнань, рудный район **Гэцзю**, отрабатывают экзогенный рудный объект **Лаочанг** – аккумуляции касситерита в глине, заполнившей карстовые полости. Эти остаточные продукты растворения содержащих Sn карбонатов эксплуатировались более 400 лет. Современное горнопромышленное освоение началось лишь позже 1950 г. В Тибете открыта редкометалльная минерализация нового типа: два крупных Cs объекта и многие Cs и Cs-Au мелкие на пересечении меридиональной рифтовой зоны с сутурой Индус-Ялу. Их объединяют в единое поле горячих источников, выделяющих коровый гелий. Cs тяготеет к опалу кремнистых туфов, другими словами, к гейзеритам. За последние 100 тыс. лет накопление отложений горячих источников претерпело 5 циклов. Гигантское месторождение **Таргежъя** содержит 14459 т цезия при максимальном содержании 1,3% Cs. Горячие ключи выносят на поверхность воды с 3,85-4,48 мг/л Cs. Этот элемент обнаруживает положительную корреляцию с В, Cl, Rb. Судя по температуре ключей (74,0-85,5° С) и содержаниям SiO_2 , Cs-носный гидротермальный флюид на глубине имеет $T = 250^\circ C$, а цезиеносный опал выпадает при T около $100^\circ C$.

На *западном и восточном побережьях Индии и Шри-Ланки* (рис. 9.47) наиболее важными считаются те, что находятся в штатах Керала и Тами. Пляжевые пески Аравийского моря в штате Гуджарат содержат повышенные концентрации кльменита, циркона, монацита между Бомбеем и устьем р. Нармада. Монациты россыпей Сураат, Булсар, Амода-Монаут содержат 5-11% ThO_2 . Россыпи Раитнагири в штате Махараштра на берегу Аравийского моря преимущественно ильменитовые. Рудоносные пески (250 тыс. т) содержат 17,3-76% ильменита.

Во *Вьетнаме* разведанные запасы олова (десятки тыс. т) связаны с россыпными месторождениями. Содержание касситерита в россыпях колеблется от 200 до 2000 г/м³, 400-500 г/м³, в среднем. Добыча ведется на приисках **Тиньтук** и **Шонзыонг**. Первый добывал до 900 т оловянного концентрата в год, второй – около 200 т оловянного концентрата. Значителен потенциал по морским россыпям. На протяжении 1500 км вьетнамского побережья оконтурен 21 объект. Резервы месторождения **Кат Кханх** к югу от г. Нха Транг – 1,59 млн т ильменита и 32 тыс. т циркона. Объект **Куанг Нам** возле г. Хюэ при опробовании 5,4 м³ обнаружил содержание тяжелых минералов 5%. Для него определены резервы 212 тыс. т ильменита, 49 тыс. т циркона, 10,8 тыс. т монацита+ксенотима

В *Индонезии* большая доля запасов россыпного Sn находится в шельфовой зоне о. Бангка. В 2008 г. Индонезия оказалась вторым в Мире продуцентом этого металла, добыв его 87 тыс. т – 30% из мировой добычи в 281 тыс. т. В *Лаосе*, рудное поле **Нампатен** (касситерит-сульфидные руды) на олово разрабатывают железные шляпы, сложенные лимонитом с частыми небольшими кристаллическими выделениями касситерита. Из примерно 30 самостоятельных рудных тел наиболее

значительные четыре - **Бансао, Банфалем Пхаток, Тигр**. В стране подсчитаны запасы олова 65 тыс. т.

В Малайзии скопления олова концентрируются в полосе 400 км х 60 км между городами Джорджтаун и Мелака. Многие богатые россыпи касситерита тесно связаны с системами древней гидросети, выработанной в нижне-среднепалеозойских известняках. В пров. Перак добыча касситерита концентрировалась в долине р. Кинта. Всю первую половину XX века этот район был первым в Мире по масштабам производства оловянного концентрата.

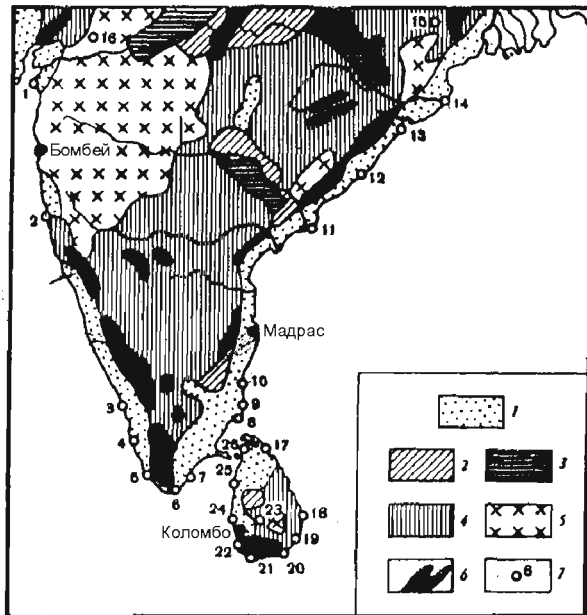


Рис. 9.47. Современные россыпные месторождения Индостанской платформы. По С.Е. Колотухиной и др., 1996. 1-4 – выходы образований: 1 – осадочных KZ, 2 – MZ, 3 – PZ, 4 – нерасчлененных PZ и докембрия; 5 – гранитоиды, траппы; 6 – латеритные коры выветривания; 7 – россыпи, в т.ч.: 1 – побережье штата Гуджарат, 2 – побережья Ратнагири, штат Махараштра, 3 – Човгат-Паннани, 4 – Ниндакара, 5 – Манаваалакуручи, все штат Керала. Современная морская Ti-Zr, с монацитом россыпь. Запасы TR_2O_3 – 300 тыс. т. Содержания Se_2O_3 – 0,37%, 6 – мыс Каморин, 7 – Тиругендур, 8 – Адирампаттинан, 9 – Наггапаттинан, 10 – Транкебар, все штат Тамилнад, 11 – побережье в устье р. Годавари, штат Андхра Прадеш, 12 – Висагапатнам, 13 – Волтаур, 14 – Биллипатнам, все штат Орисса, 15 – Ранци-Пурулия, у границы штатов Западная Бенгалия и Бихар, 16 – Катахалдих, штат Мадхья Прадеш, 17-26 – россыпи Шри Ланки, в т.ч.: 17 –

Пулмоддай, 18 – Тирукковиль, 19 – Хамбантола, 20 – Тангалла, 21 – Галле, 22 – Берувала, 23 – Ратнапура, 24 – район побережья Коломбо, 25 – Кудремалай, 26 – Манар, 27 – Вимилипатна, штат Андхра-Прадеш. Ti-Zr с монацитом россыпь, 28 – Чавара, штат Орисса. То же, содержит (%): 0,2 монацита, 0,4 лейкоксона, 1,3 рутила, 12,2 ильменита, 1 и более циркона. Запасы ZrO_2 – 1,43 млн т, содержания – 0,68%.

В Таиланде португальские купцы в 1583 г. установили торговый пункт на о. Пхукет для вывоза олова, которым так богата эта страна. Здесь известны пять рудно-россыпных полей: **Пхукет, Северное, Центральное, Запада и Востока Тайского полуострова**; наиболее богатые россыпи находятся на юге. В их разрезах присутствуют «ложные коренные породы» – поздние рыхлые отложения, снесенные на подлинные коренные породы и пережившие с ними период продуктивной минерализации. Состоят ложные коренные породы из обломков гранитов, включений турмалина, белой слюды, примеси касситерита и прочих минералов гранитов. Интересна связь некоторых россыпных объектов с разрывами. Так на площадях **Сонг Квае** и **Пилок** в пров. Канчанбути сносимый из коренных пород дождевыми водами по склону касситерит набивается в попутные зоны разломов.

В США Атлантическое побережье богато Ti-Zr россыпями. Суммарно они дали в 1986 г. более 10% мирового производства циркониевых концентратов из россыпей, т.е. 85 тыс. т из общемировых 830 тыс. т. Масштабами выделяется объект **Трейл-Ридж** в штате Флорида, рудоносные залежи которого прослежены на 200 км. На нескольких участках площадью по 5-10 км х 1-4 км каждый, продуктивные толщи имеют мощность 8-23 м. Содержание циркона здесь – 0,3-0,5% (в пересчете на ZrO_2 , 0,2-0,34%), рутила – 1,08%. Запасы ZrO_2 1,08 млн т. Прибрежно-морские черные пески штатов **Вирджинии и Джорджии**, третичные и древнечетвертичные, содержат 0,7 г/т ZrO_2 и 0,02 г/т Au.

В Бразилии меловые-третичные коры выветривания развиты по карбонатитам (рис. 9.48). Их особенность – мелкие размеры, до 10 мкм. Кроме того, часть соединений TR сорбирована глинистыми частицами. Концентрации полезных минералов в корах выше в 2-3 раза по сравнению с коренными породами за счет удаления химическим путем части Fe, Ca, Na, K. Близ богатых древних пегматитов обнаружены уникальные по запасам тантал-оловоносные россыпи **Питинга**, штат Амазонас, с запасами 40 тыс. т Ta_2O_5 . В штатах Минас-Жерайс, Баия продукты выветривания пегматитов различимы по более светлой окраске. В горнорудном районе **Сан Жуан дел Рей**, Минас Жерайс, максимальные глубины выветривания по пегматитам – 30 м (рудник Вольта Гранди, месторождение **Назарену**), средняя – 5-15 м. На площади **Назарену** танталит и касситерит добывали из выветрелого элювия по пегматитам, залегающим среди амфиболитовых сланцев, измененных экзогенными процессами до глубины 20 м. Выветривание изменило и пегматиты,

превратившиеся в мягкие глины. Месторождение, разрабатываемое более пятидесяти лет, давало в год 170 т Ta_2O_5 .

На плато **Посус де Калдас** разрушались нефелиновые сиениты-фонолиты с бадделейтом. Минерал при этом высвобождался из калдасита, смеси с цирконом. Разрабатывали на бадделейт делювий и элювий, иногда ложковый аллювий на месторождениях **Понти Алта, Ирэни, Кокал, Мадама, Родригес, Серроти, Бриджидас**. Коры выветривания по карбонатитам массива **Баррейру де Араша**, штат Минас Жераис, содержат в среднем 2.1% Nb_2O_5 на мощность 100 м (в коренных породах только 0,8%). Говорят также о 800 млн т латеритных руд с 13,5% оксидов TR, 2% Nb_2O_5 , 0,05% U_3O_8 . Там же меловые-третичные коры выветривания питают при разрушении морские и речные отложения рудными минералами. В Приатлантической зоне в районе Большого уступа возникли полосы черных песков. В штате Мвараньян прибрежно-морские россыпи минералов титана, циркония, монацита прослежены между устьем реки Меарин и дельтой р. Парнаиба. Южнее по Атлантическому побережью пески с монацитом занимают малые участки **Ангра дус Рейс, Кабу Фриу, Парати, Токас**. В штате Гояс известен ряд россыпных месторождений тяжелых минералов (**Кумушатиба, Гуаратиба**). Объект **Понта да Фрута** содержит более богатый диоксидом титана ильменит, много андалузита и граната, чем отличается от россыпей Южной Бразилии. Некоторые рудные тела из-за обилия монацита приобрели желтый цвет.

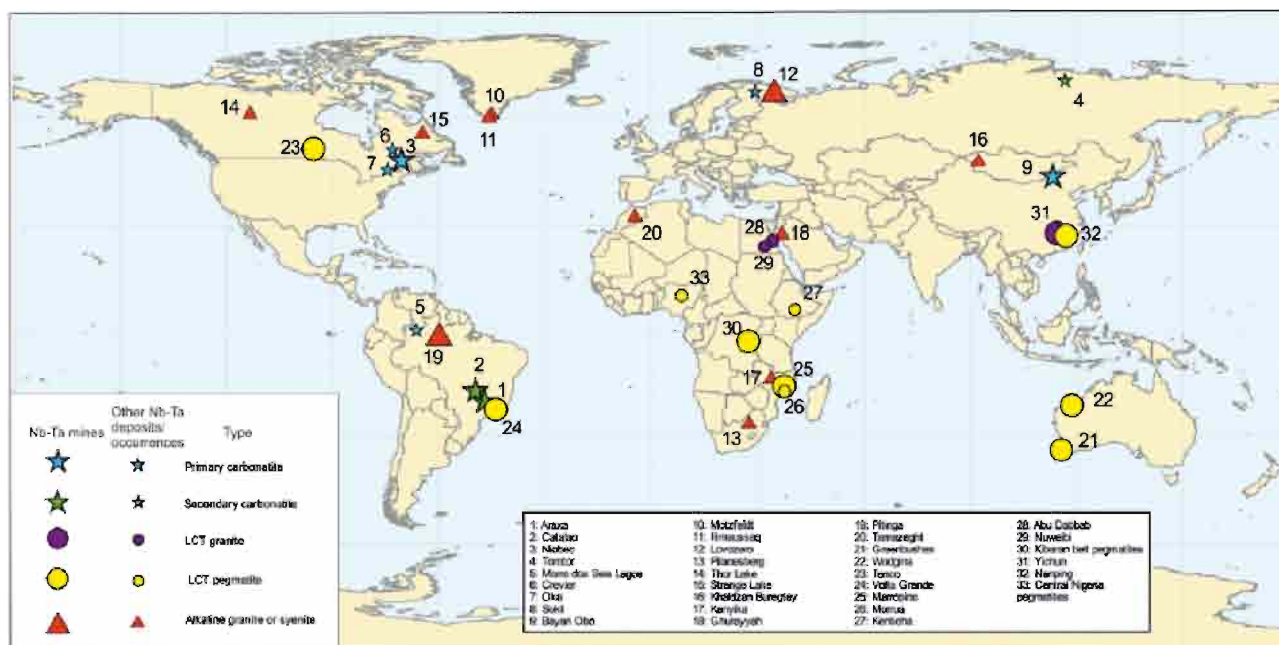


Рис. 9.48. Крупнейшие бразильские месторождения тантала и ниобия (Араша; Каталан, Морру душ Сейс Лагос и др.) на карте мировых ресурсов стратегических металлов. Из (Mineral Profiles). Сверху вниз, перевод: 1-5. – Nb-Ta рудники (крупные знаки), месторождения, проявления, типы, в т.ч.: 1 – первичные карбонатиты; 2 – вторичные, связанные с карбонатитами, 3 – LCT-граниты, 4 – LCT-пегматиты, 5 – щелочные граниты и пегматиты. Месторождения (№№ на рис.): 1 – Араша; 2 – Каталан; 3 – Ниобек; 4 – Томтор; 5 – Морру душ Сейс Лагос; 6 – Кревьер; 7 – Ока; 8 – Сокли; 9 – Баян Обо; 10 – Моцфельд; 11 – Иллимауссак; 12 – Ловозеро; 13 – Пиланесберг; 14 – Тор Лейк; 15 – Страйндрж Лейк; 16 – Халдзан Бурегтэй; 17 – Каныйка, Малави; 18 – Гурайя; 19 – Питинга; 20 – Тамазегт; 21 – Гринбушес; 22 – Уоджина; 23 – Танко; 24 – Вота Гранде; 25 – Марропино; 26 – Морруа; 27 – Кентича; 28 – Абу Даббаб; 29 – Нувейби; 30 – пегматитовый пояс Кибара; 31 – Иичун; 32 – Нанпинь; 33 – пегматиты Центральной Нигерии.

В Урузуае тяжелые минералы концентрируются в Приатлантической береговой зоне на юге страны. Наиболее важные объекты выявлены в 40 км к северо-востоку от г. Монтевидео – пляж **Атлантида Бич** (ильменита 82,2%, циркона – 5,4%, монацита – 3,2%, рутила – 1%, магнетита – 2,5%). Россыпи со значительными концентрациями тяжелых минералов встречаются и северо-восточней, до границы с Бразилией. Это отмели **Агуас Дуклис, Бела Виста, Коста Азул, Ла Коронила, Ла Педрера, Ла Флореста, Сан Луис, Солис. Бела Виста, Ла Флореста, Солис** – наиболее обогащены полезными компонентами. Ширина песчаных залежей составляет 30-50 м.

В Аргентине южнее Буэнос Айреса, залив Сан Блас, тяжелые минералы открыты в песках дюн и пляжа. Наиболее богатая залежь пляжевая. Насчитывают 17,5 млн т песков с 2,1 млн м³ ильменита + магнетита (содержания 12,1%), 10,5 тыс. м³ циркона 1,2 кг/м³), 1400 т рутила (содержания 160 г/м³).

В Австралии, штат Квинсленд, выделяется месторождение Гринбушес. В долине р. Бунбури Гули россыпи достигают мощностей 7-18 м, содержания касситерита – 250 кг/т, колумбит-танталита, танталита – 10-20 кг/т. На западе у г. Порт-Хедленд подобное месторождение Уоджина содержит в шлихах (%): танталита – 23 (до 1 кг/м³ и более), касситерита – 20, гематита, ильменита – 25, магнетита – 20. Там же, в 270 км к северу от г. Перт, поздне-третичное-плейстоценовое Ti-Zr с монацитом месторождение Энибба связано с погребенными на глубину 25 м морскими россыпями. Запасы TR₂O₃ – 80 тыс. т, содержания – 0,02%. Запасы ZrO₂ – 4,24 млн т (11,4% мировых) при 0,34-1,71%. Западнее есть еще одна россыпь с запасами 150 тыс. т TR₂O₃ и высокими содержаниями. На Северной Территории россыпи с танталом, связанные с корами выветривания по пегматитам: Порт-Дарвин-Вест-Арм, Финниш Ривер, Бинос-Харбор. Танталита в шлихах до 45%. Важная шельфовая россыпь юга континента в штате Виктория – ВИМ-150 с ресурсами 1,4 млн т TR₂O₃, 230 тыс. т Y₂O₃. Содержания полезных компонентов (%): TiO₂ – 1,2; CeO – 0,3; TR₂O₃ – 0,044; Y₂O₃ – 0,007. Запасы ZrO₂ определены в 3,38 млн т (9,1% мировых запасов), содержания диоксида циркония – 0,34%. В этом же штате Виктория известно и новое крупное россыпное месторождение Хоршам.

Каолины и огнеупорные глины

На Украине (Донбасс), в группу Часовярских месторождений каолина включают Часов-Ярское, Веселовское, Новорайское, Андреевское. Каолины выявлены среди палеоген-неогеновых отложений, залегающих на закарстованной поверхности верхнемеловых образований Бахмутской котловины. Пласт глин в её центральной части имеет мощность 3-4 м, в карстовых воронках – до 18 м. Иногда мощности сокращаются до 1,5 м и менее, вплоть до полного замещения каолинов песками.

В Приморье имеется ряд аккумуляций каолинов, в том числе одно (Гусевское) гидротермального, остальные элювиальные и осадочные. Первичные каолины образованы по гранитоидам (Михайловское месторождение), сланцам (Павловское), диабазовым порфиридам (Вознесенское). Осадочные месторождения разделяются на аллювиально-делювиальные и элювиально-делювиальные, к которым отнесены многочисленные кайнозойские месторождения тугоплавких и огнеупорных глин.

В Казахстане кайнозойские каолины широко распространены. В Костанайской области на месторождении Шолаксай верхнеолигоценовые огнеупорные монтмориллонит-каолиновые глины имеют мощность от 2,4 до 11 м, среднюю мощность вскрыши 5 м, огнеупорность 1430-1670°. Такого же возраста там несколько лучшие глины месторождения Сандыксай. В Кокчетавской области Валентиновское, Многоцветное, Березовское Степное, Булакское скопления олигоценовых огнеупорных глин представлены вторичными каолинами с мощностями 5-6 м, вскрыши – 1-20 м. На юге Павлодарской и севере Семипалатинской областей Семиярское, Горностаевское и многие прочие аккумуляции огнеупорных глин открыты в верхнеолигоценовых отложениях чаграйской свиты. Мощности продуктивных пластов достигает 28 м, средняя – 5-11 м.

В США месторождения каолинов сосредоточены в Арканзасе и штатах Каолинового пояса (Южная Каролина, Джорджия, Алабама). В Арканзасе бокситы, залегающие в пределах полей развития нефелиновых сиенитов, через фацию бокситистых глин переходят в фацию каолинов. Мощность пород, образующих названные фации достигает 24 м, но иногда не доходит и до 18 м. Каолины содержат более 35% Al₂O₃, менее 45% SiO₂, менее 5% Fe₂O₃. По самым осторожным оценкам, их запасы в Арканзасе на площадях с мощностью вскрыши менее 15 м – 100 млн т. Каолиновый пояс Южной Каролины-Джорджии-Алабамы прослежен на 400 км между городами Айкен (Южная Каролина) и Эуфола (Алабама). В его пределах различают шесть каолиновых районов: Аугуста-Айкен, Вренс, Сандерсвилль, Макон-Гордон, Андерсонвилль, Эуфола. Третичные каолины характерны для всех шести районов. Они ассоциируют с одновозрастными осадочными отложениями и подстилаются верхним мелом одинакового с ними петрографического состава. Однако, граница верхнего мела и третичной толщи несогласная, а кое-где третичные отложения наблюдаются на верхнемеловых магматитах. К плиоцен-плейстоценовым толщам приурочены осадочные каолины в штате Флорида, миоценовым – г. Спокан, штат Вашингтон и округа Лейта, Айдахо. Элювиальные каолины развиты близ Маунт Холли, штат Пенсильвания. Пояс – мирового значения поставщик качественных каолинов на рынок, произвел уже 100 млн т этой продукции. Его ресурсы каолинов оценивают в 7-10 млрд т, и это чрезвычайно консервативная оценка, так как учитывает ресурсы лишь трех из шести районов.

На Кубе месторождения каолина приурочены к корам выветривания на кислых эффузивах, порфиридах, метаморфизованных песчаниках и сланцах. На острове Пинос известны объекты Рио-дель-Кайехон, Маккинлей, Километр-13, в провинции Пинар-дель-Рио – мелкие аккумуляции. На наиболее крупном Рио-дель-Кайехон мощность каолинов колеблется от первых до 75 м, в среднем составляя 15-25 м. Выделены зоны: нижняя (1-30 м) серых до черных, редко белых каолинов с реликтовыми структурами материнских сланцев и песчаников; средняя (15-20 м) темно-серых, серых, белых и

пестроцветных каолинов; верхняя (1-10 м) пестроцветных каолинов. Два других месторождения сходные по строению, но меньшие по запасам. В провинциях Камагуэй и Ориенте каолины связаны с корами выветривания линейного типа. Залежи неправильной формы известны на площади **Дюманюэко** вдоль контакта риолитов с андезитами и их туфами. Объект **Понтесуэло** представлен каолинами, развитыми по порфиритам, железистыми и маложелезистыми разностями каолиновых глин Ю.Ю.Бугельский, 1985.

В **Венесуэле** и **Колумбии** известны небольшие скопления элювиальных и осадочных каолинов. Более крупные такие объекты открыты Бразилии. В **Аргентине** первичные каолины коры выветривания развиты по докембрийским гранитоидам. Здесь сосредоточено 70% всей добычи каолинов Аргентины.

На **побережье Туниса** в олигоценовых отложениях имеются небольшие аккумуляции осадочных каолинов. В Танзании, севернее озера Ньяса, известно месторождение **Чимала**, где первичные каолины сформировались за счет выветривания лейкократового габбро. К западу от Дар-Эс-Салама находится месторождение вторичных каолинов **Пугу Хило**: в мощной толще миоценовых рыхлых дельтовых песчанников содержится 25-30% каолина, принесенного при размыве кайнозойских кор выветривания. Каолины месторождения используют в качестве наполнителя резин, пластмасс, в огнеупорной промышленности. В **Малави** первичные каолины развиты по анортозитам, в ЮАР – по гранитам PR, сланцам D и C.

Австралия располагает многими промышленными аккумуляциями первичных каолинов в разрезах кор выветривания, рис. 9. 49. Самыми ценными считают шесть объектов: 1 -- **Габбин** на западе континента; 2 -- **Имбёч**, юг; 3 -- **Крауфорд**, юг; 4 -- **Гуланг**, Новый Южный Уэльс; 5 -- **Питонг**, Виктория; 6 -- **Эджертон** Виктория. В начале января 2011 г. компания Minotaur Exploration Limited объявила о пуске в 2012 г. на полную мощность предприятия по разработке качественных каолинов **Стрэйки Бэй** (второго на континенте по производительности) и **Поочера** в штате Южная Австралия, 100 км к ЮВ от г. Седун. Каолины содержат более 35% Al_2O_3 , менее 45% SiO_2 , менее 5% Fe_2O_3 . По самым осторожным оценкам, их запасы в Арканзасе на площадях с мощностью вскрыши менее 15 м – 100 млн т. Линзы каолинов имеют мощность от 15 см до 9 м и площади выходов от нескольких м² до 16 га и более. В каолинах встречаются прослои нелигифицированного песка и лигнитов, хотя частично каолины «чистые». Бокситовый регион Арканзаса и протянувшийся от него на юго-запад Каолиновый пояс содержит 545 млн т каолинов со средним содержанием 31% Al_2O_3 .



Рис. 9.49. Опытный каолиновый карьер Мекеринг на западе Австралии, 110 км от г. Перт. ammg.com.au/.../AMMG%20June%20Quarterly%20Report%202010.pdf

Полиметаллы

В **Испании** и **Франции** кайнозойские месторождения полиметаллов «типа долины Миссисиппи» (MVT) распространены в форландах Пиренейского орогена, формировавшегося с позднего сантона до миоцена включительно. Палеомагнитные определения, выполненные для залежей рудного района **Севенн**, французские северные Пиренеи, указывают на 60-50 млн лет, время основного осадочного заполнения бассейна форланда. Возраст испанских полиметаллических месторождений **Пикос де Эуропа**, **Реосин**, **Авеча** рудного района **Мазэстрат** – 63 млн лет, U/Pb, кальцит.

В **китайском Тибете** открыто замечательное Pb-Zn месторождение «песчаникового типа» – **Жиндинг**. Его считают самым молодым гигантом среди подобных в Мире. Создание его трехмерной пространственной модели позволило показать грибообразную форму залежи и то, что основные образующие ее частные рудные тела (линзы и пластовые) оказываются в пределах структурного

распространены в цементе их аркозовых разностей, зеленовато-серых, мелкозернистых. Присутствуют и тонкие прожилки халькозина. Пласты с минералами меди имеют мощность 1-2 м и протяженность 0,2-2 км. Содержания меди – 0,2-2%. В рудном районе **Миличан** проявления халькозиновой минерализации концентрируются в глинистых слоях палеогена и неогена. Они же известны здесь и в глинах Р и Т.

Фосфориты

США. На Атлантическом шельфе у берегов Флориды, Северной и Южной Каролины, Джорджии хорошо известны фосфоритовые пески, возникшие в результате подводного перемива неогеновых залежей. Наиболее богатые месторождения карстовых фосфоритовых руд расположены в восточных штатах Теннесси, Флорида, Кентукки, Алабама и Северная Каролина.

Флорида. Добыча фосфоритов в центральной и южной частях полуострова началась в 1880-е годы и с тех пор фосфатный район **Лэнд-Пэбл** прочно удерживает первое место в США по масштабам производства фосфорных удобрений. Он второй в Мировом производителе фосфатов после Марокко. Однако это только часть обширной фосфатноносной «Атлантической береговой равнины» и примыкающего шельфа на просторах от Южной Флориды до Северной Каролины с оцененными ресурсами 4-9 млрд т и 4,1-10,7 млрд т, прогнозируемых при содержаниях 31% P_2O_5 только для Флориды, и 47 млрд т в концентрате для всего региона. «Концентрат» получают из руды, в которой P_2O_5 5-30%. Попутным компонентом в фосфоритах является U, ресурсы которого для составляют 7,16 млн т при содержаниях 60-110 г/и в фосфоритовом концентрате и 185-350 г/т в P_2O_5 .

Руды Флориды называют «фосфоритами тёплых течений» (“warm currents phosphorites”), отличая от фосфоритов бассейновых («basinal»), рис. 9.51, 9.52.

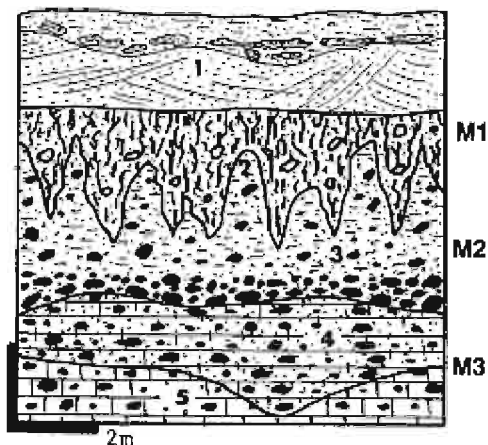


Рис. 9.51. Принципиальная схема строения фосфатного месторождения Лэнд у Форта Неаде, Флорида. 1 – четвертичные пески дюн и твердого подпочвенного пласта (хардпэн, или орштейн); M1 – зона инфильтрации и цементирования зерен Al фосфатов с превращением их в современный реголит; 2 – плиоценовая формация Боун Вэли, нелитифицированные пески, глины, гравий со стяжениями фосфатов; 3+M2 – основная зона накопления нодул остаточного фтор-апатита при переработке пласта M3; 4 – реголит над пачкой 5, сапролит из известковистой песчаной глины; 5+M3 – миоценовая формация Хауторн с рассеянными нодулами фтор-апатита [Laznicka, 2006].



Рис. 9.52. «Земляная галька» (‘land pebble’) Флориды: относительно свежая медово-желтая с инкрустацией из оксидов Fe и Mn и выветрелая, мелоподобная. Форт Неаде, Флорида [Laznicka, 2006]

Как и последние, они обогащены некоторыми малыми элементами, но несколько в иных пропорциях. Так, фосфориты Флориды содержат: 111 г/т Sb, 42 г/т As, 29 г/т W, 19 г/т V, 16 г/т

Mo, 11 г/т Re, 60-110 г/т U. Из названных элементов весьма высокие концентрации отмечены для Sb, Re, U, но добывают только уран – 1150 кг в год (1980-е гг.). Фосфориты региона накапливались в широком диапазоне обстановок, от континентального склона до прибрежных морских и приморских лагунных. Однако, скорее всего минералы месторождения полигенные, и роль экзогенного фактора, во всяком случае, в их сохранности, очень велика; все подобные объекты встречены только в аридных зонах.

Теннесси. С процессами выветривания в штате Теннесси связано образование бурых, белых и синих фосфоритов. Последние являются продуктами перемива пород коры выветривания. Материнскими породами являются мелководные фосфатные органогенные косослоистые переполненные остатками фауны известняки с содержанием P_2O_5 до 10-15 %. Их продукты выветривания представлены коричневыми фосфатными глинами и плитчатыми кальциевыми фосфатами с содержанием P_2O_5 до 35 %. Мощности залежей фосфоритов колеблются от 2 до 10 м,

запасы – первые млрд т. Сходные по строению и масштабам месторождения разведаны и в округе Лейстон, штат Алабама.

Марокко. Совокупные резервы фосфатов этой страны оценивают в 50 млрд т из 70 млрд т Мировых. Это позволяет Марокко сохранить нынешний уровень производства (25,8 млн т в 2010 г., 27 млн т в 2011 г.) еще сотни лет. Впрочем до уровня Китая 97 млн т в 2011г. при резервах 3,7 млрд т) Марокко далеко. В 2011 г. обошли Марокко и США, добыв 28,4 млн т руды при резервах 1,3 млрд т. Наша Россия в 2010 и 2011 гг. стабильно производила по 11 млн т руд фосфатов при резервах 1,3 млрд т (Phosphate rosk..., 2012). Для ресурсов Марокко приводят и более высокие цифры: 60 млрд т, или, в пересчете на концентрат, в 36 млрд т. Концентрат содержит 80 г/т U, что отвечает общему содержанию элемента 2,9 млн. т.

Фосфоритоносный бассейн в районе **Улан-Абдун** занимает площадь 400 км x 100 км. Фосфаты содержат отложения маастрихта, палеоцена и нижнего эоцена, локализованные в прогибах-синеклизах, где перекрывают породы от докембрия до мезозоя. Фосфатные известняки с маломощными фосфоритами монтского яруса палеоцена залегают выше. По разрезу их сменяют известняки и мергели танетского яруса палеоцена, последнего в стратиграфической схеме палеоцена Западной Европы. Пласт фосфоритов в нем мощнее маастрихтского – 1-2,3 м, содержания P_2O_5 – 33%. Основной продуктивный уровень – фосфориты ипрского яруса нижнего эоцена. Их известно 2-4 пласта при мощности каждого 1-3 м и содержании P_2O_5 –34-35%. Только на месторождении **Хурибга** (рис. 9.53) запасы зернистых фосфоритов составляют около 20 млрд т. «Зерна» – оолиты и псевдооолиты скрытокристаллического фосфата занимают 60-80% объема породы. Цементируют оолиты смесь глинистых минералов, кальцита и кремнезема.

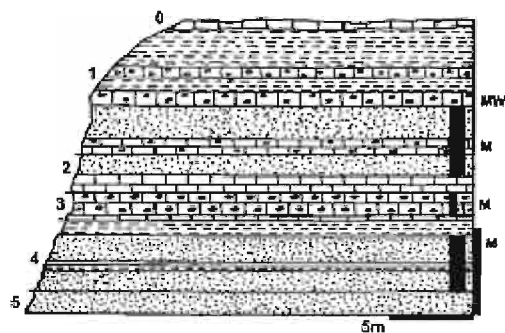


Рис. 9.53. Мел-эоценовое месторождение фосфоритов Квед Зем, рудный район Хурибга, Марокко. По (Р. Laznicka, 2006). О – третичные платформенные известняки; МН – кремнистые фосфориты, фосфатные кремни; М – верхний мел-эоцен, три горизонта диагенетических и частично супергенных фосфатоносных отложений, включая песчаники с зернами фтор-апатита, содержащими франколит, ста-ффеит $Ca_5(PO_4, CO_3)_3F$, глинистую основную массу, переходящую в фосфатный известняк; 1 – эоценовый известняк с кремнистой и мергелистой разностями; 2 – верхнепалеоценовые песчаные фосфориты и фосфатистые известняки; 3

– среднепалеоценовые фосфатистые известняки; 4 –песчаники мела.

Алжир и Тунис. Эти две североафриканские страны богаты ресурсами фосфатов и входят по этому показателю в Топ-22 ведущих мировых лидеров. Запасы Алжира составляют 260 млн т первичных руд, резервы – до 2 млрд т. У Туниса эти показатели – 100 млн т и 1,2 млрд т соответственно. В отличие от Марокко, тунисские фосфориты только кайнозойские, меловые отсутствуют. Последние вновь появляются только в Египте, но там их не сопровождают кайнозойские залежи.

Сенегал. На западе этой западноафриканской страны разрабатывают месторождения **Таиба** и **Тиес**. Фосфатоносная пачка **Таиба** мощностью 4-10 м подверглась в третичное время латеритному выветриванию. Она сложена конгломератами, глинами, песками, алюмофосфатами (крандаллит, в меньшей степени, аугелит). На латеритном месторождении **Тиес**, 80 км северо-восточнее Дакара, запасы руды составляют 40 млн т. Там алюмофосфатная зона сложена в верхней части аугелитом, в нижней – крандаллитом и паллитом. Содержание P_2O_5 в среднем близко к 30%.

Уганда. Запасы фосфатного сырья в коре выветривания карбонатитового массива **Сукулу** и аллювии оцениваются в 200 млн т при содержании 23% P_2O_5 , тогда как в исходных породах оно составляет лишь 6,5%. В расположенном в 10-15 км севернее **Сукулу** массиве **Бусумбу** запасы фосфоритов в элювии мощностью от 30 до 60 м составляют чуть более 7 млн т

Южная Сибирь. К мел-палеогеновой коре выветривания на карбонатных породах приурочены месторождения фосфоритов с содержаниями P_2O_5 10-34% и общими разведанными запасами 50 млн т. Фосфориты представлены рыхлой супесчано-глинистой породой с включениями плотных щебнисто-гравийных обломков. Наиболее распространены остаточные (пористые и ноздреватые), метасоматические (пелитоморфные) и химически осажденные (натечные) разновидности. На **Белкинском** месторождении (Горная Шория) фосфориты (15-20 % P_2O_5) развиты по закарстованным фосфатсодержащим доломитам и известнякам (P_2O_5 до нескольких процентов) рифея и кембрия. Мощности фосфатоносных отложений, заполняющих карстовые полости, меняются от первых до десятков метров. Среди фосфоритов преобладают рыхлые разновидности. Каменистые фосфориты представлены метасоматическими, цементационными, и натечными образованиями. Вмещающими являются глинисто-карбонатные породы. В 45 км юго-восточнее **Белкинского** расположено

Верхнеуэсское месторождение с запасами около 6 млн т фосфатов (среднее содержание около 20 % P_2O_5).

Океания. Общий ресурсный потенциал P_2O_5 океанических фосфоритов оценен в 9,2 млрд т при средних содержаниях P_2O_5 в рудах 20%. На суше прогнозные ресурсы P_2O_5 составляют только 5,3 млрд т при средних содержаниях 15%. Для России практический интерес представляют залежи фосфоритов Японского моря с ресурсами 0,9–1,0 млрд т и средним содержанием P_2O_5 28,3 %. Значительную ценность представляют островные залежи фосфоритов. На Тихом океане они открыты на островах Науру (> 30 млн т P_2O_5), Оушен (> 50 млн т), Макатеа и Матаива, Кито-Даито-Дзима, Беллоне архипелага Соломоновых островов. В Атлантике известны месторождения островов Кюрасао (20–30 млн т P_2O_5), Трауира, в Индийском океане – о. Рождества (100 млн т P_2O_5). Большинство активно эксплуатируется. Общие ресурсы – 180-200 млн т фосфоритовой руды, запасы – 120 млн т. Содержания P_2O_5 – от 17,5 до 41,0 %. Ценность в недрах 3,4 млрд дол.

Калийные соли

Предкарпатье. Предкарпатский калиеносный бассейн (протяженность 800 км, ширина – 15-20 км, площадь – более 20 тыс. км²) расположен на территории Львовской и Ивано-Франковской областей Украины и заходят на территорию Румынии. **Калуш-Галынское, Стебникское** и другие месторождения миоценовых калийных солей находятся в пределах Предкарпатского передового прогиба. Все эти объекты имеют ресурсы около 130 млн т и дают в год примерно 70 тыс. т минерального сырья.

Западная Европа. Во Франции разработки месторождений калийных солей олигоценного возраста с давних пор осуществляют на востоке страны, в Эльзасе. Еще в 1973 г. их в районе Мюлуз добыли 2,3 млн т, ныне производство по причине истощения залежей не превышает 0,2 млн т.

Калийные месторождения **Каталонии** находятся в пределах морского бассейна Эбро, который в эоцене покрывал юг Франции и северо-восток Испании. Поднятие Пиренеев разделило бассейн на два морских залива, Аквитанский и Эбро. Последний оказался отшнурованным рифом от открытого моря. Среди отложений верхнего эоцена распространены два калиеносных уровня. Верхний имеет мощность 0,8 м, нижний – 3,5 м. В разрезе распространены также ангидриты, мергели, пласты очень



чистого галита, рис. 9.53, производство калийных солей в Испании -- 639 тыс. т в 1997 г. и 407 тыс. т в 2002 г. Добыча ведется только в Каталонском калиевом бассейне у Барселоны на рудниках Суриа и Саллент. На первом в последние годы нарастили подземную добычу силвинита и карналлита до 656 тыс. т в K_2O эквиваленте.

Известны калийные соли и в Наварре (испанские Западные Пиренеи), где они залегают в сходной с бассейном Эбро геологической ситуации. Ресурсы Наварры оценивают в 8,5 млн т хлорида калия. До 1997 г. рудник Субиса, эксплуатировал пласт силвинита мощностью 3,0-2,5 м.

Рис. 9.54. Груды попутного хлорида натрия, полученного при разработке соленосных отложений бассейна Эбро у Барселоны. http://www.delivery.by/superstock.com/WI/223/1566/200704/PreviewComp/uperStock_1566-361004.jpg

Иран. Добыча миоценовых калийных солей ведется на северо-западе Центрального Ирана. Действуют рудники **Ильяк и Кара-Агайе** этого района. Первичными осадочными минералами являются галит, гипс, ангидрит, карналлит, вторичными – афтиталит $KNaSO_4$ и ангбейнит $K_2Mg_2[SO_4]_3$. На руднике Ильяк нарушенное первичное залегание галитов осложнено деформациями, возникшими при захоронении и позже. Поэтому появились большие массы вторичных калиевых солей. На месторождении Кара-Агайе галититы сохранили первоначальное залегание и нет вторичных афтиталита и ангбейнита. Высокие содержания Bg в эвапоритах свидетельствует об их морском происхождении, и отсутствии выноса атмосферными осадками. Соли калия вторичны и связаны с его миграцией из слоев галита при метаморфизме.

Израиль и Иордания. Эти две страны Ближнего Востока ведут активную разработку рассолов **Мертвого** моря, ресурсы которого поделены ими поровну, что позволяет каждой поддерживать добычу калийных солей на уровне 580 тыс. т/год. Запасы солей в водах и донных осадках оценены в 43 млрд т, из которых 2 млрд т KCl, 1 млрд т NaCl, 22 млрд т MgCl₂, 6 млрд т CaCl₂, 1 млрд т MgBr₂. Самая глубокая на Земле континентальная впадина **Мертвого** моря (отметка поверхности воды -415 м, дна – 748 м ниже уровня моря) имеет и другую уникальную особенность: только здесь соли выпадают из мощной (сотни м, до 356 м) водной толщи, формируя пласты галитита. Впадина имеет размеры 80 км x 20 км и площадь 810 км². Контуры Мертвого моря постоянно меняются. Уровень вод падает (дождей в год выпадает 45-90 мм, испарение – 1500 мм), из-за чего южная часть «моря» превратилась в небольшое озеро, отделенное от северной части узким проливом. Общий объем солей – 147 км³.

Депрессию Мертвого моря считают результатом активности крупного тектонического шва, разделившего плиты Африканскую и Арвийскую. В кинематическом отношении это левосторонний сдвиг с горизонтальной составляющей перемещений 105 км. Тектоническое происхождение имеют и борта грабена «моря» (рис. 9.55): западное ограничение отвечает Западному Граничному разлому (Иерихонскому), восточное – разлому Арава. Движения по ним начались 15 млн лет назад и длятся поныне с амплитудой 5-10 мм/год. С миоцена депоцентры (максимумы осадконакопления) сдвинулись на 50 км в северном направлении. Постоянные растягивающие напряжения обусловили становление диапиров Западного Граничного разлома. Миоценовые- голоценовые отложения «моря» имеют мощность 8-10 км, а собственно голоценовая толща Южной части – 90 м.

Депрессия Мертвого моря никогда не соединялась с недалеким заливом Акаба Красного моря, и все ее мощные плейстоценовые соли – континентального происхождения, оставленные восходящими соляными рассолами и подземными водами. В плиоцене быстро росли соляные диапиры, в т.ч.

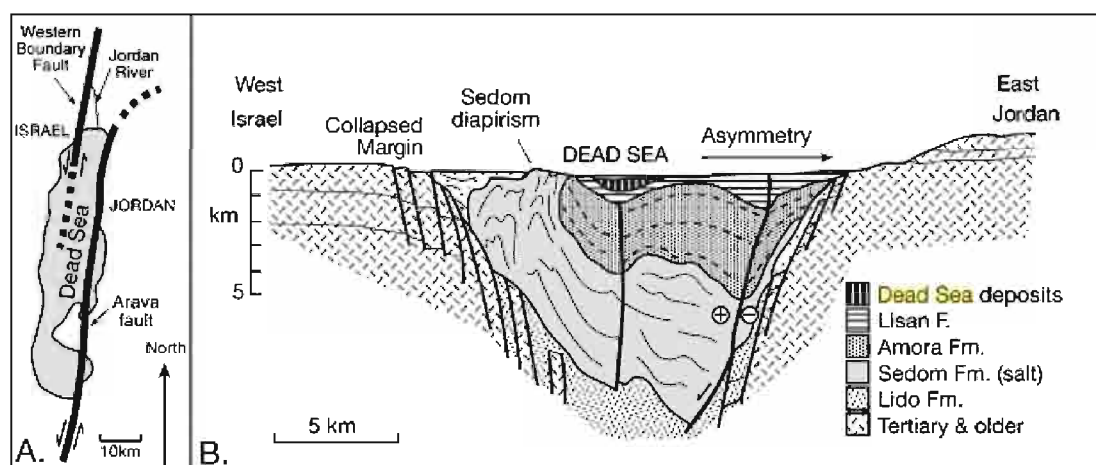


Рис. 9.55. План (А) и схематиче-ский геологический разрез через впадину Мертвого моря (В). Показаны структурная пред-определенность грабена «моря» и (на разрезе) влияние разрывов и соляной тектоники на структуру осадков. По John K. Warren (2006)].



Рис. 9.56. Мертвое море. Соляной диапир «Гора Седом» длиной 8 км (5 миль). Слева – общий вид диапира (на горизонте). Справа – соляные столбы высотой до 20 м и пещеры на его площади. <https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn>

наиболее известный (рис. 9.56) – «Гора Седом», прорвавший перекрывавшую толщу мощностью 200 м. Владеющие Мертвым морем Израиль и Иордания добывают из него калийные соли перекачивая из «моря» рассолы в подготовленные пруды, в которых при испарении кристаллизуется карналлит. Далее минерал перерабатывают в хлорид калия. Израиль твердо занимает первую позицию в мировой экономике по добыче брома, произведя его в 2007 г. 159,4 тыс. т. Иордания в тот же год расположилась на третьем месте – 69 тыс. т.

Эфиопия. В депрессии **Данахил** (рис. 9.57) четвертичные отложения заключают на большой территории слои с каинитом $\text{KMgSO}_4\text{Cl}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$, приуроченные к основанию разреза (мощность 4-13 м). Калиеносны и остальные части разреза формации. Средняя свита (32-24 м) по всему разрезу содержит карналлит, в верхней части – сильвин. Верхняя свита (до 10 м) – сильвиноносная. Это важное месторождение находится в сухой депрессии рифтового происхождения. Здесь многочисленны проявления современного вулканизма, известны горячие ключи и рассолы, высокий тепловой поток.

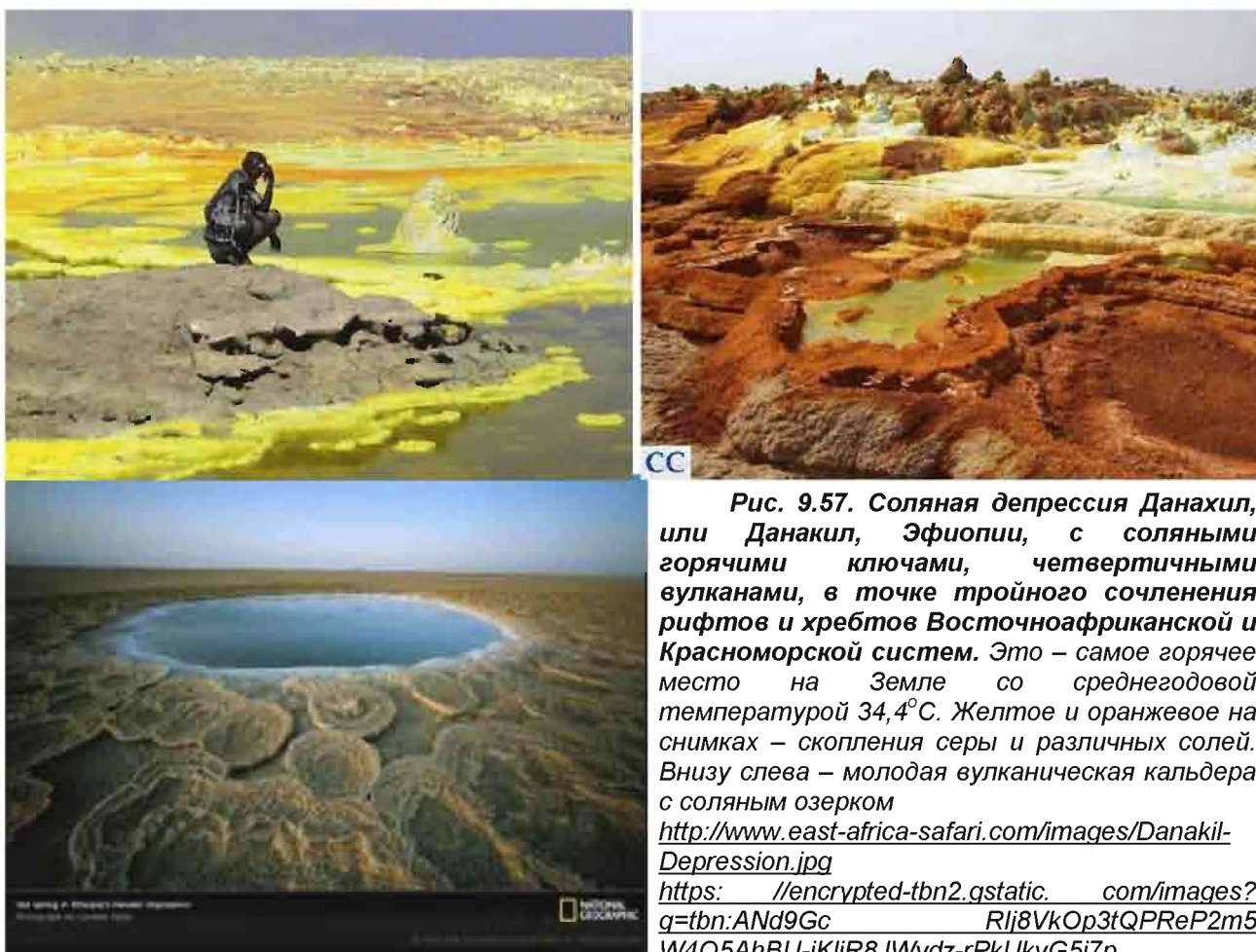


Рис. 9.57. Соляная депрессия Данахил, или Данакил, Эфиопии, с соляными горячими ключами, четвертичными вулканами, в точке тройного сочленения рифтов и хребтов Восточноафриканской и Красноморской систем. Это – самое горячее место на Земле со среднегодовой температурой 34,4°С. Желтое и оранжевое на снимках – скопления серы и различных солей. Внизу слева – молодая вулканическая кальдера с соляным озерком
<http://www.east-africa-safari.com/images/Danakil-Depression.jpg>
<https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRlj8VvOp3tQPRP2m5W4Q5AhBU-jKliR8JWvdz-rPkUkvG5j7p>

Египет. Красноморская рифтовая зона известна миоценовыми эвапоритами большой мощности. При поисковых работах на нефть в керне скважин отмечались интервалы разреза, содержащие минералы калия: сильвин, лангбейнит $\text{K}_2\text{Mg}_2[\text{SO}_4]_3$, полигалит $\text{K}_2\text{Ca}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Полагают, в эвапоритах формаций Цайт и Саут Кариб содержатся миллионы тонн полигалита.

Саудовская Аравия. На островах **Фарасан** Красноморской зоны выявлены миоценовые эвапориты мощностью до 3 км. В разрезах известны горизонты с бишофитом и, менее, карналлитом.

Месторождения урана

Западная Европа. Ураноносные залежи присутствуют в терригенных осадках нижнего мела и палеогена испанского месторождения **Теруэлл**. В Центральном Французском массиве инфильтрационные ураноносные пластовые залежи распространены в рудных полях **Сан-Пьер** и **Грезю**. Чет-вертичные основные щелочные вулканы, распространенные на территории массива, рассматриваются как вероятный дополнительный источник U месторождений. Западнее Центрального Французского массива, в северном борту Аквитанской впадины урановые руды локализованы в эоценовых глинах и песках. Залежи месторождения **Кутра** здесь контролируются зоной пластового окисления.

Чехия. В Лабском бассейне терригенные толщи сеномана содержат инфильтрационное урановое оруденение месторождений **Гамр, Кёнигштайн** и др., рис. 9.58. Оно образовано ураноносными артезианскими и термальными водами. Пластовая лимонитизация (воздействие обогащенных кислородом вод) сменяется по падению зоной обеления с каолинитом и дикиитом. Распространение изменений контролирует урановое оруденение. На месторождении **Гамр** залежи прорваны дайками порфиритов, на **Кёнигштайн** термальные воды, поступающие из фундамента, участвуют в перераспределении концентраций U, образовании рудных жил. Залежи возникли в многократной смене обстановок – термальные воды и восстановители прорывались сквозь рудовмещающие толщи следом за инфильтрацией кислородных вод-окислителей. U сопровождается повышенные концентрации Zr, Ni, Ti.

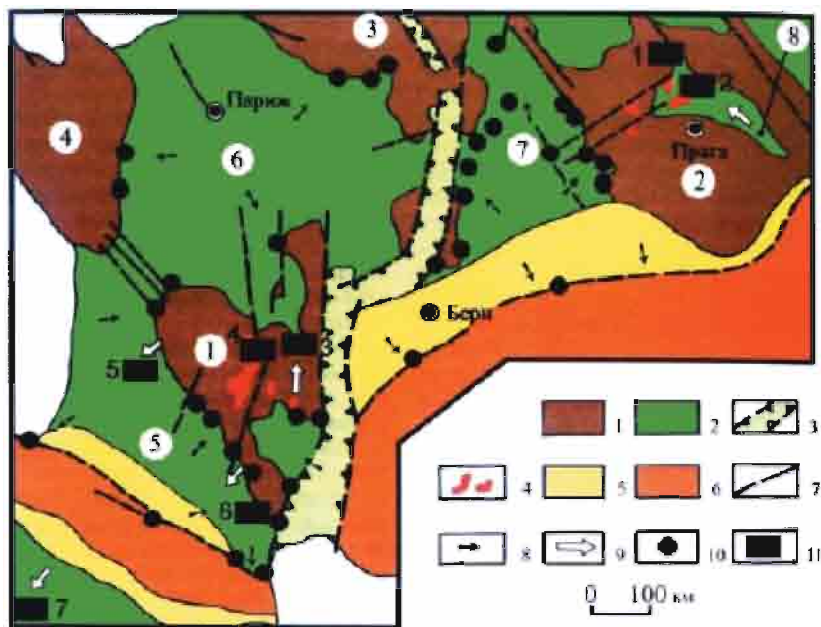


Рис. 9.58. Ураноносные осадочные бассейны Западной Европы с преимущественно кайнозойскими инфильтрационными рудными залежами. По (Г.В. Грушевой, И.Г. Печенкин, 2000). 1-7 – Западно-Европейская эпипалеозойская платформа: 1 – срединные массивы (1 – Центральный Французский, 2 – Чешский, 3 – Арденнский, 4 – Армориканский); 2 – осадочные бассейны (5 – Аквитанский, 6 – Парижский, 7 – Южно-Германский, 8 – Лабский); 3 – грабены; 4 – эффузивы и гранитоиды N-Q; 5 – бассейны форланда; 6 – структуры

Средиземноморского подвижного пояса; 7 – крупные тектонические нарушения; 8-9 – основные направления движения пластовых вод: 8 – эксфильтрационных, 9 – инфильтрационных; 10-11 – месторождения U, возникшие в результате активности рудообразующих систем: 10 – эксфильтрационной (Fe, Mn, Pb, Zn, Ag, SrSO₄), 11 – инфильтрационной (U, Mo, Se); 1 – Кёнигштайн, 2 – Гамр, Голички, Страж и др., 3 – Грезуо, 4 – Сен-Пьер, 5 – Кутра, 6 – Лераге, 7 – Массарет.

В Болгарии (северное обрамление Эгейского сегмента Средиземноморско-Гималайского подвижного пояса) залежи урановых руд месторождений **Момино, Мудрец, Хасково, Орлов Дол** выявлены в миоцен-плейсто-ценовых молассах и аллювии предгорий. **Момино** и **Орлов дол** находятся в грабенах как и **Элешница, Симитли, Мелник, Лесковац, Бясна Кобила**. Все это инфильтрационные ураноносные залежи в третичных молассах.

Европейская Россия. Практический интерес для Калмыкии и других регионов юга России представляют нетрадиционные фосфорсодержащие руды **Ергенинского** рудного района в глинистых отложениях майкопской серии олигоцена-нижнего миоцена. Здесь открыты 13 месторождений – **Степное, Шаргадыкское, Богородское, Нугринское** и другие.

Северный Кавказ. Своеобразным объектом является **Лермонтовское** месторождение близ Пятигорска. Под этим названием скрывается группа из двух кайнозойских урановых месторождений – **Бештау (N1)** и **Бык (N2)**. Оба ассоциируют с интрузией бештаунитов (3 км²), щелочных пироксено-амфиболовых трахипаритов, или гранитпорфириров, содержащих ксенолиты меловых известняков, песчаников, сланцев. Бештауниты внедрились 25 млн лет назад. В составе руд преобладают оксиды и водные фосфаты урана, встречаются давидит (Ti,Fe...TR)₂₁O₃₉, лермонтовит U(OH) (PO₄)H₂O. Сопутствующие минералы: кварц, халцедон, кальцит, флюорит, датолит, пирит, лимонит. Рудники дали за время разработки 5,3 тыс. т урана, извлеченного из залежей с содержаниями 0,1% U.

Мангышлак. Олигоцен-раннемиоценовые лагунные фосфатоносные (кости рыб) песчано-глинистые толщи майкопской свиты с U и TR (до 0,48 %, обычно 0,2-0,3%) распространены в Мангистаусской области Казахстана. TR в них связаны с костным фосфатом и преимущественно принадлежат цериевой подгруппе (89%). В мелком костном детрите несколько больше иттрия.

Сегендыкский рудный горизонт на Карагиинском поднятии (9.59) имеет мощность 1-5 м, а северо-западной и юго-восточной – 75 м (мульда Жазгурли) и 230 м (мульда Сегендыкская). Он

расчленен на пачки нижнюю рудную (прослой сульфидов в основании, обильный костный детрит, присутствие туффитов; все месторождения в ее основании), среднюю зеленовато-серых глин и верхнюю, схожую с нижней, но обедненную костным веществом (мощность ее на склонах Карагинского поднятия до 5 м, а на его куполе отложения размыты). На Карагинском поднятии известны пласты костного детрита и костной брекчии, в т.ч. с позвонками китообразных (0,1-0,3 м). Мощность металлоносных образований не более 2-5 м. В пределах купола поднятия их нет (размыты). Интересно присутствие в рудной пачке глинистых туффитов (10-15 см) с однородными выделениями монтмориллонита по вулканическому стеклу. Оно сохранилось в игольчатых выделениях. А.А. Шарков считал прослой костной брекчии и ассоциирующие с ним отложения в районе Карагинского купола коррелятивным всей рудной пачке (включая сульфидный прослой) Сегендыкской и Жазгурлинской синклиналей.

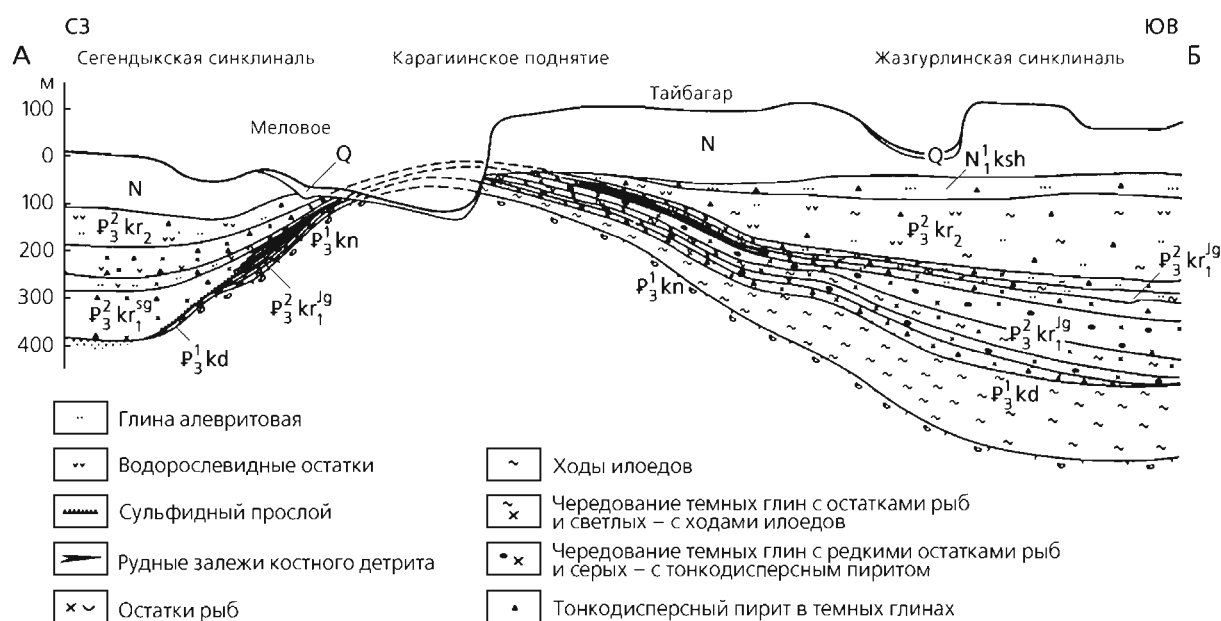


Рис. 9.59. Мангышлак. Геологический разрез через Карагинское поднятие и раннеолигоценовые урановорудные месторождения Меловое и Тайбагар (положение разреза см. предыдущий рисунок). По А.А. Шаркову (2002). Нижний олигоцен: P_1^3kn - кенджагинская свита, P_1^3kd — каундинские слои; верхний олигоцен - карагинская свита: $P_{2-3}kr_1$ - нижняя (рыбная) подсвита ($P_{2-3}kr_{1jg}$ - жазгурдинский горизонт, $P_{2-3}kr_{1sg}$ - сегендыкский горизонт), $P_{2-3}kr_2$ - верхняя подсвита. Нижний миоцен: N_1^1ksh - кашкаратинская свита. N - неоген нерасчлененный, Q — квартер.

Рудные тела в плане обычно имеют северо-западную ориентировку, наблюдаются только у Карагинского поднятия на эрозионной поверхности глин в углублениях-промоинах и мульдах. На месторождениях **Меловое**, **Томак**, **Тайбагар** они занимают площадь 18-20 км x 1-7 км, месторождениях **Тасмурун**, **Садырнын** – 25-30 км x 2-10 км. В пределах месторождений различают «компактные» и «расслоенные» залежи (блоки). «Компактные» находятся ближе к своду, больше насыщены костнодетритом, «расслоенные» удалены от свода, обеднены детритом, их мощности больше за счет безрудных прослоев. Пластовые залежи крупных месторождений имеют мощность 0,5-12 м; их уровней обычно четыре (рис. 9.60), все характеризуются ритмичным строением (поверхность размыта — накопление крупного костного детрита — накопление мелкого костного детрита).

США. Ураноносные рудные районы **Блэк-Хиллс**, штат Южная Дакота и впадин **Паудер-Ривер**, **Шерли-Бейсин**, штат Вайоминг, приурочены преимущественно к центральным частям молодых впадин, выполненных третичными отложениями. Они очень схожи по генетическому типу и минеральному составу с ларамийскими месторождениями плато Колорадо, но — еще более молодые. Оруденение представлено пластовыми телами, локализованными в нижнемеловых песчаниках, палеоценовых песчаниках с аргиллитами и песчаниках нижнеэоценовых (впадина Шерли).

Ураноносный район **Мэрисвэйл**, штат Юта, имеет геологическое строение сходное с таковым плато Колорадо, но отличается генетическим типом руд: все они представлены вертикальными гидротермальными жилами, секущими кварцевые монзониты и аплитовые граниты верхнего олигоцена, с датами 21,3-27,3 млн лет (K-Ar). Ряд рудных тел встречаются в массиве более молодых риолитов вулканических серий с датами 18 млн лет. Возраст уранинита определен в 13 млн лет, а серицита из жил — 12 млн лет. Рудоносные участки жил имеют фиолетовый цвет, переходящий в

черный. Их широкое развитие – признак длительной циркуляции растворов по системам трещин. Метасоматоз происходил в две стадии. Сначала сформировались залежи и жилы алунита и лишь затем происходили аргиллитизация и отложение урановых минералов. Урановая смолка встречается в жилах вместе с темно-фиолетовым флюоритом, адуляром, пиритом, магнетитом.

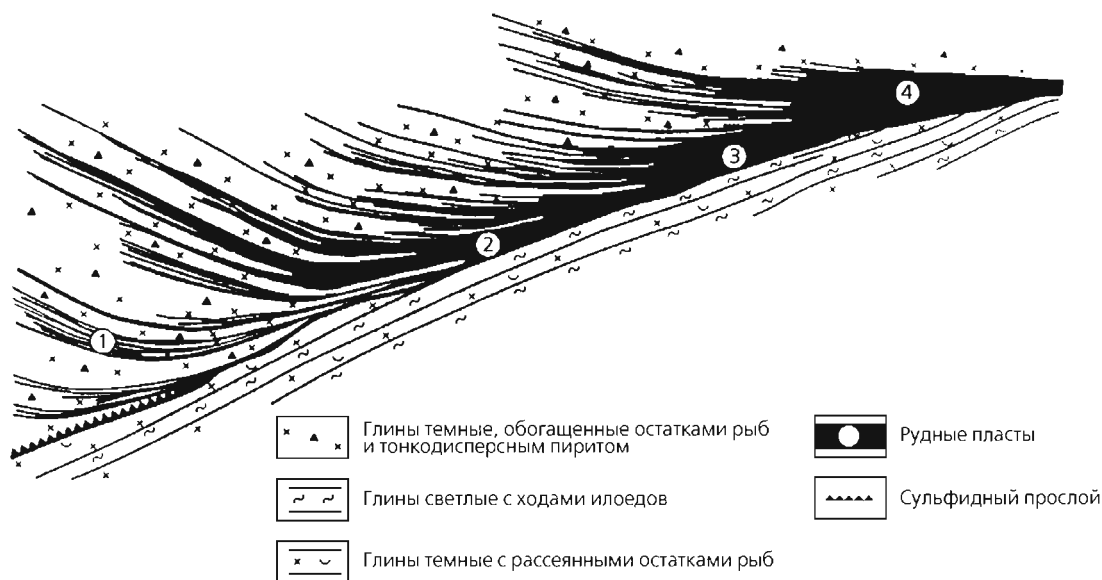


Рис. 9.60. Мангышлак. Продольный разрез рудной залежи позднеолигоценового уранового месторождения Меловое. По А.А. Шаркову [2002].

Юго-западная Африка. В основном ураноносном регионе **Эронго** металлоносные калькреды выполняют русла рек, оказываясь нередко погребенными более поздним аллювием. Собственно гидросеть с подобными залежами миоценовая, возможно, более древняя. Калькреды месторождений **Ланге Хейерих, Мареника, Трикоппе** представлены остроугольными либо окатанными обломками кварца, полевого шпата, примесью рифейских метаморфитов, мезозойских долеритов группы Карру гравийной размерности. Цемент преимущественно известковистый у более древних калькред, у поздних – известковисто-глинистый. Скопления карнотита $K_2(UO_2)_2V_2O_8 \times 3H_2O$ тяготеют к зернам дымчатого кварца. Наиболее поздние ураноносные педогенетические образования описываемого типа – гипскретовые ("твердых корок"). Они представлены разностями чисто гипсовыми, вплоть до продукта обезвоживания гипса, именуемым бассанитом $[CaSO_4] \times 0,5H_2O$, песками, гравием с гипсовым цементом. Гипскреды содержат до 60 кг/т триоксида урана. Их мощность на месторождении **Трикоппе** – до 3 м. Рудоносностью калькреды обязаны подземным водам, встречающимися на пути препятствия (замки антиклиналей, куполы мраморов, дайки), поднимаются к земной поверхности.

Австралия. Урановые объекты песчаникового типа распространены в Южной и Западной Австралии, на северо-западе штата Квинсленд, в штате Северные Территории. Ураноносные поля и бассейны с подобными объектами – поле **Фроум Эмбэймент, Эвкла, Уэстморлэнд, Панданус Крик, Амадеус** (бассейн), **Нгалиа** (бассейн), **Ганбаррел, Карнарвон** (бассейн), **Каннинг** (бассейн). В Южной Австралии в 1970 г. было найдено месторождение **Яррамба**, в 1971 г. – **Ист Калкароо**. Первое из них предвосхитило грядущие находки на площади одноименного палеорусла. В 1971 и 1972 гг. на ее юге обнаружили первую бедную урановую минерализацию в третичных песчаниках, а вскоре обнаружили объект, известный ныне как месторождение **Хонеймун**. В 1978-1982 гг. в 65 км северней от него была открыта ураноносная площадь **Обан Бо Бербер Дэм**. Месторождения **Хонеймун, Ист Калкароо, Яррамба, Гоулдс Дэм** находятся в выполняющий палеоканалы аренитах палеоцен-эоценовой формации Эйре, **Беверли** – среди перекрывающих миоценовых песков породного бара, поперек перегородившего палеоканал. Уран концентрируется вдоль раздела «глина-песок» среднего цикла. Месторождение **Гоулдс Дэм** находится в пределах палеорусла. Залежь приурочена к редокс-разделу на слиянии палеорусел Биллероо и Курнамона. Каналы заполнены третичными песками и глинами. Ресурсы, пригодные для выщелачивания, – 17,6 тыс. т U_3O_8 . В бассейне **Эвкла**, полуостров Эйре, урановые объекты песчаникового типа приурочены к эоценовым палеоруслам. Эти отложения являются базальными для бассейна. Они залегают на гранитах, гнейсах, вулканитах AR-PR1.

9.4. Историко-минерагенические провинции гипергенного минерагенеза

Выделяются историко-минерагенические провинции (ИМП) с наибольшими концентрациями месторождений экзогенных полезных ископаемых (римские цифры на рис. 9.22): I – **Аляскинская**, II –

Канадских Кордильер, США и Центральной Америки, III – Южноамериканская, IV – Средиземноморская, V – Северной Африки (Мароккано-Египетская), VI – Центральной и Южной Африки, VII – Урало-Казахстанская, VIII – Таймыро-Камчатская, IX – Байкальско-Приморская, X – Китайская, XI – Индостанская, XII – Юго-восточной Азии и Океании, XIII – Австралийская, XIV–XVI – ИМП Мирового океана, с экономическими интересами России (разведочные районы выделены квадратами), в т.ч.: XIV – Западного Пацифика, XV – Кларион-Клиппертон на северо-западе приэкваториальной зоны Тихого океана, XVI – Центральной Атлантики, XVII – Центрально-Индоокеанская.

I. Аляскинская ИМП. На Аляске золотоносные россыпи в XIX веке стали причиной нескольких волн «золотой лихорадки». Поныне бассейн р. Юкон Канады и США, где богатые месторождения были открыты в 1896 г., остается заметным центром добычи аллювиального золота (канадский г. Доусон).. Выделяют около полусотни исторических рудно-россыпных районов. Очень интересен платинометалльной специализацией рудный район **Goodnews Bay** на берегу Берингова моря, крайний юго-запад Аляски. Здесь добыто 18,6 т платины (600 тыс. унций) плюс некоторое количество Ir, Os, Ru, Pd, Re. На р. Salmon в 1934-1976 гг. старатели также намыли 840 кг золота. Протяженность россыпей составляет около 14 км. Они приурочены к палеоруслу реки, выполненному нижнеплейстоценовыми ледниковыми и современным аллювиальными толщами. Россыпи богатые: содержания платиноидов более 1 г/т. Основные минералы – собственно платина и осмистый иридий. Суммарная масса добытых МПГ 20,2 т

II. ИМП Канадских Кордильер, США и Центральной Америки. На площади ИМП известны экономически значимые кайнозойские аккумуляции Fe, Ni, V, U. Огромную известность получили богатые золотоносные россыпи Калифорнии. На юго-западе штата Орегон расположено единственное в США месторождение силикатного Ni Никел-Маунтин. Рудоносные латериты эоцена, развитые по гипербазитам, на островах Карибского архипелага прослежены на 800 километров и занимают площадь до 5000 км² (на Новой Каледонии в Меланезии 2000 км²). На Кубе руды в корях выветривания по ультраосновным породам Co-Ni-Al-Fe комплексные, особенно распространены на востоке острова. Месторождения Пунта и Моа Бэй входят в состав рудной площади Моа Бэй с ее единым латеритным покровом на восточной окраине крупного (1,5 тыс. км²) массива меловых перидотитов. В пределах месторождений группы Никаро (60 км западней Моа) свыше 10 месторождений, часть которых отработана. Разведаны месторождения Марти, Лус, Левис, Карлота, Канада, Феникс. Выделяют плотные, рыхлые серпентиновые (35%) и охристые (65%) латеритные руды. В Доминиканской республике крупное латеритное месторождение Фалькондо дает в год 32 тыс. т ферроникеля (40% Ni, 60% Fe).

Ураноносные рудные районы **Блэк-Хиллс**, штат Южная Дакота и впадин **Паудер-Ривер, Шерли-Бейсин** приурочены к центральному частям впадин, выполненных третичными отложениями. Титан-циркониевыми россыпями богато североамериканское Атлантическое побережье США. Своими масштабами выделяется объект **Трейл-Ридж** в штате Флорида, рудоносные залежи которого прослежены на 200 км. Содержание циркона – 0,3-0,5% (в пересчете на ZrO₂, 0,2-0,34%), рутила – 1,08%. Запасы ZrO₂ определены в 1,08 млн т. Прибрежно-морские черные пески штатов **Вирджинии и Джорджии**, третичные и древнечетвертичные, содержат 0,7 г/т ZrO₂ и 0,02 г/т золота.

Месторождения бокситов юго-востока США, в т.ч. центральной части штата **Арканзас**, – нижнеэоценовые. Самые значительные залежи обнаружены на склонах и днищах древних оврагов холма Залине. Каолиновый пояс Южной Каролины-Джорджии-Алабамы прослежен на 400 км, в его пределах различают шесть каолиновых районов. Пояс – мирового значения поставщик качественных каолинов на рынок, произвел уже сто млн т этой продукции. Ресурсы каолинов - 7-10 млрд т. Фосфоритоносная провинция Восточно-Американской береговой равнины содержит в неогеновых толщах около 2,5 млрд т учтенных ресурсов P₂O₅. Основным источником агроруд является Флорида, хотя залежи зернистых фосфатов обнаружены также в Северной и Южной Каролине, в Джорджии.

III. Южноамериканская ИМП. Основные гипергенные полезные ископаемые Южной Америки связаны с корами выветривания, содержащими Fe, Ni, REE, Ta, Nb. Россыпи имеют подчиненное значение, но среди них немало богатых алмазоносных. Крупнейшие месторождения высококачественных железных руд Бразилии образованы в результате воздействия гипергенных процессов на железистые кварциты-итабиты. Наибольшее их количество в центральной части штата Минас-Жераис. Мощность руд, обычно, гематитовых, до 200 м и более. Они содержат 66% Fe, иногда больше, а ресурсы Fe не менее 35 млрд т. В венесуэльском штате Боливар месторождение **Эль-Пао** расположено на четырех холмах, сложенных темно-синей гематитовой рудой со средним содержанием 68% Fe и запасами свыше 100 млн т.

Ni-носные латериты в Бразилии более века известны в штате Гояс. Широко развиты редкоземельно-редкометалльные месторождения, связанные с корами выветривания. Близ пегматитов обнаружены крупные по запасам Ta-Sn-носные россыпи **Питинга**, штат Амазонас, Бразилия. Уникально месторождения бадделеита ZrO₂ на плато **Посус ди Калдас**, линеамент Сан-Франсиску, Бразилия. Рудный минерал бадделеит(до 74%) циркония, считается наиболее

привлекательным при промышленном переделе. Золотом обогащены коры выветривания на месторождениях **Банья**, **Салобу** в Бразилии. В **Суринаме** распространены коры выветривания с содержанием до 18-70 г/т Au. В штате Боливар, Венесуэла, старатели поныне ежегодно добывают около 150 тыс. каратов алмазов. Залежи бокситов распространены на площадях, тяготеющих к Гвианскому щиту и на юго-востоке Бразилии. В Колумбии они известны на северо-западе и в центре страны Венесуэла располагает четырьмя бокситоносными районами, находящимися на востоке в пределах Гвианского плато. В Бразилии наиболее значительные бокситоносные районы находятся на поверхности плато с абсолютными отметками около 1300 метров и на склонах гор с а.о. около 1800 м. В Перу экзотическое **Мина Рагра** – крупнейшее в мире ванадиевое месторождение. Его залежи локализованы в нижнетретичных битуминозных мергелистых сланцах и содержит патронит VS_4 , кискеит (богатый V и S асфальтовый кокс). Присутствуют ярко окрашенные ванадаты В верхнем горизонте мощностью до 50 м содержания пентоксида ванадия доходило до 11%, в зоне окисления – до 20%. В 1943 г. из 847 т руды получили 109,4 т ванадия.

IV. Средиземноморская ИМП. Важнейшим районом с залежами кайнозойских железных руд на площади 150 км² является **Керченский. Варненский** пояс олигоценовых аккумуляций оксидного и силикатного Мп никопольского типа известен одним из крупнейших месторождений Мп **Оброчиште** (52 км²) с запасами в 895,5 млн т, включая 125,5 млн т промышленных руд. Общий потенциал района – 1,5 млрд т руды с 10% Мп, средней мощностью пласта 10 м и плотностью руды 3 г/см³. Раннеолигоценовый марганцевый бассейн Южной Украины (**Никопольское** и **Больше-Токмакское** месторождения) расположен на обоих берегах Днепра, северней г. Никополь Днепропетровской области. Стратиформные марганцевые месторождения Грузии (**Чиатури**) – раннеолигоценовые.

Крупные разрабатываемые титан-циркониевые россыпи олигоценового возраста имеются на Украине в Днепропетровской области. Страна находится на 3-м месте в мире после ЮАР и Австралии по запасам ZrO_2 , оцениваемым в 4 млн. т, входит в десятку крупнейших производителей TiO_2 , (9 % мировых запасов ильменита и рутила), а также занимает 3-е место по выпуску Hf. В пределах **Ставропольского** свода россыпи минералов Ti и Zr известны в отложениях среднего миоцена. Олигоцен-раннемиоценовые лагунные фосфатоносные (кости рыб) песчано-глинистые толщи майкопской свиты с U и TR (до 0,48 %, обычно 0,2-0,3%) распространены в Мангистаусской области Казахстана. TR в них связаны с костным фосфатом и преимущественно принадлежат цериевой подгруппе (89%). В мелком костном детрите несколько больше Y.

В Предкарпатье известные с XIX века **Калуш-Галынское, Стебникское** и другие месторождения миоценовых калийных солей имеют совокупные ресурсы около 130 млн т и дают в год примерно 70 тыс. т минерального сырья. Во Франции разработки месторождений калийных солей олигоценового возраста с давних пор осуществляют в Эльзасе. Калийные месторождения Каталонии находятся в пределах бассейна Эбро, который в эоцене покрывал юг Франции и северо-восток Испании. Резервы бассейна 300 млн т в K_2O эквиваленте. Производство калийных солей в Испании порядка 500 тыс. т. Добыча осуществляется только у Барселоны на рудниках **Сурия** и **Саллент**.

V. ИМП Северной Африки (Мароккано-Египетская). В регионе известны кайнозойские месторождения россыпного золота, бокситов, калийно-магниевых солей, но основное экономическое значение имеют огромные аккумуляции фосфоритов в Марроко, Тунисе, Алжире, Сенегале. Только на месторождении **Хурибга**, Марокко, запасы зернистых фосфоритов составляют около 20 млрд т. В Западном Сенегале разрабатывают месторождения **Таиба** и **Тиес**. На латеритном месторождении **Тиес** запасы руды 40 млн т, содержание P_2O_5 в среднем близко к 30%. В зоне выщелачивания карбонатов и сульфидов рудных жил плато Ахаггар содержания золота доходят до 70 г/т. На месторождении **Тиририн**, Алжир, мощности зоны окисления с богатым содержанием золота достигают 100-200 м. В Эфиопии эксплуатируют россыпное платинометалльное месторождение **Юбдо**. Платина находится в латеритной коре выветривания дунит-клинопироксеновых пород одноименного массива и в аллювии.

VI. ИМП Центральной и Южной Африки. Экзогенные аккумуляции кайнозоя в ИМП представлены мирового уровня месторождениями бокситов, алмазонасными, редкометалльными россыпями. Экономическое значение имеют месторождения Fe, Au, U. В Гвинее залежи железорудного месторождения **Конакри** приурочены к латеритной коре выветривания массива Какулума, сложенного крупнозернистыми перидотитами. Выделяются несколько типов руд, но по содержанию Fe_2O_3 (73,5%), Al_2O_3 (9,2%) они близки между собой. На северо-восточной окраине массива выявлена площадь (около 2,6 км²) с содержанием Ni 0,5-0,9%. Средняя мощность легированных железных руд 10-12 м, прогнозные запасы – 6 млрд т. В Гвинее 16 бокситоносных районов объединены в бокситоносную провинцию плато **Фута-Джалон**. В целом ряде месторождений (**Туге, Боке, Сангареди, Дабола, Фриа, Киндиа**) содержится более чем по 100 млн т бокситов. Крупными, но меньшими ресурсами обладают Гана, Экваториальная Гвинея, Мали.

В основном ураноносном регионе юго-западной Африки **Эронго**, Намибия, металлоносные калькреды выполняют русла рек, оказываясь нередко погребенными более поздним аллювием.

Собственно гидросеть с подобными залежами миоценовая, возможно, более древняя. Россыпное золото – важный объект горнорудной и старательской, деятельности на континенте. В Уганде, марганцевистые золотоносные конкреции образуют в латеритах хорошо выраженные слои мощностью до 0,5 м на глубине до 1,5 м. В них обнаружено до 150 г/т золота, а также 0,08% вольфрама, до 0,25% меди, иногда более 3% свинца. В Южной Африке распространены алмазоносные коры выветривания и связанные с ними россыпи. В долине **Идатель**, Намибия, известно место, где алмазы можно было собирать из материала кор руками. Крупнейшие кайнозойские россыпи алмаза находятся в ЮАР (**Лихтенбург** в Трансваале, плато **Намакваленд** на юго-западе) и Намибии у ангольской границы до устья р. Оранжевой

VII. Урало-Казахстанская ИМП. Регион богат россыпями Au и редких минералов, аккумуляциями Fe, Mn, каолинов, огнеупорных глин, фосфоритов. Меловая-палеогеновая трансгрессия оставила огромные скопления морских сидерит-гидрогётит-лептохлоритовых руд, образующих полосу протяженностью более 600 км при ширине 50-180 км. Промышленно значимые руды установлены в приобском Бачкарском районе Томской области. Присутствуют P_2O_5 (1,03-1,3%), V (0,13-0,25%), иногда Au, Pt, Pd. **Бачкарские** железные руды считаются перспективным сырьем на драгметаллы.

Северо-Уральский марганцеворудный бассейн прослежен на 200 км от г. Серова до пос. Бурманово на севере в Свердловской области. Его полоса объединила 15 нижнепалеогеновых месторождений карбонатных, частично окисленных руд, в том числе **Березовское, Ново-Березовское, Южно-Березовское, Екатерининское, Марсятское, Юркинское, Лозьвинское, Ивдельское.**

Титан-циркониевые россыпи на юге Западной Сибири (**Шокашская, Обуховская, Тарская, Ордынская, Туганская, Георгиевская**) локализируются в меловых-палеогеновых долинах переходной зоны между гористой и равнинной частями региона. На Полярном Урале золоторудное месторождение **Новогоднее-Монто** связано с палеогеновыми корами выветривания по золотоносным телам, как и в **Авзяно-Белорецком** районе Башкирского Урала. На Салаире открыты мел-палеогеновые золотоносные коры с объектами **Егорьевское** (Новосибирской области), **Апрельское** и **Христиновская Яма** (в Кемеровской области). В Акмолинской области Центрального Казахстана развиты золотоносные россыпи **Караултобе** и **Таукин**, в Восточно-Казахстанской области - **Май-Капчагайская долина**. Россыпные месторождения алмаза Пермского края эксплуатируют с довоенного времени.

VIII. Таймыро-Камчатская ИМП. Основные экономически значимые гипергенные полезные ископаемые кайнозой это золотоносные россыпи. Иногда Au в них сопровождают MPG и минералы редких металлов. Центральнo-Колымский регион – единственный в Мире, где из россыпей добыто 95% всего произведенного золота. Россыпного металла получили за 70 лет 2500 т, в т.ч. из объектов центральной части – 1892. Определенный интерес могут представить пролювиально-аллювиальные россыпи аутигенно-метаморфического Eu-монацита. Эту разновидность монацита называют «серой», а также «куларитом», по Куларскому району Якутии, где минерал часто встречается в золотоносных или оловоносных россыпях. Содержания минерала в золотоносных россыпях **Куларского** района Якутии составляют в среднем 1 кг/м³.

IX. Байкальско-Приморская ИМП. На побережьях Охотского и Японского морей известны аккумуляции титаномagnetита. В Бурятии выделена зона на площади месторождений **Магнетитового, Майского, Звездного**, где предполагается наличие золотоносных кор выветривания. При оценке прогнозных ресурсов на 01.01. 2003 г. Правительством Амурской области учтено более 6000 россыпных золотоносных объектов разных рангов, входящих в 13 рудно-россыпных районов и их 46 рудно-россыпных узлов. Прогнозные ресурсы россыпного золота категории P1 оценивают в 100 т, общие ресурсы – 130 т. В Хабаровском крае россыпи окружают массив с карбонатами **Кондёр**. Запасы МПГ в россыпи **Кондёр-Уоргалан** – 60 т (добыто 3 т). Средние содержания – 2-5 г/т. Около одного миллиона тонн Nb_2O_5 содержится в корях выветривания щелочно-ультраосновного массива **Белая Зима** (18 км²) у г. Нижнеудинска Иркутской области. Помимо Nb (0,3-0,8% Nb_2O_5), из руд добывают апатит.

X. Китайская ИМП. Известны кайнозойские аккумуляции медистых песчаников.. В пров. Юньнань разрабатывали россыпное месторождение **Гэцзю** с диагенетическим танталоносным касситеритом. В провинции Цзянси по редкоземельным гранитам развиты молодые коры выветривания с «ионными рудами». Месторождение **Раян** иттриевое. Запасы Y_2O_3 здесь – 120 тыс. т, а всех TR_2O_3 – 200 тыс.т при содержании 0,1%. Месторождение **Джой-Пэй-Тин** (провинция Гуандун) представляет собой серию залежей рудоносных мезозойских (послеяньшаньских) и третично-четвертичных каолинит-галлуазитовые кор выветривания. Подсчитанные запасы – 8 тыс. т TR_2O_3 , треть из них относится к Y_2O_3 . 89 % запасов считаются «ионными рудами», остальное – зерна ксенотима и монацита. Активно разрабатывают металлоносные рассолы и осадки соленых озер бассейна **Цайдам** на западе Китая. Из 440 млн т ресурсов 130 млн т растворены в озерной воде, остальные 310 млн т заключены в

донных отложениях. В котловине **Qaidam** учтено свыше 90% известных ресурсов КНР по хлоридам К, Mg Li.

XI. Индостанская ИМП. С латеритами связаны многочисленные месторождения бокситов, Fe, Ni. Прибрежно-морские россыпи редкометалльных и радиоактивных минералов протянулись почти вдоль всего океанического побережья. Крупные запасы богатых железных руд известны в различных штатах. Содержания железа в них от 28 до 59% и в среднем - 43%. В штате Орисса Ni-носное латеритное месторождение **Сукинда** связано с корой выветривания по дунитам архея. Она находится в понижении рельефа поверхности выравнивания, перекрыта аллювиальными отложениями, игравшими роль защитного слоя. Здесь сосредоточена большая часть ресурсов никеля Индии.

XII. ИМП Юго-восточной Азии и Океании. С XVI века регион известен богатыми россыпями олова (Таиланд, Лаос, Индонезия). Ныне он один из важнейших поставщиков на мировой рынок Ni, который получают из кайнозойских латеритов Новой Каледонии (более 1500 месторождений, 3 млн т руды ежегодно, с 2,5-3% Ni.) и индонезийского о. Сулавеси (месторождения **Помалаа, Сороако, Ларона, Колако**). Во Вьетнаме сконцентрированы крупнейшие аккумуляции бокситов, по ресурсам которых страна занимает первое место в Мирове – 11 млрд т, что позволило ей резко опередить прежнего рекордсмена Гвинею (ресурсы 8,6 млрд т, всего Мира – 38 млрд т).

XIII. Австралийская ИМП. Австралия - один из мировых центров разработки бокситов, часть месторождений которых кайнозойские (остальные меловые). Здесь впервые установлены промышленная золотоносность и весьма крупные запасы драгоценных металлов в ряде аккумуляций латеритов. Большое экономическое значение имеют прибрежно-морские и аллювиальные титан-циркониевые россыпи. На континенте известны крупные месторождения каолинов и огнеупорных глин, продолжается добыча россыпных золота и алмазов. Запасы никелевых руд 4,9-6,0 млн т. Железные латеритные шляпы нередко обогащены благородными металлами. В корах выветривания архейского месторождения **Калгурли** и расположенных рядом месторождений **Маунт-Перси** и **Кэноуна** содержалось до 35 г/т золота. Ресурсы золотоносных руд в латеритах месторождения **Боддингтон**, которое разрабатывалось ранее как бокситовое 115 т. Среднее содержания Au 1,8 г/т, бортовое – 1,0 г/т. Кайнозойские россыпи континента различны по генетическим типам. В них сосредоточено около 50% мировых ресурсов россыпного циркона. Каждые 200 га богатых россыпей континента содержат 0,7-0,8 млн т цирконового концентрата, почти столько же, сколько производится в Мирове за год. В 2003 г. на континенте добыли 53 млн т бокситов, получили 16,5 млн т глинозёма (1 место в Мирове) и 1,9 млн т алюминия.

XIV-XVII. ИМП Мирового океана. Железо-марганцевые конкреции (ЖМК), кобальто-марганцевые корки (КМК), глубоководные полиметаллические сульфиды (ГПС) пользуются значительным распространением на океаническом дне. В наших водах первый фрагмент массивных сульфидов драгирован с вершины подводного вулкана Кудрявый у о. Итуруп. В Мировом океане научные и экономические интересы России, связаны с несколькими ИМП: XIV. **Западного Пацифика**; XV. **Кларион-Клиппертон** на северо-западе приэкваториальной зоны Тихого океана; XVI. **Центральной Атлантики**; XVII. **Центрально-Индоеокеанской**. Район Российских интересов в ИМП **Западного Пацифика – Магеллановы горы**, находящиеся восточнее Марианского желоба. На изученной ГНЦ «Южморгеология» площади около 15,5 тыс. км² средняя мощность корок – 7-10 см, плотность залегания сухой руды – 80-100 кг/м². Ресурсы для гайотов в сумме определены в 1,5 млрд т сухой руды, 320 млн т марганца, 8 млн т кобальта, 7 млн т никеля. Самые богатые гайоты – **Бутакова, Говорова. Ита-Май-Тай, Назимова, Фёдорова**. Только на площади 75 тыс. км² **Российского** разведочного района в ИМП **Кларион-Клиппертон** прогнозные ресурсы сухих конкреций, по данным ГНЦ «Южморгеология», 703 млн т. В них содержится 211,2 млн т марганца, 40,8 млн т железа, 10,3 млн т никеля, 8,2 млн т меди, 1,7 млн т кобальта.

Выводы

Эндогенное рудообразование в кайнозой очень значительно и вполне адекватно колоссальным масштабам позднеальпийского магматизма. Однако, во всяком случае, для глубин, доступных геологам, оно кажется временем формирования месторождений с преимущественно коровыми источниками рудного вещества таких элементов как Mn, Mo, Cu. В самом деле, экономически значимые *кайнозойские* аккумуляции каждого из трех последних превышают половину совокупных ресурсов, образовавшихся за миллиарды лет истории Земли. Для Pb и Zn вклад кайнозойского этапа тоже весьма достойный – около трети совокупных ресурсов.

Что же досталось в кайнозой земной приповерхностной оболочке от наиболее глубинных мантийных металлоносных резервуаров? Прежде всего, высокоподвижная ртуть – 95% запасов металла (!) концентрируется в кайнозойских аккумуляциях. И это не всё. 36% из примерно 300 учтенных массивов глубинных пород-карбонатитов – альпийские. Площади кайнозойских массивов, занятых ультращелочными породами с карбонатитами, выше обычных для неогена, хотя далеко не дотягивают до абсолютных гигантов прошлого – позднедевонских **Хибинских тундр** (1370 км²), **Гулинского** (2 тыс. км², 370 млн лет, рифейских **Игалико** (450 км²) и **Моцфельд** (350 км²)

Гренландии. Впрочем, есть исключение и для кайнозойских объектов – крупный восточнобразильский массив **Итатиая** (330 км²).

Но что же кимберлиты и лампроиты кайнозоя? Неалмазоносные их тела известны в Африке и на севере Якутии. Все палеоценовые диатремы ЮАР расположены в циркумкратонном складчатом поясе Намакварид. Однако в австралийской субпровинции **Западного Кимберли** лампроиты миоцена имеют субпромышленные содержания драгоценного минерала и будут вовлечены в производство. В Канаде самые молодые палеоценовые и эоценовые объекты субпровинции **Слэйв** уже в работе – **Панда, Лесли, Фокс, Коала, Сейбл** и многие другие диатремы уже произвели первые тысячи каратов. Если о кайнозойских кимберлитах мы знаем немного, и они мало известны в подвижных поясах, то выходы лампроитов прослеживают во многих районах северо-американских Кордильер, Западной Европы и юго-восточной Азии. Намечаются три временных интервала кайнозоя с особой глубинной активностью недр, ранняя (субларамийская), средняя (эоценовая) и поздняя (неогеновая).

Кайнозойские тектонические структуры относительно слабо эродированы. Вынужденным по обстоятельствам исследовать приповерхностный уровень тектоносферы, наблюдая в нем тысячи малоглубинных эпитермальных месторождений, нам стоит учитывать это обстоятельство при характеристике кайнозойском минерагении. А.В. Ткачев (2012) полагает кайнозой "доминирующим (47,8%) во всей металлогении серебра". Примерами являются сереброрудные месторождения Мексики, возникшие в эоцене-олигоцене, гондурасское **Эль Росарио**, греческое Ag-Pb-Zn **Лаврион**. Однако, скорее, это связано с лучшей сохранностью кайнозойских гидротермальных систем, приуроченностью Au-Ag объектов к верхним их частям. Оттого в подвижных поясах практические геологи рассматривают эпитермальные Au-Ag залежи как важный поисковый признак на глубинные порфировые руды.

Кайнозойский гипергенный минерагенез разнообразен и масштабен. С кайнозойскими гипергенными аккумуляциями связаны до 80 % запасов бокситов, руд марганца, никеля и кобальта, до 50% фосфоритов. Это время основных промышленных россыпей. В 1986 г. из 830 тыс. т мировой добычи цирконового концентрата 85% пришлось на современные морские россыпи Австралии (470 тыс. т), ЮАР (150 тыс. т), США (85 тыс. т). Прибрежно-морские пески Вирджинии и Джорджии содержат 0,7% двуокиси циркония и 0,02 г/т золота. Важная особенность подобных месторождений – возобновляемость: отработанные пляжевые участки волноприбойная деятельность моря восстанавливает в течении нескольких лет. Современные русловые и пойменные аккумуляции гравийно-галечниковых и песчаных смесей – желанные объекты, используемые промышленностью строительных материалов. Горячая вода, перегретый пар, минеральные источники, возобновляемые запасы S, Au-, Sb-, Hg-носные осадки горячих ключей, это неполный перечень полезных ископаемых связанных только с действующим или недавним вулканизмом. Горячие подземные воды не только отапливают дома стотысячной исландской столицы Рейкьявика, но – позволяют небольшому народу приполярной страны решить проблемы сельскохозяйственного производства (более 100 тыс. м² теплиц), создать конкурентоспособные энергозатратные производства: Al (Стрёумсвик, 41,5 тыс. т металла в год), азотных удобрений (Гувенес, 25 тыс. т нитрата аммония), цемента (Акранес, 250 тыс. т) и т.д. Не забудем и того, что для исследователей эволюции Земли современные природные процессы и рудогенез это еще и активно используемый "ключ к познанию прошлого".

Глава 10. Планетарные закономерности рудообразования сквозь призму историко-минерагенического подхода.

10.1. Общие соображения

От архея до наших дней в земных недрах и на поверхности Планеты менялись энергетические условия, и в соответствии с этим возникали, исчезали аккумуляции потенциально полезного для человека вещества. Последние в нашем контексте лучше именовать нейтральными терминами – аккумуляциями, скоплениями, объектами, металлоносными площадями и т.д. – но не месторождениями: в их определении непременно присутствует экономический элемент (доступность для промышленности с ее техническими возможностями, меняющиеся бортовые содержания, ресурсы и т.д.)

Характеризуют этапы рудогенеза – их авторы различают девять, – качественными и количественными параметрами. Если с первыми все более-менее понятно, то с надежностью вторых большая проблема по двум уважительным причинам: 1 – мы недостаточно знаем недра планеты. Например, судить об архее и его рудах приходится по их выходам на малой площади континентов. На остальной части они не доступны из-за глубин залегания или полной тектоно-термальной ассимиляции; 2 – эрозия уничтожили многие страницы каменной летописи и, соответственно, вписанные в них рудные залежи. Как учесть в наших оценках то, что бесследно исчезло, чтобы сравнить с тем, что осталось?

Стефен Е. Кеслер и Брюс Уилкинсон (2006), размышляя о действительной минерагенической продуктивности этапов, предлагали подумать не только о стертых ластиком эрозии запасах руд (рис. 10.1), но и о тех, что пока этой эрозией не вскрыты. Первых уже нет и не будет, вторыми человечеству еще, может быть, удастся воспользоваться. Количество рудных объектов малой глубинности со временем уменьшалось, глубинных древних понемногу расло: они выносились к поверхности.

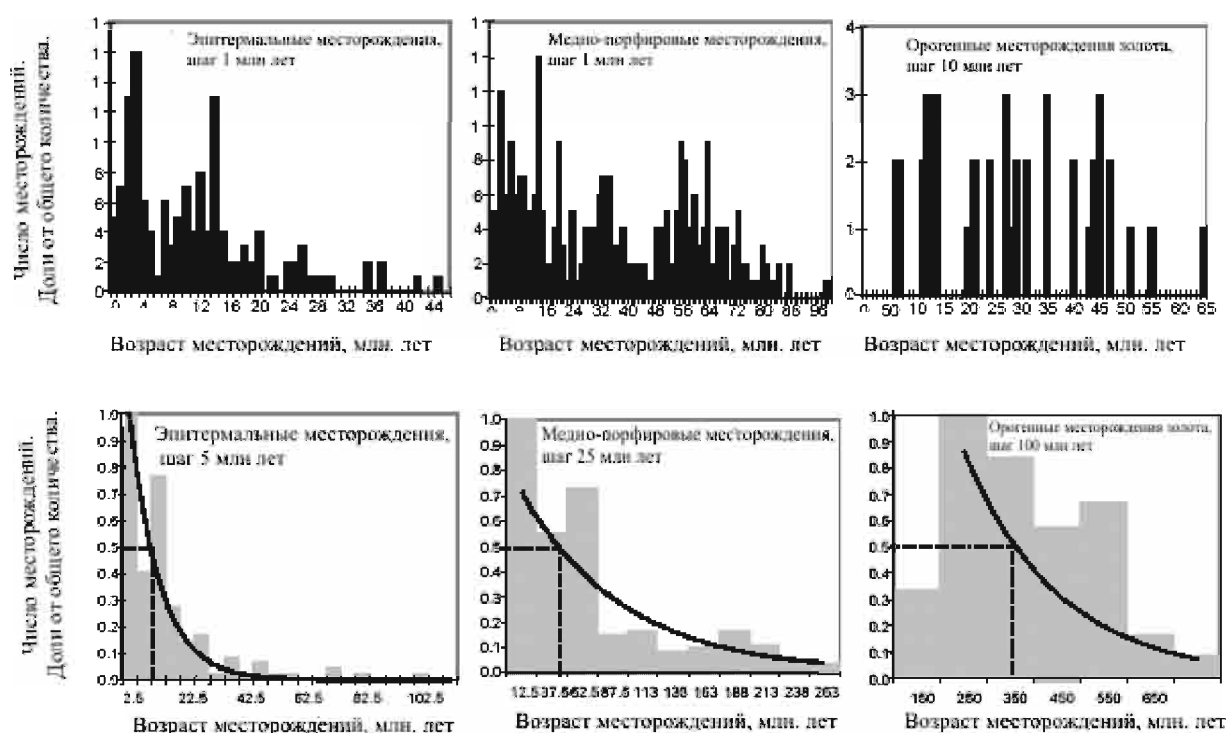


Рис. 10.1. Облик кривых, характеризующих продуктивность рудообразования во времени, сильно зависит от детальности горизонтальной временной шкалы. На верхних графиках одно деление шкалы отвечает 1 млн лет, на нижних – пяти млн лет. Используются примеры аккумуляций: эпитермальных золота (левые графики), меднопорфировых (посередине) и орогенных золота (правые графики). На нижних графиках точками под кривой экспоненциального распределения выделено время, необходимое для уничтожения эрозией 50% сформированных залежей

Основываясь на графике (см. рис. 10.1, левый внизу) приходим к выводу: 50% эпитермальных неглубинных месторождений золота уничтожаются эрозией в течение 10 млн лет, а 90% их исчезает по той же причине через 25 млн лет после возникновения. Глубинные меднопорфировые аккумуляции «проживут» до исчезновения 40 и 175 млн лет соответственно, глубинные орогенные

золота – 370 и 650 млн лет. Мировые темпы эрозии оценены в 22-56 м/млн лет. Компьютерная модель Стефена Е. Кеслера и Брюса Уилкинсона учла время и глубинность становления объектов, которые могли бы случайным образом погружаться, захороняться либо всплывать в зону воздействия эрозии. Согласно ей, на Земле средние темпы поднятий и опусканий составляют: около 50 м/млн лет для месторождений эпитеpmальных, 175 млн лет – меднопорфировых и 186 м/млн лет – орогенных золоторудных. Все сказанное позволяет утверждать: древние рудные аккумуляции суть образования реликтовые. Любые эпитеpmальные, меднопорфировые, орогенные золоторудные аккумуляции древнее 25, 175 и 659 млн лет соответственно сохранились или случайно, или по причине изначально очень крупных масштабов. В минерогенической истории Земли нужно учитывать разницу между сохранившимися ресурсами и подлинной продуктивностью рудных этапов.

Это положение подтверждается на графике рис. 10.2 из работы (A.V. Tkachev et al., 2006). На нем четко видно тяготение большинства месторождений к палеозою и особенно к мезокайнозою. Из-за появления новых данных по хронологии возможны некоторые уточнения к графику. Так для позднего неопротерозоя (PR₃, 650-540 млн лет) графа «Fe» не заполнена, из чего можно сделать вывод об отсутствии заметного железнакопления. Однако как раз в это время формировались грандиозные залежи джеспилитов **Эль Мутун**, юго-восточная Боливия, относимые к ледниковому типу Рапитан. По масштабам они одни превосходят совокупные ресурсы КМА (40 млрд т против 30 млрд т). Возраст залежей довольно определенный: под кембрийскими доломитами формации Аракас-Мурсьелаго соседнего бразильского объекта **Морро ду Урукум** и над интрузивами с датами 0,8 млрд лет. Т.е. широкую красную полосу для NP₂ на рис.10.2 стоило бы продлить вверх.

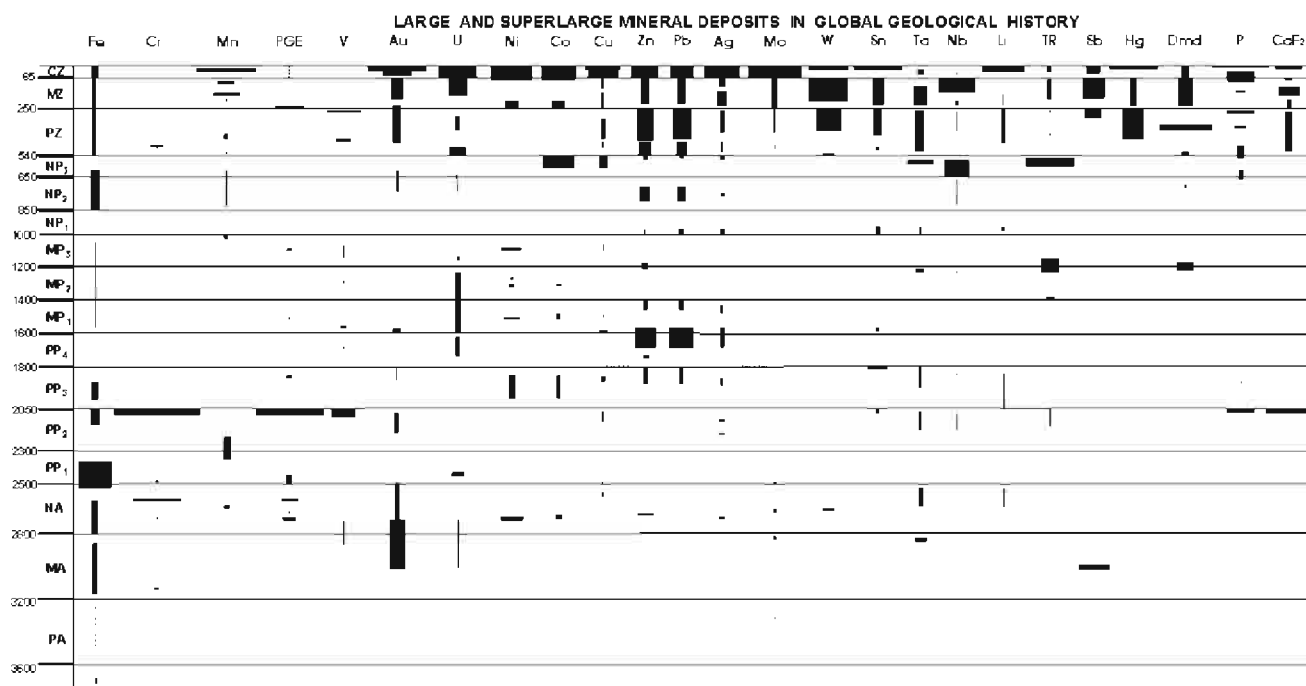


Рис. 10.2. Крупные и суперкрупные месторождения по временным интервалам геохронологической шкалы. По А. Tkachev et al. (2006). Длина прямоугольников по вертикали отражает время формирования скоплений рудного вещества, ширина по горизонтали пропорциональна ресурсам, известным для месторождений данной эпохи.

Иногда Природа бывает к нам добра. Об этом говорит пример одного из крупнейших полиметаллических объектов России и шестого в Море – **Озерного (Е)** на севере Бурятии (Pb 1,6 млн т, среднее содержание 1,2%;, Zn 8,3 млн т, среднее содержание 6,2%). Оно чудом сохранилось в небольшом останце (0,8 км х 2,5 км) вулканогенно-осадочной толщи кембрия среди среднепалеозойских гранитов. Сколько подобных объектов эрозия уничтожила в окрестностях нам уже не узнать.

10.2. Развитие рудогенеза в истории Земли

О том, что природные условия на поверхности и в недрах планеты менялись, геологи судят по сохранившимся свидетельствам – горным породам. От архея до нас дошли высокомагнезиальные (и значит, весьма тугоплавкие) коматиты. В раннем протерозое их тоже немало, но – с меньшей долей магнетизма (не больше 17-18% MgO) и выплавлялись они из химически иных мантийных источников (Коматиты..., 1988). Т.е. недра Земли в раннем докембрии со временем остывали. Ранний докембрий отмечен появлением массивов и поясов анортозитов, позднеархейских (2,6 млрд лет для массива хребта Джугджур) и протерозойских (1,45-2,0 млрд лет, анортозиты Украинского щита и Кольского полуострова). Упомянем также эндемичные граниты-рапакивы (1,65 млрд лет). Все эти

магматиты, широко представленные в ассоциациях докембрия, в фанерозое близких аналогов не имели.

Фанерозой отмечен массовым становлением диатрем кимберлитов и лампроитов (впервые появились в рифее), множеством тел редкометалльных карбонатитов, широким распространением скоплений летучих элементов (Hg, Sb, Ti, As, Bi), многих редких и редкоземельных элементов, а также флюорита, барита, камецветного минерального сырья.

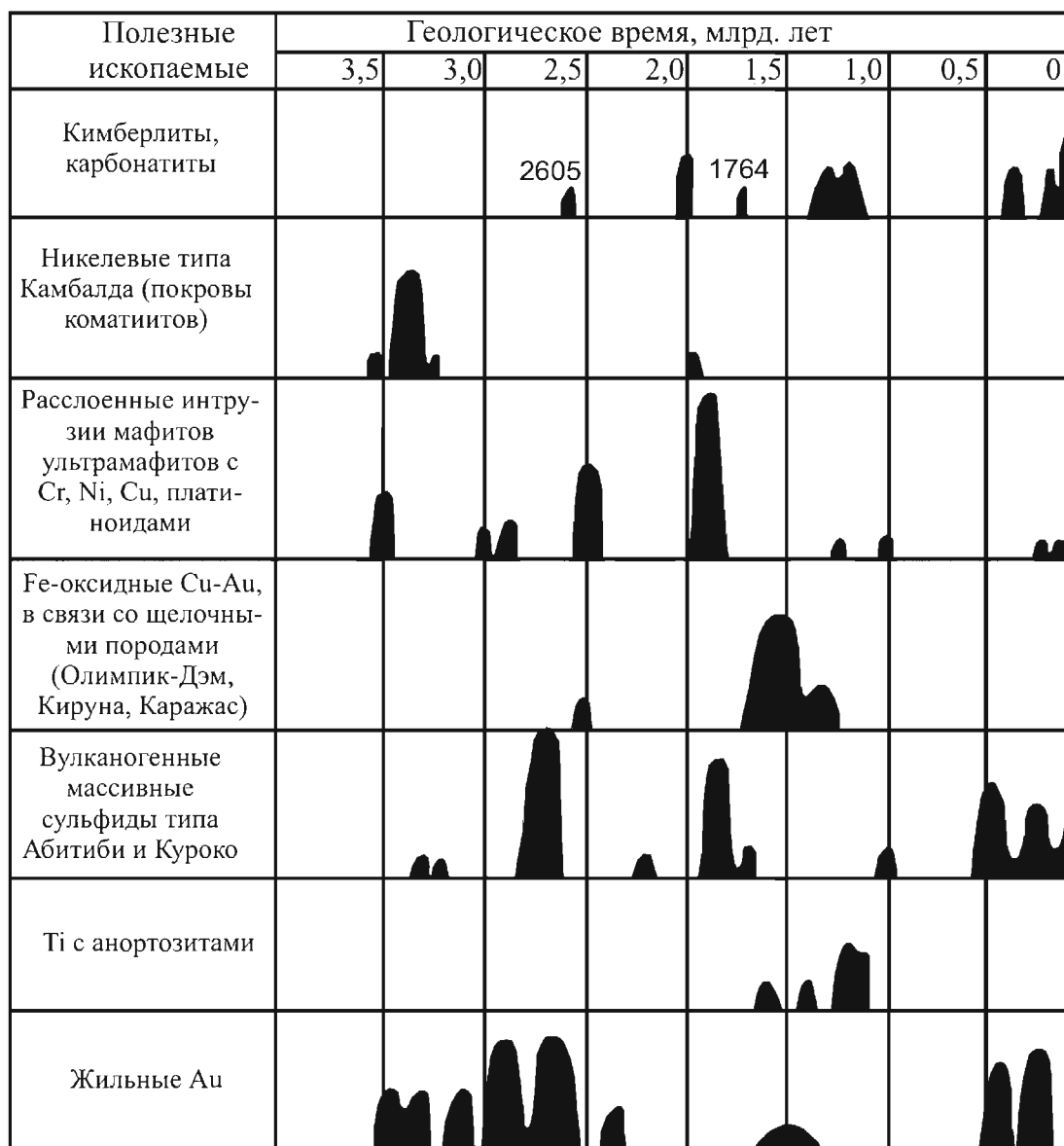
Менялись и климатические условия на поверхности планеты, температурные режимы древних атмосферы и гидросферы, их химические составы. Как результат экзогенез приводил к появлению аккумуляций полезного для человека вещества с несколько иными свойствами и особенностями.

Развитие рудогенеза в раннем докембрии. Исследование примеров коренной алмазности и джеспилитов

Сведения о развитии процессов эндогенного минерогенеза обобщены в табл. 10.1. На ней можно увидеть, как в докембрии одни виды полезных ископаемых с течением времени становились более распространенными (карбонатиты), другие – деградировали и исчезали (никелевые в связи с архейскими коматиитами), третьи – до определенного времени бурно множилось (расслоенные интрузии с Cr, Ni, Cu, MPG типа **Великой Дайки** Зимбабве до рубежа архея и раннего протерозоя), а затем уменьшались в масштабах и реже встречались. Все это было результатом изменений энергетических обстоятельств в недрах, смены реологических характеристик земной коры (рост вклада хрупких дислокаций).

Таблица 10.1

Вклад отдельных временных интервалов в формирование эндогенных полезных ископаемых раннего докембрия. По В. Lambert et al. (2006, p 60, fig. 2.5.1), с изменениями.



Только по достижению определенного значения последних на Земле появились первые карбонатиты, причем сразу в нескольких местах. Так, комплекс **Сиилинярви** в Финляндии датирован 2605 млн. лет (U-Pb цирконов), карбонатиты **Скьёлдунген** на юго-востоке Гренландии – 2664 млрд лет. Щелочные породы с карбонатитами **Каминак Лэйк** на Северо-Западной территории Канады имеют возраст кристаллизации 2659 млн лет, U-Pb (цирконы), а вмещающие тоналиты – 2700±11 млн лет. Заметим, тела архейских карбонатитов морфологически иные чем протерозойских и фанерозойских. Активно разрабатываемый на апатит массив **Сиилинярви**, 20 км северней г. Куопио, Финляндия, имеет протяженность 16 км при ширине до 1,5 км. В неогее подобные тела, как правило, кольцеобразные, концентрического строения. Хронологический лаг между появлением древнейших карбонатитов **Сиилинярви** и древнейших кимберлитов карельского **Кимозерра** (1764/125 млн лет, Sm-Nd огромен, 0,8 млрд лет. То есть, если кимберлиты и карбонатиты и родственники, то – принадлежащие разным поколениям ультращелочных мантийных магматитов Земли.

Из уникальных черт архейского рудогенеза особо отметим две: 1 – загадку карбонадо, «черного алмаза» (рис. 10.3), поликристаллического образования из собственно алмаза, графита, аморфного углерода, множества включений минералов-узников. Крупнейший карбонадо (3167 карат) найден в Бразилии. Он назван Серджио. «В минерале зерна захваченные цирконов разложены на ZrO_2 и SiO_2 что возможно при $T = 1825-2550\text{ }^{\circ}C$, возраст рутила из карбонадо $\sim 3916 \pm 1300$ и $\sim 3811 \pm 1800$ млн лет. Он на 100 млн лет древнее алмазной матрицы» (Б.А. Мальков, 2010). Карбонадо не обнаружен в кимберлитах или лампроитах. Обращает на себя внимание обогащенность легким изотопом ^{12}C , нетипичная для классических кимберлитовых алмазов, но – свойственная, например, шунгиту. До единого мнения о происхождении карбонадо далеко. Он навеивает исследователям мысли: о межзвездном веществе; недрах звезды, взорвавшейся как сверхновая; появлении от жара при естественной U-Th радиации; удара метеорита; преобразовании органики при высоких давлениях в земных глубинах. Коренных источников карбонадо не сохранилось; 2 – свойственную только архею способность отделившихся от коматиитовых расплавов Cu-Ni сульфидов в миллионы тонн каждый облекать неровности древнего рельефа, формируя рудные тела (**Маунт Кейт**, Западная Австралия).



Рис. 10.3. Праалмазы. Черный алмаз-карбонадо и ювелирное изделие из него

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/5/5d/Carbonado.jpg/240px-Carbonado.jpg>

<http://pages.ubbcluj.ro/ottiliasipos/files/2013/05/carbonado.jpg>

При том, что цифра 2,5 млрд лет (рубеж между AR и PR) несколько смущает своей «округлостью», она имеет большое историко-минералогическое значение. В центральной части Кольского полуострова, **Фёдоровский** блок **Фёдорово-Панского** массива, безрудные

ортопироксениты датированы неоархеем – 2521 ± 42 млн лет, габбро – 2516 ± 35 млн лет, тогда как *рудонесные* породы уже палеопротерозойские: нориты – 2482 ± 36 млн лет (Sm/Nd), 2485 ± 54 млн лет (U/Pb, 2497 ± 3 млн лет), габбро-нориты – 2494 ± 36 млн лет, Sm/Nd. Ещё пример. Расслоенные базит-ультрабазиты гарцбургит-пироксен-норитовой формации **Великой Дайки Зимбабве** неоархейские (2575 млн лет), а хромитовые руды **Дайки** уже *палеопротерозойские*, 2461 ± 16 млн лет (В.И. Старостин, 1999).

Хорошо выражена и верхняя граница раннепротерозойского этапа. Выдающаяся метка терминальных фаз палеогей – становлением многочисленных тел гранитов-рапакиви, анортозитов, габбро-лабрадоритов, кварцевых порфиров анортозит-рапакиви-гранитной формации, широко представленной в неопротерозое ($1,65$ млрд лет). Полоса распространения таких образований протянулась от Северной Швеции через Карелию, Украинский щит в Приазовье, оконтурив площади мощной тектоно-магматической активизации. Примером назовем **Салминский** массив (три фазы внедрения в интервале $1,650-1,422$ млрд лет), с которыми связывают скарны оловорудного касситерит-силикатной формации **Кительского** месторождения в Северном Приладожье. Многочисленные тела габбро последней четверти палеопротерозоя несут обильную титан-апатитовую минерализацию, нехарактерную для ранних временных интервалов этапа: апатит-титановое и ильменитовое оруденение плутона **Гремяха-Вырмес** в Мурманской области, **Пудожгорское** (2050 ± 50 млн лет), **Койкарско-Свято-наволоцкое** V-Ti-объекты в Онежско-Белозёрском рифте Карелии.

Постепенное охлаждение мантийных резервуаров в раннем протерозое впервые сделало коматиитовые расплавы транспортером мантийных алмазов, появление которых отмечено в раннепротерозойском поясе Иини Французской Гвианы. На рубеже архея и раннего протерозоя начался "экстраганный интервал истории алмаза", т.е. время, когда минерал стал поступать на поверхность Земли. Ранее, в начале и середине архея, он в земных недрах возникал, но по причине отсутствия транспортеров, этого совершить не мог ("криптогенный интервал"). В поясе **Мичипикотен** на востоке субпровинции **Вава**, в составе пров. **Сьюпериа**, юго-запад Онтарио, Канада, дайки лампрофиров – 2674 ± 8 млн лет (U-Pb, титанит), – содержат алмазы.

Алмазы в неоархейских лампрофирах отличаются большой изменчивостью морфологии, содержания азота, изотопии углерода, содержат включения ультрабазитового и эклогитового типов. На востоке субпровинции из лампрофиров выделены тысячи микроалмазов, сотни макроалмазов, в т.ч. до $0,95$ карата. Содержания алмазов в лампроитах положительно коррелируется с количеством ксенолитов ультрабазитов. Такие алмазы известны на юге субпровинции **Абитиби** и субпровинции **Йеллоунайф** на кратоне Слейв. Вулканокластиты проявления **Фестивэл** (2744 ± 44 млн лет, U-Pb, цирконы) пояса Мичипикотен содержат обломки интрузивных брекчий с алмазами. Для этих кластитов приводят неоархейские даты: 2687 ± 2 , 2683 ± 2 , $2679,2 \pm 2,1$. Все они сильно отличны от дат для вмещающих фельзитических вулканитов – $2701,4 \pm 2,1$ млн лет.

Носители алмазов в раннем протерозое, помимо даек и силлов лампрофиров (**Гибсон**, Канада), – перидотиты (**Кудымколь**, **Таежное**), гранулиты (**Фьорттофт**), покровы коматиитов (**Иини**). Силлы кимберлитов редки (**Кимозеро**) и тоже позднеархейские – 1764 ± 125 млн лет (Sm/Nd), по В.В. Ушкову (2001). При этом дорифейских кимберлитовых диатрем на континентах Земли мы не знаем. Середина раннего протерозоя отмечена также появлением массивов карбонатитов с минералами Fe, P, TR, Na, Nb, Si. Среди них **Новополтавский** в Приазовье, **Дубравинский** в Белгородской области (оба около 2 млрд лет), **Селигдар** ($1,9-1,8$ млрд лет, Pb-Pb), **Усть-Чульман** (1760 млн лет) на юге Якутии, **Палабора** в ЮАР $2047 \pm 11-8$ млн лет, U-Pb, **Маунт Уэльд** на западе Австралии.

В конце раннего протерозоя случилось и еще одно критически важное, но недостаточно оцененное событие: естественный распад изотопа ^{235}U привел к падению его содержания в богатых урановых рудах ниже значений, при которых в естественном состоянии могла запускаться ядерная реакция. Природные реакторы, полагают, в раннем докембрии оказывали большое влияние на развитие органической жизни на Земле. Во всяком случае, говорят «о более высокой степени эволюции органической материи по мере приближения к единственному пока известному габонскому «реактору Окло»: «это могло коснуться частоты мутаций одноклеточных...» (Uranium in Africa, 1989). Раннепротерозойский «реактор Окло» в Габоне – единственный достоверный пример такого природного феномена, о котором стоит поведать чуть больше. Начнем с того, что постепенно в истории Земли в природном уране становилось меньше изотопа ^{235}U с периодом полураспада 710 млн лет, тогда как доля тяжелого изотопа ^{238}U (период полураспада $4,5$ млрд лет) прирастала. На рубеже $1,75$ млрд лет в породах серия Франсвил Западной Африки ^{235}U в общей массе элемента еще было $3,1\%$. ^{235}U , как в современном ядерном топливе. В силуре ($0,4$ млрд лет назад) эта величина упала до 1% , в наше время – до $0,7202\%$. (Пример, крайне трудный для сторонников актуализма, пытающихся судить о далеком прошлом Земли на основе современных процессов). Финальная фаза раннего протерозоя с большей долей свободного O_2 в атмосфере впервые обеспечила перенос U, который растворим только в кислородных водах. По этой причине на частных линзах глины стали формироваться очень богатые залежи (рис. 10.4), достаточные для

запуска ядерной реакции на площади уранового месторождения **Окло** в Габоне. Там в ней участвовало около 500 т урана на шести участках с содержаниями элемента до 40% в частных жилах мощностью от сантиметров до метров. При этом объем воды на начальных стадиях не должен был быть меньше 6% (выступает как заменитель тяжелой воды и модератор нейтронов). В результате реакции ^{235}U «выгорел» с уже отмеченных 3,1% до наблюдаемых 0,7171% и даже до < 0,44%. За примерно 0,6 млн лет активности природный реактор в Окло произвел 13 млн кВт/часов энергии. Средняя мощность составила 25 кВт (в 200 раз меньше первой в Мировой Обнинской АЭС). Другие говорят о средней мощности 100 кВт (Natural nuclear...).

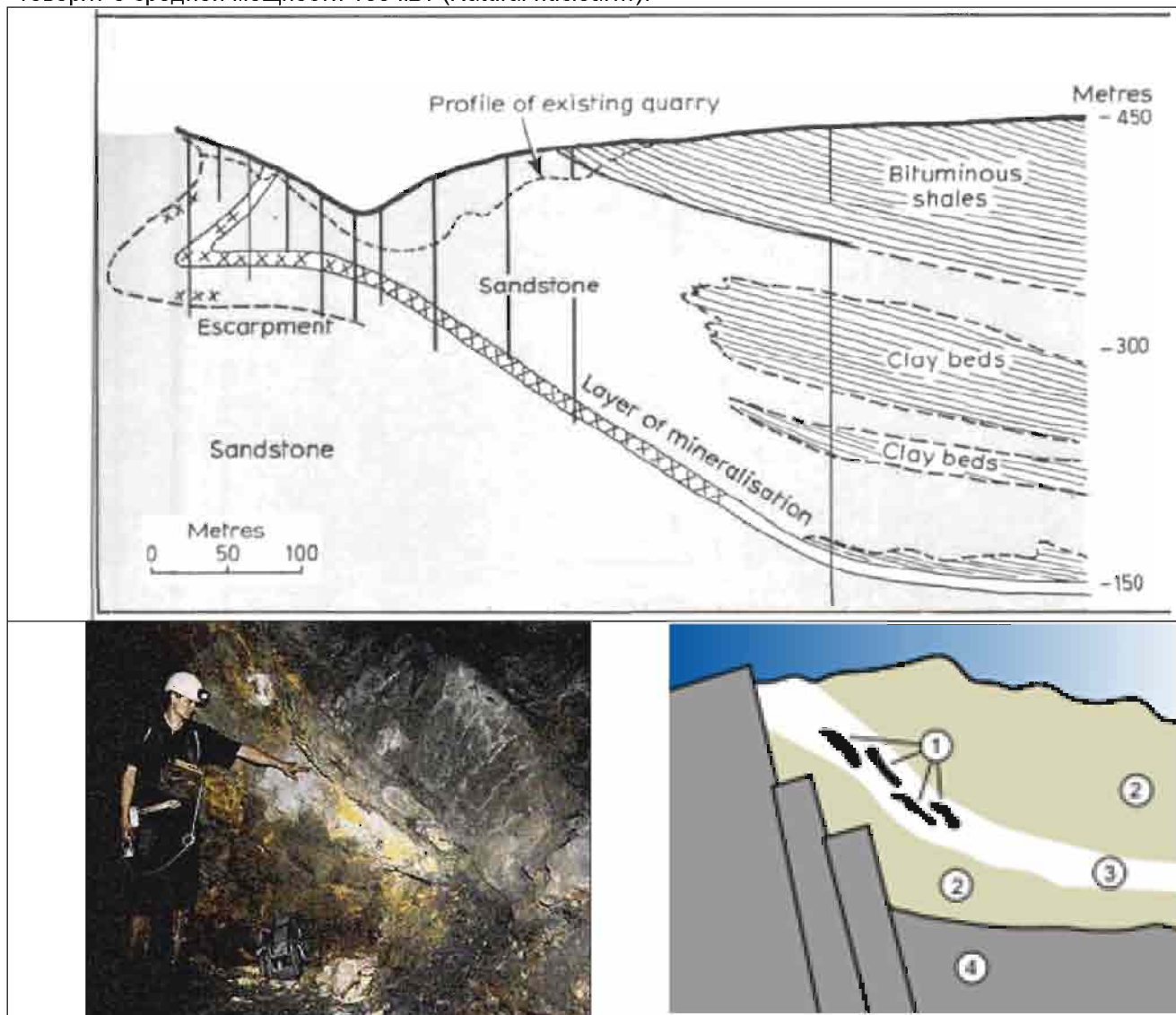


Рис. 10.4. Крайний актуализм не вполне корректен. Природный атомный реактор на урановом месторождении Окло, действовавший на рубеже 1,75 млрд лет (серия Франсвилль), Габон, Западная Африка, – пример уникальных природных особенностей финальных фаз палеопротерозоя. Раньше реакция была невозможна из-за отсутствия О-содержащих вод (заменилитель тяжелой воды), позднее – из-за низких содержаний изотопа ^{235}U («выгорел» с первоначальных 3,1% до наблюдаемых ныне 0,7171%, иногда до < 0,44%). За примерно 0,6 млн лет активности реактор произвел 13 млн кВт/часов энергии. Средняя мощность составила 25 кВт (в 200 раз меньше первой в Мировой Обнинской АЭС). Другие источники говорят о средней мощности 100 кВт. В реакции участвовало 500 т U на 6 участках с содержаниями элемента до 40% (жилы мощностью от сантиметров до метров) Вверху – геологический разрез с минерализованным слоем над песчаниками и частными линзами глин. Внизу: геолог указывает на центральную зону атомной реакции (слева, светлое). Внизу справа – собственно урановорудные тела в минерализованной толще (Natural nuclear...).

afrikana.ru/lands/Gabon/oklo.htm; <http://www.afrikana.ru/lands/Gabon/img/007.jpg>;
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Gabon_Geology_Oklo.svg

Ядерные реакции вспыхивали в Окло в течение многих итерационных (повторяющихся) циклов, каждый по три часа. В первый получас реакция инициировалась, позже – достигала максимума и затухала из-за выкипания кислородных вод. Чтобы вспыхнуть снова по мере обводнения. Масса

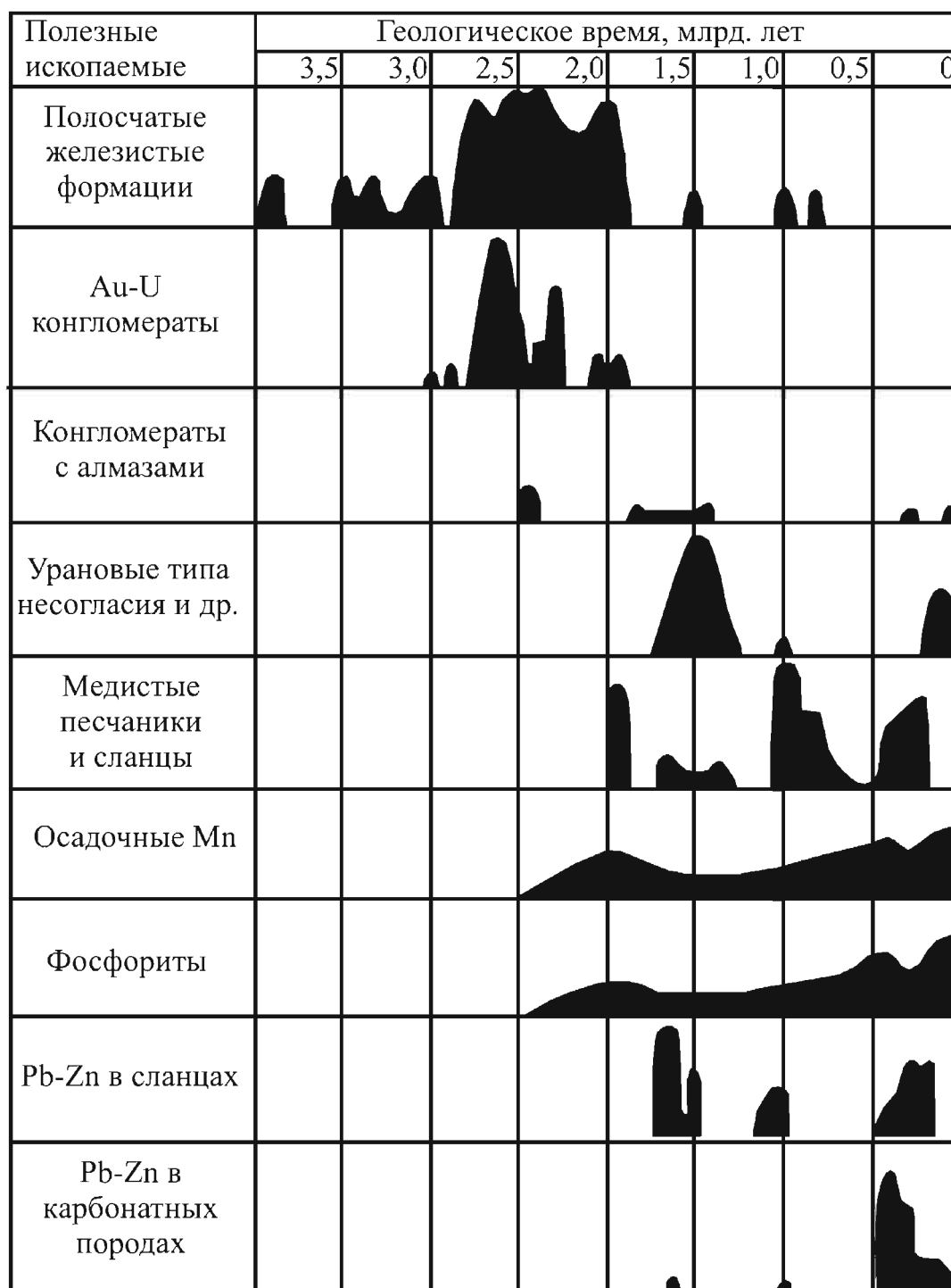
сохранившихся продуктов деления (La, Ce, Pr, Nd, Eu, Sm, Gd, Y, Zr, Ru, Rh, Pd, Ni, Ag) определены в 6 т, возникшего плутония – 2,5 т. Свинец частично вынесен. Плутоний перемещен не далее 10 м от активных зон. Кг, Хе (5 изотопов), Cs, Sr, Ba, Мо практически удалены. Актиниды, как и большинство продуктов распада, за минувшие 1,75 млрд лет переместились на сантиметры.

В более поздние этапы, в которых концентрации ^{235}U упали ниже критических 3%, возникновение самопроизвольных ядерных реакций стало не возможным без тяжелой воды или графита. Читай, без «помощи» человека. Убедительный пример необратимости эволюции косной материи.

На поверхности планеты в докембрии тоже менялись климатические условия, температурные режимы древних атмосферы и гидросферы, их химические составы. Как результат экзогенное рудообразование обогащалось аккумуляциями полезных ископаемых новых видов, табл. 10.2. Среди них

Таблица 10.2

Вклад отдельных временных интервалов раннего докембрия в формирование экзогенных полезных ископаемых. По lap B. Lambert et al. (2006, p 60, fig. 2.5.1), с изменениями и дополнениями



большим вниманием исследователей пользуются железисто-кремнистые формации, главный источник железных руд для промышленности. История геологического факультета Воронежского государственного университета содержит блестящие примеры работ в области эволюционного моделирования применительно как раз к этому виду минерального сырья. Прежде всего, это исследования профессора Игоря Николаевича Щеголева (1933-1994), рис. 10.5, восстановившего закономерности железорудного осадконакопления в раннем докембрии на всех континентах Земли, создавшего его модель.



Рис. 10.5. Профессор Игорь Николаевич Щеголев (1933-1994), один из наиболее ярких и успешных исследователей в истории геологического факультета ВГУ.

Прошло более четверти века после выхода в свет его книги «Железорудные месторождения докембрия и методы их изучения» (1985), бедно изданной, в бумажной обложке, но – востребованной поныне. Удивительно как много Игорю Николаевичу удалось понять и сделать во времена крайней скудности профессиональной геологической информации, особенно по зарубежным рудным объектам. Недосказанность ощущалась и в отношении отечественных месторождений. Он ее преодолел в собственном энергичном стиле: обошел с учениками все железорудные площади СССР, а это: КМА, Кривой Рог, Белоруссия, Северная Латвия, Кольский полуостров, Карелия, Алдан, Южный Урал. Один из его блестящих эволюционных историко-минерогенических выводов планетарного масштаба коснулся последовательного уменьшения

вклада вулканизма в формирование железистых кварцитов от раннего архея до середины или даже финальной фазы раннего протерозоя. Эта закономерность отразила общий эволюционный тренд раннего докембрия и подтверждена современными данными.

Появившиеся уже в раннем архее джеспилиты пережили расцвет в позднем архее-середине раннего протерозоя, однако и дальше эпизодически формировали аккумуляции крупнейшие (венд, **Эль Мутун** в Боливии) или очень значительные (в ордовике **Прибалхашья**, среди яшмокварцитов кызыльской свиты О₂ Кызык-Итмурундинского антиклинория и др.). В западноавстралийском бассейне **Хамерсли** на кратоне Пилбара железистые кварциты рудных формаций Марра Мамба, Брокмэн, Булджидэ группы Хамерсли супергруппы Маунт Брюс накапливались около 2603±0,7 млн лет назад. Такая дата получена для Туфовой пачки мощностью около 20 м, находящейся в разрезе между железорудными формациями Марра Мамба и Брокмэн. Сам бассейн формировался 2765–2470 млн лет назад. Основные ресурсы железистых кварцитов в отложениях курской серии палеопротерозоя **Курской магнитной аномалии** появились 2,7-2,0 млрд лет назад (И.Н. Щёголев, 1985). В **Криворожском** бассейне стратиграфическим аналогом курской серии считают серию криворожскую. В провинции **Сьюпериа**, США и Канада, возраст железорудной формации Ганфлинт кряжей **Ганфлинт** и **Месаби** – 1878±2 млн лет. Однако в кряже **Вермилион** на севере Миннесоты полосчатые железистые образования (BIF) формация Саудан древнее, залегают между метавулканитами и метаосадками подстилающей формации Эли (2,63±0,08 млрд лет, Rb-Sr, вся порода) и перекрывающей Ньютон Лэйк (2,59±0,11 млрд лет. Таким образом и в провинции **Сьюпериа** намечается интервал железорудного осадконакопления между 2,6-1,8 млрд лет. Для трога Лабрадор возраст железорудной формации Сокоман определен в докторской диссертации Брайана Дж. Фрайера (1971) – 1870±50 млн лет, ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr.

На Южноамериканском континенте основные аккумуляции полосчатых железистых формаций распространены в «**Железных четырехугольниках**» штата Боливар Венесуэлы (Гвианский щит) и штата Минас Жераис Бразилии, соответственно, рис. 10.6. В первом случае промышленные кварц-магнетитовые (40% Fe, 40% SiO₂), перемежаемые с полевошпатовыми гнейсами, залежи концентрируются в комплексе Иматака, возраст протолита которого минимально 3,1 млрд лет, максимально – 3,4-3,7 млрд лет [Onstott, 1989]. Основные аккумуляции железных руд штата Минас Жераис намного моложе венесуэльских. Их окисдные железистые кварциты-итабиты, первично гематитовые, принадлежат серии Минас с возрастом 2,6-2,12 млрд лет, что очень близко возрастным характеристикам курской и криворожской серий. Есть в Бразилии и джеспилиты неоархея. В рудном районе **Каражас**, север штата Пара, на площади более 2,5 тыс. км² они представлены образованиями группы Гран Пара (2,7-2,6 млрд лет), локализованными среди метавулканитов. Неопротерозойские полосчатые железистые образования малой мощности обнаружены в Уругвае (районы **Минас**, **Занха**

дель Тигре), а в Бразилии они давно успешно эксплуатируются (**Урукум**). В Чили ВIF ордовикские-девонские (**Науэлбута**); залежи их невелики, см. рис. 10.6.

Теперь обратимся к западной Приатлантической части Африки, чтобы посмотреть, насколько ее древние железорудные формации оказываются возрастными аналогами южноамериканских ВIF. Джелте П. Харнмейджер с соавторами [Harnmeijer et al., 2006] назвали среднеархейскими скопления полосчатых железных руд Сьерра Леоне, Либерии, Гвинеи, Кот д'Ивуара. Это не совсем так. Сошлемся на Гэвин Чан и Берта Де Ваэле (2010), исследовавших в Сьерра Леоне изотопные характеристики минералов железорудной группы Марампа (Marampa): ее цирконы имеют даты 2040, 1960, 1500, 1110, 580, 400 и 350 млн лет; зерен архейских цирконов нет. Породы считают *метаморфогенным эквивалентом неопротерозойской группы Рокел* или клиппеном архейской группы Касила. Первый вариант выглядит предпочтительней: принять высказанное этими авторами объяснение о необнаженности архейских образований во время накопления джеспилитов Марампы аналогично признанию ее постархейского возраста. Наконец, у рубежа архея и палеопротерозоя возникли гигантские скопления джеспилитов бассейнов **Грикваленд Уэст** и **Трансвааль** в ЮАР – 2,465, 2,432 млрд лет назад, по (Moore et al., 2009); 2,24 млрд лет, по [Roy, 1997, с. 16]. Раннепротерозойскими, моложе 2 млрд лет, оказываются аккумуляции джеспилитов Нигерии – рудный район **Локожа Окене** (с месторождениями **Итакпе**, **Ажабанoko**, **Очокочоко** и др. Неопротерозойские джеспилиты представлены важными объектами **Кассингва** в Анголе, **Отжосонду** в Намибии.

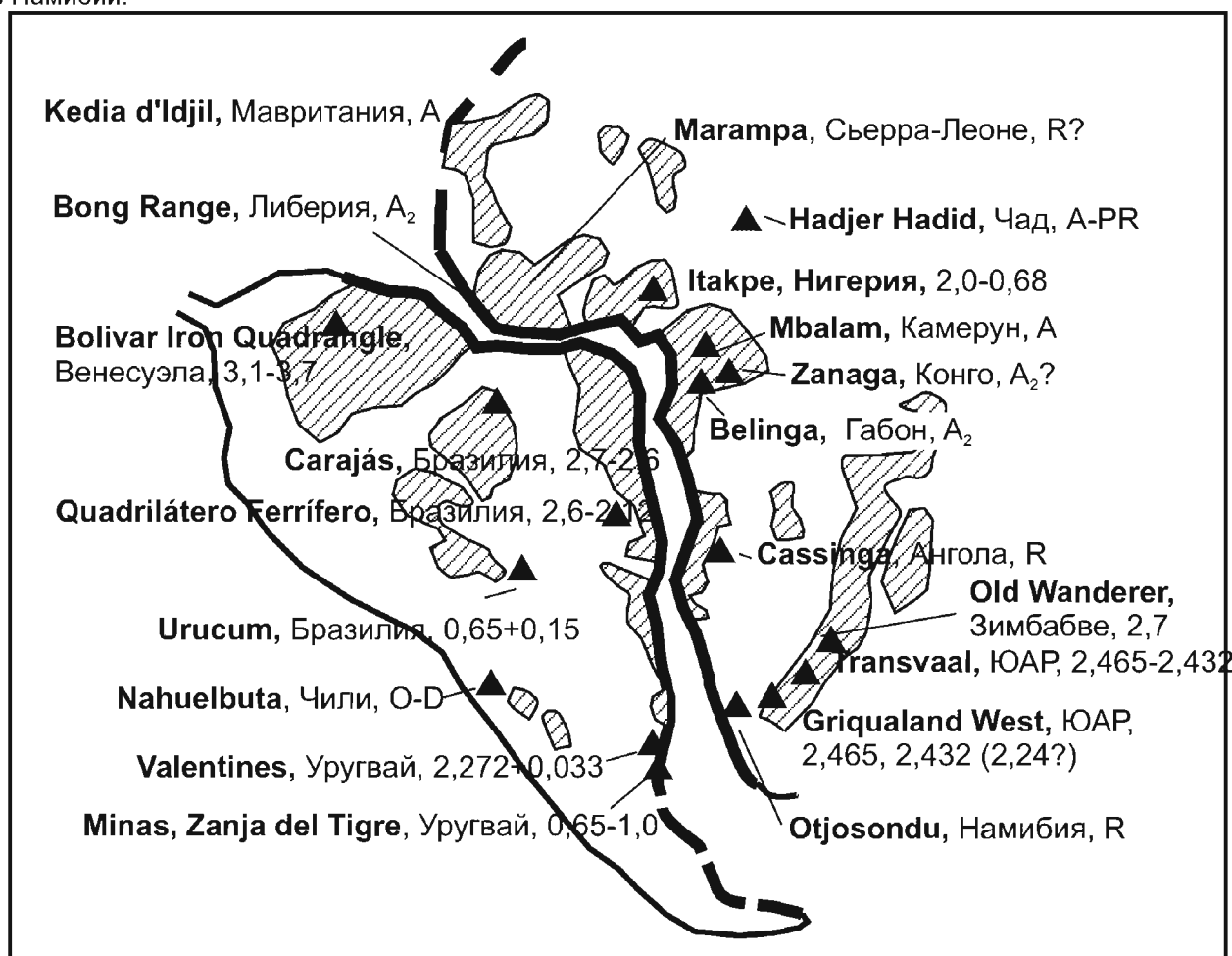


Рис. 10.6. Площади распространения разновозрастных джеспилоитов на берегах Южной Америки и Африки. Треугольниками указаны основные рудные поля, цифры – наиболее вероятные возрасты, млрд лет. К историко-минералогической проверке гипотезы Альфреда Лотара Вегенера (Alfred Lothar Wegener).

Как же соотносятся Приатлантические железорудные бассейны Южной Америки и Африки, существовавшие в архее, палеопротерозое, неопротерозое? Прежде всего, отметим их общую субмеридиональную вытянутость и симметричность по отношению к оси современного Атлантического океана (рис. 10.7). Впечатляюща по масштабам площадь (до половины совмещенных регионов), в пределах которой полосчатые железистые образования накапливались в архее. По сравнению с ней бассейн, давший крупнейшие аккумуляции палеопротерозойских джеспилитов **Железного Четырехугольника** Бразилии, района **Валентинес** Уругвая, **Грикваленд Вест** и

Трансвааль на юге Африки, выглядят куда менее значительным. Неопротерозойский бассейн с менее крупными месторождениями Бразилии (**Урукум**), Анголы (**Кассинга**), Намибии (**Отжосонду**) был по площади примерно равным палеопротерозойскому и почти совпадал с ним пространственно. Отметим постепенное омоложение архейских джеспилитов с севера на юг: вмещающий залежи комплекс Иматака Гвианского щита в **Железном Четырехугольнике** штата Боливар Венесуэлы неоархейский, в Габоне, Камеруне, Конго (**Белинга, Мбалам, Занага**) залежи мезоархейские, в районе **Каражас** Бразилии и **Оулд Вандерер** Зимбабве неоархейские. Могут ли подобные наблюдения свидетельствовать в пользу докембрийской предъистории Атлантического океана? Вопрос поставлен. Для ответа на него нужно больше знать об истории становления малоизученных BIF Чада, Мавритании, Уругвая, Камеруна, Конго. Вот и Джиль П. Харнмейер (2006) сетует: «Полосчатые железистые формации – продолжающаяся загадка Природы». Андрей Беккер с соавторами (2010) признают: «Железистые формации: осадочный продукт сложного взаимодействия мантийных, тектонических, океанических, биосферных процессов».

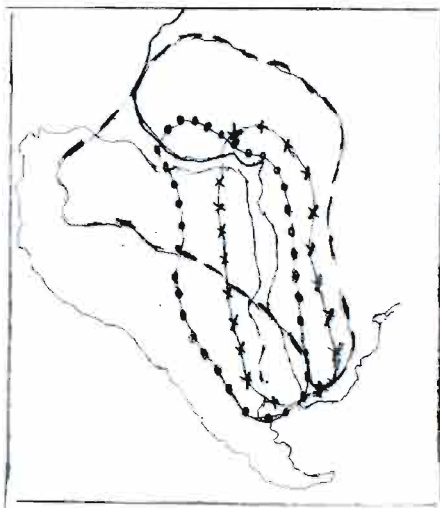


Рис. 10.7. Возможные контуры Приатлантических железорудных бассейнов Южной Америки и Африки, в которых происходило накопление формаций BIF в архее (пунктир), палеопротерозое (крестики), неопротерозое (точки). Реконструкция.

Западные авторы видят в нижнепротерозойских джеспилитах **Грикваленд Вест** и **Трансвааль** юга Африки, рифейских Аляски и Южной Австралии (гематититы) осадочные образования, накопившиеся в *ледниковых* условиях. С этим согласны исследователи кигизского Тянь-Шаня. Там крупные промышленные гематит-магнетитовые залежи осадочного происхождения известны среди толщ, интерпретируемых как вендские ледниковые тиллиты (хребет **Джетымтау**). Присутствие этих залежей среди гляциальных толщ не объяснено. Современных аналогов накопления подобных осадков нет, но это не повод для отрицания многочисленных геологических свидетельств оледенения в соответствующих толщах. Ведь за аналогами специфичности

экзогенного рудогенеза раннего докембрия ходить далеко не надо. Так, редкие крупные аккумуляции неоархейского марганца Индостана, для возникновения которых требовалось присутствие свободного кислорода, удалось удовлетворительно отнести на счет «кислородных оазисов» (узколокальное массовое развитие водорослей). Отчего не предположить, что растворенное в виде взвеси железо, перенесенное течениями с подогретыми водами в ледниковые области, не выпадало в осадок там и вследствие охлаждения? Причинами подогрева могли бы быть эндогенными (высокоградиентный тепловой поток) областей питания.

Говоря же о прочих экзогенных полезных ископаемых палеопротерозоя, отметим, что уже в его начале появились первые в истории Земли *экономически значимые* россыпные проявления алмазов верхнего "отдела" системы Витватерсранд. Более ранние «неоархейские» находки известны только из упомянутого выше пояса **Мичипикотен**: в толще конгломератов 200 м мощностью встречены алмазы массой до 1,5 карата, а в продуктах содового спекания содержится ассоциация тяжелых минералов и золота. Алмазы конгломератов отличны от тех, что содержатся в телах лампрофиров этого же района большей однородностью, еще один типичный признак россыпей.

10.3. Эволюция рудогенеза в фанерозое

Впятеро менее продолжительный по сравнению с докембрием фанерозой не выглядит обделенным скоплениями эндогенных полезных ископаемых, см. рис. 10.2. Количественные отличия однако заметны: для фанерозоя тоже известны Гиганты хромитовые (раннедевонский **Кимперсай**), золотые (пермский **Мурун-Тау**), но им далеко до масштабов **Бушвельда** и **Витватерсранда**.

Зато в фанерозое состоялось немало рудных аккумуляций, докембрийских аналогов которых мы не знаем, чего стоят только олигоценовый ртутный **Альмаден**; позднеюрский-раннемеловой **Сигуаньшань** и множество других. Анализируя табл. 10.3, мы наблюдаем тренд, о котором говорили в самом начале настоящей главы: от венда и раннего палеозоя к кайнозоя возрастает количество более глубоких эндогенных рудных объектов – кимберлитов, карбонатитов, медно-порфировых, медно-никелевых (во всяком случае, до раннетриасового **Норильска**, а ведь нас еще ждет неисследованный гигантский юрский **Дюфек** в Антарктике), золото-серебряных. Однако на таком общем фоне и здесь наблюдаются частные всплески рудогенеза отдельных типов. Например, колчеданов в раннегерцинский этап, когда появились многочисленные объекты Урала, Алтая, Иберийского Пиритового пояса, Восточной Австралии. На «Au-Ag» графике хорошо читаются пики вендско-кембрийский (отвечает развитию гранитизации на севере Африки), герцинский (Урал, Алтай, Тянь-Шань, Западная Европа), альпийский (особенно яньшаньский в Китае, Кордильер, Анд и т.д.).

Если посмотреть на распределение хромитовых объектов, то доминирование раннего девона очевидно – сказывается влияние 17 промышленных объектов рудного поля **Кемпирсая**.

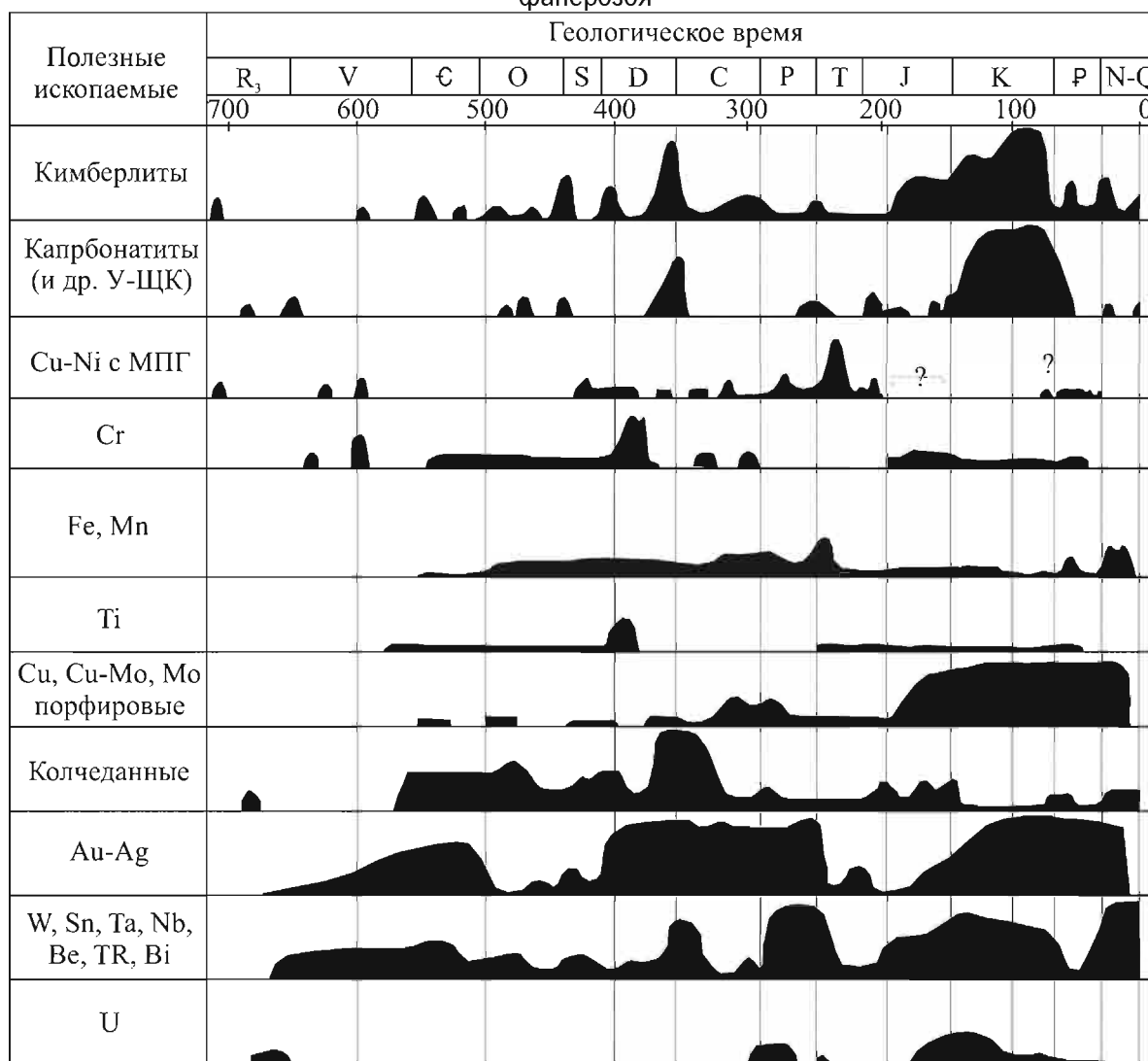
Экзогенные (табл. 10. 4) и эндогенные полезные ископаемые распределены по геохронологической шкале с определенной долей подобия. Особо значимы экзогенные объекты, ассоциирующие с самыми молодыми меловыми-кайнозойскими корами выветривания, содержащими основные ресурсы россыпей золота, платины, редких металлов, алмазов, бокситов.

Железные руды фанерозоя наиболее распространены среди осадочных толщ нижнего палеозоя Западной Европы и Америки, в юре Западной Европы, мелу-палеогене Западной Сибири, олигоцене Турция (**Лисаковское**).

Аккумуляции марганца фанерозоя велики, прежде всего, потому, что большая их часть концентрируется в железо-марганцевых конкрециях Океана, имеющих миоценовый (12 млн лет) возраст. Основной марганец осадочных толщ континентов, скорее, докембрийский: бассейнов **Постмасбург** в ЮАР (формация Хотазель, 2,24 млрд лет), Индостана, Бразилии (**Морру ду Урукум**, 0,6-0,9 млрд лет и далее, до раннего кембрия включительно). Однако выделяют и несколько эпох марганцenaкопления в фанерозое, см. табл. 10.4.

Табл. 10.3

Вклад отдельных временных интервалов в формирование эндогенных полезных ископаемых фанерозоя



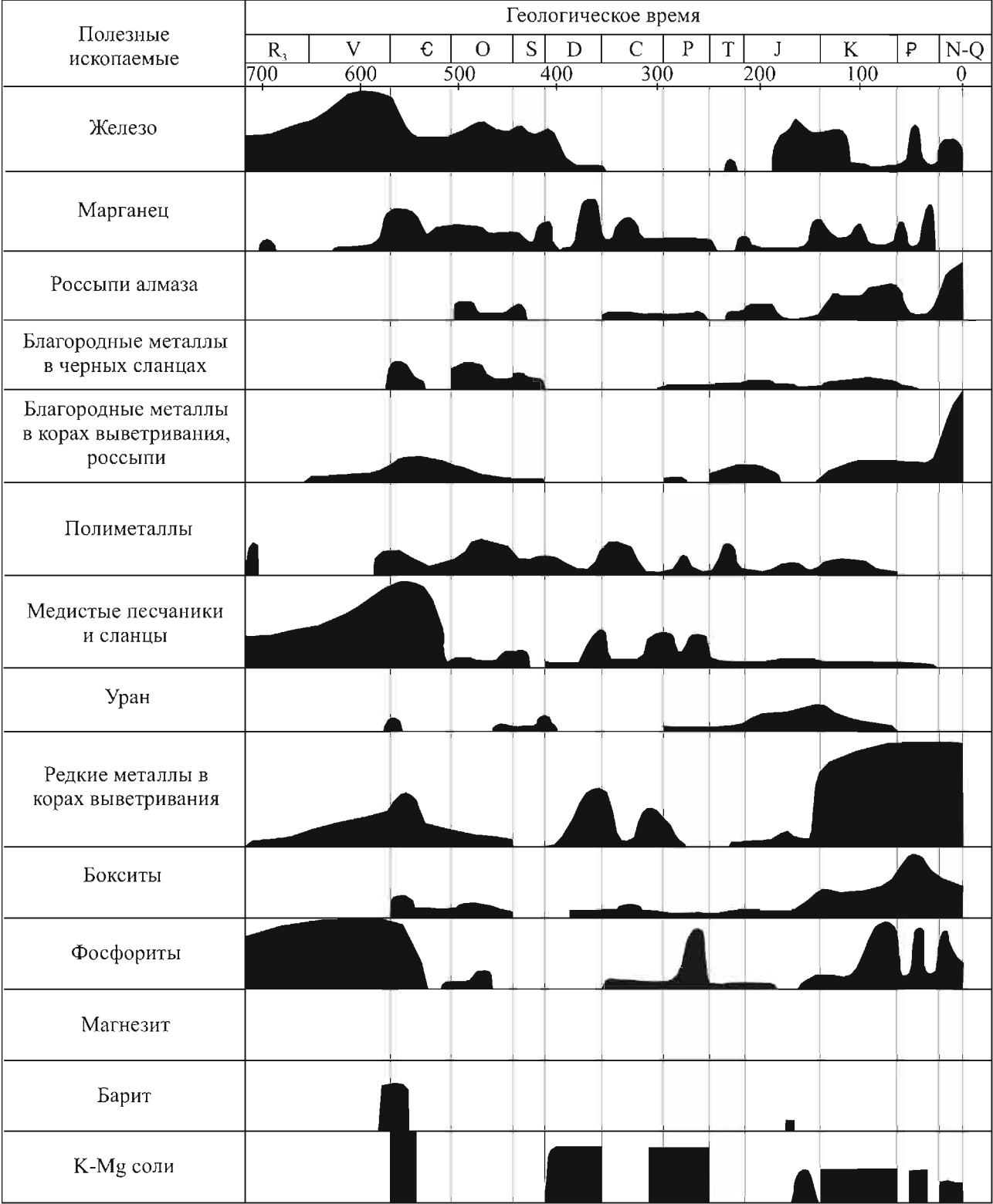
10.4. О связях эндогенных и экзогенных факторов в формировании месторождений. Рудные объекты с предысторией и без нее.

Эндогенные и экзогенные влияния в формировании рудных объектов тесно переплетены. При рассмотрении истории минерогенеза по отдельным этапам приходится определяться с отношением к тому, что многие месторождения возникли не в единственный непродолжительный продуктивный интервал. В ранних работах (Д.В. Рундквист, 1965) длительность последнего, например, для случаев рудных залежей в грейзенах оценивали в десятки, сотни тысяч, первые миллионы лет, основываясь

на теоретических расчетах необходимого времени для остывания интрузивов, наблюдениях за минералообразованием в областях современной гидротермальной активности. Ван Андель [Van Andel 1981], обсуждая проблему неполноты (incompleteness) геологической летописи, сетовал на то, что в последней остаются записи лишь о *резких* сменах температур и давлений, в то время как сведения о плавных постепенных изменениях, длительно существовавших геодинамических обстановках опускаются. Хотя и в эти не отмеченные интервалы рудогенез продолжался.

Табл. 10.4

Вклад отдельных временных интервалов в формирование экзогенных полезных ископаемых фанерозоя



Со времени работ А.Г. Бетехтина (1953, 1958), в отечественной практике получило распространение выделение этапов и стадий минерализации. Позднее по примеру Н.П. Лаверова и

С.Ф. Винокурова (1988), И.К. Рундквист с соавторами (1992), Д.В. Рундквист (1995) при характеристике месторождений стали обращать внимание на рудоносные эпохи: предистории (подготовки), собственно формирования, преобразований и сохранения рудных аккумуляций. Д.В. Рундквист (1997) на примерах, прежде всего, золоторудных месторождений Сибири обсудил проблемы длительности становления, периодов и эпох рудогенеза. Было убедительно показано: большинству якобы «рифейских», «палеозойских», «мезозойских» сибирских месторождений, с учетом предистории, для формирования современного облика понадобилось 0.5-2 млрд лет, т.е. все время от рифейской зона до палеозоя, иным - от архея до мезозоя. Таковы рудные скопления золота, полиметаллов, редких металлов и редких земель, слюдоносных пегматитов Енисейского кряжа, Восточного Саяна, Прибайкалья, Станового хребта. Известное месторождение золота **Сухой Лог** в Бодайбинском районе с запасами, по данным последней геолого-экономической переоценки, 1543,3 т (Карпенко и др., 2006), - позднегерцинское по основному рудному этапу.

В среднем карбоне-середине перми, 300-246 млн лет назад, сформировались гранитоиды Константиновского штока, материнские для штокверкового поля. Однако в действительности предистория **Сухого Лога** уходит в раннебайкальское время, к интервалу 1,2-0,9 млрд лет назад. Именно тогда на днище средне-позднерифейского рифта накопились толщи высокоуглеродистых пород хомолхинской свиты, содержащие первичные концентрации драгоценного металла. В дальнейшем это золото перераспределялось, накапливалось в замках складок, сложенных высокоуглеродистыми породами (позднебайкальский этап), входило в стратиформные залежи с пиритом, анкеритом, кварцем на каледонском этапе. С каждым разом все более усложнялись минеральные парагенезисы, возрастали концентрации, от 1 г/т в пирите черных сланцев (R_{2-3}) до 10-50 г/т в основных золото-кварцевых и золото-сульфидных рудах (C_2-P).

Таким образом, впервые на отечественном материале был продолжен ряд впечатляющих примеров длительности предрудной подготовки, описанных западными учеными в 1960-1970 г.г. и ранее (Рудные месторождения США, 2 т, 1973). Располагая значительными аналитическими возможностями, они уже тогда смогли показать, что уникальное по запасам *меловое* свинцово-цинковое оруденение **Три Стэйт** (Миссури-Оклахома-Канзас) в *каменноугольных* породах имеет *рифейский* возраст свинцов (1 млрд лет), а его гигантские монокристаллы галенита «росли» в течении 100 млн лет от триаса (?) до середины мела. Можно вспомнить и **Серебряный пояс Кёр д'Ален**, *меловые* по возрасту (100-65 млн лет) залежи которого в отложениях *венда-палеозоя* содержат *рифейскую* урановую смолку, датированную 700 млн лет и т.д.

Здесь интересно обсудить два аспекта – обязательна ли такая предистория для всех даже суперкрупных месторождений (1); в какой степени односторонна содержательная сторона *этапов* минерогенетической предистории на разных древних платформах, для месторождений её имеющих (2). На первый вопрос напрашивается ответ отрицательный. В самом деле, откуда взяться предистории у гигантских скоплений среднемиоценовых (12 млн лет) океанических железо-марганцевых конкреций и ферро-марганцевых корок, многие поля которых ныне рассматривают как субпромышленные месторождения, сформированные при определяющем влиянии эндогенного фактора? Открывший их в 1878 г. бельгиец Р. Вильемс-Шум уже тогда объяснил происхождение нодул деятельностью гидротерм. Этой точки зрения придерживается и А.П. Лисицин (1981), признавший, что вклад эндогенеза в их образование в 3-45 раз больше любых экзогенных участков.

Пример железо-марганцевых конкреций, возможно, слишком специфичен (мы не знаем их аналогов в докайнозойских разрезах континентов). Но можно поискать предисторию у иных месторождений с не вполне однозначным генезисом. Таковыми, к примеру, являются мирового значения нижнеолигоценовые марганцеворудные залежи Южно-Украинского бассейна (**Никопольское и Больше-Токмакское** месторождения), об определяющем значении для возникновения которых эндогенного фактора высказывался Г.С. Дзюценидзе (1980), отметивший сходство его руд с марганцовистыми илами Красного моря. И вряд ли случайным было именно в раннем олигоцене опускание на 3-5 км квазиокеанической впадины Черного моря, о котором писал А.Л. Яншин (1980). Позднее В.Г. Погребной (1986) увидел в родохрозит-манганокальцитовых и манганит-пирролюзитовых рудах Южной Украины продукты переотложения марганцевых соединений, вынесенных из нижележащих верхнетриасовых-нижнеюрских и меловых кор выветривания, развитых по широко распространенным в зоне Токмовского глубинного разлома протерозойским марганцевоносным карбонатитам фундамента. Предположение выглядит вполне правдоподобно, учитывая, что в Кривбассе и ныне имеются термальные воды, имеющие на глубине 110 м температуру до 360°. Таким образом, южно-украинские нижнеолигоценовые марганцевые залежи, прежде бы, приобретают предисторию продолжительностью более полутора миллиардов лет. Может показаться, в случае Никополя наметился еще один пример колоссальной общей длительности рудообразования, однако есть веские историко-минерогенетические обстоятельства с изложенной внешне убедительной схемой не согласиться. И аргументы против нее дает другой марганцеворудный гигант – **Чиатури**.

Мощные скопления пиролюзит-псиломилановых, манганитовых, родохрозит-манганокальцитовых залежей **Чиатури** аналогичны **Никопольским** по раннеолигоценовому возрасту, минеральному составу руд. Но – не по внеплатформенной тектонической позиции (Закавказский срединный массив Средиземноморского подвижного пояса), иным признакам эндогенного вклада в рудообразование. Появление гигантских скоплений марганца Закавказья не объяснить гипотезой, условно приемлемой для Южной Украины – в недрах Чиатури нет тел марганцевоносных карбонатитов (магматиты этого типа «избегают» внеплатформенных областей), следовательно, нет и кор выветривания по ним. И если вспомнить, что в разрезах неогена Украины и Грузии нет и иных марганцевоносных стратиграфических уровней, кроме нижнеолигоценового, то причину уникальных марганцевых скоплений **Никополя** и **Чиатури** окажется более перспективным поискать не в прошлом, но – в новообразованиях: возникновении в раннем олигоцене субокеанических впадин Черноморской и Южно-Каспийской, с их кладбищами особо глубоководных светящихся океанических рыб, описанных М.М. Мстиславским (1972, 1981). Все это делает раннеолигоценовую геологическую ситуацию в Причерноморье столь схожей с красноморской. В Красном море на дне и ныне накапливаются марганцевоносные илы, т.е. вот откуда мог бы быть марганец. Эту-то позицию и защищал Г.С. Дзоценидзе.

Таким образом, историко-минерагенический анализ способен помочь оконтурить крупнейшие области активизации, которых нет на тектонических картах. Такова «Циркум-Черноморская металлогеническая зона», или **Понто-Каспийская** историко-минерагеническая провинция, с рядом крупнейших марганцевых месторождений раннего олигоцена – **Чиатури, Оброчиште, Шабла**, (все три в Болгарии), **Никополь и Большой Токмак** (Украина), **Мангышлакское** (Казахстан), **Истранса** (Турция), рис. 10.8. Её однотипные аккумуляции оксидных руд локализованы в самых разных структурных обстановках, от альпид (Квирильский массив Кавказа) до древней платформы (Украинский щит); не имеют ни пред-, ни постистории (подстилающие и перекрывающие толщи марганцем не обогащены).

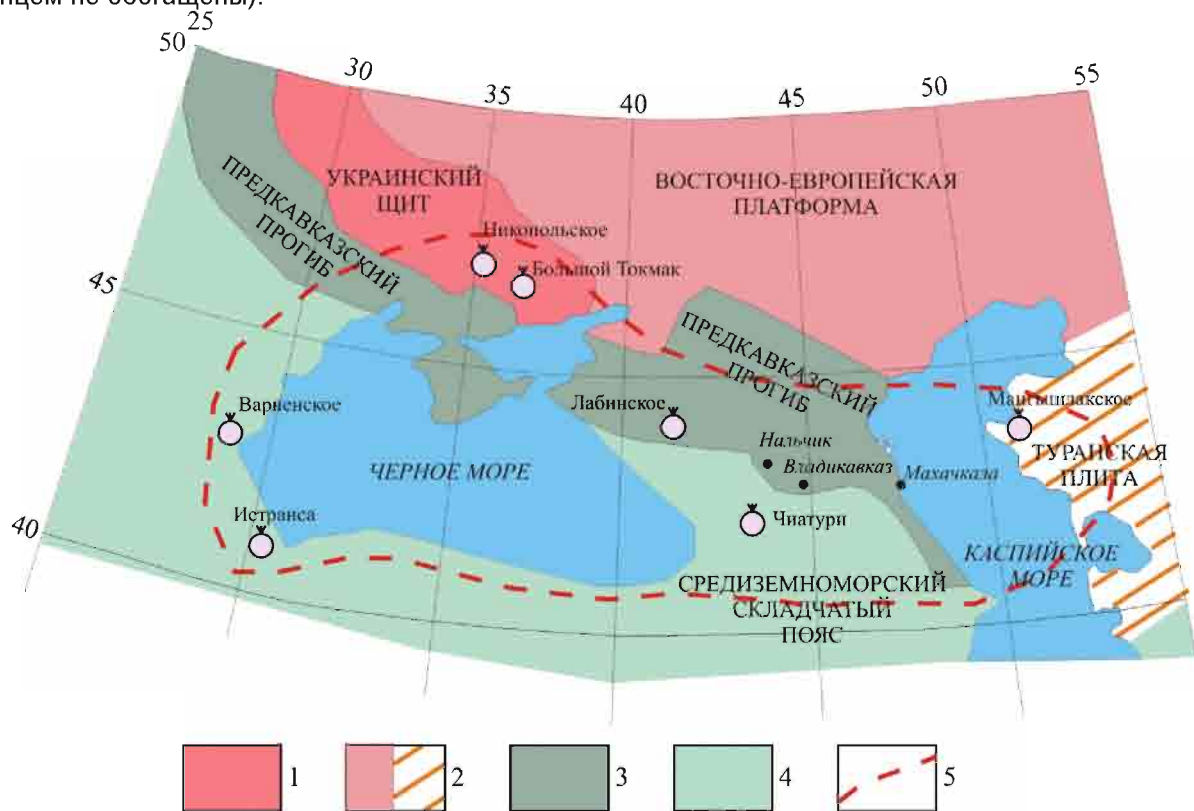


Рис. 10.8. Раннеолигоценовая Понто-Каспийская историко-минерагеническая провинция объединила площади распространения однотипных аккумуляций оксидных руд марганца (кружки с гребнем) на гетерогенном структурном субстрате. 1 – Украинский щит; 2 – структуры Русской платформы (справа – ее Туранской плиты); 3 – структуры Предкавказского прогиба; 4 – мезозойды и альпиды Средиземноморского пояса; 5 – контуры раннеолигоценовой историко-минерагенической провинции Понто-Каспия.

Циркум-Черноморские аккумуляции не имеют возрастных аналогов на континентах Земли, что делает попытку выделения планетарной олигоценовой эпохи марганценакопления уязвимой.

Изучение геологической истории по историко-минерагеническим провинциям позволяет заинтересованному читателю в самом первом приближении самостоятельно проследить особенности

«минерагенических трансгрессий и регрессий», прокатившихся во времени через «его» территорию. Этими терминами характеризуется распространение за пределы платформ типичных для них месторождений (калийные соли, медистые песчаники, кимберлиты, карбонатиты и т.д.), либо появление в краевых частях эндогенных рудных образований, типичных для подвижных поясов. Пример фанерозойской Европы рассмотрен на рис. 10.9. В посткаледонский (раннегерцинский) этап, рис.10,9,А, к древней Восточно-Европейской платформе присоединились обширные площади нынешних Норвегии, Британского архипелага, Шпицбергена. Начало платформенной «минерагенической трансгрессии» выразилось в появлении однотипных аккумуляций медистых песчаников не только в пределах древней платформы (мамонская толща ст. Шумилинской Воронежской антеклизы, франские песчаники Тимана), но – в Средней и Западной Европе (верхний девон **Медзяна Гура** в Свентокшиских горах Польши, девон Армориканского массива Франции). Максимум платформенной «минерагенической трансгрессии», однако, падает на финальные фазы позднегерцинского, киммерийский, но предальпийский, этапы, рис. 10.9,Б. На всей гиперплатформе, особенно в разные временные интервалы пермского периода, накапливаются медистые песчаники, калийные соли. Альпийская тектоническая активизация в меловой период с максимумом в позднем кайнозое (рис. 10,9, В) отвечает платформенной минерагенической рецессии. Для нее характерно массовое появление гидротермальных и плутогенных месторождений золота, полиметаллов, хрома, ртути и т.д. в активизированных областях Альпид, и «отступление» площадей с платформенным рудогенезом к востоку.

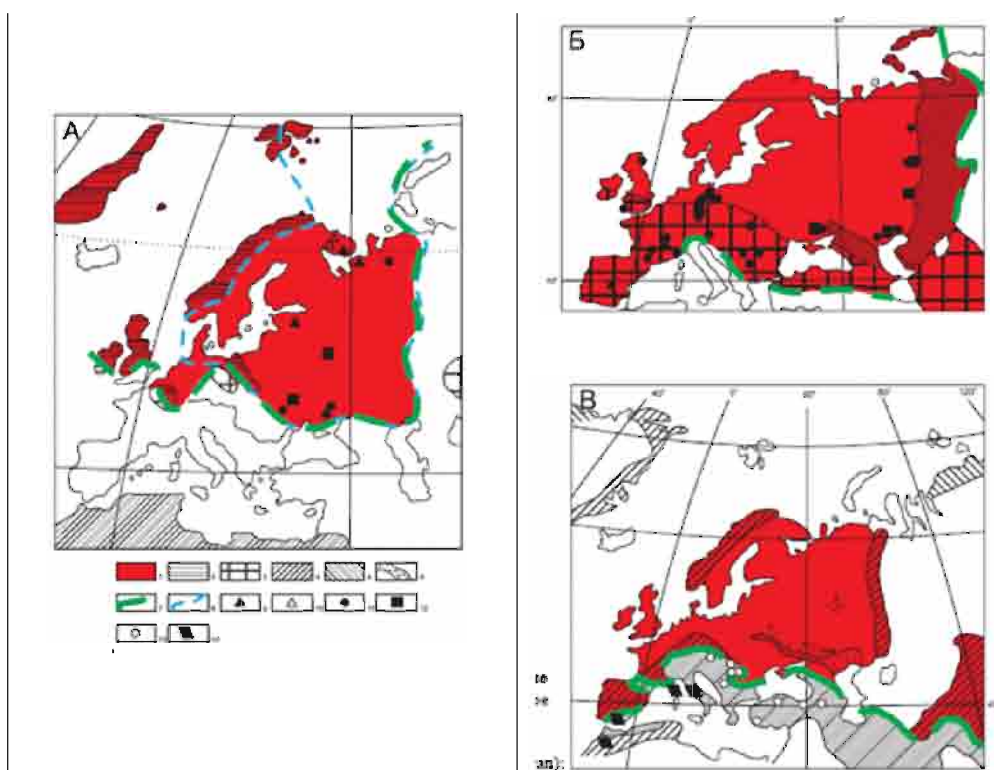
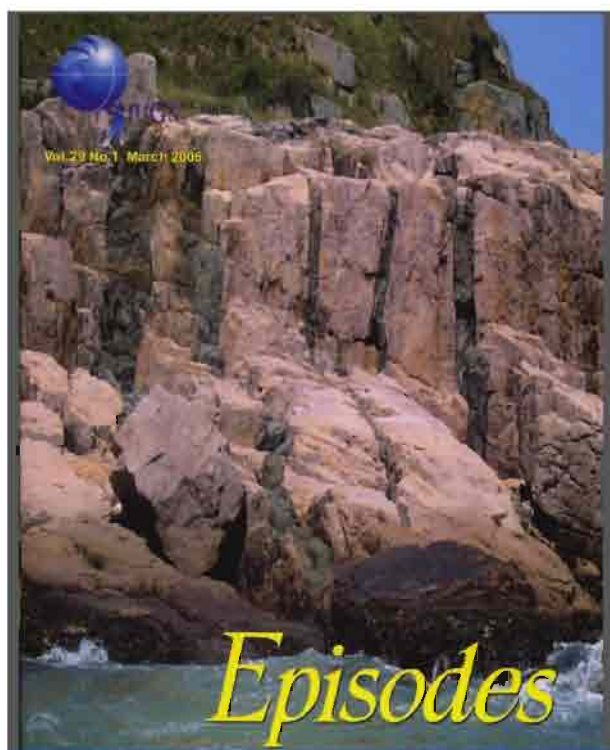


Рис. 10.9. Развитие платформенного минерагениза на Европейской гиперплатформе в фанерозое. Распространение месторождений видов, типоморфных для платформ (кимберлиты, карбонатиты, медистые песчаники, калийные соли) и подвижных поясов (гидротермальные, плутогенные залежи), определены ареалами платформенной консолидации (аккреционное наращивание древней платформы в каледонский и герцинский-доальпийский этапы), активизацией и деструкцией окраин инфраплатформы (альпийский этап). 1 – Европейская инфраплатформа; 2 – площади позднекаледонской (силур-ранний девон) складчатости и платформенной консолидации; 3 – площади каледонской складчатости, не вступившие в платформенную консолидацию - вовлечены в геосинклинальные погружения на герцинском этапе (А), площади, подвергшиеся главной герцинской складчатости (судетской) в конце раннего - начале среднего карбона и последующей платформенной консолидации (Б); 4 – площади платформ, претерпевшие каледонскую тектоническую активизацию (А), площади наиболее ранней герцинской складчатости и платформенной консолидации в конце девона и начале карбона (Б); эпиплатформенные глыбовые сооружения (В); 5 - площади, подвергшиеся позднегерцинской (конец перми – начало триаса) складчатости и платформенной консолидации (Б); 6 – система авлакогенов Большого Донбасса, с признаками альпийской тектонической активизации; 7 – площади тектонической активизации вне авлакогенов (цинковая и баритовая

минерализация в туронском писчем мелу на юго-востоке Воронежской антеклизы, контрастные ртутные аномалии Пучежских дислокаций у Нижнего Новгорода, Прикаспий); 8 – границы Европейской инфраплатформы; 6 – границы древней Восточно-Европейской платформы; 9–11 – месторождения видов полезных ископаемых типоморфных для консолидированных областей, в т.ч.: 9 – кимберлитов; 10 – карбонатитов; 11 – медистых песчаников и сланцев; 12 – калийных солей; 13 – гидротермальные и плутоногенные месторождения активизированных областей инфраплатформы альпийского этапа (мел-кайнозой); 14 – лампроиты.

В тектонических терминах, конечно, можно было бы говорить об «аккреции» и «деструкции» платформ, однако, в определении последних нет минерагенической составляющей. Подобные явления характерны для всех раннедокембрийских ядер континентов.

Не имеющей явной предыстории, по мнению китайских геологов, является позднеюрская-меловая (185-65 млн лет) яньшаньская тектоническая активизация («этап», «период»), «металлогенический взрыв». Эпизоды внедрения яньшаньских гранитов (рис. 10.10) обеспечили КНР первые места в Мире по добыче Au, W, Sb, всех семнадцати редкоземельных элементов. Исследователи считают, что Яньшаньский рудогенез, наблюдающийся прежде всего, в районах, примыкающих к Тихому океану, не



имеет генетических связей с предшествующими этапами, но – какие-то иные причины. И связь с океаногенезом здесь напрашивается сама собой. Дж. Мао с соавторами [Mao et al., 2003] различали в Яньшаньском периоде этапы: 200-160 млн лет (поздний триас-лейас), около 140 млн лет (конец мальма) и 130-110 млн лет (ранний мел). Типичным примером яньшаньской супераккумуляции металлов они полагают вольфрамит-кварцевые жилы четырёх стадий месторождений **Сихуашань-Донпин** (рис. 10.11). Собственно крупное юрское золоторудное месторождение в северокайской золоторудной провинции Ян Ляо **Донпин** это десятки кварцевых жил в породах гранитного батолита или архейских метаморфитах, содержащие немного сульфидов (сфалерит, пирротин), магнетит, калаверит (Au,Ag)Te₂, самородное золото, электрум и т.д.

Рис. 10.10. Выходы металлоносных яньшаньских гранитов на Тихоокеанском побережье Китая. Обложка журнала «Эпизоды», «2, 2006 г.»

Мощную многостадийную минерализацию здесь объясняют связью с мантийными корнями интрузивов, продуктами магматической дифференциации. Рассмотренная схема рудообразования, длительного, рассредоточенного в пространстве и времени, полиформационного, интересна тем, что наглядно и компактно характеризует яньшаньский рудогенез как процесс с единым планом и очевидными продуктами – рудным веществом.

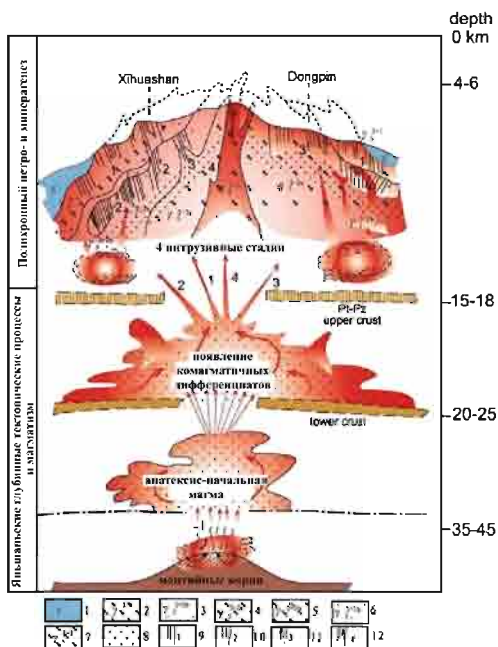


Рис. 10.11. Металлогеническая провинция Нанлинь. Супераккумуляция металлов в вольфраморудном поле Сихуашань, вольфрамит-кварцевые жилы четырёх стадий месторождений Сихуашань-Донпин, – результат глубинных тектонических процессов и полихронного петро- и минерагенического яньшаньского этапа (185-65 млн лет). По Rongfu Pei et al. 1 – метаморфиты докембрия; 2 – позднеяньшаньские граниты 1-й стадии; 3 – раннеяньшаньские граниты 3-й стадии и им отвечающие тонкозернистые двуслюдистые граниты; 4 – раннеяньшаньские порфировидные среднезернистые биотитовые граниты 3-й стадии; 5 – раннеяньшаньские порфировидные тонкозернистые биотитовые граниты 2-й стадии; 6 – раннеяньшаньские порфировидные среднезернистые биотитовые граниты 2-й стадии; 7 –

раннеяньшаньские порфировидные среднезернистые биотитовые граниты 1-й стадии (γ_3^{1-2}); 8 – калишпатизация; 9 – W-Mo жилы 1-й стадии; 10 – вольфрамоносные (с Mo и Bi) жилы 2-й стадии; 11 – жилы 3-й стадии с вольфрамом, бериллием, молибденом; 12 – жилы 4-й стадии с вольфрамом и оловом.

Тем самым Ронгфу Пей (2006) смог показать историко-минерогенетическим способом (хотя и не прибегая к этому термину) темпы и масштабы океанизации, охватившей в позднем юре-раннем палеогене восточную окраину юга Китайской платформы.

Выводы

1. Количество эндогенных рудных объектов малой глубинности со временем уменьшается, глубинных древних понемногу растет: они выносятся к поверхности эрозией. Еще один фактор, влияющий на число рудных объектов – общее возрастание активности земных недр в фанерозое;

2. Эндогенные и экзогенные факторы в рудообразовании соотносятся сложным и разнообразным образом. В формировании многих эндогенных залежей принимают участие коровые воды (это относят даже к кимберлитам), а на появление и сохранность экзогенных аккумуляций оказывают влияние тектонические режимы, трещиноватость и т.д.

3. Крупные рудные и нерудные объекты могут иметь длительную многоэтапную историю формирования (Сухой Лог) и не иметь ее (олигоценные месторождения марганца Причерноморья, «яньшаньские» рудные объекты Восточного Китая). В первом случае речь идет о перераспределении и концентрировании рудных компонентов местного происхождения, во втором – в связи с планетарными процессами (океанизация, активизация разломов планетарной регматической сети).

Заключение

В нашей науке любые теоретические построения - "эмпирические обобщения" в понимании Владимира Ивановича Вернадского, - должны опираться на всю совокупность геологических фактов. Обширные сведения об отечественных и зарубежных месторождениях, полученные в том числе и из Интернета, позволили использовать их при исследованиях эволюции рудных аккумуляций в земной коре. Выделено девять этапов, отвечающих её естественным тектоно-магматическим (эндогенные месторождения) и тектоно-седиментационным (гипергенные аккумуляции) циклам развития. Это архейский, ранне- и позднепротерозойские, каледонский, ранне- и позднегерцинские, киммерийский, ранне- и позднеальпийские этапы со своими только им присущими историко-минерагеническими провинциями и типами эндогенных и экзогенных скоплений полезных ископаемых.

В *раннем докембрии* платформенный тип развития способствовал формированию залежей полосчатых железистых формаций (Fe, Mn), гигантских золото-урановых скоплений Витватерсранда бразильской Жакобины, канадского Блайнд Ривер, сульфидных руд в эффузивах шведского Болиден с арсенопиритовой залежью мощностью до 40 м массивных медных руд финского Оуткумпу. Коматииты архея содержали до 32% магнезии, первичные раннепротерозойские – меньше, но не менее 20%. В рудном районе Маунт Кейт, пояс Уиджимул-Норсмен, кратон Йилгарн, потоки сульфидных руд в миллионы тонн каждый здесь выполняют неровности древнейшего рельефа. В серии коматиитовых потоков (3 млрд лет) локализованы залежи массивных руд (пирротин, пентландит, пирит, немного халькопирита) месторождения Агню, возможно, крупнейшего в Мирове. Содержания никеля здесь 2%. Постоянство, низкая переменчивость тектонических обстановок платформ вели к появлению гигантских по площади массивов глубинных базитов-гипербазитов, отсутствующих в подвижных поясах. Известны также аккумуляции хромитов Селукве в Зимбабве (3,5 млрд лет), в районах **Андриамена** на Мадагаскаре (30 месторождений), Стиллуотер в США, Сукинда, Наусахи, Саурабил в Индии.

В *рифее* огромная длительность (1,1 млрд лет), доминирование обстановок дилатансии способствовали возникновению рифтовых систем и *всеобщему* появлению алмазоносных протолитов, диатрем и дайковых тел кимберлитов, карбонатитов. Рифейские медно-никелевые руды хорошо известны. В Гренвильской зоне Канады к рубежу 1,2-1,1 млрд лет завершилось формирование известного **Садбери** (основные залежи датированы 1,8-1,7 млрд лет). Урансодержащие флюиды поступали в рифее со значительных глубин, как результат господствовавших обстановок растяжения. В результате рифейские урановые и крупнейшие алмазные месторождения Аргайл (1058-1155 млн лет), Премьер ("коричневые" кимберлиты внедрялись 1400 млн. лет назад, "серые" - на рубеже 1200 млн лет). Рифей – время массового формирования отложений черносланцевой формации Енисейского кряжа с Таежным марганцевым месторождением; Бодайбинского золоторудного района (Сухой Лог, Первенец, Невское и др. аккумуляции); Внутренней Монголии с бастанезит-монацитовыми залежами Баян Обо; девяти провинций юго-восточного Китая (протяженность пояса 2 тыс. км, Mo-Au-Ni-Pt минерализация), бассейна Атабаска в канадском Саскачеване с U-Ni, Au-Ag-MPG и т.д.). Одно из загадочных явлений рифея – крупнейшие скопления гематитовых руд типа Рапитан (их относят и к полосчатым железистым формациям, BIF), ассоциирующие с тиллитами и обнаруженные на всех континентах. В боливийском бассейне Тукавако рудные ресурсы такого объекта Эль Мутун определены в 40 млрд т, что сопоставимо с запасами всех рудных аккумуляций КМА. В венде сформировались крупнейшие бассейны микрозернистых фосфоритов (Каратаусский, Хубсугул и др.)

Раннепалеозойский этап в Африке отмечен массовым внедрением гранитов «таурирт» с датами от 550 млн лет до 480-450 млн лет. На северо-западе Австралии тогда же накопились кембрийские траппы. В других регионах появились кимберлитовые поля – среднекембрийское Венеция в поясе Лимпопо, ЮАР, диатремы Куоппио и Каави в Финляндии, Накынского поля Якутии, субпровинции Слейв. Особое распространение получили оолитовые железные руды ордовика и нижнего силура – в Тюрингии, Чехии, Франции, Португалии, нижнего девона Нормандии и Бретани. Уникальными для металлогении платформ оказались сульфидные месторождения с германием юго-запада Африки (Цумеб, Кипуши и др.). В раннем кембрии завершилась, начавшаяся в венде, крупнейшая эпоха осадочного фосфатонакопления; лишь часть вновь возникших бассейнов оказалась в пределах древних платформ (Джорджина на севере Австралии, Юньнань-Сычуанская провинция на юге Китая).

Раннегерцинский этап – время крупнейших интрузий щелочных пород Кольского полуострова, с которыми связаны апатит-нефелиновые залежи «ийолит-уртитовой дуги». Основной вклад этапа в общую минерагению – коренные алмазоносные месторождения Вилюйской и Архангельской субпровинций, поле Мерлин Северной Австралии. Признаком дилатансии на значительных глубинах явилось появление многочисленных месторождений массивных сульфидов Урала (Актогай. Жангана, Летнее, Зимнее, Гайское и др.), Иберийского Пиритового Пояса (в т.ч. крупного золотоносных колчеданов Ла Сарса). Экзогенные месторождения раннегерцинского этапа это наиболее древние промышленные аккумуляции бокситов (Урал, Салаирский кряж, Тимман, КМА и т.д.). Огромны

редкоземельно-редкометалльные россыпные аккумуляции, в т.ч. содержащие значительные скопления тяжелых нефтей (Тиман), калийные соли (Северная Америка, Белоруссия). Важнейшая черта эволюции – первый выход растительности на сушу и формирование первых угленосных бассейнов.

Позднегерцинский этап отмечен гигантскими трапповыми излияниями в пределах Сибирской платформы, Ньюфаундленда и т.д. Это время становления уникальных раннетриасовых сульфидных медно-никелевых руд Норильского рудного района, железорудных скарнов Ангара-Илимского района. Резко возросли масштабы экзогенного минерогенеза: в Европе, Северной Америке возникли обширные калиево-магниево-солеводородные бассейны, скопления медистых песчаников и сланцев.

В *киммерийский этап* (средний триас-юра) произошли многие события деструктивного плана, существенно повлиявшие на конфигурацию и минерогенез платформ. На Восточно-Европейской платформе киммерийская тектоническая активизация привела к возникновению Никитовского ртутного гиганта (200-170 млн лет), месторождений Покрово-Киреевского флюорита. В юре и мелу подобные изменения охватили юг Сибирской древней платформы (Забайкалье, Амурская область). На Китайской платформе во временном интервале 185-65 млн лет назад имел место «Яньшаньский металлогенический взрыв». Появление множества месторождений W, Sn, Au, Ag, Pb, Zn, Sb, Hg не имело генетических связей с предшествующими этапами. И связь с океаногенезом здесь напрашивается сама собой. В Андах малым оказался временем становления ранних меднорудных гигантов Мантос Бланкос, Линсе-Эстефанфа. Полагают, что источниками металлов третичных гигантских месторождений Потоси и Оруро в Боливии были триасово-юрские вулканоплутонические породы. Экзогенный рудогенез киммерийского этапа сформировал богатейшие аккумуляции природно-легированных железных руд **Лотарингского бассейна**, значительные аккумуляции бокситов в Западной Европе, важные титан-циркониевые россыпи Восточно-Европейской платформы (Лукояновский рудный район). С киммерийским этапом связано начало становления огромных уранованадиевых месторождений плато Колорадо в США. Одной из загадок этапа является отсутствие на гондванских платформах аккумуляций полезных ископаемых, ассоциирующих с корами выветривания (бокситов, металлоносных россыпей), не смотря на широкое развитие и выраженность в верхнем ярусе современного рельефа юрской «гондванской поверхности».

Раннеальпийский (меловой) этап – новая крупнейшая вспышка образования тел кимберлитов и карбонатитов на Африканской, Северо-Американской, Южно-Американской, Антарктической платформах. С ним связывают крупнейшие в мире месторождения Sb (Синьхуа), W (Цзянси в Китае, Санг-Донг в Южной Корее), очень важные для России золоторудные (Бам, Ледяное, Скалистое в Становом поясе) и урановые (Стрельцовское рудное поле в Приаргунье). В Андах в интервале 128-100 млн лет возникли Чилийские пояса железорудный (Лос Колорадо, Ромерал) и медный (раннемеловые Au-Cu-Fe Кандельяриа и Манто Верде, классические раннемеловые «манто» Талкуми, Уеуми, Гуаякан, Эль Солдадо и т.д.). Временной интервал оказался весьма продуктивным и для формирования гипергенных месторождений: бокситов Западной Европы (бокситообразования в юре, продолжение в неогене и апте, завершение в эоцене), руд Mn (Грут Айленд), U-V плато Колорадо. Большое развитие получили эпигенетические полиметаллические месторождения «типа долины Миссисипи» (MTV).

В *позднеальпийский (кайнозойский) этап* эндогенные месторождения широко распространены. В Андах они образовали частные пояса: 1 – палеоцен-раннеэоценовый; 2 – позднеэоцен-раннеолигоценовый; 3 – позднемиоцен-раннеплиоценовый. Большинство самых значимых месторождений медно-порфировой формации Анд – наиболее молодые кайнозойские. Они возникли в позднем эоцене -раннем олигоцене и позднем миоцене -раннем плиоцене. Особая статья – молибден-порфировые месторождения, которые долгое время были чисто американским (США) феноменом. В местных Кордильерах (Скалистые горы) эксплуатировали сразу 16 молибденпорфировых гигантов и супергигантов типа Клаймакс. Ныне в китайских провинциях Шанси и Хенан открыты новые супергиганты, о которых мало что известно. В Хенани это Луанчуань, 2,06 млн т Mo, в Молибденовом поясе Восточный Цинлинь –Нанниху-Сандаожуань и Жиндуичень со многими миллионами тонн Mo.

Практическое значение имеют гипергенные полезные ископаемые: эоценовые и более поздние бокситы и никелевые руды Африки, Австралии, Южной Америки, Индонезии, Вьетнама, Кубы, марганец Никополья, Читтуры, Мангышлака, фосфориты Восточно-Американской береговой равнины (миоцен и плиоцен Флориды), Марокко (бассейн Улан Абдун, маастрихт, палеоцен, нижний эоцен). Для целого ряда полезных компонентов основными объектами оказываются коры выветривания, образующие месторождения богатых железных руд по джеспилитам, марганца по гондитам, никеля и кобальта по гипербазитам, REE по карбонатитам, щелочным породам, гранитоидам. Четвертичные россыпи благородных металлов считаются наиболее желанными объектами для отработки.

Исследование историко-минерогенических провинций по этапам позволяет проследить в динамике «минерогенические трансгрессии и регрессии», т.е. распространение за пределы платформ типичных для них месторождений (калийные соли, медистые песчаники, кимберлиты, карбонатиты и

т.д.), либо появление в краевых частях эндогенных рудных образований, типичных для подвижных поясов. Так месторождения платформенного типа (калийные соли, медистые песчаники) докембрийской Восточно-Европейской платформы распространились на герцинскую Западно-Европейскую. Альпийская тектоническая активизация в меловой период с максимумом в позднем кайнозое отвечает платформенной минерагенической регрессии. Для нее характерно массовое появление гидротермальных и плутогенных месторождений золота, полиметаллов, хрома, ртути и т.д. в активизированных областях Альпид, и «отступление» площадей с платформенным рудогенезом к востоку. Подобные ситуации характерны для южной части Сибирской и западной Северо-Американской платформ.

Длительность формирования месторождений различна. Она может захватывать несколько этапов, а может быть и кратковременной. Показано, что большинству якобы «рифейских», «палеозойских», «мезозойских» сибирских месторождений, с учетом предыстории, для формирования современного облика понадобилось 0.5-2 млрд лет, т.е. все время от рифейского зона до палеозоя, иным - от архея до кайнозоя включительно, например, марганцевые объекты Южной Африки. Длительную историю имеют рудные скопления золота, полиметаллов, редких металлов и редких земель, слюдоносных пегматитов Енисейского кряжа, Восточного Саяна, Прибайкалья, Станового хребта. Так образование крупного золоторудного объекта Сухой Лог в Иркутской области началось в рифее с концентрацией полезного компонента в черных сланцах, а закончилось в пермское время после внедрения гранитного батолита, вызвавшего перераспределение золота и концентрацией его в благоприятных тектонических зонах. Но образование олигоценовых концентраций Мп в Понто-Каспийском бассейне произошло в течение первых миллионов лет, а может и меньше.

Во многих случаях для формирования месторождений необходимо сложное сочетание эндогенных и экзогенных факторов. Это относится ко многим вулканогенно-осадочным аккумуляциям, золоторудным объектам типа Сухого Лога и Мурун-Тау, концентрациям железо-марганцевых конкреций. Эпохи мощного корообразования с многими экзогенными месторождениями характеризуются не одним лишь длительным высоким положением материков, но – особыми энергетическими обстановками в недрах планеты. В их относительно краткие промежутки времени массово формировались месторождения полезных ископаемых, связанные с мантийными источниками, – кимберлитами, карбонатитами, щелочными базитами и ультрабазитами. И, наоборот, за пределами эпох мощного корообразования скопления руд этих типов либо вовсе не возникали, либо экзотичны.

Историко-минерагенический анализ способен помочь оконтурить крупнейшие области активизации, которых нет на тектонических картах. Такова «Циркум-Черноморская металлогеническая зона», или Понто-Каспийская историко-минерагеническая провинция, с рядом крупнейших марганцевых месторождений раннего олигоцена – Чиатури, Оброчиште, Шабла, Игнатьево (последние три в Болгарии), Никополь и Большой Токмак (Украина), Мангышлакское (Казахстан), Истранса (Турция). Её однотипные аккумуляции окисных руд локализованы в самых разных структурных обстановках, от альпид (Кавказ) до древней платформы (Украинский щит); не имеют ни пред-, ни постистории (подстилающие и перекрывающие толщи марганцем не обогащены). У Циркум-Черноморских аккумуляций нет возрастных аналогов на континентах Земли. Поэтому известная в специальной литературе планетарная олигоценовая эпоха накопления Мп является характерной только для отдельного региона.

Эволюция эндогенного и экзогенного рудогенеза имеет циклично-направленный тренд. Первая связана с цикличностью магматизма, выраженной в последовательной смене в разрезах базальтоидных и гранитоидных серий и связанных с ними рудных аккумуляций. Продуктивность эндогенного магматизма возрастала от нуклеарной стадии архея, достигла максимума в кратонную раннего протерозоя, уменьшилась позднепротеройскую и каледонскую стадии, пережила подъём в герцинско-альпийское время. Максимум приходится на кайнозой. Количество эндогенных рудных объектов малой глубинности со временем уменьшается, глубинных древних понемногу растёт: они выносятся к поверхности, благодаря эрозии. Ещё два фактора, влияющих на число рудных объектов, – рециклинг (обогащение со временем в результате дифференциации вещества земной коры элементами с малым кларком) и общее возрастание активности земных недр в фанерозое.

На эволюцию гипергенного рудогенеза повлияли такие глобальные события в экосфере Земли как появление органической жизни на Земле в архее, наличие парникового эффекта в это время, появление климатической зональности на рубеже 2,5 млрд лет, Великое окислительное событие (2,2-2.4 млрд лет), обширные оледенения в конце позднего протерозоя, выход на сушу растительности, что резко интенсифицировало выветривание, океаногенез мезокайнозоя. На образование гипергенных аккумуляций значительное влияние оказала вулканическая деятельность в различные тектоно-магматические этапы, а также эпигенетические процессы. В целом эволюция гипергенного рудогенеза определяется общим пульсационно-прогрессивным ростом запасов экзогенных месторождений и увеличением числа рудоносных формаций.

Рекомендованная литература

- Авдонин В.В.** Месторождения металлических полезных ископаемых / В.В. Авдонин, В.Е. Бойцов, В.М. Григорьев и др. – М.: Трикта; Академический проект, 2005. – 718 с.
- Беляев К.Д.** Рудные ресурсы и их размещение по геозонам. Редкие металлы. Тантал, ниобий, скандий, редкие земли, цирконий, гафний : справочное пособие / К.Д. Беляев, И.Г. Ганеев, В.Г. Чайка и др. : под ред. Д.В. Рундквиста. М. : Недра, 1996. – 176 с.
- Бушинский Г.И.** Геология бокситов / Г.И. Бушинский. – М. : Недра, 1975. – 416 с.
- Беневольский Б.И.** Рудные ресурсы и их размещение по геозонам. Благородные металлы (МПГ, золото, серебро) : справочное пособие / Б.И. Беневольский, И.Г. Ганеев, В.В. Скрипченко и др. : под ред. Д.В. Рундквиста. – М. : Недра, 1995. – 223 с.
- Горная энциклопедия [гл. ред. Е.А. Козловский]. – М.: Изд-во Советская энциклопедия, 1987. – В 6 т. – Т. 2. – 650 с.
- Грушевой Г.В.** Металлогения мезозойских и кайнозойских ураноносных осадочных бассейнов Евразии / Е.В. Грушевой, И.Г. Печенкин // Регион. геол. и металлоген., 2000. – №12. – С. 178-191.
- Додин Д.А.** Минералогия Арктики / Д.А. Додин. – СПб: Наука, 2008. – 292 с.
- Дымкин А.М.** Эволюция накопления природных соединений семейства железа / А.М. Дымкин, В.М. Чайка. – М. : Наука, 1996. – «56 с.
- Зинчук Н.Н.** Историческая минералогия.: в 3 т. / Н.Н. Зинчук, А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев. – Т.1. Введение в историческую минералогия, Воронеж: Воронежский университет, 2005. – 281 с.; Т.2. Историческая минералогия древних платформ, 2007. – 570 с.; Т.3. Историческая минералогия подвижных поясов, 2008. – 624 с.
- Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых: в трех томах. – Т. 1. /Д.В. Рундквист, А.В. Ткачев, С.В. Черкасов и др./ - Глобальные закономерности размещения. - М.: ИГЕМ РАН, 2006. – 390с.
- Недра России. Т. 1. Полезные ископаемые / Гл. ред. Н.В. Межеловский, А.А. Смыслов. – СПб.- Москва, 2001. – 547 с.
- Савко А.Д.** Эволюция геологических процессов и внешних геосфер в истории Земли /А.Д. Савко/. Труды научно-исследовательского института геологии. .Вып. 50. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2008. – 172 с.
- Савко А.Д.** Историко-минералогические провинции Мира: в 10 книгах /А.Д. Савко, Л.Т. Шевырев. – Воронеж : Воронежский университет, 2012-2013.
- Ткачев А.В. Глобальные металлогенические циклы в истории Земли. / А.В. Ткачев/. Дисс. д-ра геол.-мин. наук. М.: 2012. – 373 с
- Шевырев Л.Т.** Рудные месторождения России и Мира. Справочник и учебное пособие. Издание второе, исправленное и дополненное / Л.Т. Шевырев, А.Д. Савко/. Труды НИИ геологии Воронежского университета. Вып. 82, 2014. – 402 с.
- Крупные и суперкрупные месторождения рудных полезных ископаемых: в трёх томах. Т. 1. [Д.В. Рундквист, А.В. Ткачев, С.В. Черкасов и др.] – Глобальные закономерности размещения. – М.: ИГЕМ РАН, 2006. – 390 с.
- Романович И.Ф.** Полезные ископаемые / И.Ф. Романович, И.А. Филлипова, И.И. Дорофеева и др. – М.: Недра. – 1992. 544 с.
- Старостин В. И. Металлогения: учебник / В.И Старостин. – 2 изд., испр. и доп. – М.: КДУ, 2012. 560 с.
- Магакьян И.Г.** Металлогения (главные рудные пояса) / И.Г. Магакьян. – М.: Недра, 1974. – 304 с.
- Харькив А.Д.** Коренные месторождения алмазов Мира / А.Д. Харькив, Н.Н. Зинчук, А.И. Крючков. – М.: Недра, 1998. – С. 506-528.
- Laznicka P.** Giant Metallic Deposits and Future Sources of Industrial Metals / Peter Laznicka. – Springer-Verlag, 2006. – 735 p.