

В. П. ФЕДОРЧУК

ГЕОЛОГИЯ РТУТИ

Hg

В. П. ФЕДОРЧУК

ГЕОЛОГИЯ РТУТИ

4068



МОСКВА "НЕДРА" 1983

Федорчук В.П. Геология ртути. — М.: Недра, 1983, 270 с.

Всесторонне охарактеризованы генетические и особенно геолого-промышленные типы месторождений ртути мира, отличающихся крайним разнообразием структурно-морфогенетических особенностей, условий образования и закономерностей размещения. Выделена группа ртутьсодержащих месторождений, служащих дополнительным источником заражения окружающей среды парами ртути и ее токсичными соединениями. Предложена система критериев сравнительной геолого-экономической оценки ртутных и ртутьсодержащих рудопроявлений, месторождений, рудных полей и рудоносных зон на различных стадиях геологоразведочного процесса, которые могут быть использованы при оценке перспектив эндогенных рудных месторождений других типов.

Для геологов научных и производственных организаций, занимающихся изучением рудных месторождений.

Табл. 7, ил. 72, список лит. — 50 назв.

Рецензент — д-р геол.-минер. наук *В.В. Иванов* (ИМГРЭ)

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ртуть и ее месторождения давно привлекают внимание исследователей своей необычностью. Большое число публикаций посвящено геохимии ртути, являющейся в силу высокой подвижности универсальным элементом-индикатором, широко используемым при геохимических поисках месторождений самых различных генетических типов. На примере месторождений ртути, образующихся в вулканогенных областях при участии современных термальных источников, уточнялись многие вопросы генезиса разнотипных эндогенных рудных месторождений. Ртутные месторождения в морфологическом отношении одни из наиболее сложных, поэтому они служат объектами для отработки методики структурного анализа условий рудоотложения. Именно для ртутнорудных полей согласного типа в свое время были составлены первые детальные структурно-прогнозные карты. Ртуть — типоморфный элемент геохимического (металлогенического) фона многих рудных провинций мира и составляющих их рудоносных зон и поясов, что позволяет использовать ее для целей металлогенического районирования. Предположение о связи ртутных месторождений с глубинными разломами стимулировало изучение последних, способствуя уяснению их рудоконтролирующей роли. Наконец, на примере месторождений ртути совершенствовалась методика прогнозирования, поисков и разведки гидротермальных месторождений, особенно скрытых.

В процессе изучения ртутных месторождений накоплен обширный материал, позволивший прийти к выводу о крайнем разнообразии их генетических, структурно-морфологических и промышленных типов. Об этом косвенно свидетельствует и обилие схем классификации ртутных месторождений, основывающихся в соответствии с их предназначением на разных принципах. Неодинаковый подход к пониманию условий формирования месторождений ртути нередко приводит к тому, что описания одного и того же месторождения, сделанные разными авторами, отличаются столь резко, словно речь идет о совершенно различных объектах. Это относится не только к вопросам генезиса, но и к структурным особенностям месторождений и морфологии слагающих их рудных тел.

Автор поставил перед собой задачу систематизировать данные о ртутных месторождениях и, базируясь на общих их признаках, выделить наиболее перспективные типы и на этой основе разработать методику их сравнительной геолого-экономической оценки. Одновременно кратко рассматриваются некоторые закономерности размещения и условия формирования ведущих типов ртутных и ртутьсодержащих месторождений.

Относительное единообразие подхода к характеристике и сравнительной оценке месторождений ртути облегчалось для автора тем, что ему начиная с 1941 г. удалось ознакомиться с основными месторождениями ртути Советского Союза, Юго-Восточной Азии, Балкан, Северной Африки и Пиренейского полуострова. Более детально в работе характеризуются месторождения, разведывавшиеся, а также экспертировавшиеся при участии автора. По ряду зарубежных месторождений материал для их

сравнительной оценки был получен в процессе перевода или реферирования опубликованных работ. Представления о геологических особенностях отдельных месторождений были уточнены в результате личного общения с изучавшими их исследователями, среди которых автор считает своим долгом с особой благодарностью отметить уже ушедших из жизни известных геологов-ртутчиков Н.Х. Айдиньян, П.В. Бабкина, С.Д. Бачурина, А.С. Великого, Г.К. Глотова, В.С. Груздева, А.Г. Егорова, Б.П. Жданова, Е.Е. Захарова, В.И. Знамировского, А.В. и В.А. Королевых, В.М. Крейтера, А. Лааджаля, С.М. Мельникова, А.Д. Миклухо-Маклая, А.В. Нетребу, Н.А. Прищепу, В.Э. Пояркова, С.П. Рогожина, Ю.Б. Сазанова, А.А. Саукова, А.В. Сидоренко, Н.М. Сеницына, Н.Я. Слезкова, М.Д. Троянова, А.С. Чальяна, П.А. Шехтмана. Другие геологи, с которыми автор имел удовольствие общаться в процессе изучения ряда ртутных месторождений Советского Союза и зарубежных стран, с признательностью отмечены в соответствующих разделах работы.

ПРОЯВЛЕНИЯ РТУТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ
И ИХ ТАКСОНОМЕТРИЯ

В обширном списке работ по ртутным месторождениям мира, насчитывающем около 5000 публикаций, имеются данные примерно о 6000 проявлений ртутной минерализации, получивших самостоятельные названия (только в США их зафиксировано более 1000). Это, однако, не означает, что таково же и общее число месторождений ртути. Ртуть как никакой другой металл столь сильно рассеяна, что в пределах каждого ртутнорудного поля всегда можно обнаружить многие десятки обособленных и рассредоточенных на большой площади рудопроявлений, часть из которых при их обнаружении, естественно, получает самостоятельные названия. Так, в пределах Хайдарканского и Бирксейского рудных полей в Южной Фергане, которые многими исследователями рассматриваются в качестве собственно месторождений, выявлено по 15–20 участков, представляющих собой не связанные друг с другом объекты разведочных и добычных работ. Оправдано поэтому присвоение каждому из них собственного названия. Нельзя определять общее число ртутных месторождений мира и по числу разрабатывавшихся в разные годы рудных объектов: совершенно неправомерным будет ставить в один ряд уникальное по масштабам месторождение Альмаден в Испании, обеспечившее за три тысячелетия его непрерывной эксплуатации не менее 50 % общемировой добычи этого металла, и отдельные гнезда киновари в месторождениях карбонатного типа, на каждом из которых древними рудокопами было извлечено всего лишь несколько десятков, в лучшем случае сотен килограммов ртути. Таких объектов, разрабатывавшихся с различной эффективностью, можно насчитать около 1000, однако собственно месторождениями среди них будут менее 100, в том числе крупных и средних — не более 20. При определении суммарного числа ртутных месторождений следует иметь в виду и обычную путаницу с их названиями: одно и то же рудопроявление часто известно в литературе под различными названиями, а под одним и тем же названием нередко скрываются несколько объектов — рудное поле, месторождение, участок. Есть и "мнимые", не существующие в природе месторождения, представленные случайно захороненными скоплениями лечебно-бытовой или техногенной ртути. Учитывая сказанное, ориентировочно число твердо зафиксированных ртутных месторождений и обладающих перспективами рудопроявлений можно, по-видимому, сократить до 2000.

Охарактеризованная выше особенность распределения ртутного орудения обуславливает необходимость специального рассмотрения вопроса о его таксонометрических единицах — терминах, используемых для обозначения разномасштабных проявлений ртутной минерализации.

Основная таксонометрическая единица — рудное поле, которое, как показывает опыт, необходимо рассматривать в качестве главного объекта разведочных работ, особенно при прогнозировании скрытого оруденения. В некоторых случаях этот термин соответствует понятию месторождение, но чаще рудное поле объединяет несколько обособленных в структурном отношении рудных участков, каждый из которых имеет самостоятельное значение с промышленной точки зрения и поэтому их называют месторождениями.

В пределах месторождения выделяются рудные участки (иногда, как отмечалось выше, эти два понятия совпадают). Рудные участки оконтуриваются по особо интенсивным ореолам гипогенного "пропаривания" рудовмещающих пород гидротермами и газово-жидкими эманациями. Внутри таких ореолов выделяются зоны метасоматического (пред- и внутрирудного) изменения пород. В случае интенсивного проявления этих процессов образуются компактные залежи (горизонты, блоки) сплошных рудовмещающих метасоматитов того или иного состава. С последними наиболее часто связаны рудные тела, характеризующиеся крайним разнообразием структурно-морфологических типов. Часть рудных тел локализуется и за контурами метасоматитов, но в пределах зон гидротермального изменения пород.

Небольшие обособленные рудные тела, не имеющие обычно самостоятельного промышленного значения, относятся к категории рудных гнезд. Локальные, пространственно обособленные скопления ртутных и ртутьсодержащих минеральных образований, не поддающиеся, в отличие от других перечисленных выше категорий, количественной оценке, рассматриваются в качестве рудопроявлений. С ними часто связаны тела метасоматитов, лишенные видимых признаков ртутного оруденения, а также геохимические аномалии, выделяемые как по ртути, так и по сопутствующим ей элементам — косвенным индикаторам скрытого ртутного оруденения. Единичная вкрапленность ртутных и ассоциирующих с ними родственных минералов выделяется в качестве рудных точек (пунктов минерализации).

Таким образом, намечается четкий ряд таксонометрических собственно рудных единиц, располагающихся в порядке убывания масштабов проявлений ртутного (и сопутствующего ему) оруденения: рудное поле → месторождение → рудный участок → рудное тело → рудное гнездо. Параллельно данному ряду можно представить таксонометрический ряд индикаторных единиц, прямо или косвенно свидетельствующих об их перспективности на ртуть: ореол рассеяния элементов-индикаторов → зона гидротермального изменения пород → залежь (тело) метасоматитов. В редуцированном виде эти ряды сокращаются до нескольких членов, частично выходящих за рамки намеченного выше ряда: ореол → метасоматит → рудопроявление → рудная точка, а в еще более неблагоприятном случае (при незначительных масштабах проявления процесса ртутного рудообразования) от указанного ряда остаются лишь две крайних его составляющих: геохимическая аномалия → зона гидротермального изменения пород.

Переходя к категориям более крупного порядка, можно представить следующий ряд таксонометрических единиц (уже по возрастающей линии): рудное поле → рудная кулиса → рудная (рудоносная) подзона → рудная (рудоносная) зона → рудный пояс → рудная подпровинция → рудная провинция → глобальный рудный пояс. Несколько рудных полей и месторождений, контролирующихся единой складчатой или разрывной структурой, объединяются в рудную кулису, подзону или зону; ряд рудных (рудоносных) зон, тяготеющих к разломам первого порядка (глубинным или краевым) или же к системам протяженных субпараллельных нарушений, образуют в совокупности рудный пояс. Группа рудных поясов и зон, располагающихся в пределах единой геотектонической области, характеризующейся однородностью металлогенического облика и к тому же часто являющейся обособленной в географическом отношении, может быть выделена в качестве самостоятельной рудной провинции; разновозрастные ее составляющие получают при этом наименования рудных подпровинций. Большая часть ртутных рудных провинций входит в состав одного из двух глобальных ртутнорудных поясов – или Тихоокеанского, или Средиземноморско-Азиатского. В силу ярко выраженной линейности структур, контролирующих распределение ртутного оруденения в региональном плане, такие "нелинейные" категории рудно-металлогенических понятий как рудный район, рудный узел и др. применительно к проявлениям ртутной минерализации используются сравнительно редко.

В опубликованных работах трудно найти четкие определения для большинства перечисленных выше понятий; значительный разнородность существует и в соподчиненности отдельных подразделений. В связи с этим автор при описании таксонометрических единиц вынужден прибегать к примерам, чтобы уточнить соотношения между различными категориями рудно-металлогенических понятий. Описание ртутнорудных таксонометрических единиц ведется в последовательности от общих ко все более частным.

Глобальные ртутнорудные пояса четко выделяются на мелкомасштабных тектоно-металлогенических картах, соответствуя областям альпийского тектогенеза и молодой вулканической деятельности. Это, с одной стороны, Тихоокеанское вулканическое кольцо и прилегающие к нему зоны мезо-кайнозойской складчатости (Тихоокеанский рудный пояс, по С.С. Смирнову), а с другой – альпийская область Присредиземноморья, смыкающаяся на востоке с альпийскими же структурами Памира и Гималаев (рис. 1).

Глобальный Тихоокеанский ртутнорудный пояс состоит из двух ветвей: Восточно-Азиатской и Западно-Американской. Особенно четкие контуры у последней – ртутные месторождения и рудопроявления сосредоточены здесь лишь в пределах достаточно узкой (200–500 км, изредка до 1000 км) прибрежной полосы развития молодых геосинклинальных структур. Восточно-Азиатская ветвь резко выраженных геологических границ не имеет: на Северо-Востоке СССР и в Юго-Восточной Азии ее ширина достигает 1500–2000 км, охватывая ряд древних стабильных массивов (Колымский, Цзяньнаньский и др.).

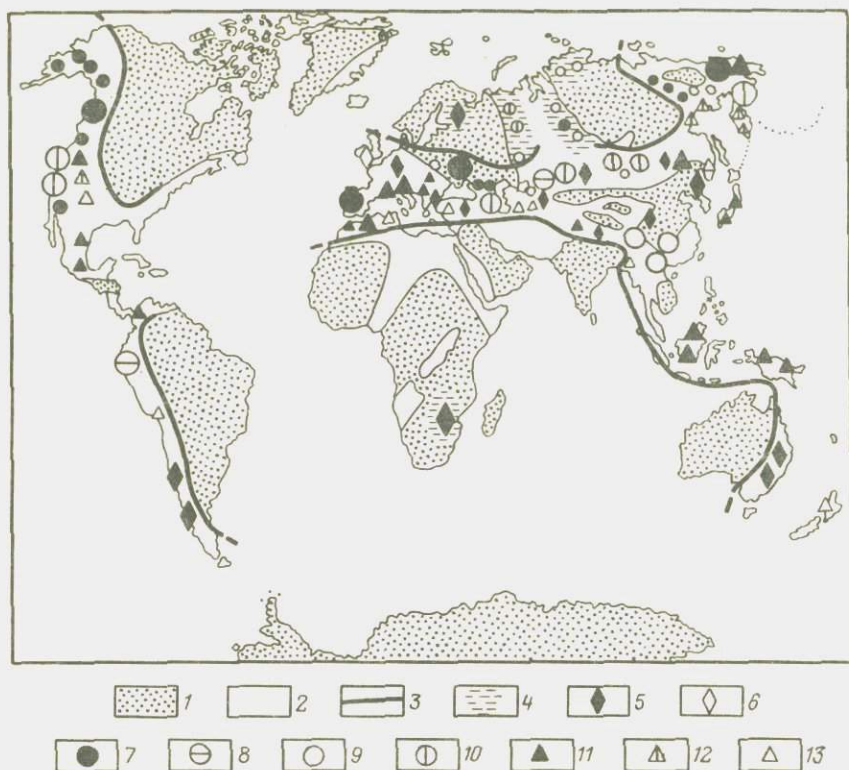


Рис. 1. Схема размещения основных ртутнорудных районов мира.

1–2 – основные геоструктурные элементы (по Г.П. Леонову): 1 – щиты, массивы, срединные массивы, плиты и впадины, 2 – складчатые области; 3 – контуры глобальных ртутнорудных поясов; 4 – “внезональные” месторождения ртути; 5–13 – районы преобладающего развития ртутных месторождений основных генетических и геолого-промышленных типов: 5–6 – плутоногенного (5 – кварц-хлорит-серицитового, 6 – кварц-карбонатного), 7–10 – телетермального (7 – кварц-диккитового, 8 – джаспероидного, 9 – карбонатного, 10 – листовенитового), 11–13 – вулканогенного (11 – карбонат-полиаргиллитового, 12 – алунит-опалитового, 13 – травертинового)

Средиземноморско-Азиатский глобальный ртутнорудный пояс [9, 25] имеет более сложное строение. Западный его сектор включает ближнее (Северная Африка и Южная Европа) и дальнее (Центральная Европа, Кавказ) Присредиземноморье и поэтому часто именуется Средиземноморским рудным поясом, так как он в значительной своей части соответствует контурам альпийской складчатой системы того же названия. При этом существуют неясности в отношении некоторых более древних ртутнорудных зон (Рудные горы, Донбасс) – объединять ли их в единый глобальный ртутнорудный пояс или же рассматривать в качестве обособленных (внезональных) рудных областей и районов. Такие же, кстати,

сомнения высказываются и применительно к отдельным составляющим Восточно-Азиатской ветви Тихоокеанского пояса, удаленным от прибрежной линии на тысячи километров (Западная Колыма, например). Восточный сектор пояса состоит из двух ветвей: Северной и Южной. Это разделение намечается в районе Средней Азии – у западной оконечности Таримского массива. Северная ветвь, более насыщенная проявлениями ртутного оруденения, выделена В.А. Кузнецовым [9] в качестве самостоятельного ртутнорудного пояса – таксонометрической единицы первого порядка – и названа им Центрально-Азиатским поясом. В контуры этого пояса В.А. Кузнецов включает Алтае-Саянскую и Среднеазиатскую ртутнорудные провинции, а также ряд более мелких областей и районов развития ртутного оруденения. Южная, менее изученная ветвь соответствует в основном альпийским структурам Гималаев.

За пределами двух выделенных глобальных рудных поясов располагается лишь небольшое число проявлений ртутного оруденения в виде обособленных месторождений непромышленного значения (Южная Африка), ртутнорудных зон небольшой протяженности (Таймыр, Северный и Южный Урал) и единичных рудопроявлений (Скандинавия, Исландия). Такие "внезональные" проявления ртутной минерализации составляют по численности не более 2%, а по прогнозным ресурсам – не более 1%. Этим глобальные закономерности размещения ртутного оруденения отличаются от региональных особенностей локализации месторождений как родственных металлов (сурьма), так и месторождений других рудных полезных ископаемых, находящихся с ртутью в более отдаленной генетической (металлогенетической или геохимической) связи (свинец – цинк, олово – вольфрам, золото). Так, несмотря на то что значительное число промышленных сурьмяных месторождений концентрируется в пределах Тихоокеанского и Средиземноморского-Азиатского глобального поясов, где они обычно занимают центральные части соответствующих ртутнорудных провинций и зон, все же выделяются и "внезональные" области развития промышленного сурьмяного оруденения (хр. Мерчисон в Южной Африке).

Отметим, что контуры выделенных глобальных ртутнорудных поясов не везде четко обусловлены, и иногда их границы могут трактоваться по-разному. Это объясняется чрезвычайно высокой геохимической подвижностью ртути, способной формировать месторождения на большом удалении от рудоконтролирующих глубинных разломов, определяющих основные закономерности размещения как собственно ртутнорудных (с самостоятельными месторождениями ртути), так и ртутоносных (с попутной ртутью) зон. В ряде случаев внешнее обрамление глобальных ртутнорудных поясов составляют, по-видимому, ртутоносные зоны и пояса нового типа, выделенные Н.А. Озеровой (1980 г.). Они контролируются протяженными линеаментами, такими как известная тектоническая линия Карпинского (система глубинных разломов, проходящих вдоль северных предгорий Кавказа и прослеживающихся через всю Европу), по которым фиксируются проявления "ртутного дыхания Земли" в виде заметной примеси атомарной ртути в потоках глубинных газов.

Ртутные провинции. Этот термин по отношению к проявлениям ртутного оруденения используется чрезвычайно широко: им обозначаются разномасштабные области распространения ртутных месторождений и рудопроявлений, выделяемые чаще всего не столько по геолого-тектоническим или металлогеническим критериям, сколько по географическому признаку. Автору представляется рациональным сохранение последнего принципа, но в отношении масштабов следует, по-видимому, ввести более строгие ограничения, выделяя в качестве самостоятельных ртутнорудных провинций лишь действительно крупные области, причем обязательно характеризующиеся наличием промышленно интересных объектов. Следует иметь в виду и степень геологической изученности и промышленной освоенности ртутоносных территорий: области, в которых еще недавно были известны лишь единичные проявления ртутной минерализации (например, Северо-Восток СССР), сейчас представляют собой уже совершенно "сформировавшиеся" рудные провинции со значительным ртутным потенциалом в виде ряда детально разведанных месторождений.

Таким образом, следует считать ртутнорудными провинциями лишь семь наиболее крупных областей развития ртутного оруденения, входящих в состав охарактеризованных глобальных поясов. В пределах Тихоокеанского пояса это будут рудные провинции Северной Америки, Южной Америки, Северо-Востока СССР и Юго-Восточной Азии, а в Средиземно-морско-Азиатском — Присредиземноморская, Среднеазиатская и Алтае-Саянская рудные провинции. В соответствии с геолого-тектоническим строением, характером магматизма, возрастом оруденения, металлогенической специализацией и ведущими типами месторождений выделенные ртутнорудные провинции можно разредить на три группы: 1) связанные с древними стабильными (срединными) массивами; 2) соответствующие зонам завершенной складчатости (геосинклинальным областям); 3) ассоциирующие с областями развития современного или недавнего вулканизма. Границы между этими группами не всегда четкие.

Единственным полноправным представителем ртутнорудных провинций первой группы является Юго-Восточная Азия, где наблюдается исключительно четкая приуроченность ртутоносных зон к периферическим частям древних стабильных массивов (Цзяньнаньский массив, Тонкинский выступ, Сычуаньская плита, Кам-Юньнаньская ось), а также областям мезокайнозойской активизации внутри последних. Отметим, что и в других ртутнорудных провинциях устанавливается такая же закономерность, но лишь в отдельных их частях (зоны, опоясывающие Колымский древний массив на Северо-Востоке СССР, ртутоносные поля, приуроченные к окраинным структурам Высоких плато в Северной Африке, и др.). Для ртутнорудной провинции Юго-Восточной Азии характерны амагматичность, связь ртутного оруденения с относительно более молодыми зонами тектонической активизации, "стратиформноподобный" металлогенический облик провинций в целом, преобладающее развитие месторождений телетермального типа, контролирующихся структурами внутриформационного расслоения и экранирования.

Ко второй группе относятся Среднеазиатская [13, 17, 28] и Алтае-

Саянская [9] ртутнорудные провинции, в пределах которых оруденение приурочено к зонам длительно существовавших глубинных краевых разломов, развивавшихся на границе тектонических зон, характеризовавшихся различным режимом осадконакопления и потому резко отличающихся по типу разреза. В ряде случаев оруденение здесь ассоциирует с офиолитовыми зонами, представленными цепочками выходов серпентинизированных гипербазитов, внедрившихся вдоль глубинных разломов. В рудных провинциях этой группы развит кислый и щелочной интрузивный магматизм. Оруденение формируется в связи с заключительными фазами тектоно-магматической деятельности (поздний палеозой), однако в центральных частях провинций оно может быть и более древним (позднекаледонским), а на периферии — более молодым, вплоть до альпийского, что объясняется пространственно-временной металлогенической унаследованностью — особенностью, присущая ряду ртутнорудных провинций мира. Металлогеническая специализация различная: ртутное оруденение — заключительный член рудного ряда, начинающегося с гидротермально-плутоногенных, наиболее высокотемпературных месторождений олова, вольфрама и кончая низкотемпературными проявлениями свинца — цинка, сурьмы, мышьяка, флюорита, барита. В рудах месторождений этого ряда ртуть в той или иной форме встречается постоянно. Ведущие типы ртутных месторождений — в основном телетермальные моно- и диметалльные (ртутно-сурьмяные или ртутно-мышьяковые), а также плутоногенные комплексные и ртутьсодержащие полисульфидные.

Ртутнорудные провинции третьей группы имеют сложное внутреннее строение: внешние (краевые) их зоны представлены вулканическими поясами — областями современной или недавней вулканической деятельности, а внутренние — молодыми складчатыми (геосинклинальными) зонами, граничащими с древними массивами. Такая смена молодых тектоно-металлогенических зон все более древними четко видна на примере как Присредиземноморской ртутнорудной провинции, так и рудных провинций Америки и Северо-Востока СССР: внешние зоны в них несут альпийское — вплоть до современного — оруденение, внутренние — киммерийское и поздневарисское. В рудных провинциях рассматриваемой группы ртутная минерализация обычно накладывается на более раннее оруденение других типов. В отдельных случаях наблюдается металлогеническая унаследованность, выражающаяся в пространственном и геолого-структурном совмещении разнотипной (медно-полиметаллической, золото-сурьмяно-вольфрамовой, золото-сурьмяно-серебряной и др.) минерализации. Ведущий тип ртутных месторождений — вулканогенный, полиаргиллитовый; широким развитием пользуются здесь месторождения, связанные со сложными взбросо-надвиговыми чешуйчатыми структурами; известны рудопроявления и месторождения травертинового типа — наиболее молодые. Во внутренних зонах на смену им приходят телетермальные месторождения кварцево-дикитового и лиственитового типов.

Ртутнорудные подпровинции — чаще всего разновозрастные составные части рудных провинций, соответствующие четко выраженным тектоническим областям и зонам первого порядка. Таким образом, в отличие от

ртутнорудных провинций, подпровинция – понятие сугубо геологическое (геолого-тектоническое). Так, в Среднеазиатской ртутнорудной провинции выделяются несколько обособленных подпровинций: позднекаледонско-ранневарисская (?) Казахстан-Северо-Киргизская, поздневарисская Тянь-Шаньская и киммерийско-альпийские Памирская и Копетдаг-Кугитангская. По этому же принципу рудная провинция Северо-Востока СССР может быть разделена на киммерийскую Западно-Колымскую, раннеальпийскую Чукотскую и позднеальпийскую Корякско-Камчатскую подпровинции.

Ртутнорудные пояса. Наличие протяженных (до 2 тыс. км) ртутноносных поясов, в пределах которых насчитываются иногда многие сотни проявлений ртутной минерализации и десятки самостоятельных месторождений, – одна из специфических особенностей регионального размещения ртутного оруденения. Объясняется она рудоконтролирующей ролью глубинных, как правило, долгоживущих краевых разломов, вскрывающих мантийные очаги магмо- и рудообразования.

Впервые в мировой практике решающее значение глубинных разломов в формировании ртутнорудных поясов было доказано в 20–30-х гг. А.Е. Ферсманом и Д.И. Щербаковым на примере намеченного ими же Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса. Позже расширенной металлогенической и геолого-тектонической характеристике выделенного пояса были посвящены работы В.Э. Пояркова (1937 г.), В.И. Смирнова [22], Н.М. Сеницына (1960 г.) и других исследователей. Необходимо особо отметить роль Н.М. Сеницына, всесторонне рассмотревшего историю геологического развития краевых разломов типа Северо-Катранского в Южной Фергане, контролирующего размещение как глубинных дериватов ультраосновной магмы (серпентинизированные гипербазиты, дайки диабазового порфирита), так и проявлений низкотемпературной минерализации, в том числе ртутной (месторождения листовитового и других типов). Эти разломы, вблизи поверхности переходящие часто в структуры типа взбросо-надвигов, сопровождаются системами оперяющих нарушений более мелкого порядка, так что в совокупности глубинный разлом представляет собой ослабленную зону шириной до первых десятков километров, а влияние его как рудоконтролирующей структуры отмечается иногда на расстоянии до 100 км вкрест простирания разлома.

С глубинными разломами связаны линейно вытянутые пояса, согласные с ориентировкой основных складчатых структур геосинклинальной области. В случае приуроченности ртутного оруденения к краевым частям древних стабильных массивов рудные пояса могут иметь резко изогнутую форму: они как бы опоясывают отдельные выступы массивов. Такое явление было отмечено В.И. Смирновым (1957 г.) на примере Цзяньнаньского ртутного пояса в Юго-Восточной Азии. Ртутнорудные пояса этого типа приурочены к системам кулисообразно примыкающих друг к другу разрывных нарушений среднего порядка. Специфический тип ртутнорудных поясов характерен и для молодых вулканогенных областей. Они связаны здесь либо с глубинными разломами, определяющими положение вулканических структур типа некков и кальдер проседания (Закарпатье),

либо с ослабленными тектоническими зонами, представленными системами многократно повторяющихся пологих чешуйчатых взбросо-надвигов "субшарьяжного" типа (Северная Африка).

На основании приведенных данных ртутнорудные пояса можно разделить на четыре группы, каждая из которых характеризуется приуроченностью к определенным типам тектонических структур, различной протяженностью и шириной, а также специфическими условиями рудоотложения. Выделяются пояса: 1) узкие линейные, фиксирующиеся весьма протяженными (до 2 тыс. км) глубинными разломами (Южно-Ферганский, Северо-Кавказский); 2) столь же протяженные, но более широкие (до первых сотен километров), связанные со структурами авлакогенного типа и зонами активизации платформ (пояс Большого Донбасса, Западно-Кордильерский и др.); 3) менее протяженные, но еще более широкие, дугообразной формы, опоясывающие древние массивы и контролирующиеся системами субпараллельных, кулисообразно смыкающихся друг с другом разломов (Цзяньнаньский, Западно-Австралийский, Западно-Колымский и др.); 4) разноразмерные по длине и ширине, соответствующие областям современной и недавней вулканической деятельности (Корякско-Камчатский, Северо-Африканский и др.).

В выделенных ртутнорудных поясах преобладают месторождения строго определенных генетических и промышленных классов и групп: в поясах первых двух групп это телетермальные, реже плутоногенные месторождения джаспероидного, кварцево-диккитового, листовитового, а также кварцево-карбонатного типов; в поясах третьей группы — телетермальные карбонатные и джаспероидные; в поясах четвертой группы — вулканогенные полиаргиллитовые, часто контролирующиеся системами молодых чешуйчатых надвигов (вулканогенный полиаргиллитовый и травертиновый типы).

Ртутнорудные пояса — неперемнная составная часть всех ртутнорудных провинций. Например, в пределах Среднеазиатской провинции выделяются Северо- и Южно-Ферганский и Зеравшано-Гиссарский ртутнорудные (точнее: сурьмяно-ртутные в первом и последнем случаях и ртутно-сурьмяный во втором случае), в Присредиземноморской — Северо-Африканский (Магрибский) и Северо-Средиземноморский пояса и т.д. Однако нередко ртутнорудные пояса могут располагаться и обособленно — вне контуров перечисленных выше рудных провинций. Так, совокупность рудоносных зон Северного Кавказа (общей протяженностью до 1,5 тыс. км) можно объединить в единый Северо-Кавказский ртутнорудный пояс [2, 19, 30]. К нему следует, по-видимому, причлнить и ртутноносную зону Южного Крыма; тогда общая длина пояса составит почти 2 тыс. км. Если же в состав этого пояса включить и Копетдаг, то указанная цифра возрастет до 2,5—3 тыс. км. Некоторыми исследователями этот пояс так и называется: Крымско-Северо-Кавказско-Копетдагский. В ртутнорудной провинции Северо-Востока СССР четко выделяются пояса Корякско-Камчатский и Западно-Колымский (Верхояно-Индибирский). Что касается рудных провинций Северной и Южной Америки, то их с равным успехом можно было бы отнести и к категории протяженных

ртутнорудных поясов. Как видим, понятие ртутнорудный пояс — довольно условное по соотношениям как с более крупной таксонометрической единицей — рудной провинцией, так и с подчиненными по масштабам подразделениями — ртутнорудными зонами (поясом можно назвать, например, Закавказскую зону — в случае, если там будут обнаружены промышленные месторождения).

Ртутнорудные зоны. Все, что сказано было в отношении ртутнорудных поясов, применимо в полной мере и к обособленным ртутнорудным зонам, за исключением лишь одного признака — масштабов. Как и рудные пояса, ртутнорудные зоны могут контролироваться глубинными разломами, системами сопряженных нарушений, развивающихся в периферических частях стабильных массивов, крупными вулканоструктурами, чешуйчатыми взбросо-надвигами. Однако протяженность такого рода структур на порядок — полпорядка ниже, чем в случае рудных поясов, а наличие промышленных месторождений не обязательно. Последнее связано или с недостаточной изученностью зоны (и в этом случае существуют перспективы превращения выделенной ртутнорудной зоны в рудный пояс), или же с низкой интенсивностью проявления процессов ртутного рудообразования. Примеры ртутнорудных зон многочисленны как в контурах выделенных выше рудных провинций (Копетдагская зона в Среднеазиатской провинции), так и за их пределами (Северо- и Южно-Уральская ртутносные зоны).

Рудные зоны, входящие в состав поясов, отличаются одна от другой главным образом типом разреза (карбонатный или терригенно-эффузивный), степенью насыщенности интрузивными образованиями, металлогеническим обликом и структурно-морфогенетическим типом развитых в них ртутных месторождений. Так, Западно-Колымский ртутно-сурьмяный пояс [1] состоит из двух зон: Восточной, сложенной карбонатными породами и характеризующейся преобладающим развитием монометалльных ртутных месторождений карбонатно-доломитового типа (Лево-Сакинджинская зона), и Западной, с терригенным типом разреза и соответственно монометалльным же, но кварцево-диккитовым типом ведущих месторождений ртути (Звездочка и др.). Несколько иная закономерность устанавливается для зон, входящих в состав Южно-Ферганского рудного пояса: здесь в Центральной зоне, характеризующейся трехчленным разрезом (сланцы — известняки — сланцы), преобладают ртутные и сурьмяно-ртутные месторождения, контролирующиеся структурами экранирования; в Юго-Восточной зоне, насыщенной интрузивами кислого ряда, развиты комплексные ртутьсодержащие полисульфидные жильные месторождения; в Западной зоне, сложенной преимущественно мощными толщами карбонатных пород, распространены жильные и внутриформационные согласные месторождения карбонатного типа и, наконец, для месторождений Северной (офиолитовой) зоны ведущими являются монометалльные ртутные месторождения листовитового типа.

Ртутнорудные подзоны — составные части рудных зон, отличающиеся по типам месторождений — принадлежности их к различным рудным формациям: собственно ртутной, ртутно-вольфрамовой, ртутно-сурьмя-

ной, ртутно-мышьяковой, ртутно-полиметаллической (блеклорудной), ртутно-флюоритовой, ртутно-баритовой и т.д. В некоторых случаях целесообразно в пределах рудных поясов и зон нертутной специализации выделять подзоны с ртутьсодержащими месторождениями. Так, в Комсомольском оловорудном районе на Дальнем Востоке его периферическая подзона характеризуется, по В.В. Онихимовскому (1965 г.), повышенными содержаниями ртути в рудах оловянных месторождений касситеритово-сульфидной формации; здесь же известны и самостоятельные проявления киноварной минерализации.

Ртутнорудные кулисы — термин, предложенный В.И. Смирновым [22] для обозначения цепочек ртутных месторождений и рудопроявлений, контролирующихся системами субпараллельных, кулисообразно примыкающих друг к другу разрывных нарушений. Последние в Южной Фергане, как правило, осложняют, часто срезая их под острым углом, крылья антиклинориев, с которыми связаны ртутнорудные поля, приурочивающиеся к одному из крыльев крупной складчатой структуры, или к сводовым ее частям, или, же, что является наиболее обычным, локализующиеся в районах периклинальных замыканий подобного рода структур. Таким образом, рудная кулиса — это чаще всего сочетание двух-трех субпараллельных, линейно вытянутых ртутнорудных полей. Кулисообразное расположение рудных полей и рудных зон (подзон) — одна из наиболее характерных особенностей внутреннего строения ртутнорудных поясов [22], присущая многим рудным провинциям мира (провинции Юго-Восточной Азии, Присредиземноморская и др.).

Рудные поля. Как уже отмечалось, рудное поле — особая категория в длинном иерархическом списке, характеризующем проявления ртутного оруденения. Дело в том что ни одно ртутное месторождение, даже детально разведанное и полностью отработанное, еще не определяет общих масштабов рудного поля: всегда возможно обнаружение новых скрытых рудных залежей, заключенных или в соседних структурах, или располагающихся на нижних горизонтах месторождения. Совокупность таких обнажающихся на поверхности и скрытых на глубине рудных тел, участков и месторождений, объединяемых общей более крупной геологической структурой, образует рудное поле. Размеры рудных полей более или менее равнозначны: до 30 км в длину при ширине от 2 до 10 км. Это относится как к рудным полям, связанным с крупными антиклиналями (Ишметауская и Боардинская в Южной Фергане), так и контролирующимся системами вулканоструктур (Вышково в Закарпатье), сериями сбросо-сдвигов (Звездочка и др. в Якутии) и надвигов (Северо-Нумидийская зона в Северной Африке).

Таким образом, для большинства ртутнорудных полей можно выделить участки, благоприятные для поисков скрытого оруденения. Что же касается морфологических типов слагающих их рудных тел и вещественного состава руд, то здесь возможны варианты. Так, в Никитовском рудном поле в Донбассе на всех рудных участках развит один и тот же минеральный тип — кварц-диккитовый (киноварное оруденение в окварцованных и диккитизированных, частично пиритизированных песчаниках и, реже, сланцах), однако морфология рудных тел крайне разнооб-

разна: согласные пластовые залежи и секущие жилы, минерализованнь. зоны дробления и штокверки. Аналогичны по обилию структурно-морфологических типов рудных тел месторождения Хайдарканского рудного поля в Южной Фергане (согласные залежи и гнезда в джаспероидах, жилы и гнезда в известняках, штокверки в сланцах и известняках), однако вещественный состав слагающих их руд отличается от такового на месторождениях кварц-диккитового типа гораздо большим разнообразием: наряду с монометалльными ртутными рудами здесь широко развиты комплексные ртутно-сурьмяные, ртутно-мышьяковые, отмечаются ртутно-сурьмяно-полиметаллические и даже иногда оловосодержащие руды. Подчеркнем, что по всех случаях устанавливается приуроченность каждого рудного поля к четко выраженным структурам крупного плана, характеризующимся однотипностью геологического разреза и наличием участков, перспективных для прогнозирования скрытых рудных залежей.

Ртутные месторождения. "Внезональные" месторождения ртути — явление чрезвычайно редкое, если не исключительное. Даже такие, казалось бы, вполне независимые в структурном отношении месторождения как Перевальное на Кавказе и Западно-Паляянское на Чукотке, представленные структурами "точечного" типа — минерализованной брекчией, связанной с жерловой частью грязевого вулкана в первом случае и изометричным блоком интенсивно раздробленных пород во втором, — как выясняется при детальном исследовании, оказываются приуроченными к линейно ориентированным рудоносным зонам, правда, очень слабо выраженным. Чаще всего ртутные месторождения встречаются группами, образуя в совокупности рудные поля и рудные зоны. В отличие от последних, месторождение — понятие не столько геологическое, сколько геолого-экономическое: под этим термином подразумевается промышленно интересный объект, отработка которого может быть осуществлена одним рудником открытым, подземным или комбинированным способом. Это, кончно, не исключает ведущей роли структурного фактора, в значительной степени определяющего промышленный тип месторождения.

Ртутнорудный участок — синоним термина месторождение применительно к промышленным скоплениям рудных тел, сконцентрированным в пределах обособленной рудолокализирующей структуры ртутнорудного поля и пригодным для самостоятельной отработки. Примером могут служить структурно изолированные залежи рудоносных джаспероидов Чаувайского рудного поля в Южной Фергане: каждая такая залежь приурочена к перегибу моноклинально падающей толщи известняков, тяготея к системам перистых нарушений, сопрягающихся с основным рудоконтролирующим взбросо-надвигом и представляя собой, по-существу, самостоятельный рудный участок.

Ореолы рассеяния. Как известно, ореолы гипогенного рассеяния элементов-индикаторов — неременная принадлежность практически всех эндогенных рудных месторождений, однако для месторождений ртути они имеют особое значение: благодаря исключительной геохимической подвижности ртути и ее соединений ореолы гипогенного рассеяния

как самой ртути, так и сопутствующих ей элементов (мышьяк, отчасти цинк, сурьма, галогены и др.) характеризуются наиболее крупными размерами, на несколько порядков превышающими размеры не только рудных тел, но и вмещающих их метасоматитов. Ореолы рассеяния элементов-индикаторов могут располагаться изолированно — вне связи с рудными телами и вмещающими их метасоматитами. Однако чаще они образуют сложно устроенные поля, ассоциирующие с системой рудоконтролирующих, рудоподводящих, рудораспределяющих и рудолокализирующих структур. Каждая из этих структур сопровождается ореолами определенного состава и формы. Одни из них играют роль косвенных индикаторов скрытого оруденения, фиксируя положение рудоконтролирующих и прочих разрывов, другие же могут рассматриваться в качестве прямых рудных индикаторов, так как они развиваются непосредственно вокруг рудных тел и рудовмещающих метасоматитов.

В связи со сказанным особенно актуален вопрос: что является первичным — ореол или рудное тело? Иначе говоря, является ли рудное тело закономерно образующимся "густком" рудных компонентов в том или ином пункте обширного объема ореола рассеяния рудообразующих компонентов, или же, наоборот, локализация рудных тел сопровождается попутным рассеянием элементов-индикаторов. Ответ на этот вопрос будет, по-видимому, неоднозначным. Однако в большинстве случаев ореолы следует рассматривать в качестве образований, сопровождающих конкретные рудные тела того или иного масштаба.

Зоны гидротермального изменения пород. Для большинства ртутных месторождений весьма характерно наличие разного типа метасоматитов. Зоны гидротермальной проработки имеют обычно значительные объемы, хотя и меньшие, чем объемы сопровождающих их ореолов рассеяния элементов-индикаторов, особенно ртути. По форме они часто (но не всегда) соответствуют последним. Выделяются крутопадающие линейные зоны, связанные с крупными разломами, плащеобразные залежи метасоматитов, формирующиеся под экранирующими поверхностями (граница раздела литологически различных толщ, взбросо-надвиги), изометричные блоки, ассоциирующие с вулканоструктурами и участками пересечения нарушений нескольких систем. Ртутное оруденение, в том числе и промышленное, концентрируется обычно в центральных частях зон гидротермалитов, где метасоматоз проявлен особенно интенсивно. Однако это не общая закономерность. Часто наблюдаемые отклонения обусловлены различиями в ориентировке структур, контролирующих формирование как метасоматитов, так и рудных тел. К тому же и сами рудоконтролирующие структуры не статичны, активно развиваются во времени и пространстве.

Залежи (горизонты, зоны, блоки) метасоматитов. Охарактеризованные выше зоны гидротермального изменения пород морфологически выражены нечетко: контуры их, как правило, расплывчаты. В отличие от этого залежи непосредственно рудовмещающих метасоматитов имеют обычно резкие геологические границы и размещаются внутри зон гидро-

термального изменения. По форме тела метасоматитов представляют собой выдержанные пласто-, седло- и мангообразные залежи, крутопадающие столбы и изометричные блоки. Их состав зависит как от характера исходных вмещающих пород, так и от состава воздействующих гидротерм и газовой-жидких эманаций. Метасоматическое замещение происходит часто с полным сохранением структурно-текстурных особенностей исходных пород, но нередко этот процесс развивается в участках мелкой трещиноватости и брекчирования, что соответствующим образом сказывается на внешнем облике метасоматических новообразований.

Для ртутных месторождений различных генетических типов характерны специфические по составу метасоматиты: на кремнеземистой (джаспериоды, роговики, кварциты, опалиты), карбонатной (листвениты, кальциты, доломиты), алюмосиликатной (аргиллизиты) и других основах (подробнее они охарактеризованы в гл. II). Главный классификационный признак промышленных типов ртутных месторождений — особенности околорудного изменения вмещающих пород. Отметим также, что метасоматиты заключают в себе основную массу промышленного оруднения, и поэтому их следует рассматривать в качестве первоочередного объекта при предварительной разведке ртутных месторождений. Этим еще больше повышается их значение при выявлении перспектив разведываемых ртутнорудных полей и месторождений.

Ртутнорудные тела. Рудное тело — понятие промышленной категории. В отличие от рудных тел месторождений других металлов, более простых в структурном отношении, рудные тела в ртутных месторождениях оконтуриваются почти исключительно по данным опробования — по крайним бортовым пробам (минимальное допустимое кондиционное содержание для разных промышленных типов месторождений от 0,3 до 0,08 и даже иногда до 0,03 % ртути). Отсюда — крайне прихотливая форма рудных тел, несмотря на включение в их контуры значительных (1—4 м) интервалов убогих руд и пустых пород. Картина несколько меняется в случае богатых компактных руд, при детальной разведке которых иногда можно выделить достаточно выдержанные тела линзо-, плаstopодобной или столбообразной формы. Однако при этом геологические границы (плоскости раздела литологически различных пород, тектонические и другие поверхности) при определении морфологии рудных тел играют вспомогательную роль. Значительная часть рудных тел гнездообразного типа отрабатывается попутно с эксплуатационной разведкой, и лишь наиболее крупные и выдержанные из них удается оконтурить более или менее полно в процессе не столько разведочных, сколько подготовительных и вскрышных работ.

Конфигурация рудных тел меняется в зависимости не только от кондиций, определяющихся конъюнктурой ртутного рынка, но и от условий эксплуатации. Например, при многостадийной отработке участка Клинь на Главном поле месторождения Хайдаркан с переходом от выборочной (старательской) выемки обогащенных гнезд к планомерной отработке отдельных рудных тел подземным способом и, наконец, к доработке оставшихся блоков "на массу" крупными карьерами изменялись представления о размерах, морфологии, структурно-литологических факторах

локализации рудных тел и содержаниях в них полезного компонента. На первом этапе (1941–1943 гг.) здесь обрабатывались рудные гнезда объемом до первых десятков кубических метров, незакономерно распределенные в пределах выдержанного горизонта джаспероидов. Затем (1943–1948 гг.) эксплуатировались блоки оруденелых джаспероидов объемом уже от сотен до первых тысяч кубических метров, приуроченные к крутопадающим зонам дробления. Еще позже (1955–1960 гг.) на отдельных участках выемке подвергалась вся масса минерализованных пород объемом во многие десятки тысяч кубических метров. Соотношение металла, последовательно добытого на выделенных выше этапах эксплуатации участка Клин, составило при этом 1:3:5, а содержание ртути в руде 1:0,4:0,2.

Ртутнорудные гнезда. Из-за крайне неравномерного распределения ртутного оруденения, геологически четко оконтуриваемые рудные тела встречаются редко: чаще всего в процессе эксплуатации приходится иметь дело с формологически неопределенными скоплениями рудных минералов более или менее изометричной формы – рудными гнездами. Их образование иногда связано с так называемыми рудными ловушками или капканами. Последние, как это весьма убедительно доказал В.И. Смирнов [22] на примере Хайдарканского рудного поля, в подавляющем большинстве случаев являются структурными: рудные гнезда чаще всего приурочены к местам пересечения тектонических трещин разного порядка, однако существенное значение имеет и литологический контроль – связь с горизонтами (блоками) пород повышенной проницаемости или, наоборот, локализация оруденения под экранящими пластичными сланцами. Этим обстоятельством (геологическим ограничением с одной-двух сторон, с постепенным переходом в безрудные породы в других направлениях), объясняются специфические морфологические особенности ртутнорудных гнезд – их, наряду с линзообразной, также частая грибо- и Т-образная формы.

Гнездообразная форма распределения промышленного оруденения в значительной степени определяет как методику их разведки (необходимость максимального, но при этом и экономически оправданного сгущения сети разведочных выработок, иногда до 10–5 м), так и способ подсчета запасов (широкое использование коэффициентов рудоносности из-за невозможности точно оконтурить рудные тела), и методы эксплуатации (селективная выемка обогащенных рудных гнезд наряду с массовой отработкой бедных руд). Опыт многолетней эксплуатации месторождений Хайдаркан, Чаувай, Никитовка и других показал, что в обогащенных рудных гнездах заключено от 20 до 40 % подсчитанных запасов металла, хотя объем руды в них едва достигает 2–5 % от общего объема рудной массы. Это означает, например, что при средних содержаниях ртути в руде, добываемой в том или ином очистном блоке, 0,1–0,2 и 0,3–0,5 % (с учетом коэффициента рудоносности) концентрация ее в штучных рудах, извлекаемых селективно, повысится соответственно до 0,7–1,5 и 1–5 %, а в добываемых на "массу" рядовых и убогих – снизится до 0,04–0,06 и 0,06–0,1 %.

Таким образом, применительно к эксплуатирующимся месторождениям термин "рудное гнездо" следует рассматривать в качестве геолого-экономического понятия. С другой стороны, словосочетание "рудное гнездо" часто применяется и для характеристики обособленных рудопоявлений, представленных компактными скоплениями рудных минералов и имеющих средние содержания, соответствующие таковым в штучных рудах. Однако размеры подобных скоплений редко достигают промышленных значений, поэтому для отработки даже старательским способом они не пригодны. Тем не менее, наличие такого рода богатых гнезд — косвенное свидетельство высокой интенсивности проявления процесса рудогенеза, что следует учитывать при количественном прогнозировании скрытого оруденения.

Ртутные рудопоявления — обособленные скопления ртутных минералов, хотя и характеризующиеся кондиционными содержаниями металла, но по своим масштабам не достигающие промышленных значений, и поэтому их нельзя отнести к категории месторождений. Таким образом, различие между рудопоявлением и месторождением — не столько количественное, сколько качественное, сугубо геолого-экономическое. Многие месторождения и рудопоявления по данным опробования поверхностных выходов совершенно индентичны, и лишь последующие разведочные работы, часто весьма детальные, позволяют произвести их разбраковку. Одна из главных задач при изучении обнаруженных ртутных проявлений и заключается в определении их возможной индикаторной роли: еще на стадии общих поисков следует попытаться установить, имеем ли мы дело с верхними горизонтами промышленно интересных рудных тел (месторождений), или же данное рудопоявление необходимо рассматривать только в качестве малоперспективных корневых частей эродированных рудных залежей. Возможен и третий, правда, довольно редкий вариант: когда масштабы изучаемого объекта определяются лишь обнаруженным рудным выходом (телом), и перспективы его как на глубину, так и с точки зрения возможного обнаружения скрытых рудоносных структур этим и ограничиваются.

Сказанное относится в первую очередь к изолированным рудопоявлениям, рассредоточенным в пределах ртутнорудных зон и поясов. Что же касается аналогичных по масштабам проявлений ртутной минерализации, располагающихся в контурах отдельных рудных полей — а число их измеряется иногда многими десятками и даже сотнями, как это можно видеть на примере ртутных месторождений карбонатного типа (Ваньшань в Юго-Восточной Азии, Бирксу в Южной Фергане), — то полной ясности в том, к какой категории их отнести, нет. Может быть, их следует именовать просто проявлениями ртутной минерализации, без акцентирования внимания на промышленном оттенке этого определения ("рудо-"). Этим будет специально подчеркиваться индикаторная роль такого рода рудопоявлений.

Ртутнорудная (минерализованная) точка — "внеразмерное" проявление ртутной минерализации, часто представленное всего лишь единичной вкрапленностью киновари или ртути содержащей блеклой руды. В силу

специфичности ртутного оруденения каждая такая точка, зафиксированная на плане в процессе геолого-съёмочных работ или установленная в керне при разбурировании рудоносных зон, может рассматриваться в качестве надёжного индикатора более крупных скоплений ртутных и ртуть-содержащих минералов. Этим ртутное оруденение кардинально отличается, например, от сурьмяного, свинцового, медного и др., где единичные выделения соответствующих минералов (антимонита, галенита, халькопирита и др.) и даже их прожилки и гнезда ни в коем случае не являются гарантией возможного обнаружения промышленных залежей руд этих металлов. Большую индикаторную роль точки ртутнорудной минерализации играют при прогнозировании скрытого оруденения в пределах уже оконтуренных рудных полей, а также при определении границ ртутнорудных кулис и зон. Особо пристальное внимание должны привлекать вновь обнаруживаемые пункты ртутной минерализации в пределах закрытых, но перспективных на телетермальное оруденение площадей. Пример: спорадические находки ртутной минерализации в керне структурных скважин, бурившихся в районах Приднестровья (они, по-видимому, свидетельствуют о возможном продолжении ртутнорудных зон Большого Донбасса далеко на запад).

Проявления сопутствующей жильной минерализации. Имеются в виду как отдельные прожилки низкотемпературных жильных минералов, так и изолированные выходы гидротермально изменённых пород, характерных для ртутных и генетически связанных с ними других месторождений определённого промышленного типа. Это могут быть небольшие зоны осветления в известняках и сланцах, проявления процесса окварцевания, аргиллизации, лиственитизации, карбонатизации и др. В подобных породах содержание ртути не всегда повышенное — может, наоборот, проявляться и процесс выноса этого элемента, но, тем не менее, все обособленные выходы гидротермально изменённых пород, а также единичные проявления жильной минерализации (в виде прожилков барита, доломита и пр.) подлежат самому внимательному изучению: детальному картированию, геохимическому опробованию; и главное — необходимо осмыслить геолого-структурную и тектоно-металлогеническую позицию каждого такого проявления.

Иногда наличие одного единственного выхода метасоматитов определённого состава (например, лиственитов или джаспероидов) даёт ключ к пониманию тектоно-металлогенической обстановки в изучаемом районе и позволяет направить дальнейшие поиски на обнаружение того или иного промышленного типа ртутного оруденения. Так было в Южной Фергане, где долгое время ориентировались на поиски ртутных месторождений только двух ведущих промышленных типов — джаспероидного и карбонатного, и лишь выявление в 1942 г. Г.С. Поршняковым и Н.М. Синициным ртутного рудопроявления Улугтау привело, да и то не сразу, к тому что здесь стали относить к промышленному ещё один тип ртутных месторождений — лиственитовый, наиболее ярким представителем которого оказалось месторождение Чонкой, открытое в 1952 г. В.П. Турчинским и Б.П. Усковым.

Геохимические аномалии. Минимальным проявлением по возможным масштабам ртутного и сопутствующего ему оруденения будет, по-видимому, изолированная геохимическая аномалия, оконтуренная по данным опробования как коренных обнаружений, так и продуктов их разрушения. При этом имеется в виду не собственно ореол рассеяния элементов-индикаторов, развивающийся вокруг рудных тел, а именно самостоятельная аномалия, не имеющая выявленного рудного "центра". Природа таких аномалий может быть различна: это и крайние верхние части около- и надрудных ореолов, обнаружение которых свидетельствует о возможном наличии на глубине (как правило, очень большой) скрытых рудных залежей, или же, наоборот, корневые ветви эродированных ртутнорудных систем; эти аномалии зачастую фиксируют следы гидротермальной деятельности, оказавшейся непродуктивной вследствие слабой интенсивности проявления; наконец, это могут быть и побочные продукты нертутных гидротерм, формировавших месторождения других металлов и содержащих в своем составе ртуть в самых минимальных количествах [11, 16, 29].

Геохимические аномалии такого типа оконтуриваются обычно по группе проб, характеризующихся повышенным против местного фона (до одного-двух порядков) содержанием как ртути, так и элементов-спутников, в первую очередь мышьяка, иногда сурьмы и др. Вторичные ореолы рассеяния могут оконтуриваться также по единичным шлихам, содержащим зерна киновари: иногда достаточно обнаружения одного единственного знака этого минерала, чтобы сделать вывод о перспективности на ртуть той или иной зоны. Так, в Западном Узбекистане еще в 30-х годах Таджикско-Памирской экспедицией (А.Н. Федоренко и др.) были установлены единичные знаки киновари в шлихах, однако реализовать намечившиеся тогда прогнозы на ртуть удалось лишь в послевоенные годы (Ю.В. Финкельштейн и др.). Частые спутники киновари в шлихах — антимонит, реальгар, барит, флюорит.

Практическое значение изолированных геохимических аномалий определяется их тектоно-металлогенической позицией: в случае, если они играют роль связующего звена в цепи других аномалий, рудопроявлений и месторождений, следует принимать во внимание аномалии любых, даже самых минимальных масштабов (для оконтуривания рудных полей, кулис, зон, подзон и даже иногда поясов, а также для разнообразных металлогенических построений), в рудных же провинциях нертутного профиля ртутнорудные аномалии должны быть достаточно крупными, чтобы привлечь внимание геолога-поисковика и исследователя, занятого составлением среднemasштабных геолого-прогнозных карт на ртутное и сопутствующее низкотемпературное оруденение.

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ И ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ
РТУТНЫХ И РТУТЬСОДЕРЖАЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ РТУТИ И ФОРМЫ ЕЕ ВЫДЕЛЕНИЯ

Кларк ртути, по А.А. Саукову [20], $6,6 \cdot 10^{-6}$ %. Геохимическая история этого элемента, в силу его высокой подвижности, необычна. С одной стороны, ртуть – постоянный спутник других металлов, особенно халькофильных: образует заметную примесь в рудах практически всех эндогенных месторождений на всех этапах рудогенеза – от наиболее высокотемпературного магматического до заключительного, связанного с термальными водами разного генезиса; с другой – именно для ртути характерно часто почти полное обособление от других рудных компонентов, что приводит к формированию крупных монометалльных месторождений. Ртуть – активный участник разнообразных экзогенных геологических процессов, в ходе которых образуются ртутьсодержащие месторождения ряда полезных ископаемых. Рассмотрим кратко (подробно эта проблема освещена в работах А.А. Саукова, Н.А. Озеровой и др.) основные особенности геохимической истории ртути, увязав ее с генетической классификационной схемой (табл. 1) месторождений полезных ископаемых В.И. Смирнова [23].

В процессе магматической дифференциации основная масса ртути удаляется из глубинных очагов вместе с другими летучими компонентами, однако какое-то ее количество удерживается на месте. Об этом свидетельствуют обогащение ртутью некоторых метеоритов, в частности хондритов, содержащих до 0,01% ртути (Н.А. Озерова, 1981 г.), а также повышенная (до 0,0001%) концентрация ртути в биотитах ряда гранитоидных массивов Приташкентского района. По данным Б.Г. Хайруллина и др. (1968 г.), ртуть в последнем случае ассоциирует с другими халькофильными элементами: биотит, выделяющийся при раскристаллизации гранитоидного расплава одним из первых, концентрирует многие летучие его составляющие. Ртуть, судя по данным анализа на микрозонде (Н.А. Озерова, 1975 г.), выделяется в биотитах в виде мельчайших кристалликов киновари, располагающихся преимущественно вдоль поверхностей спайности минерала- "хозяина"; не исключено, однако, что некоторая ее часть рассеяна в виде атомарной примеси в аксессуарных сульфидах и в золоте, наличие которых в биотитах также установлено указанными исследователями. Такая особенность характерна только для рудных узлов нертутного профиля, в которых самостоятельные ртутные месторождения не образуются (в силу преобладания процессов рассеяния этого элемента в ходе эволюции рудогенерирующих магматических очагов). Именно этим явлением можно объяснить, например, металлогенетические (геохимическое) различия Северо- и Южно-Ферганского рудных поясов Среднеазиатской ртутнорудной провинции: в первом ртуть образует лишь постоянную примесь в рудах полисульфидных месторождений не ртутных районов

Место ртутных месторождений в сводной генетической классификации месторождений полезных ископаемых [23]

Серия	Группа	Класс	Формы выделения ртути и ее концентрация*	Промышленное значение ртутных концентраций
Эндогенная	Магматическая	Ликвационный Раннемагматический Позднемагматический	НИП	Очень небольшое, редкая попутная примесь
	Пегматитовая	Простые пегматиты Перекристаллизованные пегматиты Метасоматически замещенные пегматиты	РР	Не имеет
	Карбонатитовая	Магматический Метасоматический Комбинированный	РР	" "
	Скарновая	Известковых скарнов Магнезиальных скарнов Силикатных скарнов	НИП	Попутная примесь
	Альбитит-грейзеновая	Альбититовый Грейзеновый	РР	Не имеет
	Гидротермальная	Плутоногенный	ЗИПС, СМС, К	Второстепенное, до среднего
			К, М, СР, ОХ	Очень большое
К			Ведущий тип месторождений	
Колчеданная	Метасоматический Вулканоогенно-осадочный Комбинированный	ЗИПС, СМС	Небольшое, попутная примесь	
Экзогенная	Выветривания	Остаточный	ОК	Встречаются спорадически
		Инфильтрационный	РР	Не имеет

Серия	Группа	Класс	Формы выделения ртути и ее концентрация*	Промышленное значение ртутных концентраций
Экзогенная	Россыпная	Элювиальный	ОК	Встречаются спорадически, очень небольшое
		Делювиальный		
		Пролувиальный		
		Аллювиальный		
	Осадочная	Латеральный	МОК	Очень небольшое
		Гляциальный	ОК	Не имеет
		Механический	МОК	" "
		Химический	РР	" "
Метаморфогенная	Биохимический	РР, К, ОХ	Встречаются спорадически	
		Вулканогенный	РР, ОХ	Не ясно
Метаморфогенная	Метаморфизованная	Регионально-метаморфизованный Контактово-метаморфизованный	РР	Не имеет

* РР – рассеянная ртуть (атомарная, в виде сульфидов или оксихлоридов); НИП – незначительная изоморфная примесь ртути; ЗИПС – заметная примесь изоморфной ртути в сульфидах (в основном в сфалерите) и сульфосолях (преимущественно в блеклых рудах); СМС – выделение ртути в виде самостоятельных минералов сложного состава (шватцит и др.); К – выделение основной массы ртути в виде киновари – главного промышленного ртутного минерала; М – частичное выделение ртути в виде метациннабарита; СР – самородная ртуть; ОХ – оксиды, оксихлориды и сульфаты ртути; ОК – обломочная киноварь, МОК – мелкообломочная киноварь.

Кармазара и Чаткала, а во втором известны ее самостоятельные месторождения, но в развитых здесь гранитоидных породах (и особенно в слагающих их биотитах) ее концентрации почти на порядок ниже, чем в Приташкентском районе.

Заметные количества ртути обособляются вместе с сульфидным магматическим расплавом, образующим сегрегационные залежи медно-никелевых руд в месторождениях типа Садбери, Норильского, Бушвельдской группы. В наиболее поздних пиритах содержание ртути достигает

здесь иногда первых десяти тысячных долей процента, т.е. почти на два порядка выше кларка. В минералах из группы сульфосолей концентрация ртути еще более высокая — до тысячных долей процента, а в самородном золоте — иногда до первых процентов. В месторождениях описываемого типа впервые в геохимической истории ртути — после обособления из магматического очага — появляются и самостоятельные ее минералы, главным образом в виде медно-золото-серебряных амальгам и соединений с платиной, палладием и другими платиноидами: имеются в виду находки редкой вкрапленности конгсбергита, купроаркверита, потарита и других подобного типа образований в сульфидных рудах Норильска, Талнаха (О.Е. Юшко-Захарова, 1980 г.; А.Д. Генкин и др., 1981 г.), Бушвелда и др. Температура образования этих минералов, по-видимому, весьма значительна и превышает температуру диссоциации киновари (580 °С, хотя этот процесс начинается уже при температуре 225 °С). Тем не менее, несмотря на столь высокую летучесть ртути, в последние годы все чаще высказываются предположения о возможности образования в процессе ликвации особого типа магм — сульфидных расплавов, настолько обогащенных ртутью, что их можно рассматривать в качестве рудогенерирующих.

Некоторая, но, по-видимому, относительно очень небольшая часть ртути связывается с производными пневматолитовой фазы гранитоидного расплава, входя в состав отдельных минералов скарново-пегматитовых месторождений типа Лонгбан в Швеции. Это единственное в мире месторождение, где известны редкие сурьмяные минералы из группы танталитов (стибиотанталит, стибикоколумбит и др.) и силикатов (чапманит, истманит, катоприт и др.). Они содержат до сотых долей процента ртути. Ртуть в десяти тысячных долях процента установлена и на пневматолитово-пегматитовом месторождении Сеинайоки в Финляндии, где основной рудный минерал — самородная сурьма — ассоциирует с редкими сульфосолями сурьмы, минералами вольфрама и золотом. Для других высокотемпературных месторождений — редкометалльных грейзеновых, апогранитных (альбититовых), карбонатитовых, а также кимберлитовых — ртуть совершенно не характерна. Известны лишь единичные находки в них ртутьсодержащих сульфидов — вплоть до спорадической вкрапленности мелких зерен киновари, — однако эти минералы, по-видимому, образовались при наложении более молодого оруденения.

В колчеданных месторождениях ртуть появляется снова, причем в довольно заметных количествах — среднее ее содержание в массивных сульфидных рудах измеряется иногда десяти тысячными долями процента. Наиболее обычна ее изоморфная примесь в сульфидах, особенно в пирите поздних генераций, однако основными концентраторами ртути являются здесь сульфосоли, в частности блеклые руды группы теннантита — тетраэдрита, содержащие первые сотые, а иногда и десятые доли процента ртути. Как известно [23], колчеданные месторождения по условиям своего формирования гетерогенны. Судя по отрывочным данным (Н.А. Озерова, 1982 г.), наиболее обогащены ртутью колчеданные месторождения, относящиеся к типу, переходному к плутоногенному — гидро-

термальному, особенно в случае если они характеризуются повышенными содержаниями золота и серебра. В таких месторождениях нередко устанавливаются скопления самостоятельных ртутных минералов, как, например, на месторождении Чипровци (Болгария), где в массе сульфидных руд вскрыты единичные гнезда и прожилки крупнокристаллической киновари, выделившейся на последних стадиях рудообразующего процесса. Киноварь отмечалась и на других колчеданных месторождениях (Южный Урал, по И.И. Гинзбургу, 1957 г.), но обычно только в виде порошковатых разностей (результат разложения в близповерхностных условиях ртутьсодержащих блеклых руд). Ртуть часто образует также выдержанные ореолы гипогенного рассеяния вокруг отдельных залежей колчеданных руд (Южный Урал).

Основная масса ртути концентрируется в гидротермальных месторождениях, среди которых выделяются плутогенные, или собственно гидротермальные, телетермальные, или амагмагенные, и вулканогенные классы [23].

Все плутогенные месторождения содержат ртуть в тех или иных количествах как непосредственно в рудах, так и в сопровождающих их метасоматитах и в менее сильно измененных вмещающих породах (в виде ореолов гипогенного рассеяния этого элемента). Характерны для рассматриваемого класса комплексные многокомпонентные или ртутьсодержащие месторождения; многочисленные и собственно ртутные объекты, но они обычно по масштабам незначительны. Наиболее распространенная форма выделения ртути — изоморфное вхождение в состав разнообразных сульфидов, в первую очередь сфалерита (до первых десятых долей процента) и блеклых руд теннантит-тетраэдритового ряда. Образуются и собственные минералы ртути из группы сульфосолей — чаще всего шватцит, содержащий иногда 15—35 % ртути. Обычны здесь также ртутьсодержащие минералы серебра и амальгамы золота. В существенно ртутных плутогенных месторождениях ведущую роль играет киноварь, выделяющаяся в них при относительно высокой — до 400 °С — температуре из сложных многокомпонентных рудогенерирующих растворов. В силу последнего обстоятельства ртутные месторождения этого класса достаточно тесно генетически связаны с сурьмяно-мышьяковыми, медно-полиметаллическими, некоторыми вольфрамово-оловорудными, а также золото-серебряными и другими плутогенными месторождениями.

Телетермальные месторождения формируются при участии средне- до низкотемпературных (250—50 °С) слабо концентрированных и хорошо "отсепарированных" (малокомпонентных) гидротермальных растворов различного происхождения. Ртутные месторождения образуют в них обособленную группу монометаллических рудных залежей, сложенных киноварью — главным и практически единственным здесь рудным минералом. Они сопровождаются обширными ореолами первичного рассеяния ртути, размеры которых на много порядков превосходят размеры не только собственно рудных тел, но и вмещающих их метасоматитов. На их долю поэтому приходится значительная часть металла, привнесенного рудогенерирующими растворами.

Вдоль зон рудоконтролирующих разломов и особенно в непосредственной близости от рудовыводящих "отдушин" (в понимании А.В. Королева, 1947 г.) даже в чисто ртутных месторождениях устанавливаются ассоциации сложных комплексных ртутных минералов, содержащих не только обычные для них группы геохимически родственных элементов (сурьма, мышьяк, цинк, медь, серебро, иногда золото, селен, теллур, таллий и др.), но и компоненты более высокотемпературных гидротермальных растворов (вольфрам, олово, иногда даже платина и др.). Среди этих относительно высокотемпературных минеральных ассоциаций, развитых в Хайдарканском рудном поле вблизи зоны рудоконтролирующего Ишметауского разлома, Т.С. Тимофеевой впервые был идентифицирован природный γ -сульфид ртути. Ртуть устанавливается и в других месторождениях телетермального класса — сурьмяных, сурьмяно-вольфрамовых, мышьяковых (реальгарово-аурипигментовых), флюоритовых, а также в условно относимых к нему стратиформных месторождениях спорного генезиса — свинцово-цинковых, меднорудных, целестиновых, некоторых золоторудных и др.

Специфика минерального состава и условий формирования вулканогенных месторождений ртути предопределяется тем, что ртуть в высокотемпературных поствулканических производных переносится в основном в парообразном состоянии. Для месторождений этого типа характерны с одной стороны обильные выделения самородной ртути (до 70 % от общего количества, как на месторождении Итомука в Японии), а с другой (в случае низкотемпературных растворов, обедненных сероводородом) — образование нестабильных минералов из группы хлоридов и оксихлоридов: кордеронита, макдермитита и др. (месторождение Макдермит в США). Главным же ртутным минералом для большинства вулканогенных месторождений, как и в двух предыдущих классах, остается киноварь, однако в ряде случаев она сопровождается значительными количествами метациннабарита или ртутьсодержащих блеклых руд. Вулканогенные месторождения ртути обнаруживают черты сходства как с плутоногенными образованиями (полисульфидные тела золото- и серебросодержащих руд, ассоциирующие с экструзивными штоками), так и с телетермальными (глубокие горизонты месторождений, формирующихся при участии термальных источников). Многие источники, расположенные в районах современной (Камчатка) или недавней (Северная Африка, Запад США) вулканической деятельности, откладывают ртуть и в настоящее время (в виде метациннабарита, киновари, оксихлоридов).

Значительная часть плутоногенных и вулканогенных месторождений связана, по-видимому, с достаточно глубинными, но локально (вне связи с протяженными краевыми разломами) расположенными очагами соответственно интрузивного и вулканического магматизма, тогда как ртуть телетермальных месторождений имеет своим источником скорее всего мантийные, а может быть, и еще более глубокие подкорковые области земли, откуда она диффундирует с неравномерной скоростью в течение

длительного времени. Диффузия атомарной ртути происходит совместно с другими летучими компонентами глубинного происхождения — водородом, гелием и др.

Киноварь — основной и в большинстве случаев практически единственный рудный минерал ртутных месторождений — характеризуется большой химической устойчивостью и поэтому в зоне гипергенеза почти не окисляется: лишь на некоторых месторождениях, расположенных в районах жарких пустынь и полупустынь (Карасу в Западном Узбекистане), а также в полярных областях (Пламенное на Чукотке), отмечаются признаки выщелачивания киновари с образованием в пустотах небольших выделений каломели, эглестонита и других неустойчивых вторичных минералов ртути (Ю.В. Финкельштейн, 1959 г.; П.В. Бабкин, 1965 г.). При эрозии ртутнорудных выходов киноварь обычно накапливается в остаточной коре выветривания (этот процесс наиболее характерен для платообразных форм рельефа в субтропиках); аллювиальные россыпи киновари, ввиду ее высокой хрупкости, образуются редко. Киноварь, истираясь, переносится в этом случае на довольно значительные расстояния. Продукты ее окисления концентрируются в глинистых осадках отдельных бассейнов (в виде сульфида, абсорбируемой глинистыми частицами и органикой атомарной ртути, оксидных и оксихлоридных соединений, метиловой ртути). Однако сколько-нибудь заметных скоплений такая ртуть не образует; исключение — базальные слои мезозойских конгломератовых толщ Центрального Таджикистана (месторождение Кавнок, по Х.М. Юсупову, 1966 г.), Восточной Якутии и некоторых других ртутнорудных провинций, где в отдельных линзах конгломерата установлено повышенное содержание переотложенной киновари. Большая же часть ртути в процессе эрозии месторождений этого металла рассеивается в общей массе осадков. В современных отложениях ртуть в более или менее заметных количествах концентрируется в глинистых фракциях донных осадков некоторых озер и морей; значительная часть ее имеет вулканогенное и техногенное происхождение.

При региональном и локальном метаморфизме осадочных пород, даже в случае исходного их обогащения ртутью (обычно незначительного — до одного порядка против кларка), последняя, ввиду высокой ее летучести, стремится к еще большему рассеянию. Как убедительно доказано исследованиями Н.А. Озеровой (1981 г.), ни в одной области развития метаморфических толщ (Урал, Русская платформа и др.) не удалось выделить горизонтов со сколько-нибудь повышенными концентрациями этого металла. С другой стороны, иногда высказываются соображения о метаморфогенной природе некоторых ртутьсодержащих внутрiformационных залежей, представленных кремнистыми образованиями, — южноальпийские месторождения вольфрамово-сурьмяно-ртутной формации [40]. По мнению В.Т. Сургая (1980 г.), межформационные залежи ртутьсодержащих джаспероидов также могут иногда рассматриваться в качестве метаморфогенных образований — преобразованных древних кор выветривания по известнякам.

СХЕМЫ ГРУППИРОВКИ РТУТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геохимическая история ртути прослеживается на всех этапах и стадиях эндогенного, а также экзогенного и частично метаморфогенного рудообразования, однако крупные промышленные концентрации – в виде самостоятельных месторождений – ртуть образует только в условиях гидротермального рудогенеза, причем в рамках, ограниченных определенными температурными интервалами [18, 29]. Для комплексных и ртутьсодержащих месторождений эти границы несколько расширяются.

В существующих генетических классификационных схемах месторождений полезных ископаемых [23] ртутные месторождения занимают место в гидротермальной группе, в плутогенном, телетермальном и вулканогенном ее классах [29]. При группировке месторождений на промышленной основе они обычно относятся к двум структурно-морфологическим типам (В.М. Крейтер, 1960 г.): согласно-пластовому и секущему – жильному. Классификации собственно ртутных месторождений весьма многочисленны и строятся на самых различных принципах, с использованием различных типоморфных признаков [10, 18, 29]. Наибольшее распространение получили схемы, основывающиеся на генетических принципах (В.И. Смирнов, 1964 г.; И.Г. Магакьян, 1962 г. и др.): температуре рудоотложения, связи с магматизмом, физико-химическом состоянии рудоносных растворов и эманаций, глубине формирования и др., т.е. параметрах среды и агентов рудообразования, существовавших в период формирования месторождений и поэтому не поддающихся сейчас точному количественному учету:

Косвенно об условиях рудоотложения мы можем судить по его конечным продуктам: рудным и ассоциирующим с ними жильным минералам и вмещающим их разнообразным метасоматитам. Эти признаки положены многими исследователями (В.А. Кузнецов, 1974 г.; Е.Е. Захаров, 1958 г. и др.) в основу при классификации ртутных месторождений по рудно-формационному принципу: по ведущим рудным компонентам выделяются рудные формации и подформации, а по типоморфным минеральным ассоциациям – минеральные типы.

Следующая группа классификационных схем (Н.М. Сеницын, 1962 г.; В.Э. Поярков, 1956 г.; Н.А. Никифоров, 1962 г. и др.) базируется на особенностях геологического разреза рудовмещающих пород как в региональном – геолого-тектоническом плане (приуроченность к определенным тектоническим зонам, характеризующимся специфическим типом разреза), так и в более локальном (связь с литологически благоприятными горизонтами разреза). При формировании ртутных месторождений среда рудолокализации играет главную роль, обуславливая характер рудоносных метасоматитов. Этим самым перекидывается мостик к предыдущей группе классификационных схем, основывающихся на критериях минерального состава руд и непосредственно рудовмещающих пород.

Широкое признание приобрели схемы, опирающиеся на данные о структуре месторождений и структурно-морфологических особенностях слагающих их рудоносных метасоматитов и непосредственно рудных тел (В.И. Смирнов, 1962 г.; А.В. Королев, 1958 г., П.А. Шехтман, 1980 г.; С.И. Кирикилица, 1978 г. и др.). Наконец, в последнее время, в связи с проблемой комплексного и наиболее полного использования всех видов минерального сырья, в том числе ртутного и ртути содержащего, разрабатываются схемы типизации ртутных месторождений, ведущий классификационный признак которых — технологичность руд (С.М. Мельников, Г.А. Терехова, О.В. Маторина и др.).

Каждая из перечисленных групп классификационных схем имеет строго определенный адрес, будучи предназначенной для решения той или иной научно-методической или прикладной геологоразведочной задачи. Генетические классификации способствуют дальнейшему углублению общей теории рудогенеза, что, в конечном счете, имеет и практическое значение: они применяются при разработке научно-методических принципов регионального и локального прогнозирования, а также при региональных поисках. В процессе разведки выявленных месторождений ведущую роль приобретает структурный фактор, а при отработке оконтуренных рудоносных залежей — морфология слагающих их кондиционных рудных тел. Естественно, что на этих этапах единого геологоразведочного процесса максимально полезными оказываются классификационные схемы, в которых во главу угла ставится структурно-морфологический принцип построения. Существенное значение при этом имеют также технологичность руд и условия их залегания, в первую очередь фактор глубинности. В последнее время все большее внимание привлекают схемы группировки месторождений, позволяющие облегчить процесс геолого-экономической оценки вновь обнаруженных и разведываемых месторождений на всех стадиях геологоразведочных работ (от регионального прогнозирования до детальной эксплуатационной разведки) и повысить его достоверность. В основу такой группировки должно быть положено понятие о промышленных типах месторождений, а ведущие классификационные признаки должны соответствовать рудоконтролирующим и рудолокализирующим факторам, определяющим как сам тип месторождения, так и возможные его масштабы и степень надежности при последующей отработке. Единый критерий геолого-экономической оценки месторождений разработать трудно — предлагаемая схема типизации ртутных месторождений (табл. 2) базируется на нескольких признаках, однако значимость их меняется по мере перехода от регионального к локальному прогнозированию и от начальных стадий единого геологоразведочного процесса к конечным.

Ключевое звено предлагаемой группировки промышленных эндогенных ртутных месторождений — их тип, определяющийся по наиболее характерному виду околорудного изменения рудовмещающих пород, вернее, по составу непосредственно рудолокализирующих метасоматитов. Этот признак наиболее полно отражает физико-химические условия рудоотложения (температура, состав и другие параметры рудогенери-

Таблица 2

Типы ртутных и ртутьсодержащих месторождений

Генетическая принадлежность			Геолого-промышленный тип	Вмещающие породы	Структурно-морфологический тип	Возможный масштаб месторождения	
серия	группа	класс					
Эндогенная	Колчеданная		Колчеданно-полисульфидный	Эффузивы, сланцы	Согласные залежи, штокверки	Ртуть может добываться попутно в небольших количествах	
			Плутоногенный	Кварц-хлорит-серцит-карбонат-баритовый	Осадочно-эффузивные, прорываемые гранитоидами	Контактовые залежи, жилы, штокверки	Небольшой, в комплексе с другими компонентами руд
	Гидротермальная	Телетермальный		Кварц-дикиитовый	Терригенные	Согласные залежи, штокверки, секущие зоны	От небольшого до уникального
				Джаспероидный	Известняки под сланцевым экраном	Согласные залежи экранирования, штокверки	От среднего до крупного
				Карбонатный	Доломиты, известняки	Согласные залежи, гнезда, секущие зоны	От небольшого до крупного
			Лиственитовый	Терригенно-эффузивные, прорывающиеся серпентинизированными гипербазитами	Контактовые залежи, секущие зоны, жилы	От небольшого до крупного и очень крупного	
			Вулканоногенный	Кварц-карбонат-аргиллитовый	Терригенно-карбонатные с эффузивами и гипабиссальными телами	Межформационные поднадвиговые залежи, штокверки, жилы	От небольшого до очень крупного

Продолжение табл. 2

Генетическая принадлежность	Геолого-промышленный тип		Вмещающие породы	Структурно-морфологический тип	Возможный масштаб месторождения	
	серия	группа				класс
Эндогенная	Гидротермальная	Вулканоногенный	Алуни-опалитовый и травертиновый	Грибо- и плащцеобразные залежи, жилы	От небольшого до среднего, иногда крупного	
Экзогенная	Выветривания	Остаточный	Латеритно-карстовый	Преимущественно карбонатные	Остаточные россыпи, иногда карстовые	Небольшой, иногда до среднего
	Россыпная	Элювиально-делювиально-пролювиальный	Обломочно-россыпной	Преимущественно терригенные	Плащцеобразные россыпи	Небольшой
	Осадочная	Биохимический	Углекислый	Угле-нефте-газоносные породы	Согласные и купольные залежи	Ртуть может добываться попутно в небольших количествах

рующих растворов и эманаций) и в очень большой степени зависит от характера рудовмещающих пород и от степени их тектонической нарушенности. С другой стороны, по типу околорудных метасоматитов можно достаточно уверенно судить о генетической принадлежности месторождений к одному из трех основных генетических классов ртутных месторождений: плутоногенному, телетермальному или вулканогенному. Характер околорудных изменений во многом определяет и структурно-морфогенетический тип месторождения — возможность отнесения к согласно-пластообразному, гнездово-штокверковому, жильному или же к сложнокombинированному, например грибообразному или контактово-секущему

структурным типам. Наличие даже безрудных метасоматитов определенного состава и типа — часто надежный индикатор возможности обнаружения на глубине скрытых залежей с промышленным оруденением, нередко в иной, чем на верхних ярусах, геолого-структурной позиции. По интенсивности проявления окolorудного изменения вмещающих пород можно достаточно уверенно судить о вероятных масштабах оруденения, в том числе и скрытого. При этом для каждого вида метасоматитов есть, как правило, предел возможных размеров месторождений представляемого им типа, равно как и порядок средних содержаний ртути и сопутствующих компонентов.

Следующий существенный классификационный признак, в значительной степени связанный с первым, — тип разреза рудовмещающих толщ. От литологических особенностей пород непосредственно рудолокализирующего горизонта зависит характер окolorудных изменений и состав рудовмещающих метасоматитов, а от чередования горизонтов с различными физико-механическими свойствами — морфология метасоматических залежей, а следовательно и рудных тел.

Первостепенную роль в локализации ртутного оруденения играет структурный фактор. Необходимо, однако, четко разграничивать понятия о структуре рудного поля и месторождения, с одной стороны, и рудолокализирующих метасоматитов и заключенных в них рудных тел — с другой. В предлагаемой схеме группировки ртутных месторождений этому признаку отводится одно из ведущих мест, причем его значение возрастает по мере укрупнения масштаба исследования.

Важна в классификационной схеме и шкала оценок возможных масштабов оруденения для каждого из выделенных промышленных типов месторождений. Основывается она на примерах типоморфных месторождений, по которым известны статистические данные о суммарной и среднегодовой добыче металла. Ниже этот вопрос будет рассмотрен специально, здесь же только оговоримся, что к промышленным нами относятся все те типы месторождений, которые имеют хотя бы один объект, когда-либо эксплуатировавшийся с должным экономическим эффектом.

В.М. Крейтер (1960 г.) в качестве промышленного выделял условно тот тип месторождений, который обеспечивал не менее 1 % общемировой добычи по данному виду полезного ископаемого (правда, не совсем ясно — среднегодовой или же кумулятивной — за весь исторический период с начала добычи). Применительно к месторождениям ртути этот вопрос еще более сложен. Среди выделяемых нами промышленных типов ртутных месторождений есть представленные только одним эксплуатировавшимся объектом, например Сульфур-Банк в травертиновом и Макдермит в опалит-аргиллитовом типах вулканогенных месторождений и др. И, наоборот, есть типы, содержащие большое число очень мелких объектов, каждый из которых в отдельности не имеет самостоятельного промышленного значения, но в совокупности они иногда могут обеспечивать поступление довольно значительных количеств ртути (карбонатно-известняковый подтип карбонатного типа). Наряду с этим известны типы (например, кварц-диккитовый), в которых отмечаются как самые мелкие

месторождения, годовая добыча на которых не достигает и одной тонны металла, а кумулятивная – всего лишь несколько тонн, так и уникальные – Альмаден, на котором в год добывали до 2500 т ртути, а всего за несколько тысячелетий непрерывной отработки извлечено (по разным оценкам) от 300 до 500 тыс. т металла, то-есть до 50 % мировой добычи за всю историю человечества. Исходя из сказанного мы не ограничиваем себя какой-то определенной, наперед заданной цифрой возможной продуктивности месторождений каждого из выделенных промышленных типов – важно, чтобы были только примеры их успешной отработки в прошлом.

Ниже дается систематическое сравнительное описание всех выявленных промышленных типов ртутных и ртутьсодержащих месторождений трех основных эндогенных классов – плутоногенного, телетермального и вулканогенного, а также эксплуатировавшихся в разное время месторождений экзогенной серии. Значение ртутьсодержащих месторождений в общем балансе добычи металла в последние годы заметно возрастает. При характеристике конкретных месторождений особое внимание уделяется тем их особенностям, которые помогают выработке критериев геолого-экономической оценки типа в целом. Из-за разобщенности и фрагментарности исходных фактических данных описание некоторых месторождений не всегда достаточно полно. Сложность ртутных месторождений обуславливает и различный подход к пониманию условий формирования, структурных особенностей и оценки перспектив отдельных объектов. Естественно, что поэтому и мнение автора по этим вопросам не всегда будет строго определенным.

ЭНДОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ПЛУТОНОГЕННЫЕ РТУТНЫЕ И РТУТЬСОДЕРЖАЩИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

По В.И. Смирнову [23], плутоногенные месторождения – это гидротермальные образования, связанные "... с кислыми, умеренно кислыми и умеренно щелочными гипабиссальными изверженными породами отчасти ранней и средней, но в основном поздней стадии геосинклинального периода, а также активизированных платформ". На первое место в этом определении выступает генетическая связь с интрузивным магматизмом. Критерии такой связи, как известно, достаточно полно разработаны для отдельных типов высокотемпературных гидротермальных месторождений – некоторых олово-вольфрамовых, редкоземельных и др. Ртутные и ртутьсодержащие месторождения относятся обычно к средним и низкотемпературным и поэтому при рассмотрении очень сложной и во многом спорной проблемы о рудогенерирующей роли магматических очагов приходится в данном случае прибегать только к косвенным доказательствам возможности наличия связи ртутного и ассоциирующего с ним оруденения с определенным комплексом изверженных пород.

Наиболее характерный признак – степень насыщенности ртутоносной

области телами относительно приповерхностных, недостаточно вскрытых эрозией (на глубину до 2 км) гранитоидов, представленных поэтому так называемыми малыми интрузиями. Сравним Центральную и Северную зоны Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного рудного пояса в Южном Тянь-Шане: первая на карте представлена почти сплошной цепочкой гранитоидных массивов, а во второй известны лишь единичные малые интрузии кислого и среднего состава. В соответствии с этим в Центральной зоне преимущественно развиты плутогенные ртутьсодержащие проявления комплексных сурьмяных руд, а для Северной зоны ведущую роль играют типично телетермальные монометальные месторождения ртути. В Пригашкентском районе, характеризующемся обилием гранитоидов, также известны лишь небольшие проявления ртутьсодержащего комплексного оруденения (Тепар). Аналогичная картина наблюдается в Забайкалье, с его известным многокомпонентным вольфрамово-сурьмяно-ртутным месторождением Барун-Шивея. Из зарубежных металлогенических областей с плутогенным ртутным оруденением отметим Рудные горы в Восточной Европе, где широко проявлен гранитоидный магматизм.

Во всех перечисленных случаях связь с магматизмом не прямая: отмечается лишь пространственно-региональное тяготение ртутносных зон к районам развития кислых, средних и щелочных (Тянь-Шань, западные районы США) изверженных пород; ассоциация с конкретными интрузивами если и фиксируется, то лишь в структурном плане. Таким образом, можно говорить только о возможности парагенетической связи плутогенного ртутного оруденения с кислой магмой щелочного уклона. Эта связь косвенно подтверждается двумя фактами: 1) наличием в предположительно плутогенных ртутных месторождениях заметных примесей олова, вольфрама и, наоборот, — постоянное присутствие ртути, обычно в виде ртутьсодержащих сульфидов, в высокотемпературных олововольфрамовых, а также многих редкометалльных (тантало-ниобиевых и др.) месторождениях, обнаруживающих тесную генетическую связь не только с определенными комплексами изверженных пород, например щелочных, но даже иногда и с конкретными интрузивами; 2) данными определения абсолютного возраста минералов ртутных руд — временной близостью становления интрузивов и пространственно тяготеющих к ним ртутьсодержащих месторождений: в Центральной зоне Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса время формирования интрузивов и образования рудных месторождений, устанавливаемое по результатам определения абсолютного возраста калийсодержащих слюд и ураносных минералов, по данным Н.Ю. Баринковой (1980 г.) и др., соответствует завершающим этапам варисского тектогенеза (270 ± 15 млн. лет).

Таким образом, магматический критерий выделения плутогенных месторождений ртути сводится практически лишь к выявлению пространственных, реже геолого-структурных связей с областями развития кислых, средних и щелочных интрузивов, а также установлению косвенных геохимических признаков родственности этих двух типов образований (особенно в случае общности металлогенического фона для всей рудной провинции в целом). Дополнительный критерий — временная близость

и связь с одним и тем же этапом тектоно-магматического и металлогенического процесса. Последняя иногда подкрепляется приуроченностью магматических тел и отдаленно ассоциирующих с ним ртутьсодержащих месторождений к одним и тем же геологическим структурам: крупным тектоническим поднятиям, и особенно ограничивающим их глубинным (краевым, в понимании Н.М. Сеницына, 1960 г.) разломам, чем обуславливается общность если не самих магмо- и рудогенерирующих очагов, то, во всяком случае, путей подъема как магм, так и рудоносных растворов и эманаций. Примеры таких общих магмо- и рудоконтролирующих структур глубокого заложения особенно многочисленны на Тянь-Шане, Северном Кавказе и в некоторых других ртутнорудных провинциях СССР и мира.

К рудным провинциям с типично плутогенными месторождениями ртути с уверенностью можно отнести в СССР лишь Забайкалье, Урал, а за рубежом — Рудные горы в Восточной Европе. Однако в собственно ртутнорудных провинциях выделяются в ряде случаев отдельные области, зоны, подзоны и рудные узлы, по своим особенностям отвечающие охарактеризованным выше признакам. Это Центральная зона Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного рудного пояса, северная часть Южно-Китайской ртутно-сурьмяной рудной подпровинции с группой ртутьсодержащих комплексных месторождений Воси — Сиань — Таоань, район Малой Кабилии (Северная Африка) с многокомпонентным месторождением Бир-Бени-Салах и др. Это подкрепляет высказывавшееся многими исследователями предположение о наличии генетической связи между плутогенными, или собственно гидротермальными, месторождениями ртути и месторождениями родственных им классов — телетермального (Тянь-Шань) и вулканогенного (Северная Африка). Действительно, различия между отдельными месторождениями этих трех основных генетических классов иногда настолько незначительны, что для их разграничения приходится обращаться к косвенным общегеологическим критериям. Но, с другой стороны, в каждом из трех выделенных классов эндогенных ртутных месторождений можно выбрать эталонные объекты, наиболее полно отражающие специфику генетического класса и потому совершенно непохожие друг на друга.

Среди плутогенных ртутных и ртутьсодержащих месторождений в соответствии с литологическими особенностями вмещающих пород можно выделить два основных геолого-промышленных типа (табл. 3): в породах алюмосиликатного состава (мощные терригенные толщи, эффузивы и их туфы, интрузивные образования) локализуются жильные многокомпонентные месторождения, а для карбонатных толщ более характерны согласные метасоматические залежи ртутьсодержащих полиметаллических и других руд. Роль вмещающих пород при формировании плутогенных месторождений ртути многообразна: ими определяется как структурный тип рудных тел, так и в значительной мере вещественный состав слагающих их руд, особенно жильных составляющих.

Типы плутогенных ртутных и ртутьсодержащих месторождений

Геолого-промьшленный тип	Структурный тип	Рудная формация	Минеральный тип	Месторождения и области их развития
Кварц-хлорит-серицитовый (с карбонатами)	Жильные тела сложного состава в алюмосиликатных породах	Вольфрамово-сурьмяно-золото-ртутно-полиметаллическая	Блеклорудный	Барун-Шивея (СССР), Воси (КНР)
		Медно-ртутная	Халькопирит-блеклорудно-киноварный	Южный Урал, Чили
		Ртутно-полиметаллическая	Блеклорудно-киноварный	Тагит, Бир-Бени-Салах (Алжир), Чипровцы (Болгария)
		Золото-мышьяково-ртутная	Арсенопирит-блеклорудно-киноварный	Кон-Чоч (СССР), Маффуда (Алжир)
		Вольфрамово-сурьмяно-ртутная	Шеелит-антимонит-блеклорудно-киноварный	Южная Фергана, Альпы, Турция
Кварц-карбонат-баритовый	Метасоматические залежи в породах карбонатного состава	Медно-ртутная	Халькопирит-блеклорудно-киноварный	Тепар (СССР), Гордрам (Ирландия)
		Ртутно-барит-полиметаллическая	Гематит-блеклорудно-киноварно-баритовый	Левчай (СССР), Рудняны (Чехословакия)
		То же	Блеклорудно-киноварно-баритовый	Бала-Балды-Брек (СССР), Джебель-Ишмуль (Алжир)
		Мышьяково-ртутная	Реальгар-киноварный	Лухуми (СССР), Хуан-Хуа (КНР)

Месторождения кварц-хлорит-серицитового типа

В породах алюмосиликатного состава преобладают жилы прямого заполнения полостей разрывных трещин, сопровождающиеся маломощными зонами гидротермального изменения вмещающих пород. Главные жильные минералы – кварц, серицит, хлориты, диккит, иногда магнево-железистые карбонаты; эти же образования характерны и для околорудных метасоматитов. Выделяются относительно более высокотемпературные ассоциации жильных минералов, для которых типична триада: кварц – хлорит – серицит (иногда с апатитом, рутилом и магниевыми, железистыми карбонатами), а также средне- и низкотемпературные, для которых характерны кальциево-магниево-карбонаты и диккит (кварц, серицит играют здесь подчиненную роль, обычен барит). В месторождениях первого типа ртуть слагает чаще всего ртутьсодержащие блеклые руды как тетраэдритового (до шватцита), так и теннантитового рядов; она входит также изоморфно в состав сульфидов, особенно часто сфалерита (тысячные – сотые доли процента, иногда до первых десятых и, в виде исключения, первых процентов). В более низкотемпературных месторождениях этого типа ртуть нередко выделяется в виде киновари, образующей гнезда среди других сульфидов (Чипровцы в Болгарии), а также небольшие самостоятельные месторождения (Тагит, Бир-Бени-Салах в Алжире).

Ртутное оруденение проявляется обычно на фоне редкометалло-полиметаллического и сурьмяно-мышьякового. В соответствии с этим признаком выделяется ряд ртутьсодержащих рудных формаций плутоногенных месторождений: вольфрамово-золото-сурьмяно-полиметаллическая, медно-полиметаллическая и полиметаллическая, золото-мышьяковая, мышьяковая и др. [10, 29, 36]. Указанным рудным формациям соответствуют специфические минеральные виды (именуются только по рудным составляющим): шеелит-золото-антимонит-полисульфидно-блеклорудный, халькопирит-блеклорудный, галенит-сфалерит-блеклорудно-киноварный, золото-арсенопирит-блеклорудный, золото-пираргирит-арсенопирит-блеклорудно-киноварный, реальгар-киноварный и др. Ниже дается обобщенное описание наиболее типичных месторождений плутоногенного класса (однако некоторые из них несут черты "телетермальности" и поэтому их генезис может трактоваться по-разному).

Месторождения **Воси, Сиань и Таоань** в Южном Китае (провинция Хунань) приурочены к центральной части древнего стабильного Цзяньнаньского массива, сложенного досинийскими гнейсами. Оруденение здесь связано с протяженной (несколько десятков километров) системой субпараллельных и кулисообразно смыкающихся друг с другом разломов (А.М. Быбочкин, 1965 г. и др.). Вдоль некоторых нарушений происходило внедрение небольших интрузивных тел гранитоидного состава, являющихся, возможно, дериватами более крупных массивов, еще не вскрытых эрозией. Внедрение сопровождалось иногда образованием слабо выраженных, но довольно широких зон скарнирования. Последнее

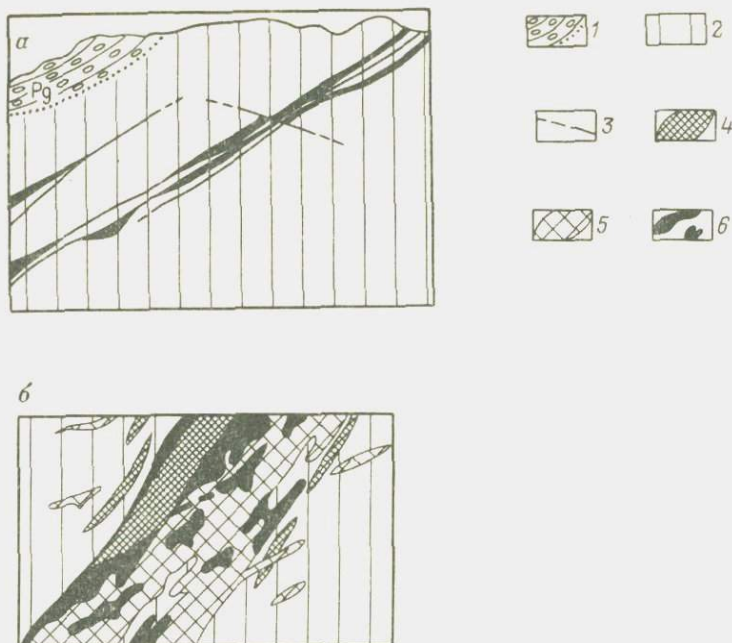


Рис. 2. Схематический разрез ртути содержащего сурьмяно-вольфрамово-золото-рудного месторождения Воси (а) и деталь внутреннего строения одной из рудных жил (б).

1 — конгломераты; 2 — шиферы и песчаники рудовмещающей толщи; 3 — разрывные нарушения; 4 — гидротермально измененные зоны с рудоносными кварцевыми жилами; 5 — предрудный молочно-белый кварц; 6 — рудные гнезда

особенно четко проявляется в зальбандах маломощных пластов и отдельных линз мраморизованных карбонатных пород, заключенных в толще однородных шиферных сланцев и гнейсов. Скарнообразующие растворы были относительно низкотемпературными и потому весьма подвижными: их воздействие на карбонатные породы фиксируется на расстоянии многих тысяч метров от интрузивных тел и выражено часто лишь дополнительной перекристаллизацией мраморизованных известняков, некоторым их окварцеванием, а также формированием тонких прожилков и небольших гнезд тремолита и волластонита и выделением аппатита (в ассоциации с литийсодержащим хлоритом типа донбассита).

Месторождения представлены системой относительно пологих (углы падений 40–60°) рудных жил (рис. 2), изгибающихся по простиранию и падению и образующих раздувы в местах ответвления сопряженных с ними рудолокализирующих трещин при пересечении литологически благоприятных пластов — мраморизованных известняков, углистых сланцев. По вещественному составу среди рудных жил выделяют три группы:

существенно вольфрамовые, почти монометалльные сурьмяные и комплексные — вольфрамово-золото-полисульфидные ртутьсодержащие. В первом случае главный рудный минерал — массивный серовато-белый шеелит, "баритового" облика, слагающий иногда жилы почти полностью, а также образующий гнезда, прожилки и вкрапленность в массе жильных минералов (кварц, карбонаты, хлотит, серицит) и в зальбандах рудных тел в хлоритизированных гнейсах и мраморизированных известняках. Второстепенные минералы: пирит и арсенопирит (иногда золотосодержащие), халькопирит, галенит, сфалерит, ртутьсодержащие блеклые руды, самородное золото. Мелкокристаллические агрегаты этих минералов формируют гнезда и прожилки. Массивность руд — характерная особенность описываемых и других плутоногенных ртутьсодержащих месторождений этого типа, независимо от района их нахождения. Специфическая особенность данных месторождений — наличие в жилах небольших каверн, выполненных тонкочешуйчатым серебристо-белым литиевым хлоритом — донбасситом. Содержание оксида лития в нем достигает первых процентов.

Жильные тела второй группы сложены в основном массивным скрытокристаллическим антимонитом, выполняющим полости и проникающим в виде тонких прожилков в зальбанды рудолокализирующих трещин. В раздувах жилы практически мономинеральны, однако в местах их пережима и ответвлениях часто появляются скопления других сульфидов и шеелита в виде массивных агрегатов. Литологический контроль при формировании жильных тел этой группы не проявляется: карбонатный материал в отложении рудных минералов роли не играет. Антимонитовые жилы локализуются в различных породах алюмосиликатного состава — как в разлистанных сланцах, так и в более крупнозернистых, песчаных их разновидностях.

Рудные тела третьей группы отличаются более сложной морфологией и четко выраженной вертикальной зональностью оруденения. На верхних горизонтах (до 300 м) рудных жил среди других сульфидов отмечаются ртутьсодержащие блеклые руды и порошокватая киноварь, далее следует зона комплексных сурьмяно-вольфрамовых руд, а на глубоких горизонтах преобладают пирит и халькопирит. Вмещающие породы — достаточно однородные по составу метаморфизованные сланцы.

Во всех месторождениях, относящихся к специфической сурьмяно-вольфрамово-ртутной рудной формации, основную промышленную ценность представляют столбообразные рудные тела, связанные с изгибами рудолокализирующих разрывов как по простиранию, так и по падению. При общем относительно пологом падении разрывных нарушений (30–70°) склонение обогащенных рудных столбов вдоль плоскости разрыва еще положе (10–20, редко до 30°). Протяженность кулисообразно примыкающих друг к другу систем рудоносных жил до 15 км при общей ширине перспективной зоны, в пределах которой можно ожидать обнаружения скрытых рудных тел (а таких по сравнению с выходящими на дневную поверхность большинство), до 5 км. Однако отдельные рудолокализирующие нарушения прослеживаются не более чем на 3 км, обычно

до 1 км, из них на долю обогащенных рудных столбов (по наиболее богатым жилам) приходится в среднем 100–500 м. Рудные столбы имеют весьма значительную протяженность на глубину: некоторые из них вскрыты 10–12 горизонтами эксплуатационных выработок, т.е. прослежены по падению иногда на 1200–1400 м. Для шеелитовых месторождений это очень большая величина, хотя чисто сурьмяные жилы (особенно при наличии попутного золота) могут иметь и еще большую протяженность на глубину (Гравелотт в Южной Африке характеризуется вертикальным размахом рудоотложения свыше 1200 м).

Воси и другие месторождения рассматриваемого рудного узла разрабатываются в равной степени как на сурьму, так и на вольфрам (содержание соответственно 8–12 и 1–2 %), на некоторых рудных участках получают кроме того комплексный вольфрам-золото-полисульфидный концентрат. Ртуть достигает промышленных концентраций (до 0,1 %) только на верхних горизонтах единичных жил, в остальных случаях ее содержание снижается до сотых, тысячных и даже десяти тысячных долей процента (в концентрате на полпорядка – порядок выше). Таким образом, жильные комплексные вольфрам-сурьмяно-золото-полиметаллические ртуть-содержащие месторождения в отношении основных компонентов (вольфрам и сурьма) могут рассматриваться в качестве средних (до крупных), а по попутным элементам, в том числе и по ртути, они попадают в разряд в лучшем случае лишь небольших объектов.

По составу руд аналогичны описанному месторождению **Барун-Шивеинской группы** в Забайкалье, детально охарактеризованные в работах А.Д. Щеглова (1968 г.), В.И. Бергера (1982 г.) и др. Для них характерна более тесная структурная, временная и, возможно, парагенетическая связь с интрузивными образованиями гранитоидного ряда. Месторождения этой группы представлены гнездами, линзами и сложными жильными системами, развитыми в экзоконтактных зонах отдельных интрузивов, а также иногда на значительном удалении от них. Рудовмещающими являются сложно чередующиеся пачки терригенных и карбонатных пород, рассекающихся разрывными нарушениями на отдельные блоки. Оруденение связано с зонами окварцевания, карбонатизации и аргиллизации. Его распределение крайне неравномерно, отсутствует четко выраженная зональность в локализации вольфрамовой, сурьмяной и ртутной минерализации. Последняя представлена в основном киноварью, часто крупнокристаллической, образующей гнезда, прожилки и разноразмерную вкрапленность в массе вольфрамово-полисульфидных руд и во вмещающих их метасоматитах. Вопрос о взаимоотношениях ртутной и ассоциирующей с ней более высокотемпературной минерализаций остается пока открытым: большинство исследователей считают киноварь одним из наиболее поздних рудных минералов (она, по их мнению, накладывается на все ранее образованные минеральные парагенезисы). С другой стороны, совместное нахождение минералов вольфрама, сурьмы и ртути в данном случае, как и в ряде других, заставляет задуматься над вопросами, насколько оно случайно. В последние годы появляются новые данные о

более тесных, чем предполагалось ранее, геохимических связях ртути и вольфрама, ртути и золота и др.

Ртутьсодержащие месторождения халькопирит-блеклорудно-киноварного минерального типа известны в Чили, однако детального описания их в литературе нет. Говорится лишь, что это, по- существу, обособленные участки обычных для Чили меднорудных месторождений вулканогенного типа (метасоматические залежи, штокверки, сложные жильные системы), но обогащенные ртутьсодержащими минералами из группы блеклых руд, а иногда и киноварью. Единичные месторождения этого типа периодически разрабатывались специально на ртуть, но на большей их части этот металл получается попутно при обогащении (с получением селективного блеклорудного и киноварного концентратов) и металлургическом переделе (извлечение ртути из отходящих газов). Масштабы добычи ртути незначительны — от первых тонн до 15 т в год, причем они подвержены резким конъюнктурным колебаниям.

В СССР к этому типу с некоторой долей условности можно отнести меднорудные месторождения Южного Урала, где давно были известны спорадические находки порошковатой киновари, образующейся в зоне гипергенеза за счет окисления ртутьсодержащих блеклых руд. Мелкая вкрапленность минералов тетраэдрит-теннантитового ряда довольно обычна на верхних горизонтах как колчеданных рудных железей, так и меднорудных месторождений жильного типа. Ртуть формирует устойчивые ореолы гипогенного рассеяния практически на всех месторождениях меди Южного Урала. Несмотря на низкие содержания ртути как в рудах, так и во вмещающих измененных породах, в месторождениях Южно-Уральской меднорудной зоны в целом сконцентрированы значительные ресурсы ртути — по масштабам они, по подсчетам Н.А. Озеровой (1982 г.), соизмеримы с запасами крупных самостоятельных ртутных месторождений.

Тагит и Бир-Бени-Салах — небольшие месторождения ртутно-полиметаллической формации, разрабатывавшиеся в Северном Алжире в 30-х годах. Расположены они в восточной части Магрибской ртутнорудной зоны (пояса). Так как в дальнейшем к месторождениям этой зоны нам придется возвращаться неоднократно, рассмотрим подробнее ее строение. Под Магрибской зоной понимается область альпийских структур с присущей ей молодой металлогенией, отделяющаяся от Африканского щита крупным разломом восточно-северо-восточного простирания (рис. 3). В тектоническом отношении ее основу составляет полого погружающийся к востоку жесткий массив, сложенный древними породами (от докембрийских гнейсов до метаморфизованных палеозойских сланцев, прорывающихся интрузиями позднепалеозойского возраста), обнажающийся на дневной поверхности на западе, на территории Марокко (Марокканская месетта).

С юга и с севера древний массив ограничивается системами краевых глубинных разломов, вдоль которых развиты узкие складчатые зоны, представленные системами изоклиналильных складок, осложненных взбросо-надвигами (на севере — шарьяжного типа). Северная зона получила наз-

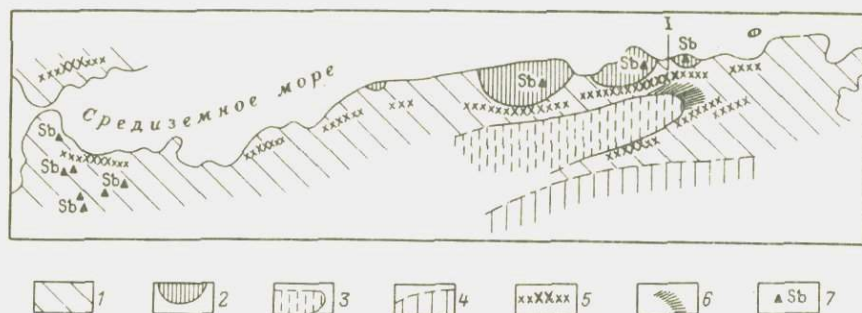


Рис. 3. Схема Магрибского ртутнорудного пояса (внемасштабная).

1 – области развития альпийского тектогенеза; 2 – небольшие стабильные массивы и их фрагменты, сложенные докембрийскими образованиями; 3 – погребенный под мезозойскими отложениями стабильный массив Высоких плато; 4 – Африканская платформа и ограничивающий ее с севера Северо-Африканский разлом; 5 – основные зоны распространения ртутной минерализации (I – Северо-Нумидийская зона); 6 – зона развития проявлений оксидных и оксидхлоридных сурьмяных руд; 7 – зоны распространения ртутьсодержащей сульфидной сурьмяной минерализации

вание Телльский Атлас, южная, менее интенсивно дислоцированная, – Сахарский Атлас. В восточной части Алжира эти зоны смыкаются, как бы опоясывая восточное окончание древнего массива. В месте замыкания последнего выделяется система складок северо-восточного простирания (Тунисский Атлас), секущихся наиболее молодыми (вплоть до современных) сбросами этого же и поперечного к нему простираний. К северу от Телльского Атласа выделяется фрагментарная тектоническая зона, представленная серией древних микромассивов, сложенных метаморфизованными породами докембрия и палеозоя. Это, по-видимому, выступы Средиземноморской плиты, надвинутые с севера на альпийские структуры Телльского Атласа. Наиболее крупный среди них – массив Большой Кабилии, к востоку от него располагается массив Малой и Колльской Кабилии, затем идет небольшой выступ Эдуга, а крайнее восточное звено этой цепи древних микромассивов – о. Галит (Тунис). Западнее массива Большой Кабилии известен Тенесский выступ, а на западном фланге Магрибской зоны цепочку массивов замыкают структуры Северо-Марокканского Рифа.

В металлогеническом отношении Магрибская зона характеризуется четко выраженной зональностью как по вертикали, так и по латерали: в доколе преобладают жильные, относительно более высокотемпературные месторождения железа, цветных, редких металлов и золота, а для верхнего структурного яруса типичны стратиформные медно-полиметаллические залежи, часто ассоциирующие с жильными телами руд цветных металлов, а также сурьмы, ртути и мышьяка. Большинство месторожде-



Рис. 4. Схематизированный план месторождения Тагит, по Р. Джабба и др., 1982 г.

1 – песчаники и мергели баррема; 2 – основная рудовмещающая толща валанжина – готерива (алевролиты и мергелистые сланцы с маломощными прослоями песчаников и известняков); 3 – карбонатные породы берриаса; 4 – малоамплитудные разрывы; 5 – крутопадающие жилы и секущие зоны с ртутно-полиметаллическим оруденением; 6 – элементы залегания пород

ний этого типа контролируется разломами, опоясывающими в восточной, замыкающей ее части, древний массив зоны Высоких плато.

Основу ртутной металлогении Магрибской зоны составляют ртутные проявления, связанные с зоной Дорсали – узкой областью распространения карбонатных фаций среднего мезозоя, располагающейся между Тельским Атласом и надвинутыми на него с севера древними микромассивами. Для этой позиции были характерны проявления наиболее напряженных тектонических дислокаций, что выразилось в формировании покровных многоярусных структур. Наиболее четко такие структуры фиксируются в пределах Северо-Нумидийской зоны, к которой приурочены наибо-

лее крупные и самые богатые месторождения ртути, представленные в основном поднадвиговыми залежами. На флангах Северо-Нумидийской зоны интенсивность оруденения последовательно снижается, а субсогласные межформационные залежи сменяются менее перспективными ртутнорудными телами секущего типа на западе (Риф) и штокверкового, контролирующегося диапировыми структурами на востоке (Тунис). В большинстве случаев они тесно ассоциируют с поствулканическими термальными источниками – современными или недавно прекратившими свою деятельность (картируются по травертиновым образованиям).

К северу и югу от зоны Дорсаля также обнаружены проявления ртутного оруденения, связанные как с перистыми ответвлениями от системы основного рудоконтролирующего Северо-Нумидийского глубинного разлома, так и с другими структурами – вплоть до самых молодых (антропогенных) сбросов косою по отношению к зоне Дорсаля ориентировки. В последнем случае проявления ртутной минерализации тесно связаны с полиметаллическим, сурьмяным, мышьяковым и баритовым оруденением. В пределах микромассивов Кабилии и др. ртутная минерализация тяготеет к более древним и относительно более высокотемпературным месторождениям других металлов. Это дает основания для отнесения развитых здесь проявлений ртутной минерализации к плутогенным, вернее, переходным к плутогенным образованиям (а иногда и к телетермальным), хотя основная масса месторождений ртути Магрибской зоны бесспорно принадлежит к вулканогенному классу.

Месторождение Тагит расположено в районе восточного замыкания древнего стабильного массива – области Высоких плато, локализуясь в терригенных породах верхнего структурного яруса – флишоидных сланцах и песчаниках юры – мела. Вмещающие породы слабо метаморфизованы и почти не дислоцированы – залегают довольно полого, с небольшими флексурными перегибами. Месторождение представлено крутопадающими жилами косою по отношению к простираению рудовмещающей толщи ориентировки (рис. 4). Жилы связаны с системой субпараллельных, кулисообразно смещающих друг друга трещин разрыва, не обнаруживающих видимой связи с нарушениями более крупного порядка, которым можно было бы приписать роль рудоконтролирующих структур. Зальбанды жил ровные, лишь в местах изгиба и сопряжения с оперяющими их трещинами развиваются маломощные зонки дробления. Околорудные изменения проявлены очень слабо – в виде узких каемок осветления и спорадического окварцевания. Рудная масса (карбонаты с гнездами, прожилками и вкрапленностью галенита, сфалерита, пирита, с подчиненным халькопиритом) выполняет зияющие полости трещин разрыва и слагает цемент сланцево-песчаниковой брекчии. Протяженность жил от 100 до 700 м, мощность от первых дециметров до 3 м: на глубину некоторые из них прослежены на 100–150 м. Наиболее крупные жилы характеризуются кондиционными содержаниями свинца и цинка. Ртуть установлена в рудах примерно половины этих относительно более протяженных жил, однако промышленные ее концентрации связаны лишь

с центральными частями жил, имеющими повышенную мощность. Если свинцово-цинковая минерализация прослеживается в среднем не более чем на две трети общей длины продуктивной жилы, то ртутное оруденение распространяется лишь на одну треть рудного (по свинцу и цинку) интервала. Киноварь в большинстве случаев порошковая, но встречаются и кристаллические разности. Оруденение бедное — опытная эксплуатация, осуществлявшаяся в период высокой конъюнктуры на ртутном рынке, оказалась нерентабельной: после получения первых тонн металла разработка месторождения была прекращена.

Тагит — типичное месторождение ртутно-полиметаллической (свинцово-цинковой ртутьсодержащей) рудной формации, широко распространенной как в восточной части Магрибской зоны, так и в некоторых других ртутнорудных провинциях мира. Однако в данном случае это месторождение привлекает внимание несколько необычной позицией: отсутствием связи с крупными разрывными структурами, которые в других районах играют роль рудоподводящих и рудораспределяющих каналов. Жилы месторождения Тагит являются, по-видимому, "отголосками" более интенсивной рудогенерирующей деятельности, связанной со структурами цоколя или нижних горизонтов чехла (по аналогии с Марокканской

Умсеттой, где в древних гнейсах установлены многочисленные тела ртутьсодержащих сурьмяных и полиметаллических руд). По вещественному составу месторождение Тагит отнесено нами, со значительной долей условности, к плутоногенному образованию, однако приведенные данные в равной степени могут свидетельствовать и о телетермальной его природе. Что касается промышленного значения ртутьсодержащих свинцово-цинковых месторождений описываемого типа, то опыт обработки месторождения Тагит, обобщенный в монографии, посвященной 100-летию горнорудной промышленности Алжира (1937 г.), однозначно свидетельствует о том, что сколько-нибудь крупного значения они не имеют, и могут представлять определенный интерес только при комплексной их разработке.

Месторождение Бир-Бени-Салах, расположенное в Кольской Кабилии, во многом аналогично месторождению Тагит: здесь также выявлены крутопадающие рудные жилы

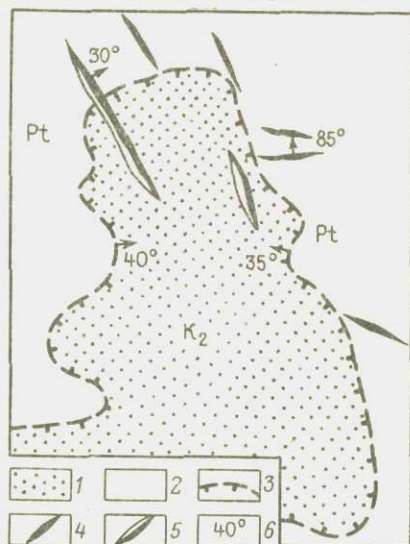


Рис. 5. Схематизированный план месторождения Бир-Бени-Салах, по Р. Джабба и др., 1982 г.

1 — терригенный флиш; 2 — гнейсы; 3 — тектонический покров; 4 — крутопадающие жилы с медно-полиметаллическим оруденением; 5 — более пологие жилы с ртутным оруденением; 6 — элементы залегания

с четко выраженными зальбандами, относящиеся к структурам заполнения зияющих трещин; опыт их пробной эксплуатации оказался не особенно удачным: из добытых руд было выплавлено, по-видимому, лишь несколько десятков тонн ртути; таким образом, месторождение, как и Тагит, небольшое. Специфические черты месторождения Бир-Бени-Салах следующие: 1) вмещающие породы здесь представлены древними метаморфизованными сланцами; 2) жилы в совокупности образуют веерообразный пучок, связанный с каким-то более крупным рудоподводящим каналом (рис. 5); 3) степень гидротермальной проработки рудовмещающих пород более высока — наряду с карбонатами, много кварца; 4) минеральные ассоциации более высокотемпературные, причем доминируют халькопирит и сфалерит. Ртуть отмечена в виде изоморфной примеси в сульфидных минералах всех жил, но самостоятельные скопления она образует только в одной из жил, служившей основным объектом добычи. В этой жиле, относительно более пологой по сравнению с остальными, было в свое время отработано линзообразное тело богатых руд, сложенных почти чистой кристаллической массивной киноварью. Продолжение указанной жилы скрыто под "нашлепкой" молодых глинистых сланцев, в основании которых возможно располагается согласная межформационная рудная залежь, связанная с базальным горизонтом интенсивно окварцованных конгломератов и сланцев.

К типично плутоногенным проявлениям ртутного оруденения относится небольшое месторождение Чипровцы, описанное И. Костовым (1956 г.) и другими болгарскими исследователями. Расположено оно в северо-западной части Болгарии и входит в состав Северо-Балканской тектонической зоны. На этом объекте чрезвычайно четко выражена зональность распределения разнотипного оруденения по отношению к массиву изверженных пород. Последний прорывает на северо-западном фланге крупной моноклиальной структуры пачку известняков мощностью в несколько сотен метров, прослеживающуюся в юго-восточном направлении более чем на 15 км. Почти на всем протяжении горизонт этих известняков как литологически наиболее благоприятных пород содержит проявления эндогенного оруденения. По мере удаления от интрузивного массива характер оруденения последовательно и закономерно меняется, что связано в первую очередь с соответствующим снижением температуры рудогенерирующих растворов и эманаций. Так, в эндоконтактной зоне массива гранитоидов установлены пегматоидные образования с наиболее высокотемпературной редкометальной и молибденовой минерализацией. В зоне ближнего эндоконтакта развиты скарновые залежи с вольфрамовым (шеелитовым) оруденением. Дальше следует зона железорудных (магнетит-гематитовых) метасоматических залежей, за которой идет зона колчеданных (пирит-пирротиновых с халькопиритом) руд. На крайнем юго-восточном фланге этого практически единого рудного поля, связанного с упомянутым горизонтом рудоносных известняков, располагаются согласные залежи и секущие тела полиметаллических, преимущественно свинцово-цинковых руд, содержащих места-

ми гнезда киновари и антимонита, а также ртутьсодержащего тетраэдрита.

По мере удаления от контакта с интрузивом в рудах перечисленных проявлений, характеризующихся закономерно снижающейся температурой образования, не менее закономерно возрастает и содержание ртути: в высокотемпературных приконтактных шеелитоносных скарнах и магнетит-гематитовых метасоматитах ее концентрация ненамного выше кларка; в более удаленных колчеданных залежах содержание ртути достигает местами десятитысячных долей процента, появляются при этом и четко выраженные ореолы гипогенного рассеяния этого элемента; в рудах полиметаллических месторождений, особенно жильных, ртуть постоянный элемент-спутник, ее содержания в сфалеритах весьма высоки — до 0,1 %; она образует также выделения самостоятельных минералов — ртутьсодержащих блеклых руд и киновари. Весьма обширны в последнем случае и ореолы гипогенного рассеяния ртути: у отдельных жильных тел пирит-галенит-сфалеритового состава их протяженность по вертикали измеряется многими сотнями метров, а содержание ртути достигает десятитысячных и даже тысячных долей процента. Здесь же фиксируются и шлиховые ореолы рассеяния киновари. Киноварь, обычно кристаллическая, плотная, образует, по И.С. Пееву и др. (1970 г.), в массе сульфидных, существенно пиритовых (с галенитом и сфалеритом) руд довольно крупные гнезда, представленные системой вкрапленников и прожилков мощностью до нескольких сантиметров. В ряде случаев киноварь цементирует обломки сульфидных руд, что свидетельствует о наложенном характере ртутной минерализации, однако тесное пространственное совмещение проявлений полисульфидного полиметаллического и киноварного оруденения свидетельствует о близком по времени отложении минералов меди, свинца, цинка и ртути, а также сурьмы. Оценивать перспективы на ртуть и сурьму всего Чипровского рудного поля пока преждевременно.

Особую группу плутоногенного класса составляют относительно высокотемпературные проявления ртутного оруденения с арсенопиритом в качестве одного из типоморфных минералов, генетически тесно ассоциирующих с киноварью. В древних массивах Большой и Малой Кабилии в Северном Алжире к этому типу относятся многочисленные проявления комплексного мышьяково-полиметаллического (с золотом) ртутьсодержащего оруденения — Маффуда и др. Связаны они чаще всего с сидерит-баритовыми залежами, в зальбандовых частях которых локализуются маломощные линзы, сложенные обычно ртутьсодержащим теннанитом, ассоциирующим с арсенопиритом, халькопиритом и минералами свинца и цинка. Отмечаются и жильные тела этого же состава, но развивающиеся в экзоконтактах небольших гранитоидных интрузивов. Золото в них визуально не диагностируется: чаще всего оно выделяется в виде мельчайшей (близкой к эмульсионной) вкрапленности на плоскостях спайности кристаллов арсенопирита, теннантита и пирита. Изредка в этой же парагенетической ассоциации встречаются тонкие прожилки и вкрапленность кристаллической киновари, однако основная масса киновари относится к вторичным, порошковатым ее скоплениям, образующимся за

счет окисления ртутьсодержащего теннантита. Для описываемых месторождений Северного Алжира характерны следующие особенности.

1. Ведущая роль арсенопирита, хотя в подавляющем числе случаев кинварь ассоциирует с самыми низкотемпературными минералами мышьяка — реальгаром и аурипигментом. Это означает, что ртутьсодержащие месторождения формируются и на более высокотемпературной ступени, чем это обычно принято считать, и поэтому в качестве своеобразного "минералогического термометра" условий их образования и следует рассматривать именно арсенопирит — относительно более высокотемпературный минерал мышьяка. Арсенопирит обычен для многих плутоногенных месторождений редких и цветных металлов, вследствие чего наличие этого минерала в ртутных рудах и вмещающих их породах должно служить критерием отнесения соответствующих месторождений к классу плутоногенных.

2. Золотоносность ртутных руд, содержащих арсенопирит. Статистический анализ данных о золотосодержащих ртутных месторождениях убедительно свидетельствует о существовании тесных геохимических связей ртути, золота и мышьяка, но лишь при условии, что последний обособляется в виде арсенопирита. Стоит, по-видимому, специально выделить группу ртутьсодержащих месторождений золото-мышьяковой формации (золото-арсенопиритовый минеральный тип).

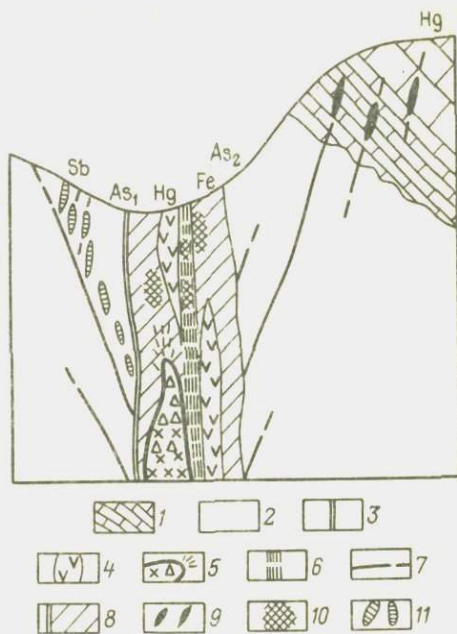
3. Наличие ртутьсодержащего теннантита. Обычно ртуть — характерная примесь блеклых руд существенно тетраэдритовой части ряда теннантит — тетраэдрит (вплоть до образования собственно ртутного минерала — шватцита). Для описываемых же месторождений впервые удалось доказать, что "ртутоносны" и минеральные разности близкие теннантиту: содержание ртути в них достигает иногда 5–6%. Ртутьсодержащий теннантит образуется, по-видимому, в месторождениях тех ртутнорудных провинций, для которых одним из типоморфных элементов металлогенического (геохимического) фона является мышьяк.

В Советском Союзе к ртутным месторождениям с заметным количеством арсенопирита относится **Кон-Чоч** в Центральном Таджикистане. Это месторождение, вернее рудное поле, детально изучавшееся З.В. Сидоренко, Т.И. Новиковой, К.В. Вазировым, Ю.А. Шуликовской, Е.Н. Горшковым и др., разведывалось в 40–50-х и 60–70-х годах сначала как ртутный (собственно Кон-Чоч), а затем как сурьмяный (месторождение Скальное) объект.

Кон-Чочское рудное поле входит в состав протяженного Зеравшано-Гиссарского ртутно-сурьмяного рудного пояса, характеризующегося преобладающим развитием месторождений телетермального класса. Отнесение месторождения Кон-Чоч к классу плутоногенных образований в определенной степени условно и основывается в значительной степени на минералогическом критерии — наличии арсенопирита (нередко золото-содержащего). Второй критерий — структурно-магматический: рудное поле, по данным Р.Б. Баратова, Е.Н. Горшкова и др., тесно связано с оригинальными структурами типа трубок взрыва. Располагаются они в западной части рудного поля и контролируются зоной субширотного глубинно-

Рис. 6. Структурный схематический разрез месторождения Кон-Чоч (вне-масштабный), по З.В. Сидоренко, Р.Б. Баратову, К.В. Вазирову, Е.Н. Горшкову и др.

1 – мраморизованные известняки девона; 2 – метаморфизованные сланцы силура; 3 – шовная зона глубинного разлома; 4 – тела измененных изверженных пород; 5 – предполагаемое на глубине тело эруптивных брекчий; 6 – зона милонитизации; 7 – сбросы разных масштабов; 8 – зона интенсивно дислоцированных и гидротермально измененных пород ("черные" графитизированные и пиритизированные сланцы и разлитованные эффузивы); 9 – жилы и гнездообразные рудные тела со светлой киноварью; 10 – линзы и гнездообразные рудные тела с темной киноварью, реальгаром, аурипигментом и таллиеносным пиритом; 11 – кварцево-антимонитовые жилы с арсенопиритом. Индексами обозначены зоны развития соответствующей минерализации (As_1 – арсенопиритной, As_2 – реальгаровой)



го разлома, вдоль которого локализуются основные проявления ртутной и ассоциирующей с ней более высокотемпературной редкометальной минерализации района. Трубки взрыва – округлые в плане или вытянутые вдоль основного разлома и оперяющих его нарушений более мелкого порядка тела брекчированных пород, подвергшихся интенсивной гидротермальной проработке. В составе обломков – основные и щелочно-основные породы глубинного происхождения, а также осадочные породы нижних структурных ярусов; цемент – интенсивно перетертый материал того же состава. Как обломки, так и цемент несут следы воздействия процессов динамометаморфизма и содержат наложенную эндогенную минерализацию, преимущественно вкрапленность различных сульфидов: пирита, пирротина, халькопирита и др. Особенно характерно для этих трубок повышенное содержание ртути – на один-два порядка выше кларкового. Вероятно, трубки взрыва служили "отдушниками" для ртутьсодержащих эманаций и растворов, а возможно и парообразной ртути, поступавшей из глубинного очага.

В структурном отношении Кон-Чочское рудное поле приурочено к системе субпараллельных и сложно пересекающихся разломов, связанных с упоминавшимся основным рудоконтролирующим глубинным разломом (рис. 6). По одному из них, представляющему собой крутопадающий взбросо-надвиг, толща карбонатных пород среднего – верхнего палеозоя надвинута с севера на существенно терригенные отложения палеозоя.

В зоне надвига устанавливается широкая (несколько сотен метров) полоса интенсивно милонитизированных, местами превращенных в пакеты тектонических глинок, пород разного состава: сланцев, эффузивов и их туфов, а возможно и основных интрузивных пород. Тектоническая природа этих своеобразных милонитов была впервые установлена К.В. Вазировым (1976 г.), доказавшим также наличие в зоне взбросо-надвига метаморфизованных силлов и даек.

Основная масса ртутного оруденения сосредоточена непосредственно в зоне милонитизированных пород. Здесь размещаются субогласные линзообразные залежи, связанные с зонами нарушений, параллельных основному рудоконтролирующему разлому, и локализующиеся часто в пакетах литологически благоприятных (относительно более проницаемых) пород – туфогенных и песчанистых сланцев, особенно углистых, а также в карбонатизированных их разностях. Заметную роль играют при этом локальные экраны в виде уплотненных милонитов и тектонических глинок. Существенное значение имеют и рудные тела иных структурно-морфогенетических типов: столбообразные (в местах пересечения крутопадающих сбросов), жильные (вдоль единичных трещин) и др.

Главный рудный минерал – киноварь, обычно темная; она чаще всего образует системы тонких пересекающихся прожилков, но нередки и скопления вкрапленных ее выделений. Киноварь ассоциирует с пиритом и арсенопиритом; последние характеризуются иногда повышенной золотосодержимостью. Пирит необычен: это смесь тонкокристаллических выделений собственно пирита и марказита, а также аморфного сульфида железа; такие образования называют мельниковитом. Необычен и состав описываемого пирита: он содержит повышенные количества ряда элементов-примесей как изоморфно замещающих серу (селен, теллур), так и образующих, по-видимому, самостоятельные минеральные микровключения (таллий). Отметим, что по содержаниям таллия отдельные участки месторождения Кон-Чоч резко выделяются, по данным А.С. Великого, О.В. Вершковской, Ю.В. Волгина и др. (1980 г.), на фоне всех других ртутно-сурьмяных месторождений Средней Азии. Концентрация ртути в пиритах данного месторождения также высока – до первых сотых и даже иногда десятых долей процента (это, как будет показано несколько ниже, вообще характерно для гидротермальных пиритов ртутных месторождений).

На верхних горизонтах месторождения Кон-Чоч, кроме арсенопирита, отмечаются и другие минералы мышьяка: реальгар, аурипигмент. Т.И. Новиковой (1972 г.), Ю.А. Шуликовской (1977 г.) и др. были диагностированы сфалерит и ряд редких минералов из группы сульфосолей (блеклые руды и др.), но только в виде микровключений. По данным О.В. Вершковский и др. (1982 г.), здесь выявлены также флюеппит, цинкенил и др. Нерудные минералы представлены дикимитом (ведущий жильный минерал), разнообразными карбонатами, кварцем (играет подчиненную роль) и в различной степени графитизированными битумами (специфическая особенность этого месторождения), точнее не определенными; редко встречаются барит и флюорит.

Для ртутных руд арсенипирит – особо вредная примесь. При возгонке ртути во вращающихся печах и печах кипящего слоя продукты разрушения арсенипирита – разнообразные соединения мышьяка – забивают конденсационную систему, резко понижая выход металлической ртути: последняя с большим трудом отбивается от ступы (сажистая масса с капельками ртути, накапливающаяся в конденсационных емкостях после охлаждения отходящих газов). Для руд месторождений Кон-Чоч это положение усугубляется наличием тонкодисперсного глинистого материала, обогащенного битумами. Таким образом, арсенипиритсодержащие ртутные руды – технологически одни из наиболее “упорных” (для руд, содержащих еще более значительные количества мышьяка, но в других минеральных формах – в виде реальгара или аурипигмента, – проблема их технологичности не столь остра – участки Северной рудоносной зоны на Хайдарканском ртутно-сурьмяно-мышьяково-флюоритовом месторождении разрабатываются на ртуть весьма успешно).

Основная рудоносная зона месторождения Кон-Чоч разведана на значительную глубину и прослежена вдоль рудоконтролирующего разлома на многие километры. Со стороны висячего бока последнего, в толще надвинутых известняков, установлена серия сопрягающихся с ним малоамплитудных нарушений. Они служили, по-видимому, выводными каналами для “отработавших” порций ртутоносных растворов. При их участии в осветленных мраморизованных известняках верхнего структурного яруса рудного поля формировались небольшие гнездо- и жилиобразные тела киноварных руд. Киноварь в известняках более светлая, чем на собственном месторождении, крупнокристаллическая, выделяется вне связи с другими рудными и жильными (кроме молочно-белого кальшита) минералами и почти свободна от элементов-примесей. Со стороны лежащего бока основной рудоносной зоны в тектонически слабо дислоцированных, но достаточно интенсивно метаморфизованных сланцах палеозоя устанавливается аналогичная описанной система малоамплитудных нарушений, но связано с ними почти монометальное сурьмяное оруденение (месторождение Скальное). По данным Е.Н. Горшкова (1982 г.) и др., одиночные жилы антимонита месторождения Скальное на глубине смыкаются в единую зону типа линейного штокверка, которая, в свою очередь, еще глубже причленяется к одной из составляющих основного рудоконтролирующего взбросо-надвига. Таким образом, на примере Кон-Чочского рудного поля можно наблюдать редкий случай единого структурного “дерева”, с отдельными ветвями (ярусами) которого последовательно связаны зонально располагающиеся по отношению друг к другу залежи монометальных ртутных руд (вверху, в известняках), тела многокомпонентных комплексных, но все же существенно ртутных руд (в центре, в зоне милонитизации) и жилы и штокверки монометальных сурьмяных руд (нижний горизонт, в сланцах).

Стратиформные залежи комплексных сурьмяно-вольфрамовых ртутьсодержащих руд, пользующиеся широким развитием в Южных Альпах, а также в Анатолии, выделяются А. Маухером [40] в самостоятельную рудную формацию – вольфрамово-сурьмяно-ртутную. Их специфическая

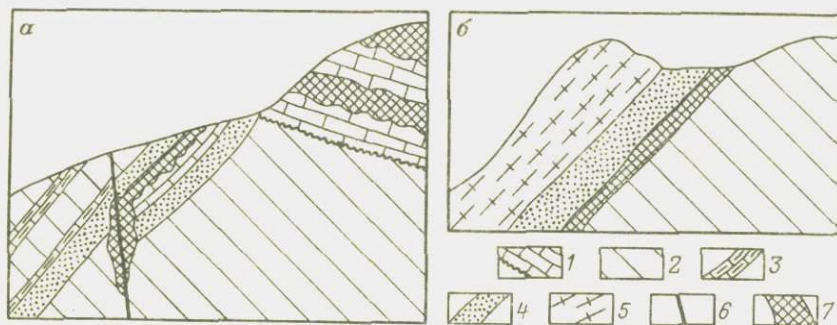


Рис. 7. Схематизированные разрезы статиформноподобных месторождений вольфрамово-сурьмяно-ртутной рудной формации, по А. Маухеру, Р. Хеллю, М. Йилдизи, Е.Х. Бейли и др.:

а – Карареис, *б* – Хёликей (Турция). 1 – известняки девона; 2 – слюдястые гнейсы с прослоями черных графитизированных сланцев, туффитов и др.; 3 – пропластки мраморизованного известняка в гнейсах; 4 – пачки песчаников; 5 – гранито-гнейсы; 6 – разломы; 7 – согласные залежи и секущие тела окварцованных пород с ртутным, а также ртутно-сурьмяно-вольфрамовым оруденением

особенность – четко выраженное положение в разрезе древних толщ терригенных пород, сложенных метаморфизованными сланцами, песчаниками и туфогенными образованиями. Оруденение приурочено к выдержанным горизонтам кремнистых пород, которые в свою очередь являются составными частями более мощных пачек углисто-глинистых сланцев, содержащих прослой туфогенных песчаников. Таким образом, здесь можно говорить о так называемой углеродно-сланцевой формации, в последние годы привлекающей пристальное внимание геологов в связи с ее перспективностью на многие полезные ископаемые – от золота, селена и урана до молибдена, рения и ванадия. Промышленные концентрации ртути, установленные лишь в единичных месторождениях описываемой рудной формации, известных в Австрии и Северной Италии, а также Турции, связаны обычно с местными раздувами сурьмяно-вольфрамовых рудных залежей, обусловленными изгибами рудоносных пластов и осложненными их поперечными разломами. Вдоль последних фиксируются рудные тела секущего типа, переходящие иногда с одной стороны в жилы с четко очерченными зальбандами, а с другой – в штокверки линейной ориентировки (рис. 7).

Стратиформные месторождения вольфрамово-сурьмяно-ртутной рудной формации изучены еще недостаточно, тем не менее, опыт разведки и спорадической разработки отдельных рудных залежей свидетельствует о том, что среди них могут быть выявлены крупные объекты, пригодные для массовой отработки, хотя и с рудами недостаточно высокого качества. Эксплуатировавшиеся месторождения содержали относительно мало-мощные (первые метры) пласто- и линзообразные тела, с раздувами вблизи поперечных разломов до 5–10 м. Содержание Sb в них не превышало

обычно 2–3 %, WO_3 0,2–0,3 %, Hg 0,1–0,2 %. Общие запасы ртути, являющейся главным образом попутным компонентом, на отдельных месторождениях этого типа исчисляются десятками – первыми сотнями тонн. К описываемому типу, по данным Р. Хёлля [37], А. Маухера [40], В.И. Бергера (1980 г.) и др., можно отнести и часть стратиформных, собственно ртутных месторождений Южной Европы и Турции, связанных с кремнистыми горизонтами в толщах углисто-глинистых пород, ранее относившихся к секущему типу. В этом случае прогнозные масштабы ртутных месторождений вольфрамово-сурьмяно-ртутной рудной формации могут быть на порядок выше – до первых тысяч тонн.

В отношении генезиса этих месторождений единой точки зрения пока нет. Некоторые исследователи – Р. Хёлль [37], А. Маухер [40], В.Т. Сургай (1980 г.), В.И. Бергер (1980 г.) и др. – склоны считать их осадочно-эксгальционными образованиями. С таким же успехом эти месторождения можно отнести и к классу телетермальных: они амагматогенны, относительно низкотемпературны, представлены пластообразными залежами, тяготеющими к зонам глубинных разломов. Наконец, существует мнение о плутоногенном происхождении месторождений рассматриваемой рудной формации. Основывается оно на предположении о наложенном характере оруденения и связи последнего с рудогенерирующими магматическими очагами, дериватами которых являются малые интрузии, отмечающиеся на отдельных рудных полях. Во всех трех моделях рудогенеза признается роль метаморфогенного фактора – мобилизации и переотложения рудного вещества, в том числе и первично-осадочного, чем обуславливается наличие, наряду с согласными, и секущих рудных тел. Нами эти месторождения условно отнесены к плутоногенным на основании минералогических ассоциаций, которые во многом аналогичны тем, что ранее были описаны для жильных месторождений группы Воси – Сиань – Таоань. Отличие – в более низкой температуре образования рудных и особенно жильных минералов в согласных (стратиформных) залежах по сравнению с секущими – жильными телами.

В последнее время накапливается все больше данных о том, что наряду с высокотемпературными (скарново-гидротермальными) месторождениями вольфрама, в которых ведущую роль играет шеелит, существует и группа относительно низкотемпературных месторождений вольфрама шеелитового минерального типа – в том числе и формирующихся при участии ныне действующих поствулканических термальных источников (Невада и Калифорния в США). Это сближает геохимические пути таких, казалось бы, далеких друг от друга элементов, как ртуть и вольфрам, и приводит в случае их пересечения к формированию комплексных ртутно-вольфрамовых месторождений, типа Тамватней на Чукотке. Систематическое ревизионное переопробование на вольфрам ряда ртутных месторождений Средней Азии, начатое по инициативе В.М. Рогового, П.Н. Горчакова и др., уже привело к обнаружению в Южной Фергане в толще терригенно-эффузивных пород нижнего-среднего палеозоя отдельных горизонтов углисто-глинистых сланцев, заметно обогащенных (до промышленных содержаний) вольфрамом. Это свидетельствует о перспектив-

ности рассматриваемого типа ртутьсодержащих стратиформных месторождений вольфрамовой рудной формации. Необходимо продолжить их изучение, несмотря на трудности диагностики вольфрамовых минералов, характерных для месторождений этого типа.

Месторождения кварц-карбонат-баритового типа

Плутоногенные ртутьсодержащие месторождения, локализующиеся в толщах карбонатных пород, менее разнообразны: для них в основном характерны метасоматические залежи кварц-карбонат-баритового состава, несущие достаточно однородную рудную минерализацию, преимущественно блеклорудно-киноварную.

Месторождение Гордрам в Южной Ирландии — один из наиболее крупных объектов этого типа; оно получило широкую известность в 60–70-х годах. Месторождение представлено протяженной внутриформационной метасоматической залежью в толще карбонатных пород существенно доломитового состава (рис. 8). Залежь связана с зоной крупного разлома, игравшего, по-видимому, роль рудоподводящего канала, так как по мере удаления от него мощность рудоносной залежи закономерно уменьшается, а ее форма все более усложняется как в плане, так и по вертикали (наблюдается расслаивание ранее единого рудного тела). Месторождение было первоначально разведано как медное, позже в медно-сульфидных рудах установлено наличие ртути, входившей в основном в состав тетраэдрита. Ртуть образует смесь и в других сульфидах, но в количествах, обычных для многих медно-полиметаллических месторождений стратиформного типа. На отдельных участках отмечены также выделения мелкокристаллической и порошковатой киновари.

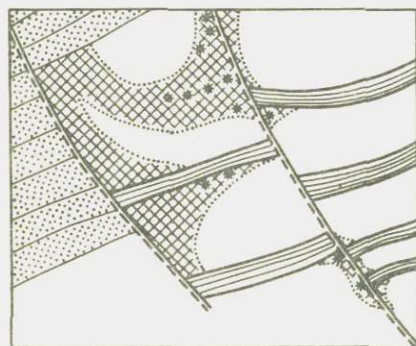


Рис. 8. Схематизированный разрез ртутьсодержащего меднорудного месторождения Гордрам, по И.С. Томпсону, 1967 г.

1 — известняки и доломиты карбона;
2 — пропластки глинистых сланцев;
3 — песчаники девона; 4 — разломы;
5 — метасоматические залежи медных
серебросодержащих руд; 6 — участки,
обогащенные ртутью

Содержание меди в исходной руде 0,5–1,5 %, ртути — первые сотые доли процента. При обогащении получался коллективный ртутно-медный концентрат, в котором содержалось до 30 % меди и иногда до 1 % ртути. При металлургическом переделе кондиционного медного концентрата ртуть извлекалась попутно в количествах, максимальных для этого вида продукции — до многих десятков тонн в год. В целом же за сравнительно короткий срок эксплуата-

ции месторождения (в последние годы добыча резко сократилась) на нем было получено несколько сотен тонн попутной ртути.

Общие запасы ртути месторождения Гордрам оцениваются по различными источникам от 0,5 до 0,8 тыс. т, что ставит его в разряд средних (по ртути) объектов, однако среди большого числа ртутьсодержащих месторождений оно заметно выделяется по масштабам, занимая в их ряду одно из первых мест.

Отмечается несовпадение контуров наиболее богатого медного и ртутного оруденения, а также околорудных ореолов рассеяния этих элементов; тем не менее, нет достаточных оснований для вывода о разновозрастности медного и ртутного оруденения или о наложенном характере последнего. Скорее всего ртуть является закономерным, хотя, по-видимому, и одним из наиболее поздних членов единого процесса эндогенного рудообразования, какого — плутогенного или телетермального — сказать трудно. Многие признаки: стратиформность, средне- низкотемпературный комплекс основных рудных и жильных минералов, связь с глубинными разломами и др. свидетельствуют о телетермальной его природе. В пользу же отнесения месторождения Гордрам к плутогенному классу говорят два факта: генетическое (по геохимическим и другим признакам) родство с соседними медно-полиметаллическими месторождениями, располагающимися зонально по отношению к крупным интрузивным массивам гранитоидного состава и потому, вероятно, с ними связанными, и ведущая роль в рудах халькопирита — минерала, характерного для плутогенных месторождений.

В Чаткальской тектоно-металлогенической зоне (Приташкентский район Тянь-Шаня) в 60-х годах М.Д. Трояновым и др. было выявлено рудопроявление Тепар, относящееся к тому же подклассу плутогенных медно-рудных ртутьсодержащих месторождений, что и Гордрам. По данным Г.А. Тереховой и др. (1968 г.), оно представлено субсогласной зоной сульфидной минерализации, выделяющейся в толще слоистых доломитов девона. В пределах зоны установлены небольшие раздувы, связанные со структурами внутрiformационного расслоения и осложняющие их косыми малоамплитудными разрывами. Главный рудный минерал — ртутьсодержащая блеклая руда, ассоциирующая с халькопиритом, пиритом, кварцем и карбонатами. Содержание ртути в блеклой руде до первых процентов, выделяется она и в виде киновари — первичной, кристаллической, и вторичной, порошковой, образующейся при окислении ртутьсодержащих сульфосолей. Рудопроявление Тепар самостоятельного промышленного интереса не представляет, однако оно заслуживает внимания как эталонный объект еще недостаточно изученного подкласса плутогенных ртутьсодержащих месторождений, перспективы которых на ртуть, судя по опыту эксплуатации месторождения Гордрам, довольно значительны.

Месторождение Рудняны в Чехословакии, так же как и Гордрам, представляет собой крупную внутрiformационную согласную залежь в толще пород существенно карбонатного (доломитового) состава (рис. 9), но основу метасоматитов составляет иной минеральный комплекс: сиде-

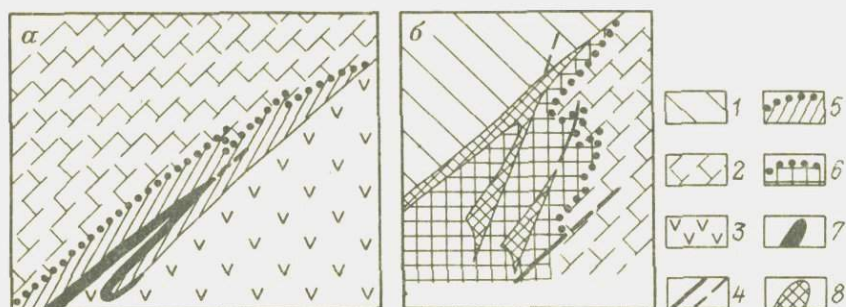


Рис. 9. Месторождения, связанные с метасоматитами в известняках:

a – схематизированный разрез ртутного месторождения Ашат в Южной Ферганае, по Г.К. Глотову, 1943 г.; *б* – деталь строения рудоносной залежи ртутьсодержащего месторождения Рудняны в Чехословакии, по М. Бёммеру и др., 1963 г.

1 – сланцы; 2 – мраморизованные доломитизированные известняки; 3 – порфиры; 4 – разломы; 5 – метасоматическая межформационная залежь массивного барита; 6 – внутрiformационная баритово-сидеритовая метасоматическая залежь; 7 – киноварное оруденение; 8 – полиметаллическое ртутьсодержащее оруденение

рит-магнезит-гематит-баритовый. С метасоматитами связаны тела сульфидных руд: субогласные линзы, сложно ветвящиеся жилы, штокверки и линейные зоны минерализации. Оруденение комплексное, существенно полиметаллическое. Один из главных рудных минералов – ртутьсодержащая блеклая руда (иногда почти швартцитового состава); отмечаются и обособленные рудные тела, сложенные киноварью. Ранее отдельные участки этого месторождения, вернее, рудного поля, обрабатывались селективно как на рудные (свинец, цинк, серебро, ртуть, железо и др.), так и на нерудные (барит, магнезит и др.) полезные ископаемые. В 70-х годах разработана схема комплексного извлечения и использования практически всех составляющих руд этого месторождения, в том числе и ртути. Внедренная в производство новая технологическая схема переработки руд месторождения Рудняны предусматривает получение при обогащении комплексного полисульфидного концентрата, из которого затем последовательно, используя комбинированный химико-металлургический метод, извлекаются основные (свинец, цинк) и сопутствующие (медь, сурьма, ртуть, благородные металлы, селен, теллур и др.) компоненты. На примере месторождения Рудняны убедительно доказано, что успех освоения ртутьсодержащих комплексных полисульфидных месторождений определяется в первую очередь тем, насколько эффективно решена проблема технологии переработки руд, причем не столько обогащения, сколько последующего металлургического передела.

В СССР к руднянскому типу (в карбонатных породах) относятся некоторые баритовые месторождения Закавказья, представленные метасоматическими сульфидсодержащими залежами, а также месторождение Ашат в Средней Азии (см. рис. 9), расположенное в труднодоступной осевой части Туркестанского хребта. Примечательно оно как по геологической структурной позиции – приурочено к зоне контакта мраморизованных

известняков силур-девона с силлобразным телом измененного порфира, так и по вещественному составу — основное рудное тело представлено крупной межформационной залежью сплошного мелкокристаллического барита, в котором киноварь образует местами мелкую густую вкрапленность. Такой барит имеет розовато-красный цвет и часто только под микроскопом в нем можно различить микровыделения киновари. Месторождение Ашат открыто в самом начале XX в. Б.И. Краузе; в это же время была пройдена небольшая разведочная штольня. В 50–60-х годах в процессе геологического картирования на продолжении ранее выявленной рудоносной зоны было обнаружено ртутное оруденение и непосредственно в мраморизованных известняках, но уже в виде гнезд крупнокристаллической киновари. И все же Ашат остается единственным известным нам ртутным месторождением, в котором рудовмещающие метасоматиты представлены чистым баритом. Практическая ценность месторождений этого типа заметно возрастает, если наряду с баритом при переработке добываемого сырья будет получаться и полисульфидный концентрат. Следует, однако, отметить, что, по данным А.И. Гомелаури и др. (1978 г.), ртуть в месторождениях этого типа выделяется в двух минеральных формах: в виде изоморфной примеси в блеклых рудах и в других ассоциирующих с ними сульфидах (в первую очередь в сфалерите) и в виде мельчайшей вкрапленности киновари, рассеянной в массе барита. Если в первом случае технология получения селективного, полисульфидного ртутьсодержащего концентрата уже отработана на ряде действующих предприятий (Рудняны и др.), то во втором требуется проведение дополнительных исследований. Подчеркнем, что добыча барита неуклонно возрастает; общемировое потребление барита достигло почти 3 млн. т. Это соответствует многим десяткам тонн попутной ртути.

В районе барит-свинцово-цинкового месторождения Джебель-Ишмуль в Северо-Восточном Алжире в толщах карбонатных пород мезозоя выявлены многочисленные субсогласные метасоматические залежи, в рудах которых наряду с галенитом и сфалеритом широким развитием пользуются ассоциирующие с баритом ртутьсодержащие блеклые руды, киноварь, ртутьсодержащий сфалерит.

Аналогичные месторождения известны и в ряде районов СССР. Так, в Казахстане (Галасский Алатау и др.) разведывались залежи свинцово-цинковых руд, связанные с определенными горизонтами толщи карбонатных пород среднего и верхнего палеозоя. На месторождениях Бала-Балды-Брек и др. некоторые рудные тела характеризуются повышенным содержанием ртути, которая входит изоморфно в состав сфалерита, а также образует самостоятельные скопления, часто вне связи с основными залежами свинцово-цинковых руд. В отдельных случаях изолированные зоны с киноварной минерализацией в осветленных известняках можно рассматривать в качестве самостоятельных ртутных месторождений. Однако этот тип ртутьсодержащих свинцово-цинковых месторождений, разведывавшихся в 50-х годах С.А. Ленисовым, Г.М. Арсением и др., изучен пока недостаточно и поэтому общие перспективы оценить трудно.

Несомненно то, что в случае промышленных масштабов таких месторождений по основным компонентам попутное извлечение ртути может заметно повысить рентабельность их разработки; отдельные месторождения могут быть переведены в разряд промышленных, если учесть их комплексный характер (наличие ртути, барита и др.).

В Юго-Восточной Азии, на Кавказе и в других ртутнорудных провинциях и зонах мира широко распространены проявления низкотемпературного (реальгар-аурипигментового) мышьякового оруденения, представленного сложными в структурном отношении рудными телами, локализующимися в толщах карбонатных пород. К этому типу относятся в Юго-Восточном Китае месторождение Хуан-Хуа (согласная залежь реальгара в мергелистых доломитах), а на Кавказе Лухуми (сложно ветвящаяся система аурипигментовых жил в осветленных известняках). Месторождения подобного типа служат объектом эксплуатации для получения особо чистого мышьяка, используемого для производства полупроводников, поэтому можно ставить вопрос и о попутном извлечении ртути, ассоциирующей чаще всего с реальгаром. Рентабельность отработки таких месторождений еще более повысится, если из руд будут извлекаться и другие элементы-примеси: таллий, селен, теллур, сурьма (комплекс, характерный для большинства месторождений реальгар-аурипигментового типа).

Обобщая приведенные данные о генетических, минеральных, структурно-морфологических и геолого-промышленных типах ртутных и ртутьсодержащих месторождений плутоногенного класса, можно сделать следующие выводы.

1. Месторождения необходимо рассматривать в качестве комплексных, и только в качестве таковых должна осуществляться их сравнительная геолого-экономическая оценка. В генетическом отношении некоторые месторождения этого класса близки к телетермальным образованиям и поэтому не всегда могут быть точно диагностированы.

2. Промышленные типы ртутьсодержащих плутоногенных месторождений разнообразны и недостаточно изучены с точки зрения возможности попутного извлечения ртути.

Главное направление дальнейших исследований – совершенствование методов технологии обогащения и особенно металлургической переработки ртутьсодержащего рудного сырья. Для этого необходимо получение достоверных данных о формах нахождения ртути в рудах и вмещающих породах и о закономерностях ее распределения в рудных телах, рудах и минералах, а также в промипродуктах обогащения и металлургического передела. Специальное или попутное извлечение ртути из руд плутоногенных месторождений – не только значительный резерв увеличения производства этого металла, но и один из путей предотвращения возможного заражения ртутью, ее парами и токсичными соединениями районов, примыкающих к предприятиям по переработке ртутьсодержащего минерального сырья.

К классу телетермальных, или амагматогенных, по В.И. Смирнову [23], относятся стратиформные месторождения спорного генезиса, распространенные ". . . на площадях развития осадочных формаций, где отсутствуют активные изверженные породы, гидротермальными дериватами которых эти месторождения могли бы являться". Из названия этого класса месторождений следует, что основная отличительная черта последних — отсутствие каких-либо признаков связи с проявлениями магматической деятельности как интрузивной, так и эффузивной. Правда, трудно найти ртутнорудную провинцию без выходов изверженных пород, однако можно назвать крупные области и рудоносные зоны в них, где магматических проявлений почти нет. Так, в центральной части обширной Южно-Китайской ртутно-сурьмяной рудной области, объединяющей многочисленные месторождения ванышаньского типа, развитые на площади многих десятков тысяч квадратных километров, известен лишь один небольшой интрузив диоритового состава в районе горы Фынхуан (провинция Гуйчжоу).

В других ртутнорудных провинциях с оруденением телетермального типа изверженные породы проявлены более широко, однако они обладают некоторыми специфическими особенностями, присущими только этим провинциям. При сопоставлении большого числа ртутнорудных полей и зон, проведенном Г.А. Тереховой [26], Р.В. Оболенской (1970 г.) и др., установлено, что для них характерны три четко выраженных комплекса изверженных пород: 1) дайки диабазового порфирита; 2) гипербазиты, обычно серпентинизированные; 3) штоки и малые интрузии диоритов, часто со щелочным уклоном.

Системы маломощных даек диабазового порфирита, удивительно постоянных по химическому составу, развиты практически во всех ртутнорудных полях большинства ртутоносных провинций, поясов и зон (Средняя Азия, Горный Алтай, Кавказ, Юго-Восточная Азия, Балканы и др.). Петрохимически они составляют совершенно обособленную группу и генетически не ассоциируют с какими-либо конкретными интрузивами. В общей схеме магматизма соответствующей тектонической зоны они связаны с завершающими этапами тектоно-магматического цикла, будучи обычно наиболее молодыми. По отношению к оруденению эти дайки являются близкопредрудными, непосредственно ему предшествуют. Дайки диабазового порфирита, располагающиеся в контурах ртутнорудных полей и месторождений, интенсивно изменены. Их абсолютный возраст, по данным Н.Ю. Баринковой и др. (1979 г.), почти соответствует возрасту серицитоподобных жильных минералов, встречающихся в тесной парагенетической ассоциации с кинварью.

На Хайдарканском рудном поле (Южная Фергана) абсолютный возраст как даек, так и наложенной на них рудной минерализации позднепалеозойский, что не противоречит общегеологическим данным. Однако, по мнению Н.Ю. Баринковой, не исключена возможность, что некоторые дайки диабазового порфирита могут оказаться близкопослерудными

(но в пределах общей возрастной "вилки" всего Южно-Ферганского рудного пояса).

Судя по петрохимической характеристике даек, развитых в пределах телетермальных ртутнорудных полей, а также основываясь на повсеместной приуроченности отдельных серий и систем даек к зонам краевых региональных разломов, можно сделать вывод о связи их с глубинными очагами базальтоидной магмы. Магмовыводящие разломы служили одновременно и основными рудоконтролирующими структурами: вдоль них концентрируются обычно проявления ртутной и сопутствующей ей минерализации. Протяженность таких дайко- и рудоконтролирующих разломов глубинного заложения измеряется многими сотнями километров.

Серпентинизированные гипербазиты также обычно непосредственно связаны с рудоконтролирующими зонами долгоживущих краевых глубинных разломов. С телами гипербазитов глубинного происхождения в ряде случаев ассоциируют ртутные месторождения листовитового типа, характеризующиеся максимальной для ртутных руд протяженностью промышленного оруденения на глубину (свыше 1200 м для месторождения Чонкой в Южной Фергане и более 800 м для месторождения Нью-Альмаден в США). Месторождения джаспероидного карбонатного и других типов обычно удалены от рудоконтролирующих разломов, а следовательно и от серпентинизированных гипербазитов, иногда на расстояние до первых десятков километров, тем не менее, они тяготеют к разломам более высоких порядков, сопрягающимся с главными рудоконтролирующими структурами и играющими роль рудовыводящих и рудораспределяющих каналов.

Таким образом, тесная структурно-пространственная ассоциация телетермального ртутного оруденения с дайковыми полями основного состава и цепочками гипербазитовых тел — косвенный признак глубинности рудогенерирующих очагов. Генетическая связь, тем более прямая, не усматривается: речь может идти лишь об общности путей проникновения магмы и циркуляции ртутоносных рудогенерирующих растворов; как те, так и другие имеют, по-видимому, глубинный, может быть, даже подкоровый или мантийный источник.

Изверженные породы третьего комплекса изучены менее детально, и отношение их к телетермальному ртутному оруденению пока не ясно. Установлено лишь, что с зонами рудоконтролирующих глубинных разломов иногда связаны также изолированные штоки пород среднего состава (типа диоритов), но обычно с более или менее четко выраженным щелочным уклоном. Штоки небольшие, площадь их иногда лишь первые десятки квадратных метров. Располагаются они часто в центральных частях дайковых полей, там, где частота встречаемости даек диабазового порфирита максимальна. Это наводит на мысль о возможности генетической связи этих образований, тем более что в соседних зонах, в районах развития кислых пород, такие штоки неизвестны. Их можно отнести, по-видимому, к типу так называемых малых интрузий, которые парагенетически связаны с гидротермальным оруденением. Если наличие гипербазитов

Типы телетермальных ртутных месторождений

Геолого-промышленный тип	Вмещающие породы	Структурный тип	Месторождения
Кварц-дикиитовый	Пласты и пачки песчаников в сланцах	Пластообразные залежи в сводовых частях куполовидных складок; жилы	Никитовка (СССР), Альмаден (Испания)
	Глинистые сланцы и алевролиты	Минерализованные зоны дробления вдоль разломов	Сахалинское (СССР)
	Эффузивы и их туфы	Гнездообразные и жильные тела вдоль систем разрывных нарушений	Терлигхая (СССР)
	Секущие дайки в сланцах и эффузивах	Линзо- и столбообразные тела в местах пересечения даек разрывными нарушениями	Авадхара (СССР), Ред-Дэвл (ША)
Джаспероидный	Тонкослоистые глинистые известняки	Пласто- и плащеобразные залежи в сводовых частях антиклиналей под сланцевым экраном	Хайдаркан (СССР)
	Массивные известняки	Гнездо- и линзообразные тела в окварцованных известняках вблизи от сланцевого экрана	Чаувай (СССР)
	Пласты и пачки тонкослоистых известняков и доломитов в толще массивных карбонатных пород	Линзо- и гнездообразные тела в горизонтах внутриформационных джаспероидов	Келянское (СССР)
Карбонатный	Тонкослоистые глинистые доломиты, реже известняки	Согласные залежи, контролирующиеся структурами внутриформационного расчленения; гнезда, штокверки, жилы	Адыракоу (СССР), Ваньшань, Даньчжай, Цзяоли (КНР)
	Массивные известняки, реже доломиты	Гнездо-, жило- и штокверкообразные тела в местах пересечения разломов	Бирксу (СССР)

Геолого-промышленный тип	Вмещающие породы	Структурный тип	Месторождения
Лиственитовый	Гидротермальные метасоматиты в зоне контакта гипербазитовых тел со сланцами	Плащеобразные залежи, контактовые рудные столбы в апикальных частях серпентинизированных гипербазитов и на перегибах их контактовых поверхностей	Чонкой (СССР), Нью-Альмаден (США)
	Сланцы, эффузивы, известняки на удалении от зоны контакта с гипербазитами	Секущие жилы, гнезда и штокверковые тела вдоль систем разрывных нарушений, связанных с приконтактовыми разломами	Сарьгаш (СССР), Нью-Идрия (США)

тов — надежный признак глубинности рудогенерирующих очагов, что дает основания для оптимистических оценок в отношении возможной протяженности рудоносных зон по простиранию и по вертикали, то присутствие малых интрузий в совокупности с дайковыми полями можно рассматривать в качестве косвенного критерия интенсивности проявления процесса рудообразования — чем гуще сеть даек, тем, как правило, более крупным является ртутнородное поле.

Телетермальные месторождения формируются, как установлено при термобарометрических исследованиях газово-жидких включений в кристаллах жильных минералов и киновари (Н.П. Ермаков, 1960 г.; Г.Г. Грушкин, 1961 г.; Б.О. Манучарянц и др., 1980 г.), в течение длительного времени (до первых миллионов лет) при участии низко- до среднетемпературных (от 60 до 250 °С), слабоконцентрированных (до 4 г/л), хорошо отсепарированных (малокомпонентных), слабощелочных (рН около 7) растворов, очень замедленно (иногда со скоростью всего лишь десятки метров в год), но под большим давлением (до $3 \cdot 10^8$ Па) циркулирующих в стабильных тектонических условиях вдоль протяженных рудолокализирующих структур в литологически однородных породах. Стабильные условия рудоотложения определяют специфические особенности телетермальных месторождений ртути: высокую степень гидротермальной проработки больших объемов рудовмещающих пород (вплоть до образования мощных и весьма выдержанных по падению и простиранию горизонтов разнообразных метасоматитов), простоту вещественного состава руд (часто киноварь — единственный рудный минерал), полнокристалличность форм большинства рудных и жильных минералов, наличие обширных ореолов рассеяния ртути и сопутствующих ей элементов-индикаторов скрытого оруденения, большой вертикальный размах рудоотложения и многоярусный его характер. Однако в качестве

главного признака следует выделить тип метасоматических преобразований рудовмещающих пород, прямо определяющих комплекс жильных минералов. По этому критерию среди телетермальных ртутных месторождений, а также ассоциирующих с ними сурьмяных, реже мышьяковых, флюоритовых, баритовых, а иногда и свинцово-цинковых можно выделить четыре основных типа (табл. 4).

Ртутные месторождения кварц-диккитового типа

Месторождения этого типа пользуются значительным распространением в ряде рудных провинций мира: ими представлен Центрально-Пиренейский рутнорудный узел с месторождением Альмаден [44], в СССР к данному типу относятся месторождения Никитовка в Донбассе [6, 8, 14, 31], Западно-Палянское на Чукотке [1], а также многочисленные месторождения и рудопроявления Северного Кавказа [2, 21, 30, 31] и Якутии [1]. Главный признак месторождений кварцево-диккитового типа — связь с зонами окварцевания и диккитизации в мощных толщах однородных пород алюмосиликатного состава — преимущественно песчаниках и сланцах, но нередко и эффузивах. Оптимальный случай — локализация оруденения в относительно маломощных горизонтах кварцитоподобных песчаников, залегающих в толще существенно сланцевых пород.

Обобщенный "портрет" месторождений кварц-диккитового типа представлен на рис. 10, на котором в несколько идеализированном виде сведены воедино рудные тела наиболее распространенных структурно-морфологических типов, выявленных в процессе детальной разведки большого числа месторождений, связанных с зонами окварцевания и диккитизации в породах алюмосиликатного состава, преимущественно терригенных. Этот разрез достаточно объективно отражает геолого-структурную позицию каждого из выделенных структурно-морфологических типов рудных тел. Его основу составляет антиклинальная складка, осложненная зоной рудоконтролирующего разлома (она же — главный рудоподводящий канал). В ядре складки среди глинистых сланцев выделяется одна из наиболее мощных (обычно до первых десятков метров) пачек кварцевых песчаников — главный рудовмещающий горизонт; таких горизонтов может быть несколько (до семи, как в Донбассе).

В наиболее простом случае промышленное оруденение в виде согласных залежей, линз и гнезд локализуется только в пределах основного горизонта песчаников, подвергшихся на первом этапе рудогенеза интенсивному предрудному окварцеванию. В результате довольно рыхлые и проницаемые песчаники превращаются в сливные кварцитовидные породы, легко поддающиеся дроблению. Это можно наблюдать на Софиевском участке Никитовского рудного поля в Донбассе, где оруденение концентрируется в сводовой части куполовидной брахиантиклинали. При наличии более сжатой, иногда почти изоклиальной и запрокинутой антиклинали значительная часть рудных тел представлена богатыми клинообразными жилами, связанными со сколовыми трещинами, пересекающими сводовую



Рис. 10. Обобщенный разрез, характеризующий геолого-структурные особенности локализации телетермальных ртутных месторождений кварц-диккитового типа (главным образом на примере типоморфных участков Никитовского рудного поля).

1–2 – рудомещающие породы: 1 – глинистые сланцы, 2 – песчаники; 3–5 – основные типы рудоносных разломов: 3 – зона главного рудоконтролирующего (рудоподводящего) взбросо-надвига, 4 – рудоподводящий разлом локального масштаба; 5 – рудораспределяющие и рудолокализирующие трещины более мелкого порядка; 6–15 – ведущие структурно-морфологические типы рудных тел: 6–7 – седлообразные залежи (6 – богатых руд висячем боку песчаников в сводовых частях куполовидных антиклиналей – А, 7 – более бедных руд на перегибе крыла антиклинали – А₁), 8 – линзообразные тела богатых руд внутри горизонта рудомещающих песчаников (Б), 9 – согласные зоны рассеянной ртутной минерализации висячем боку горизонтов окварцованных и диккитизированных песчаников (В), 10 – секционные зоны минерализации с отдельными обогащенными рудными столбами (черное)

в связи с зоной основного рудоконтролирующего взбросо-надвига (Г), 11–12 – рудные жилы в трещинах разрыва в ядерных частях куполовидных складок (11 – богатые, преимущественно в песчаниках – Д, 12 – более бедные, в сланцах – Е), 13–14 – штокверковые тела в ядерных частях антиклиналей (13 – в песчаниках – Ж, 14 – в сланцах – З), 15 – крупные рудные штокверки, связанные с блоками брекчированных пород на перегибе крыла антиклинали, осложненном разломом (И).

I–III – интервалы, отражающие элементы вертикальной зональности рудоотложения и определяющие очередность разведочных работ

часть складки. Еще большее сжатие рудолокализирующей антиклинали приводит к возникновению в ее ядерной и сводовой частях блоков массового дробления, причем не только песчаников, но и подстилающих и перекрывающих сланцев. Эти блоки вмещают крупные, но с относительно бедными рудами штокверкообразные рудные тела. Подобные тела образуются иногда и на крыльях рудоконтролирующих антиклиналей в случае их резкого перегиба (Западно-Палянское месторождение на Чукотке), сопровождающегося развитием зон массовой трещиноватости и дробления.

Разлом, играющий роль рудоподводящей структуры, обрезает обычно одно из крыльев рудолокализирующей антиклинали. При этом создаются наиболее благоприятные условия для экранирующего воздействия глинистых сланцев в сводовой части антиклинальной складки. Однако часто рудоподводящий разлом рассекает сводовую часть крутопадающей изоклинальной складки. Это обычно менее перспективный вариант, однако если рудоносные растворы были высококонцентрированными, то структурный фактор уже не играл определяющую роль (месторождения Альмаден, Западно-Палянское и др.). При слабой интенсивности рудообразующего процесса оруденение в подобном случае локализуется не столько в горизонте литологически благоприятных песчаников, сколько в зоне дробления и брекчирования, развивающейся вдоль поверхности рудоподводящего нарушения (Константиновско-Дружковская антиклиналь на северо-западном продолжении Никитовского рудного поля).

Зона основного рудоподводящего разлома оперяется обычно системой сопряженных с ним нарушений более мелкого порядка. Вдоль их поверхностей распространены обычно жильные тела, а также крутопадающие минерализованные зоны дробления, образующие раздувы в местах пересечения ими горизонтов рудных песчаников – именно в такой позиции обнаруживаются наиболее обогащенные рудные гнезда. Отмечаются случаи, правда, достаточно редкие (Сахалинское месторождение на Кавказе), когда горизонты литологически благоприятных пород в разрезе отсутствуют. Это заметно снижает перспективность месторождений, хотя при интенсивной прорудной гидротермальной проработке вдоль зон рудоподводящих взбросо-надвигов могут формироваться достаточно крупные рудные тела жильно-гнездового типа. Особое место в рассматриваемой модели телетермальных ртутных месторождений занимают секущие и гнездообразные рудные тела, локализующиеся в связи с дайками (месторождения Ред-Дэвл на Аляске, Авадхара в Грузии).

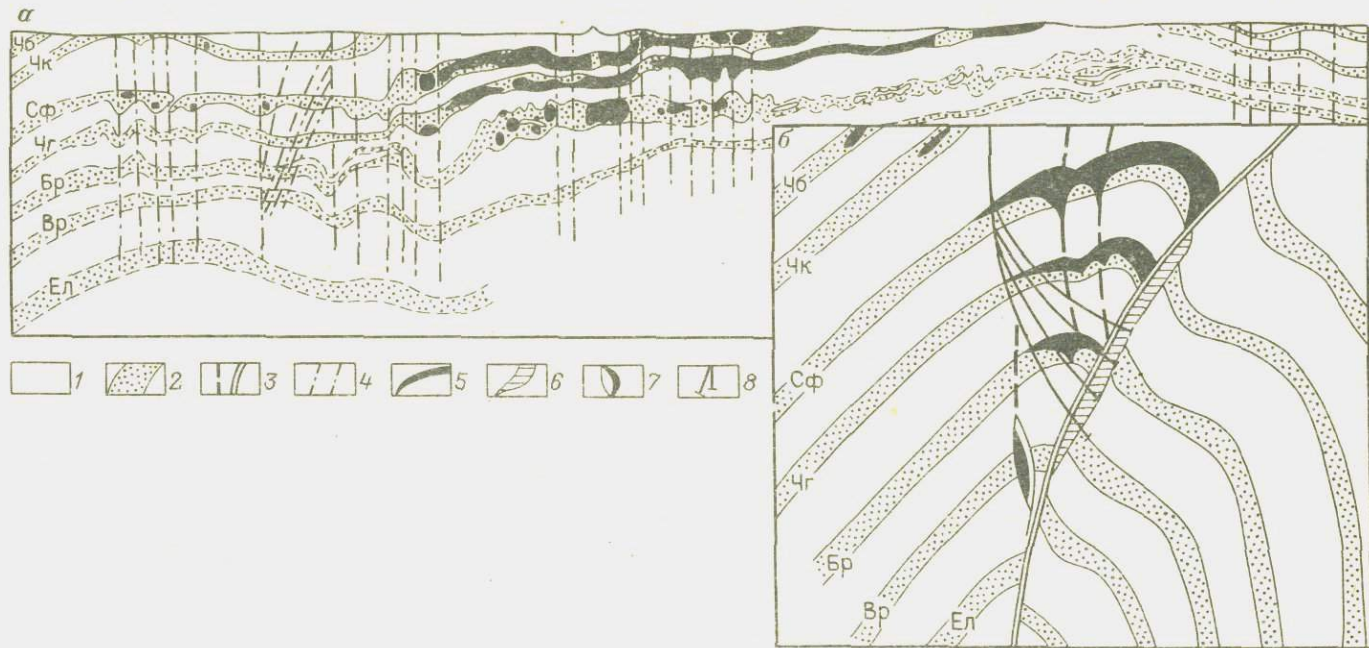


Рис. 11. Структура Никитовского рудного поля, по С.И. Кирикилице, Е.П. Захарову, Н.Я. Ольховскому и др., 1981 г.

a – продольный профиль рудоносной куполовидной брахискладки, *б* – обобщенный поперечный профиль.

1 – глинистые сланцы; 2 – горизонты рудолокализирующих песчаников: Чб – чернобугорский, Чк – чернокурганский, Сф – софиевский; Чг – чегарникский, Бр – бормутский, Вр – веровский, Ел – еленовский; 3 – рудоконтролирующий взбросо-надвиг и оперяющие его рудораспределяющие сбросы; 4 – разрывные нарушения других систем; 5 – согласные внутриформационные залежи ртутных руд; 6 – секущие зоны ртутной минерализации; 7 – жильные тела антимонита; 8 – веера глубоких разведочных буровых скважин (пример многоствольного бурения)

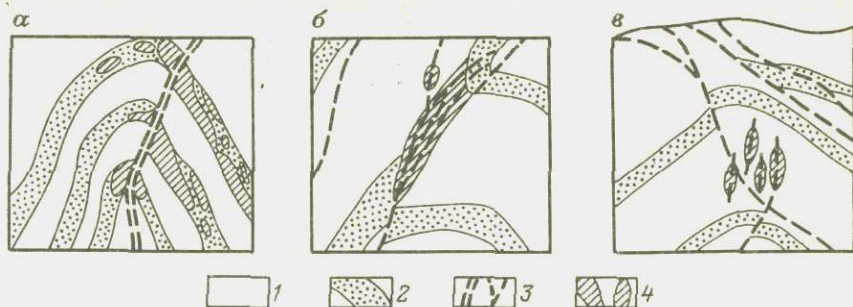


Рис. 12. Схематические разрезы ртутных месторождений Донбасса различных геолого-структурных типов, по С.И. Кирикилице, 1976 г.:

а – никитовского (внутрипластового), *б* – чернокурганского (надвигового), *в* – дружковского (трещинного).

1 – сланцы; 2 – горизонты рудоносных песчаников; 3 – разрывные нарушения; 4 – рудные зоны

Отметим, что к составлению обобщенных разрезов месторождений определенного геолого-промышленного типа мы будем прибегать и впредь, так как таким способом можно наиболее наглядно представить структурную позицию ведущих структурно-морфологических типов рудных тел, подчеркивая роль основных рудо локализирующих факторов (рудоконтролирующие поверхности, рудоносные горизонты, типичные структурные ловушки и др.). Для класса ртутьсодержащих плутоногенных месторождений обобщенных разрезов нам составить не удалось вследствие ограниченного количества изучавшихся или охарактеризованных в литературе объектов.

Проиллюстрируем предложенную обобщенную схему месторождений кварцево-диккитового типа конкретными примерами, придерживаясь принятой последовательности развития рудо локализирующих структур.

Никитовское рудное поле в Донбассе в структурном отношении наиболее полно отвечает охарактеризованной обобщенной модели ртутного месторождения кварцево-диккитового типа. Здесь в мощной толще верхне-каменноугольных глинистых сланцев выделяют литологически благоприятные горизонты кварцевых песчаников мощностью от 5 до 50 м, разделенные более мощными (до 150 м) пачками обычно безрудных сланцев (рис. 11). Песчаники определяют морфологию слегка запрокинутых куполовидных брахискладок – основных рудо локализирующих структур: повернутые их крылья обрезаются зонами крутопадающих разломов, играющих роль рудоподводящих и рудораспределяющих каналов. Оруденение многоярусное – не менее семи горизонтов песчаников (сверху вниз по разрезу): чернобугорский, чернокурганский, софиевский, чегарникский, бормутский, веровский и еленовский несут ртутную минерализацию (за пределами рудного поля в веровских песчаниках установлены также жилы антимонита); пласто- и линзообразные залежи и клинообразные жилы с богатым киноварным оруденением локализуются преимущест-

венно в сводовых частях брахискладок (рис. 12, а); линзо- и гнездообразные тела характерны для крыльев складок (рис. 12, б), а зоны рассеянной минерализации приурочены к пакетам перемятых и брекчированных пород, развитых вдоль крутопадающих разломов и оперяющих их трещин (рис. 12, в). Общий вертикальный размах ртутного оруденения для Никитовского рудного поля достигает 1,2 км.

Максимальная концентрация киновари – главного и часто единственного рудного минерала – устанавливается в интенсивно окварцованных песчаниках, местами превращенных в сливные кварциты. Киноварь в таких породах распределена более или менее равномерно в виде единичных зерен и относительно хорошо сформированных небольших (до 0,5 см) изолированных кристаллов и их агрегатов, иногда довольно крупных (до 5 см в поперечнике).

Судя по взаимоотношениям с вмещающими кварцитами, отложение киновари происходило в значительной степени путем метасоматического замещения кварца при участии довольно высокотемпературных (до 250 °С) растворов. В зонах дробления выделяются участки кварц-кальцитовых брекчий, в состав которых, наряду с молочно-белым кварцем, входит кристаллическая киноварь; последняя слагает и ветвящиеся прожилки, а в пустотах, заполненных глинисто-диккитовым материалом, часто устанавливаются скопления разновеликих (до 0,5 см) короткопризматических кристаллов и их коленчатых и ромбоэдрических двойников и сростаний (В.И. Зубов, 1978 г.).

В крупных клинообразных жилах киноварь образует сплошные массы мелкокристаллического строения. Вдоль зон крутопадающих разломов, неоднократно осложнявшихся пострудными подвижками, встречаются скопления порошковатой киновари – перетертой и подвергшейся перетолжению под воздействием поверхностных вод, обогащенных свободным кислородом.

Большая часть руд монометальна, однако на некоторых участках среди особенно богатых скоплений киновари выделяются небольшие гнезда и одиночные прожилки антимонита; последний отмечается также в виде небольших игольчатых кристалликов. Обычный спутник киновари – пирит, чаще всего образующий округлые желваки до 4 см в поперечнике. Часть такого пирита относится, по-видимому, к сингенетичным образованиям, о чем свидетельствует наличие каемок тонкокристаллической киновари по периферии пирит-марказитовых глобулей и тонких ее прожилков внутри пиритовых стяжений. В зальбандовых частях рудных тел встречается арсенопирит, нередко в довольно заметных концентрациях (до 1 %). Другие сульфиды (сфалерит, галенит, халькопирит, блеклые руды, висмутин) устанавливаются лишь в виде единичной вкрапленности.

Главный жильный минерал – диккит (долгое время его относили к группе каолинит-накрита), тесно ассоциирующий с киноварью, но нередко образующий и самостоятельные выделения в виде тонких (до 1 см) прожилков плотного сложения и гнезд, выполненных порошковатыми, довольно рыхлыми мелко- и среднечешуйчатыми скоплениями это-

го минерала. Киноварь выделяется также совместно с карбонатами и кварцем, обычно цементирующим обломки кварцитовидного песчаника, а в пустотах формирующим щетки кристаллов (до 2 см длиной). На отдельных участках рудного поля, особенно на глубоких их горизонтах, отмечены тонкие прожилки минералов из группы хлорита – донбассита, а также тосудита, аллевардита и других редких глинистых минералов гидротермального генезиса.

Предрудные метасоматиты, занимающие объем, в десятки раз превышающий размеры не только промышленных рудных тел, но и блоков слабо оруденелых пород, имеют зональное строение, обусловленное как составом рудовмещающих пород, так и расстоянием от зон рудоподводящих разломов. Вблизи последних наибольшее развитие получили процессы окварцевания, дальше идет зона диккитизации, сменяющаяся на периферии зоной серицитизации (за счет выноса щелочей из центральных частей рудоносных структур); здесь же отмечаются тонкие прожилки карбонатов и обильные выделения мелковкрапленного пирита.

Современная схема строения Никитовского рудного поля – итог многолетних исследований нескольких поколений геологов. Эта схема усложнялась постепенно: от жильных тел к штокверковым, и от одного рудного пласта к многоярусным залежам; неоднократно переоценивались гипотезы, определяющие условия рудолокализации, а следовательно и перспективы поля в целом и отдельных его участков (месторождений). Полезным будет поэтому кратко рассмотреть историю изменения взглядов о структурно-морфологических типах промышленных рудных тел месторождения Никитовки.

Месторождение было открыто инженером А.В. Миненковым в 1879 г. и вскоре же началась его эксплуатация. Однако отдельные рудные жилы этого месторождения обрабатывались еще в глубокой древности, о чем свидетельствуют сохранившиеся щелеобразные выработки карьерного типа. В дореволюционный период долгое время основным объектом добычи служили богатые жилообразные тела, развитые в сводовой части рудоносной антиклинали в пределах софиевского горизонта кварцитовидных песчаников. Позже была начата обработка пласто- и линзообразных тел, тяготеющих к кровле указанного горизонта и характеризовавшихся достаточно высоким содержанием ртути (отметим, что "безрудные" кварциты, использовавшиеся для закладки выработанного пространства, в послевоенный период рассматривались уже в качестве кондиционных руд и шли на переработку). После погашения запасов богатых руд, концентрировавшихся в сводовых частях рудоносной антиклинали, на Никитовке произошёл резкий спад добычных работ, а затем эксплуатация была прекращена.

К середине 20-х годов Никитовский рудник был восстановлен. Продолжалась обработка рудных залежей жило- и пластообразного типа в основном в софиевском горизонте песчаников, а на соседних участках, связанных с другими купольными структурами, опытная эксплуатация велась в песчаниках двух смежных горизонтов – чегарникского и чернокурганского. Возобновление разведочных работ привело к появлению новых

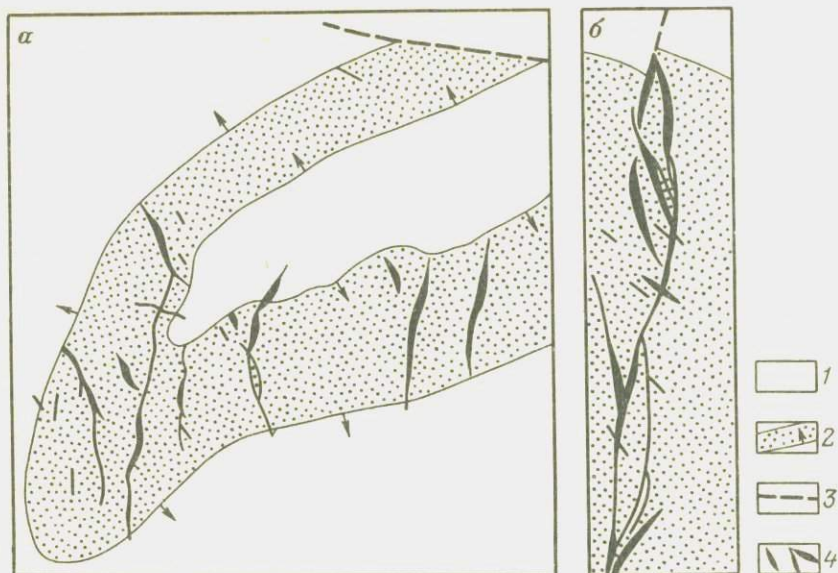


Рис. 13. Морфология "поперечных" рудных жил, развитых в софиевских песчаниках на верхних горизонтах месторождения Никитовка, по Е.Е. Захарову и Н.И. Королеву, 1940 г.:

а – район периклинального замыкания рудоносного купола (план), *б* – одна из сложноветвящихся жил в софиевских песчаниках (разрез).
 1 – сланцы; 2 – песчаники; 3 – рудоконтролирующие и рудолокализирующие разрывы; 4 – системы "поперечных" рудных жил

данных о закономерностях локализации ртутного оруденения как в основном рудовмещающем горизонте – софиевских песчаниках, – так и на более глубоких горизонтах рудного поля.

Детальные геолого-структурные и минералогические исследования, проведенные в середине 30-х годов Е.Е. Захаровым и его сотрудниками [6], позволили по-новому расшифровать структурные особенности месторождения и на этой основе высказать предположение о возможности значительного расширения его перспектив.

1. По данным, полученным при бурении 30 скважин, был детально изучен весь разрез рудовмещающей среднекарбоневой терригенной толщи района суммарной мощностью свыше 1500 м: выделено 43 обособленные пачки пород, а том числе 16 горизонтов песчаников мощностью от 7 до 72 м, разделяющихся сланцевыми слоями мощностью от 7 до 200 м. При сравнительном петрографо-литологическом изучении было убедительно доказано, что благоприятными для рудоотложения могли быть песчаники любого из выделенных горизонтов.

2. Была подтверждена приуроченность основной массы ртутного оруденения к сводовым частям куполовидных складок, однако одновременно было высказано обоснованное предположение о возможной смене

на глубине складчатых рудовмещающих структур дизъюнктивными: в силу блоково-клинообразного строения рудного поля в целом на нижних его горизонтах должны были, по мнению Е.Е. Захарова, преобладать моноклинальные формы, осложняющиеся системами продольных разрывов. Это предположение впоследствии полностью подтвердилось.

3. В итоге тщательной геологической документации подземных выработок была выявлена рудоконтролирующая (рудоподводящая) и рудокализирующая роль отдельных систем разрывных нарушений, что позволило более уверенно вести поиски наиболее богатых рудных тел, связанных с так называемыми "поперечными" разрывами, в отличие от "продольных" – рудоподводящих (рис. 13).

4. Было высказано предположение, позже подтвердившееся в процессе буровой разведки глубоких горизонтов рудного поля, о многоярусном характере распределения оруденения. В частности, в работе Е.Е. Захарова и Н.И. Королева [6] говорится о перспективности горизонта песчаников, подстилающего софийский: "... в строении рассматриваемых клинообразных блоков, помимо софийских песчаников, уже вскрытых горными выработками, должны принимать участие нижние чегарникские, имеющие мощность около 25 м и залегающие в 170 м стратиграфически ниже софийских песчаников. Северо-западным продольным разломом (Секущей) они будут пересечены почти на всем протяжении рассматриваемых участков на глубине 320–340 м. . . Таким образом, имеются предпосылки, говорящие в пользу наличия оруденения в нижних чегарникских песчаниках на указанных горизонтах. . .". Эта рекомендация была реализована, хотя и не сразу.

В период Великой Отечественной войны были прекращены разведочные и добычные работы, а заводское оборудование эвакуировано на создаваемый (1941–1942 гг.) Хайдарканский ртутный рудник в Южной Киргизии.

После восстановления Никитовского рудника и в первые послевоенные годы отрабатывались лишь ранее оконтуренные блоки – разведочные работы осуществлялись в минимальных объемах, так как к этому времени у некоторых геологов сложилось представление о постепенном выклинивании с глубиной рудных залежей, выявленных на крыльях рудоносной антиклинали, и о резком сокращении на нижних горизонтах числа богатых рудных жил, линз и гнезд. Действительно, такое обеднение наблюдалось, но только для софиевских песчаников, развитых на крыльях основной куполовидной складки месторождения. Структурный анализ, проведенный в 50-х годах И.Л. Никольским [14], позволил увязать в единое целое ранее казавшиеся разрозненными рудные участки и наметить ряд перспективных позиций как в локальном плане (применительно к отдельным блокам), так и в масштабах всего рудного поля в целом.

К этому же времени относятся и работы по прогнозированию скрытого оруденения, начатые под руководством С.И. Кирикилицы большой группой геологов-производственников (И.Р. Белоус, В.А. Ласьков, Н.Я. Ольховский и др.), проводивших исследования в кооперации с сотрудниками научных учреждений (И.Л. Никольский, М.А. Карасик,

Б.С. Панов, А.М. Добрянский, А.Г. Дворников, А.Ф. Горовой и др.). В итоге была разработана, а затем значительно усовершенствована строительная система регионального и локального прогнозирования скрытого оруденения применительно к кварцево-диккитовому типу ртутных месторождений. Основу прогнозирования составляло ранее высказанное предположение о двухъярусном, а затем и многоярусном характере локализации ртутного оруденения, полностью подтвердившееся в процессе буровой разведки.

Для реализации намечившихся возможностей обнаружения скрытых рудных залежей под руководством С.И. Кирикилицы была разработана оригинальная методика разведки глубоких (более 300–400 м) горизонтов куполовидных структур Никитовского рудного поля путем многоствольного наклонно-направленного (строго ориентированного) бурения. Объем колонкового бурения был доведен до многих десятков тысяч погонных метров в год, что позволило ускоренными темпами разбурить ряд перспективных структур и оконтурить зоны развития рудной минерализации. Разбуривание осуществлялось профилями из 10–15 скважин, ориентированными вкрест простираения рудоносных складок и осложняющих их разломов. Высота этажа разбуривания 40–60–80 м, расстояние между профилями 80–120 м.

Оконтуренные таким образом залежи рудоносных песчаников вскрывались затем штреками и детально разведывались системой расщечек. Нарезанные блоки размером 40х80 м отрабатывались на массу. Это резко повысило производительность горноочистных работ, но одновременно привело к значительному разубоживанию добываемой руды и большим ее потерям за счет блоков, которые иногда в целом — по среднему содержанию металла — оказывались забалансовыми. В отдельных блоках практиковалась поэтому селективная выемка богатых руд (с содержанием в три — пять раз выше среднего по блоку) — за счет таких руд поступало до 30–40 % добываемого металла. Однако и этот метод был несовершенным: содержание ртути в оставшихся запасах руды не всегда отвечало кондиционному минимуму. Выход оказался в оконтуривании не столько рудоносных зон, сколько обогащенных их участков, для чего была сгущена сеть горноразведочных выработок, а данные, полученные при их проходке, стали дополняться результатами опробования веером малометражных подземных скважин.

Таким образом, к 60-х годам была окончательно доказана многоярусность распределения оруденения и одновременно выявлено крайне неравномерное размещение кондиционных рудных тел, локализующихся в пределах определенных частей рудоносных песчаников — в лежащем или висящем их боку, но обязательно в связи с локальными складчатыми и особенно разрывными структурами.

В 60–70-х годах в связи с расширением фронта буровых работ за пределы собственно Никитовского рудного поля и детальным изучением участков, примыкающих к зонам рудоподводящих и рудораспределяющих разрывов, была доказана промышленная значимость зон минерализации, развитых вдоль указанных разломов и содержащих кондиционные

рудные тела гнездового и секущего типа. Конфигурация их оказалась еще более сложной, чем для рудных тел в горизонтах песчаников, да и поиски их представляют более трудоемкую задачу, так как промышленные рудные тела локализуются в брекчированных, раздробленных, а местами и интенсивно перемятых сланцах.

Рудные тела подобного типа являются ведущими для новых перспективных участков, выявленных в пределах Дружковско-Константиновской антиклинали, расположенной к северо-западу от ранее известных рудоносных куполов собственно Никитовского рудного поля и характеризующейся редуцированной формой рудолокализирующей антиклинали: сохранилось лишь одно из крыльев, осложненное крутопадающим разломом. К этому разлому, к зоне интенсивно брекчированных пород, преимущественно сланцев, и приурочена ртутная минерализация, а в песчаниках устанавливаются лишь разобщенные рудные тела.

В Донбассе в последнее десятилетие были обнаружены рудные тела и даже самостоятельные месторождения новых, необычных типов. Речь идет о структурах, связанных с диапирами соляных куполов, о блоках пород, подвергшихся диккитизации, об угольных пластах с киноварной минерализацией. В структурном и рудно-формационном отношении эти проявления ртутного оруденения, строго говоря, нельзя полностью параллелизовать с месторождениями описываемого кварц-диккитового типа, но лучше их охарактеризовать, по-видимому, именно здесь, так как они входят в состав той же, что и Никитовское рудное поле, ртуноносной области (зоны, по некоторым авторам – провинции) и характеризуются сходными условиями рудообразования: общностью разреза (и там, и здесь рудовмещающая – мощнейшая толща терригенных образований) и удаленностью от возможных рудогенерирующих очагов.

Славянское месторождение, расположенное на крайнем северо-западном фланге ртуноносной зоны Большого Донбасса, приурочено, по В.А. Ласькову и др. (1970 г.), к краевой зоне крупной соляно-купольной структуры (рис. 14). Шток девонской соли прорывает здесь толщу полого залегающих сланцев и песчаников карбона – перми. В приконтактной его зоне, осложняющейся системами крутопадающих разломов, установлены тела брекчий сложного состава (сланцы, песчаники, известняки, обломки даек диабазового порфирита), сцементированных глинисто-карбонатным материалом. Киноварная минерализация образует мелкую рассеянную вкрапленность и тонкие прожилки в цементе брекчий. Единичные кристаллики киновари устанавливаются и в соляном штоке (диагностированы в нерастворимом остатке отдельных проб). Киноварь часто ассоциирует с пиритом, который, в свою очередь, тяготеет к скоплениям органического вещества, особенно обильным в пермских песчаниках. Отдельные выделения битумов обогащены ртутью. Околорудные изменения на месторождении проявлены слабо: фиксируются они в виде нечетко выраженных зон аргиллизации, реже карбонатизации и совсем редко – окварцевания.

Славянское месторождение относится, по-видимому, к наиболее низкотемпературным ртутным образованиям Большого Донбасса, представ-

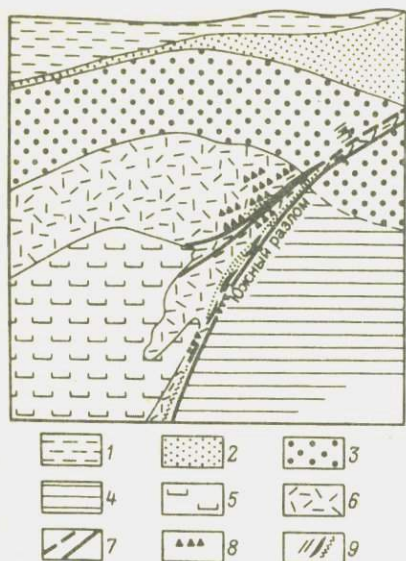


Рис. 14. Схема структуры Славянского ртутного месторождения, по С.И. Кириллице и В.А. Ласькову, 1970 г.

1 – терригенные отложения протониевской свиты верхнего триаса; 2 – алевриты и аргиллиты серебрянской свиты нижнего триаса; 3 – пестроцветные песчаники дрововской свиты верхней перми; 4 – терригенно-карбонатные толщи с гипсом и каменной солью верхнего карбона – нижней перми; 5 – каменная соль девона; 6 – тектоническая брекчия соляного штока; 7 – разломы; 8 – проявления свинцово-цинковой минерализации; 9 – ртутное оруденение

мы будем наблюдать последовательную смену ярусов ртутного оруденения от наиболее глубоких до самых верхних. Суммарный вертикальный размах рудоотложения для зоны в целом составит более 4 км, что выше, чем непосредственно наблюдающийся интервал ртутной минерализации (с учетом данных структурной скважины – около 2,5 км).

Ртутные рудопроявления Ворошиловградской области располагаются в пределах протяженной зоны, приуроченной к одноименной антиклинорной структуре, параллельной описанной выше, с которой связаны охарактеризованные месторождения Никитовского, Дружковско-Константиновского, Славянского, Нагольнокряжского и других рудных полей. Ворошиловградская ртутоносная зона изучена недостаточно, тем не менее, обращает на себя внимание наличие зон чрезвычайно интенсивного гидротермального "пропаривания" вмещающих пород – сланцев и песчаников. Отдельными скважинами здесь вскрыты мощные (до 400 м) блоки

для собой самые верхние, почти не вскрытые (как и в соседнем Дружковско-Константиновском рудном поле) эрозией горизонты единой гидротермальной ртутнорудной системы. Корневые же ее части, вероятно, – ртутьсодержащие проявления Нагольного кряжа, расположенные на противоположном, крайнем юго-восточном фланге ртутоносной зоны. В наиболее древних терригенных образованиях района глубоко эродированного купола Нагольного кряжа давно известны неоднократно разведывавшиеся системы крутопадающих рудных жил кварц-карбонатного состава с минералами свинца и цинка, а также ртутьсодержащими блеклыми рудами; отмечены здесь и признаки золоторудной минерализации. Таким образом, если следовать вдоль рудной зоны от Нагольного кряжа через участок Воровский с его единичными жилами антимонита, купола Чегарникский, Софиевский и другие до Дружковско-Константиновской антиклинали и дальше до Славянского диапира, то по мере погружения в этом же направлении рудолокализирующих структур

почти нацело осветленных, диккитизированных пород, рассекающихся сетью прожилков плотного воскоподобного, реже рыхло-чешуйчатого молочного-белого с перламутровым отливом диккита. Это, пожалуй, единственный объект, где процессы диккитизации проявились в таких масштабах. Во всяком случае, ни на каком другом месторождении автору не приходилось наблюдать ничего подобного. Однако в этом случае приходится, по-видимому, иметь дело с примером, когда благоприятный фактор (проявление прерудной диккитизации), будучи проявлен в чрезвычайных масштабах, превращается из положительного в отрицательный. Рудная минерализация в описываемых зонах интенсивной диккитизации фиксируется лишь в виде редкой рассеянной вкрапленности и единичных прожилков киновари.

Не исключена возможность, что обнаруженные зоны интенсивной диккитизации представляют собой краевые части еще более крупного поля метасоматитов с внутренними продуктивными подзонами, связанными с несколько более высокотемпературными проявлениями околорудного изменения вмещающих пород. О возможном наличии таких подзон свидетельствуют факты, полученные В.А. Жулидом, А.Г. Дворниковым и др.; присутствие в составе диккитовых метасоматитов минералов из группы хлоритов (типа донбассита и др.), а также повышенные содержания в геохимических пробах, с одной стороны, олова и вольфрама, а с другой – рубидия и цезия. Это может свидетельствовать об участии в процессе рудообразования по крайней мере, на первых его этапах – высокотемпературных газовой-жидких эманаций. Отметим, что редкощелочные хлориты были впервые установлены С.А. Юшко на месторождении Никитовка еще в 30-х годах [6].

Здесь же, в Ворошиловградской зоне, известны многочисленные проявления ртутного оруденения, связанного с определенными пластами углей [8]. Как показали результаты детального геохимического опробования, выполненного А.Г. Дворниковым и др., мелковкрапленная киноварь образует тончайшие прожилки вдоль плоскостей мелких трещин отдельности в каменном угле, но чаще встречается в ассоциации с пиритом и глинистыми минералами – диккитом, аллевардитом, а также донбасситом и тосудитом. В последнем случае наиболее обогащенными ртутью оказываются маломощные (до 1,5 м) пропластки глинистых сланцев, разделяющих пласты углей. Ассоциация киновари с пиритом гетерогенная: глобулы сингенетичного пирита в силу электрохимического эффекта адсорбируют сульфид ртути, обогащаясь последним только в приповерхностных их частях; отмечается также выделение киновари и вдоль тонких трещинок в концентрически-зональных стяжениях пирита. Непонятна инертность углей по отношению к проникающим сквозь них ртутоносным растворам. Ведь адсорбирующие свойства жидких и твердых битумов хорошо известны: как правило, наиболее обогащены ртутью, при прочих равных условиях, именно пропластки пород (битуминозных известняков и сланцев), характеризующихся высоким содержанием битумов. С другой стороны, еще А.А. Сауковым было доказано, что раздробленный уголь – хороший поглотитель ртутных паров. Природные угли также иногда обогащены ртутью – в Донбассе она даже является промпродуктом

при их коксовании, но самостоятельных промышленных месторождений ртути в углях пока не выявлено. Инертность же углей Ворошиловградской зоны объясняется, по-видимому, не столько меньшей их проницаемостью, сколько какими-то, пока еще не ясными физико-химическими особенностями, препятствующими осаждению из гидротермальных растворов соединений ртути.

Альмаден. Это уникальное по масштабам ртутное месторождение (общие его запасы соизмеримы с запасами всех остальных вместе взятых месторождений) интенсивно эксплуатируется на протяжении более 2000 лет. Оно расположено в центральной части Испании, в пределах древнего массива, сложенного метаморфизованными породами нижнего палеозоя. Несмотря на уникальность, месторождение Альмаден освещено в литературе недостаточно: имеются только разрозненные публикации, и лишь последняя монография Ф. Сопе [44] несколько восполняет существующий пробел в наших знаниях о геологии как самого месторождения, так и прилегающих к нему районов. В нижеследующем описании этого объекта мы дополним сведения Ф. Сопе своими впечатлениями от краткосрочного посещения района Альмадена во времени I Международного конгресса по ртути, состоявшегося в мае 1974 г. в г. Барселоне [35].

Альмаден является составной частью крупного (60x40 км) рудного района (узла), соответствующего в структурном отношении Шилонской синклинали, сложенной сланцами ордовика – силура, местами перекрывающимися терригенными же отложениями девона. Шилонский рудный узел, в свою очередь, располагается в пределах протяженной (более 500 км) рудоносной зоны, опоясывающей с юга Лузитано-Галисийскую глыбу – основной элемент древней тектоники Пиренеев. Эта зона, получившая название Центральной, или Сьерра-Моренской, по Г.А. Твалчредидзе [25], объединяет, кроме Альмадена, еще несколько десятков кварц-диккитовых ртутных месторождений и рудопроявлений, часть из которых эпизодически разрабатывалась. В ряде случаев они могут рассматриваться в качестве индикаторов скрытых на глубине промышленных залежей. Возраст основных структур, контролирующих распределение оруденения в Сьерра-Моренской зоне, варисский, такой же возраст (до 302 млн. лет) имеют и гранитоидные массивы, развитые в пределах зоны, а также дайки долерита и лампрофира, выявленные непосредственно в контурах отдельных рудных полей (до 301 млн. лет, по Ф. Сопе, 1973 г.).

Вдоль северных контуров Лузитано-Галисийской глыбы, у границы Испании и Франции, фрагментарно прослеживается еще одна ртутоносная зона – Астурийско-Иберийская. В ее составе насчитывается свыше 10 небольших месторождений ртути, в которых киноварь и ртутьсодержащий тетраэдрит тесно ассоциируют с минералами мышьяка, а также иногда меди, свинца и цинка. Относятся они не только к кварц-диккитовому, но и к карбонатному и джаспероидному типам. В центральной части Лузитано-Галисийской глыбы, в слагающих ее древних гнейсах, известны жильные месторождения сурьмы, в том числе и ртутьсодержащие; наиболее крупные из них располагаются на территории Португалии, в районе

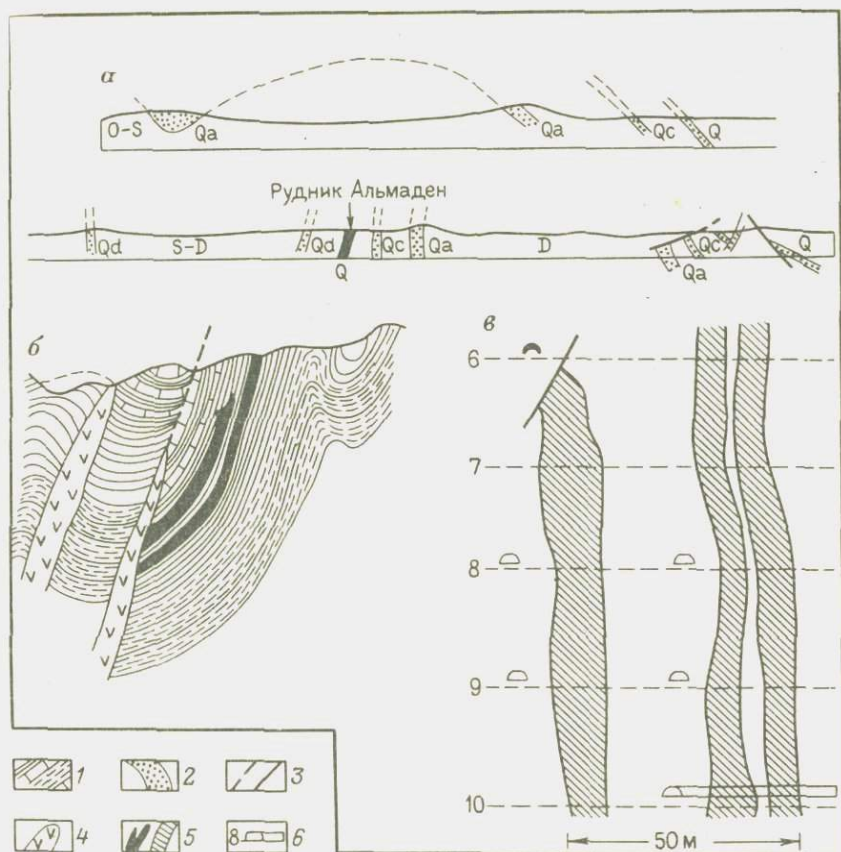


Рис. 15. Разрезы месторождения Альмаден, по Ф. Сопе и др., 1968 г.:

a – рудоконтролирующей Шилонской синклинали, *б* – центральной части основной рудной зоны, *в* – нижней части месторождения.

1 – терригенные толщи ордовика – силура – девона; 2 – горизонты песчаников, получившие собственные названия: Qa – армориканские, Qc – кантерасские, Q – криадерские кварциты, Qd – “сингенетичные” кварциты (базальные слои девона); 3 – разрывные нарушения разного масштаба; 4 – дайки и штоки диабазового порфира; 5 – рудоносные кварциты (в разном масштабе); 6 – эксплуатационные горизонты и их номера

г. Порту. Таким образом, и для Пиренеев устанавливается общая региональная закономерность в размещении ртутно-сурьмяного оруденения, характерная для древних стабильных массивов, независимо от типа месторождений (Цзяньнаньский массив в Юго-Восточном Китае со стратиформными залежами в доломитах, Центральный массив Франции с системой золото-антимонитовых жил и др.): в периферических зонах таких массивов локализуются существенно ртутные месторождения, а в центральных, в наиболее глубоко эродированных породах нижнего структур-

ного яруса, преобладающим развитием пользуются жильные месторождения сурьмы, часто золото- и вольфрамсодержащие.

В крайней южной части Пиренейского полуострова, в области альпийского обрамления палеозойских структур, выделяется третья, Бетско-Кордильерская ртутносная зона. Сложена она в основном карбонатно-терригенными толщами триаса, а также более поздними отложениями, слабо консолидированными, но местами чрезвычайно интенсивно тектонически дислоцированными: здесь устанавливается ряд чешуйчатых надвигов, по которым один и тот же горизонт может быть многократно повторен в разрезе. В этом отношении отмечается значительное сходство со структурами Магрибской зоны, расположенной на противоположном берегу Средиземного моря. Однако в отличие от богатых месторождений Северо-Нумидийской зоны, в Бетских Кордильерах Испании ртутное оруденение представлено в большинстве случаев небольшими секущими телами и рассеянной вкрапленностью киновари как в известняках, так и в сланцах; отмечены также выделения ртутисодержащих блеклых руд.

Возвращаясь к характеристике месторождения Альмаден, подчеркнем, что под собственно месторождением понимается один лишь рудный столб (рис. 15), размеры которого следующие: протяженность на поверхности около 450 м, на глубине 400 м — около 350 м, мощность всей пачки рудовмещающих пород (два-три пласта песчаника, разделяющихся сланцами) до 70 м, в том числе продуктивных горизонтов (кварцитовидные песчаники) от 8 до 25 м (мощность богатых на эксплуатирующиеся глубоких горизонтах месторождения не превышает 3 м, рядовых 6 м), протяженность на глубину в отработанном интервале 420 м, в разведанном 500 м, прогнозная — не менее 800–1000 м; общий размах рудоотложения (с учетом эродированной верхней части), по-видимому, не менее 1500 м. Таким образом, объем отработанного в течение многих столетий пространства определяется, как минимум, в 1,6 млн. м³. При плотности руды около 3 г/см³ это составит примерно 5 млн. т горнорудной массы. Среднее содержание ртути в добываемой руде сейчас около 1 %, несколько десятилетий тому назад содержание было не ниже 3–4 %, а раньше оно составляло 8–12 %; в древности же добывались еще более богатые руды (20–30 %). Е.Х. Бейли и др. [34] подсчитано, что за исторически обозримое время на месторождении Альмаден было получено, как минимум, 271 тыс. т ртути. При этом среднее и кумулятивное содержания менялись следующим образом (в %): 1880 г. 9,67 и 32,63, 1900 г. — 7,45 и 21,08, 1920 г. — 5 и 17,27, 1940 г. — 2,45 и 12,6, 1960 г. — 3,08 и 9,88, 1975 г. — 2,12 и 7,6. Если принять кумулятивное содержание на 1980 г. равным 7 %, то на массу 5 млн. т руды это дает цифру погашения металла в недрах (включая потери при добыче и переработке) около 350 тыс. т. Таким образом, из названных цифр общей добычи на Альмадене — 300 и 500 тыс. т товарного металла — ближе к действительности будет, по-видимому, первая.

Ртутное оруденение в районе месторождения Альмаден связано с горизонтами кварцитовидных песчаников, обособляющихся в терригенной толще ордовика — силура (см. рис. 15, а). Все они четко выделяются

в слабогористом рельефе Чилонской структуры в виде гребнеобразных выступов, покрытых пустынным загаром. Основной рудоносный горизонт месторождения, имеющий мощность около 70 м, представлен двумя пластами песчаника (см. рис. 15, б); с глубиной один из них расщепляется на два (см. рис. 15, в). Падение крутое (до 85°), вблизи поверхности отмечается выполаживание. Вероятно, это переход к сводовой части изоклинальной складки, косо срезающейся зоной крутопадающего разлома; свод антиклинали поэтому здесь редуцирован. Косой разлом — главная рудоподводящая структура, так как рудный столб связан непосредственно с зоной этого нарушения.

Висячий бок рудного столба ограничен исключительно резко: вдоль верхнего зальбанда рудовмещающих кварцитов располагается маломощный (до первых метров) пласт уплотненных углисто-глинистых сланцев с органическим материалом, частично графитизированным. Киноварь за пределы сланцевого экрана практически не проникает — в углисто-глинистых сланцах устанавливается лишь редкая мелкая ее вкрапленность, однако пирит здесь обилен. Рудовмещающие песчаники превращены в метасоматические кварцы, по-видимому, во время *предрудного* этапа гидротермального процесса. Чистого кварца, который на других месторождениях этого типа цементирует обломки брекчий, на Альмадене почти нет, редко также прожилки и гнезда диккита.

Создается впечатление, что киноварь отлагалась в пустотах и метасоматически замещала кварцевые составляющие песчаников самостоятельно, без сопутствующих жильных минералов, будучи главным и, возможно, единственным продуктом деятельности рудогенерирующих растворов или более высокотемпературных эманаций. О значительной роли последних в рудообразовании свидетельствует наличие в рудах, обычно сложенных мелкокристаллической массивной ("печеночной") киноварью, обильных выделений самородной ртути: количество последней достигает иногда 20 % от общей массы добываемого металла. Это потребовало разработки специальных методов выемки руды — с цементированием подошвы очистных камер для сброса самородной ртути, стекающей со стенок выработки, из отбитой массы руды после каждой отпалки.

Специфические структурно-текстурные особенности ртутных руд месторождения (массивность, иногда резкие контакты киноварных выделений с вмещающими породами, тонкое, по-видимому, под большим давлением, инъецирование расплавленной (?) киновари вдоль слабо приоткрытых трещин и др.) дали основания для создания новой генетической модели месторождения с учетом возможного участия в его формировании остаточных магматических расплавов состава сульфид ртути — металлическая ртуть. Существуют и другие гипотезы, объясняющие генезис Альмадена: осадочно-эксталяционная, осадочно-россыпная, метаморфогенная, регенерационная, гидротермальная и др. Среди этого множества гипотез, бесспорно имеющих право на существование, наиболее приемлемой представляется пока гидротермальная концепция, но с возможным участием в процессе рудообразования высококонцентрированных перегретых газово-жидких эманаций, обогащенных парами ртути, не компенсирующейся серой.

Каковы же условия формирования таких уникальных по своим масштабам рудных объектов, как месторождение Альмаден? Мы находим только одно объяснение этому феномену: связь оруденения с глубинной трубчатой структурой "точечного" (локального) типа, которая могла бы служить своеобразным коллектором для ртутных паров, поступающих широким фронтом с больших глубин, концентрирующихся вдоль сверхглубинных разрывных структур, и в еще более концентрированном виде подающихся вдоль рудных "отдушин" – трубчатых структур – к местам локализации руд. Роль такой "отдушины" на месторождении Альмаден могла играть структура типа трубки взрыва, представленная телом своеобразных – "монашеских" (местное наименование) брекчий. Последняя сложена округлыми обломками изверженных пород, по составу не имеющих аналогов в соседних районах, но несколько напоминающих диабазовый порфирит. Дайки последнего, как уже отмечалось, широко распространены во многих ртутнорудных полях и, по данным Г.А. Тереховой и Р.В. Оболенской, являются магматическими индикаторами глубинности процесса рудообразования.

В связи со сказанным напомним о том, что и среди других эндогенных месторождений выделяются уникальные объекты, обычно не более одного-двух для каждого металла (сурьмяное Сигуаньшань, молибденовое Клаймакс и др.), и что в большинстве случаев они связаны со структурами трубчатого типа – мощными выводными каналами для рудоносных эманаций, накапливавшихся на большой глубине в результате действия специфических, еще не познанных процессов глобального плана, возможно, с участием подкорковых конвекционных потоков.

Западно-Паянское месторождение на Чукотке выявлено и разведано в 60-х годах. Первоначально здесь, в тундровом мелкосопочнике, по данным шлихового опробования был установлен лишь небольшой рудный выход, представленный маломощными зонками киноварной минерализации в перемятых сланцах и песчаниках норийского яруса верхнего триаса. Это дало основание для вывода о линейном характере рудолокализирующих разрывных структур. Позже, однако, было доказано, что в структурном отношении Западно-Паянское месторождение необычно и относится к оригинальному, ранее не известному типу.

На обобщенном разрезе ртутных месторождений кварц-диккитового типа (см. рис. 10) его геолого-структурная позиция соответствует рудному телу, локализовавшемуся в сланцах над флексуорообразным перегибом всячего крыла основной рудоносной антиклинали, т.е. рудовмещающими являются не обычные для этого типа месторождений песчаники, а, казалось бы, самые литологически неблагоприятные породы – пластичные глинистые сланцы. Эта аномальная структурная позиция объясняется тем, что на крыле антиклинали, над коленообразным изгибом горизонта компетентных пород (плотных песчаников), осложненным системой сближенных крутопадающих сбросов, были созданы оптимальные условия для формирования локального блока интенсивно трещиноватых и частично брекчированных пород. Он и послужил структурной "ловушкой" для рудоносных растворов, по-видимому, высококонцент-

рированных. В соответствии с этим основное рудное тело месторождения имеет форму единого довольно компактного эллипсоидального во всех основных сечениях блока — своеобразного рудного столба, в пределах которого выделяются обогащенные гнезда, связанные с более локальными рудными ловушками: милонитовыми брекчиями, пересечениями разноориентированных трещин и пр.

Помимо основного рудного столба (некоторые авторы — Н.К. Киндер и др. — называют его рудным штокверком, что, по нашему мнению, вполне оправдано), в подстилающих песчаниках в их висячем боку несколько позже была выявлена и разведана субсогласная залежь (обычная для месторождений кварц-диккитового типа) более бедных руд. Небольшие гнездо- и линзообразные тела ртутных руд установлены и в зоне разлома, косо обрезающего крыло рудоносной структуры в непосредственной близости от основного рудного столба.

Отличительная черта Западно-Палянского месторождения — его пространственная изолированность от других ртутных проявлений ртутно-рудной провинции Северо-Востока СССР, в составе которой это месторождение входит на правах одного из объектов, определяющих ее перспективы. В ближайших окрестностях месторождения известны лишь ограниченные по интенсивности ореолы рассеяния ртути; их объединяют с Западно-Палянским месторождением в единое рудное поле. Последнее приурочено к крупной, субмеридионально ориентированной, брахикуполовидной структуре, сложенной мощной толщей терригенных пород триаса, ядерную часть которой составляет гранитоидный массив, вытянутый в том же направлении, а крылья обрезаются системой ступенчатых разломов. На крутопадающем западном крыле этой структуры и располагается описываемое месторождение (рис. 16), рулоконтролирующую роль по отношению к которому играл, по-видимому, упоминавшийся разлом, относительно полого (около 60°) падающий на запад. Этот разлом косо, под острым углом срезает пачку рудоносных песчаников: вдоль него развиты мощные (до многих десятков метров) пакеты милонитов, что дает основания для отнесения его к типу взбросо-надвигов. В крайней западной части описываемой структуры выделяется полоса нижнемеловых эффузивов (липариты, андезиты, андезито-базальты, их туфы и туфоконгломераты), полого залегающих на размытой поверхности продуктивной толщи триаса. По мнению некоторых исследователей, субмеридиональный разлом, отделяющий выходы этих вулканитов от сланцев триаса, может рассматриваться в качестве одной из основных рудоконтролирующих структур района.

Единой точки зрения по некоторым вопросам генезиса и условий рудокализации месторождения не существует. По-разному объясняют формирование рудовмещающих брекчий: 1) брекчия — продукт обычного тектонического дробления в местах пересечения разломов различной ориентировки; 2) дробление связано со складчатыми деформациями в ядре коленообразного флексурного перегиба крыла складки; 3) это более сложная структура, в образовании которой принимали участие взрывные процессы. В пользу последнего предположения А.Л. Сыро-



Рис. 16. Обобщенный разрез Западно-Палянского ртутного месторождения (вне-масштабный), по П.В. Бабкину, А.Л. Сыромятникову, Е.Г. Дубинину, В.Г. Кузьмину и др.

1-2 – нижнемеловые породы: 1 – липариты и андезиты, 2 – туфоконгломераты; 3 – сланцы верхнего триаса; 4 – рудоносный горизонт тонкозернистых песчаников; 5 – грубозернистые песчаники; 6 – глубинный разлом; 7 – зона мионитизации; 8 – малоамплитудные сбросы; 9 – гранитоидный интрузив; 10 – ртутнорудный штокверк; 11 – согласная рудная залежь в песчаниках; 12 – зоны гидротермального изменения пород

мятников приводит данные о наличии в брекчиях округлых обломков изверженных пород глубинного происхождения. Эта точка зрения позволяет ответить на ряд вопросов – почему, например, структура Западно-Палянского месторождения является столь локально-изометрической (“точечного” типа)? Объяснить это можно, предположив, что рудоконтролирующая структура связана со своеобразной трубкой взрыва (по аналогии с описанными месторождениями Кон-Чоч в Таджикистане и Альмаден в Испании). Вдоль этой структуры мог поступать мощный поток глубинных рудогенерирующих растворов – эманаций, обусловивших формирование штокверка с рудами специфического текстурно-структурного типа, не известного на других месторождениях мира. Киноварь, очень плотная, скрытокристаллическая, не только цементирует обломки сланцево-песчанистых брекчий, но и образует сеть сложно ветвящихся, в значительной степени согласных прожилков, при формировании которых концентрированные рудогенерирующие растворы как бы вдавливались в секущие трещины и вдоль плоскостей напластования в сланцах и песчаниках, раздвигая стенки микропустот. Киноварь в большинстве случаев выделялась вне связи с другими минералами как рудными (обильные пирит, более редкий арсенопирит), так и жильными (диккит – в качестве главного сопутствующего минерала, карбонаты доломит-анкерит-сидеритового ряда: кварц играет подчиненную роль).

В последние десятилетия в Восточной Якутии был околонтурен ряд ртутноносных зон (М.А. Галкин, М.В. Сусов, В.В. Масленников, Н.В. Климов и др.), образующих в совокупности протяженный ртутнорудный пояс, по своей форме как бы повторяющий западный контур срединного Колымского массива. По оценке В.Э. Пояркова (1967 г.), этот пояс

наиболее перспективен на ртутное оруденение кварц-диккитового типа. Действительно, среди многих десятков рудопроявлений, обнаруженных в процессе геологосъемочных и поисковых работ, большая часть относится к этому типу, что объясняется в первую очередь особенностями разреза — преобладанием мощных (многие тысячи метров) толщ литологически однородных пород терригенного комплекса позднего палеозоя — раннего мезозоя (аналогия с Большим Донбассом).

Один из наиболее изученных объектов описываемой зоны — месторождение Звездочка, исследовавшееся М.А. Галкиным и др. Оно относится к секущему типу, будучи приуроченным к зоне кругопадающего взброса, проходящего по осевой части узкой антиклинали гребневидного типа (рис. 17). Достаточно концентрированное ртутное оруденение локализуется непосредственно в зоне взброса, образуя заметные раздувы по простиранию и по падению его основной поверхности; отмечены и жильные тела, связанные с оперяющимися трещинками.

Несмотря на отсутствие в разрезе четко выраженных литологически наиболее благоприятных горизонтов песчаников, косвенный литологический контроль оруденения все же устанавливается: в плоскости рудолокализирующего взброса выделяется обогащенный плитообразный рудный столб, очень полого (под углом 15–20°) погружающийся в том направлении, по которому этим нарушением косо срезается пачка сланцев, характеризующаяся относительной насыщенностью тонкими линзами и пропластками песчаников. По-видимому, сыграла роль большая компетентность пород этой пачки, подвергшихся несколько более интенсивному дроблению по сравнению с глинистыми сланцами.

Киноварь в ассоциации с диккитом, кварцем и железистыми карбонатами цементирует обломки брекчий, выделяется вдоль трещин в виде сложно ветвящихся прожилков и образует зоны рассеянной вкрапленности в слабо дислоцированных породах. С глубиной оруденение местами

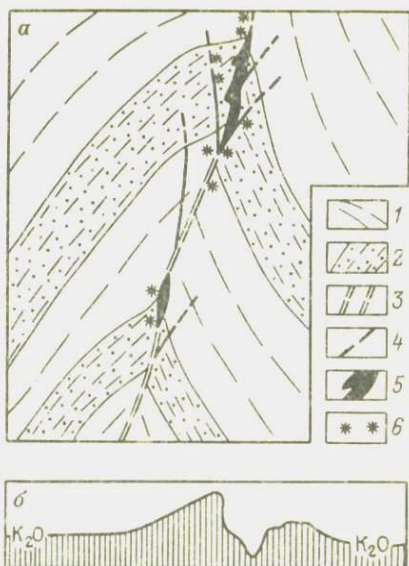


Рис. 17. Структурная схема ртутного месторождения Звездочка, по М.В. Сусову, М.А. Галкину и др., 1975 г.

а — обобщенный разрез, б — график, отражающий интенсивность околорудного метасоматоза вмещающих пород: 1 — сланцы триаса; 2 — пачки сланцев с относительно повышенным содержанием песчаных прослоев (более компетентные); 3 — основной рудолокализирующий взброс; 4 — оперяющиеся трещины; 5 — жильные тела массивных киноварных руд; б — рассеянная вкрапленность киновари

выклинивается, но возможно выявление скрытых рудных тел на пересечении зоной рудолокализирующего разлома других пачек более песчаных сланцев (в разрезе рудного поля такие пачки фиксируются неоднократно).

Признаков вертикальной зональности рудоотложения не обнаружено, что позволяет уверенно прогнозировать поиски скрытого ртутного оруденения на любую доступную глубину, тем более что характер разреза рудовмещающих пород (однотипность на многие тысячи метров по вертикали, относительная химическая инертность всех разновидностей сланцев и песчаников) служит хорошей предпосылкой для формирования многоярусных месторождений телетермального класса. Не исключена возможность обнаружения здесь и месторождений согласного (никитовского) типа. Для этого необходимо, с одной стороны, проведение более детальных стратиграфо-литологических исследований, а с другой – выявление структур, в которых более интенсивно развиты процессы окварцевания (типичные кварциты здесь не найдены).

Остальные ртутные проявления описываемого пояса однотипны: все они относятся к секущим образованиям и характеризуются близкими минеральными комплексами с преобладанием диккит-(кварц)-киноварной (с карбонатами) ассоциации; в поперечном разрезе секущие рудоносные зоны во многом подобны друг другу в рудногеохимическом отношении: в центральных их частях располагаются зоны выщелачивания и выноса ряда компонентов, дальше симметрично идут продуктивные зоны диккитизации, на периферии развиты зоны повышенной серицитизации. Установление такой схемы окolorудной зональности (М.В. Сусов, 1977 г.) во многом облегчило в последующем проведение поисково-оценочных работ на ртутное оруденение в слабо обнаженных районах тундры и лиственничного редколесья.

В Восточной Якутии, представляющей собой самостоятельную ртутно-сурьмяную рудную подпровинцию, отмечается региональная зональность в размещении ртутной и генетически близкой к ней сурьмяной и др. минерализации. Так, на северном продолжении пояса в отдельных рудопроявлениях появляются минералы свинца и цинка, на крайнем северном его фланге известны месторождения с комплексными ртутно-сурьмяно-мышьяково-полиметаллическими, иногда золотосодержащими рудами. На южном окончании пояса существенную роль в ртутных месторождениях играет сурьма в виде антимонита. Самостоятельные месторождения сурьмы жильного типа (кварц-антимонитовой и кварц-антимонитовой золотосодержащей формаций) образуют обособленную зону, располагающуюся параллельно ртутному поясу, но ближе к Колымскому срединному массиву. В центральной части подпровинции выделяется зона ртутных месторождений карбонатного (киноварно-доломитового) типа, локализующихся в мощной толще существенно доломитовых пород нижнего – среднего палеозоя (охарактеризованы в другом разделе).

Месторождения кварц-диккитового типа являются ведущими и для Северо-Кавказского ртутнорудного пояса. На крайнем восточном его фланге, в Дагестане, еще в конце прошлого века было выявлено неболь-

шое месторождение Хпек, тогда же послужившее объектом кратковременной эксплуатации. Позже оно подверглось более детальному геологическому изучению (Д.В. Абуев и др.). Подчеркнем, что именно на этом месторождении А.А. Сауков в 30-х годах осуществил геохимическое опробование одной из рудоносных зон. Это был первый в мировой практике опыт ртутметрической съемки, позволившей четко выделить зону рудоконтролирующего разлома. Сейчас, как известно, геохимические методы поисков разнообразных рудных (и не только рудных) месторождений получили всеобщее признание, а ртуть стала рассматриваться в качестве универсального элемента-индикатора.

Месторождение Хпек и расположенные рядом рудопроявления аналогичного типа представляют собой цепочки небольших рудных тел, каждое из которых приурочено к раздуву минерализованной зоны в месте пересечения зонами малоамплитудных сбросов маломощных (первые метры – первые десятки метров) пластов песчаника, ритмично повторяющихся в толще флишоидных существенно сланцевых пород юры.

В годы Великой Отечественной войны в Северной Осетии было открыто несколько ртутных месторождений и рудопроявлений. Все они локализируются в толще терригенных флишоидных пород, связаны с зонами разломов и относятся к кварц-диккитовому типу. Наиболее детально среди них изучено Тибское месторождение (Н.А. Прищепа и др.), представленное пологой поднадвиговой залежью в интенсивно перемятых и гидротермально переработанных сланцах и песчаниках. Самые высокие концентрации ртути наблюдаются в участках раздувов рудоносных гидрометасоматитов, возникающих у изгибов рудолокализирующей поверхности надвига по простиранию. Киноварь мелкокристаллическая; как установил Н.А. Прищепа (1950 г.), она выделяется преимущественно в виде мелких, хорошо ограниченных игольчатых кристалликов, свободно располагающихся в рыхлой белесой глиноподобной массе, сложенной кварцем и глинистыми минералами. Последние были идентифицированы Н.Г. Демидовой (1959 г.) как диккит. Это первое столь уверенное определение диккита среди глинистых минералов, широко развитых на ртутных месторождениях, но ранее детально не изучавшихся. Позже было доказано, что диккит – один из наиболее специфических минералов ртутных месторождений, локализующихся в породах алюмосиликатного состава. Это дало основание для выделения их в обособленную группу – кварц-диккитовый тип.

В рудах соседнего с Тибским месторождением Зругского рудопроявления, входящего в состав Наро-Мамисонского рудного поля, встречены выделения шеелита. Таким образом, вольфрам и в телетермальных, как и в плутогенных, месторождениях ртути является закономерным членом генетического единого ряда месторождений.

Наибольшим распространением ртутные месторождения кварц-диккитового типа пользуются на крайнем западном фланге Северо-Кавказского рудоносного рудного пояса. История выделенного здесь рудного узла, часто называемого Кубанским (А.В. Нетреба, М.Г. Шишкунов и др.), начинается с обнаружения К.В. Платоновым в 1959 г. Красноаульского

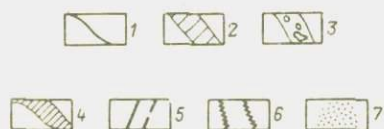


Рис. 18. Геологический разрез Хатыпской ртутносной зоны (Красноаульское рудопоявление), по данным К.В. Платонова и А.В. Нетребы.

1 – глины песчаники; 2 – мергели; 3 – глыбовый базальный конгломерат; 4 – мергелистые глины; 5 – нарушения; 6 – тонкие пропластки каштановых и зеленых мергелистых глин с микроскопической рассеянной вкрапленностью киновари; 7 – ореолы диккитизации

(Хатыпского) рудопоявления. Это открытие было сделано в ходе ревизии небольших (единичные знаки) штиховых ореолов киновари, выявленных геологами-нефтяниками в процессе геологической съемки мезокайнозойских нефте-газоносных структур, сложенных преимущественно флишсоидными толщами филлитов мела. Ранее эти районы, из-за отсутствия в их пределах выходов изверженных пород и проявлений эндогенной минерализации, не привлекали внимания геологов-рудников. К.В. Платонову удалось, однако, доказать, что в ряде случаев маломощные пропластки каштановых и зеленых мергелистых глин содержат мельчайшую и часто довольно равномерную вкрапленность киновари (рис. 18). Последняя макроскопически не определяется, но при соскабливании ножом образцов таких глин на их поверхности видны полоски растертой киновари. В связи с этим отметим, что мергелистые глины, аналогичные по составу глинам ртутнорудных горизонтов Красноаульского рудопоявления, служат основной сырьевой базой цементных заводов Новороссийской группы.

Ртутные рудопоявления, выявленные в почти неизменных мергелистых глинах, из-за крайне низких содержаний в них металла (часто лишь тысячные и десятитысячные доли процента) промышленного значения не приобрели, однако по данным их изучения были намечены площади, перспективные с точки зрения возможного обнаружения ртутнорудных тел иных структурно-морфологических типов. На этих площадях в 60-е годы были открыты месторождения и рудопоявления, локализующиеся главным образом в горизонтах песчаников и гравелитов (Запорожское, Белокаменное и др.). Заметные скопления киновари устанавливаются в зонах дробления, развивающихся в сводовых частях небольших антиклинальных складок и на флексурных перегибах моноклиналей, осложненных крутопадающими сбросами. Их геолого-структурные позиции сходны с таковыми месторождений Никитовской рудосной зоны в Донбассе. Отличия заключаются в меньшей проницаемости для гидротерм терригенных отложений Западного Кавказа, представленных в значительной массе чрезвычайно пластичными мергелистыми глинами (в Донбассе рудовмещающие сланцы более консолидированы), отсутствии крупных глубинных разломов краевого типа, более слабой гидротермальной проработке рудовмещающих пород (сливных метасоматических кварцитов

здесь нет). Это не может не ска-
заться на подходе к геолого-эко-
номической оценке вновь выяв-
ляемых проявлений ртутного
оруднения.

К собственно никитовскому
типу по характеру рудовмещаю-
щих метасоматитов и степени
интенсивности гидротермального
изменения рудолокализирующих
песчаников среди ртутных место-
рождений Кавказа ближе всего
подходит Ахейское месторожде-
ние в Грузии, входящее, по Г.Т.
Баакашвили, З.Я. Церцвадзе и др.
(1979 г.), в состав самостоятель-
ной Абхазской ртутнорудной зо-
ны. Это месторождение приуроче-
но к горизонту окварцованных и
диккитизированных песчаников
(рис. 19), образующих складку,
разорванную системой соосных и
косых разломов. Рудные тела
представлены согласными зале-
жами, с которыми сопрягаются
секущие минерализованные зоны.
Отмечаются и разобщенные гнезда
рудных минералов, локализую-
щиеся как внутри горизонта ок-
варцованных песчаников, так и в

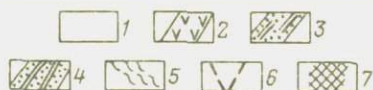
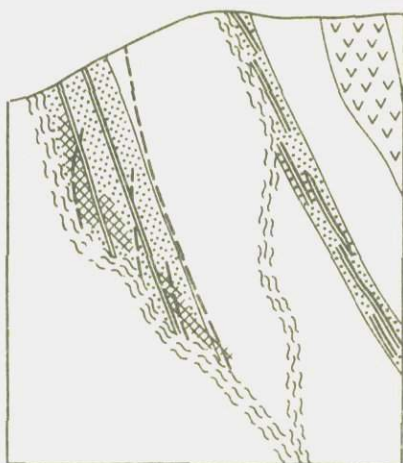


Рис. 19. Схематизированный разрез участка Шура Ахейского ртутного месторождения, по О.Г. Барач, Г.Т. Баакашвили, З.Я. Церцвадзе и др.

1 – аргиллиты юры; 2 – альбитофиры и туфы; 3 – песчаные сланцы; 4 – рудоносный горизонт кварцитовидных песчаников; 5 – зоны милонитизации; 6 – рудолокализирующие разрывные нарушения; 7 – зоны диккитизации с кинноварной минерализацией

зонах брекчирования, сопровождающих отдельные разрывные нарушения, особенно в местах их сочленения. Часть рудных тел может быть объединена в более крупные линейные штокверки, для чего необходимо будет обосновать снижение ныне существующих кондиций. Последнее, по-видимому, вполне возможно, так как значительная часть руд представлена здесь или рыхлыми брекчиями с кинноварью в цементирующем их диккитовом материале, или же плотными, но сильно трещиноватыми кремнистыми породами, пронизанными прожилками, сложенными рыхлым кинноварьсодержащим диккитом. Как показали опыты Н.Я. Ольховского, аналогичные, некондиционные по содержанию ртути руды, отобранные на ряде рудных участков Никитовского месторождения, успешно обогащаются путем простого грохочения. При этом почти вся кинноварь уходит в рудную мелочь (своеобразный рудный концентрат, содержание ртути в котором иногда почти на порядок выше, чем в исходном материале), а крупная фракция – обломки плотных кремнистых пород – может быть использована в качестве щебеночного покрытия в дорожном строительстве.

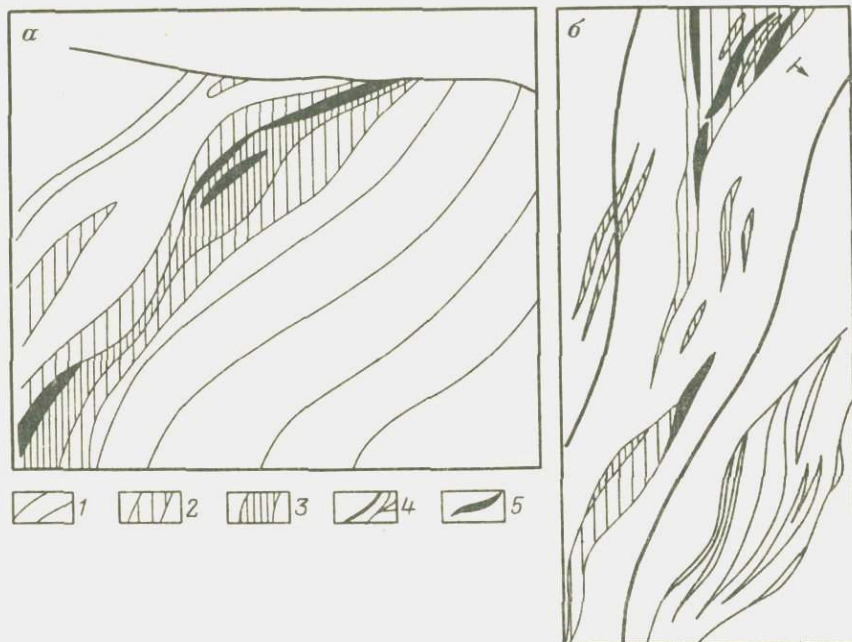


Рис. 20. Структурная схема Сахалинского ртутного месторождения, по Н.А. Терентенко, И.В. Виноградову, М.Г. Шишкунову и др.

a – разрез, *б* – план.

1–3 – мергелистые глины и аргиллиты различных горизонтов мела: 1 – темно-серые, неизменные, 2 – серые давленные и литифицированные, 3 – светло-серые, интенсивно диккитизированные; 4 – системы и пучки кулисообразно сопрягающихся трещин; 5 – линзы рудоносных кварц-диккитовых (“белых”) брекчий

Перспективы Ахейского месторождения могут быть расширены за счет обнаружения скрытых рудных залежей на нижних горизонтах: оруденение здесь, как и на большинстве ртутных месторождений кварц-диккитового типа, многоярусное.

На Западном Кавказе расположено и Сахалинское месторождение, изучавшееся А.В. Нетребой, Н.А. Терентенко, М.Г. Шишкуновым, А.С. Кандауровым и др. Оно существенно отличается от других рудопроявлений кварц-диккитового типа (скорее диккитового, так как кварц играет в них подчиненную роль). В разрезе флишоидной толщи этого района песчаники имеют подчиненное значение, а непосредственно на месторождении их почти нет. Оруденение в основном локализуется в мергелистых глинах, но в тесной ассоциации с разрывными структурами (рис. 20). Вдоль зоны наиболее крупного разлома выделяется широкая (многие сотни, до первых тысяч метров) полоса в той или иной степени аргиллизированных глин светло-серого цвета. Исходные весьма пластичные более темные породы подверглись литификации – “окаменению”: они уплотнены и разбиты серией мелких трещин, выполненных диккитом, на отдельные разновеликие блоки.

В центральной части полосы литифицированных мергелистых глин устанавливаются сложно ветвящиеся зоны мощностью в несколько десятков метров, представленные теми же глинами, но подвергшимися интенсивному воздействию гидротермальных растворов: они сильно осветлены и содержат выделения молочно-белого диккита в виде тонких и тончайших (первые сантиметры — доли миллиметра) прожилков. После завершения процесса прерудной диккитизации глин и отложения жильного диккита продуктивной стадии (с вкрапленностью киновари) произошли многократные тектонические подвижки, в результате чего вдоль зон крупных нарушений, особенно взбросо-надвигового типа, возникли линзы милонитизированных пород, в которых рудные прожилки были растерты по поверхности зеркал скольжения. На их отполированных плоскостях, покрытых сплошным притертым, молочно-белым с перламутровым блеском диккитом, особенно эффектно выглядят броды скольжения, фиксирующиеся по узким ярко-красным полоскам растертой киновари.

Кондиционные рудные тела на Сахалинском месторождении связаны с поднадвиговыми пакетами втнуриформационных, так называемых "белых" брекчий. Такие пакеты линзо- и столбообразной формы устанавливаются в местах изгиба по простиранию и падению плоскостей взбросо-надвигов. Со стороны лежачего бока последних они часто экранируются прослоями милонитизированных пород — тех же осветленных, но интенсивно перетертых и разлитованных аргиллизитов. "Белые" брекчи представляют собой однородную массу тесно ассоциирующуюся с другим тонкоиглольчатых кристалликов кварца и крупночешуйчатого (в пустотах) и сливного, восковидного (в основной массе) диккита (основной компонент брекчий). Обломки вмещающих пород (осветленные и окварцованные аргиллизиты) составляют лишь небольшую часть "белой" брекчи. Киноварь в виде тонкой вкрапленности, иногда довольно равномерной, выделяется в тесной связи с диккитом, однако максимальные ее концентрации наблюдаются в участках, характеризующихся наиболее высокой степенью окварцевания; здесь нередко устанавливаются и радиально-лучистые агрегаты тонких кристаллов антимонита. Пакеты "белых" брекчий с глубиной выклиниваются, сменяясь кулисообразно призматическими к ним линзами интенсивно диккитизированных и частично окварцованных пород.

Киноварь распространена и за пределами брекчий, иногда она отмечается на расстоянии многих десятков метров от поверхностей рудолокализирующих взбросо-надвигов, главным образом со стороны их лежачего бока, но содержание ртути в таких зонах рассеянной минерализации в общем почти на порядок ниже, чем в брекчиях.

На крайнем юго-западном фланге Северо-Кавказского ртутносного пояса было обнаружено несколько проявлений богатого ртутного оруденения, приуроченного к изолированным выходам своеобразных крупно-обломочных конглобрекчий (Перевальное, Береговое). По тектоно-металлогенической позиции, характеру разреза рудовмещающих пород и минеральному составу руд данные проявления во многом аналогичны описанным выше, однако по структуре они резко отличаются: есть осно-

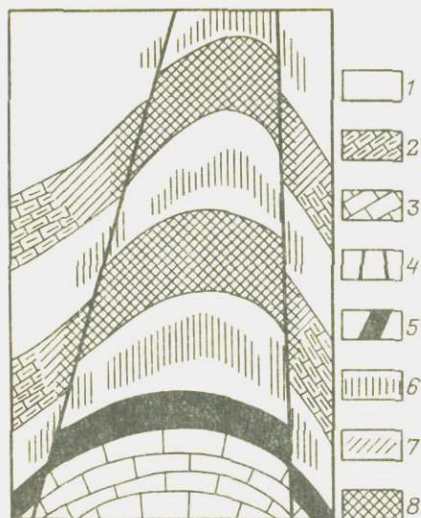


Рис. 21. Принципиальная схема ртутного месторождения Ламучан (разрез, по Дин Лунсяну и др., 1959 г.

1 — глинистые сланцы; 2 — мергелистые известняки; 3 — массивные известняки; 4 — рудоконтролирующие разрывные нарушения; 5 — сливной скрытокристаллический халцедон с антимонитом; 6 — зоны интенсивной пиритизации в сланцах; 7 — зоны осветления в мергелистых известняках; 8 — диккитизированные мергелистые известняки с киноварью

ловленное воздействием на вмещающие породы потоков гидротерм, поднимающихся вдоль зоны крутопадающего разлома, рассекающего рудоносную антиклиналь, развито в присводовой части последней. Главный жильный минерал — диккит — слагает как сплошные массы, так и прожилки (иногда довольно мощные — до многих сантиметров). В последнем случае плотный и крупночешуйчатый диккит ассоциирует с обильными выделениями таблитчатого барита. Киноварь, обычно тонковкрапленная, образует согласные и секущие тела, а также разобщенные гнезда в диккитизированных и пиритизированных мергелистых известняках и сланцах.

Диккит в ртутных месторождениях, локализующихся в условиях существенно карбонатного разреза, — явление достаточно редкое. Укажем, например, **Мыкское месторождение** в Западном Узбекистане, изучавшееся Ю.В. Финкельштейном. Киноварное оруденение на нем установлено в кровле пачки известняков, флексурообразно изогнутой и срезанной

вания связывать их с жерловыми частями грязевых палеовулканов, поэтому наиболее типоморфный представитель этой структурно-морфогенетической группы — месторождение Перевальное — будет охарактеризован в разделе, посвященном вулканогенным месторождениям.

С некоторой долей условности к кварц-диккитовому типу может быть отнесено оригинальное в структурном отношении многоярусное месторождение Ламучан на юго-востоке КНР. В разрезе толщи рудовмещающих пород здесь наблюдаются мощные горизонты известняков и доломитов, образующих нижний структурно-литологический рудный ярус. В ядерной части пологой антиклинали, сложенной известняками перми, устанавливается, по Дин Лунсяну и др. (рис. 21), выдержанный горизонт кремнистых пород халцедоновидного облика (нижний ртутнорудный ярус). Выше, в толще глинистых сланцев пермо-триаса, выделяется несколько пачек тонкоплитчатых мергелистых известняков, подвергшихся интенсивному осветлению (верхний ртутоносный ярус). Особенно сильное осветление, обус-

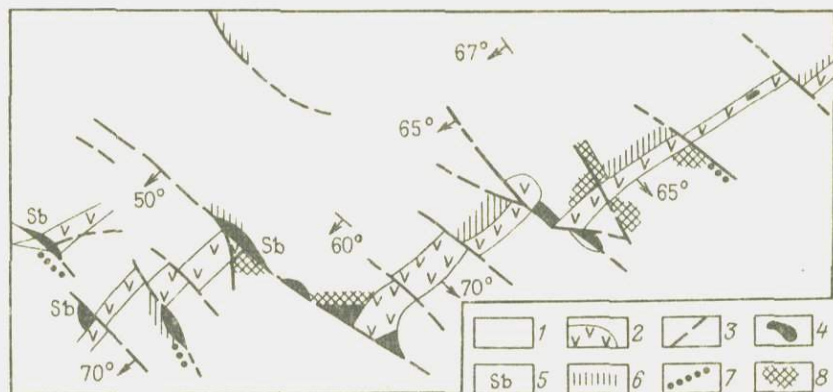


Рис. 22. Схема геологического строения ртутного месторождения Ред-Дэвл, по Е.М. Маккевиту и Х.К. Бергу, 1963 г.

1 – аргиллиты и граувакки; 2 – дайки диабазового порфирита; 3 – нарушения; 4 – ртутные рудные тела; 5 – проявления сурьмяной минерализации; 6 – зоны аргиллизации; 7 – зоны пиритизации; 8 – участки интенсивно диккитизированных пород

разломом. Непосредственно рудовмещающие известняки интенсивно осветлены – дебитумизированы. Большая часть битумов отогнана в надрудные сланцы, где они образуют четко выраженную оторочку шириной до нескольких дециметров, отстоящую от кровли известняков на расстоянии первых метров. Вблизи этой оторочки “очерненных” пород, содержащих до 2 % битумов, выявлено большое число прожилков и гнезд молочно-белого диккита.

Особую структурно-морфологическую группу ртутных месторождений кварц-диккитового типа составляют немногочисленные, но имеющие иногда серьезное практическое значение месторождения, локализующиеся в тесной структурной связи с дайками изверженных пород разного состава, преимущественно диабазовых порфиритов; последние, как уже подчеркивалось, являются постоянными спутниками ртутного оруденения в крупных рудных полях. Так, на Хайдарканском рудном поле в Южной Фергане Г.А. Тереховой был описан ряд рудных ловушек, образованных сопрягающимися и пересекающимися пред- и близкорудными дайками диабазового порфирита. Известны и самостоятельные месторождения, связанные с дайками (Ред-Дэвл на Аляске, Авадхара и Грузии, Энза и Акелинджа в Северном Алжире и др.).

В качестве типоморфного представителя этой группы кратко охарактеризуем месторождение Ред-Дэвл, данные о котором приведены в работах Е.М. Маккевита и др. Месторождение, расположенное в центре Кускоквимского ртутнорудного района, интенсивно эксплуатировалось в 1939–1946, 1952–1959 и в 1970 годах. В течение ряда лет годовая добыча ртути на нем достигала 100 т, а всего было извлечено около 1 тыс. т металла, что ставит это месторождение, с учетом возможного погашения оставшихся запасов, в разряд довольно крупных объектов.

Вмещающие породы – моноклинально залегающая мощная толща

аргиллитов и граувакк кускоквимской серии мела, рассекающихся системами даек диабазового порфирита. К одной из таких даек и приурочено рассматриваемое месторождение (рис. 22). Дайка мощностью 1–10 м разбита серией малоамплитудных поперечных сбросов на разновеликие блоки, сдвинутые по отношению друг к другу на расстояния от нескольких до первых десятков метров.

Оруденение локализуется в зонах дробления вдоль указанных сбросов, образуя Г- и Т-образные раздувы в местах пересечения ими дайки. В таких позициях устанавливаются наиболее богатые, хотя и маломощные (до 2 м) рудные столбы, прослеживающиеся по падению иногда на 100–150 м. Содержание ртути в столбообразных рудных телах от 1 до 30 %. В зальбандах дайки развиты рудоносные зоны контактового типа, характеризующиеся более низким (менее 1 %) содержанием ртути. Отмечаются и жильные рудные тела – главным образом на продолжении в сланцах поперечных рудолокализирующих нарушений. Оруденение прослежено на глубину свыше 200 м.

Предполагается, что в местах пересечения дайкой и сопрягающимися с ней разрывами горизонтов литологически благоприятных пород – песчаников, гравелитов и граувакк – могут быть встречены рудные тела согласного типа. В пользу этого предположения свидетельствует интенсивная проработка рудовмещающих пород гидротермами, причем довольно высокотемпературными, судя по наличию кварца, ассоциирующего с ним антимонита (в виде крупных гнезд) и арсенопирита. Месторождение Ред-Дэвл не единственное в пределах Кускоквимского рудного района; здесь известно несколько десятков ртутных рудопроявлений, и все они относятся к кварц-диккитовому типу.

В Абхазской ртутноносной зоне Грузии, рядом с Ахейским месторождением, располагается **ртутное рудопроявление Авадхара**, во многом напоминающее месторождение Ред-Дэвл: на нем, по данным А.А. Кавтарадзе и др. (1967 г.), известны жильные тела, локализующиеся вдоль трещин, косо пересекающих дайку спилитоподобных пород, а также зоны рассеянной минерализации в ее зальбандах. И здесь, как и во всех предыдущих случаях, ведущий жильный минерал – диккит.

В древних гнейсах Большой Кабилии (Северный Алжир) известны дайки интенсивно измененных пегматоидных пород, несущих киноварную минерализацию. На месторождении Энза такие дайки под воздействием гидротермальных растворов местами настолько изменены, что слагающие их породы превратились в аморфный глинистый материал, скрепленный каркасом вторичного кварца халцедоновидного облика. Среди глинистых минералов диагностирован диккит, что дает косвенные основания для отнесения этого месторождения к кварц-диккитовому типу. Киноварь на нем представлена скрытокристаллическими разностями, местами как бы пропитываемыми аморфный глинистый материал, особенно на участках с максимальным проявлением процессов окварцевания. Морфология рудных тел очень сложная – это преимущественно жилообразные зоны минерализации, охватывающие как сами дайки, так и вмещающие породы; значительную роль играют гнезда неправильной формы и приконтактные линзы.

Заканчивая описание ртутных месторождений кварц-диккитового типа, различающихся в основном по структурно-морфологическим особенностям, кратко охарактеризуем месторождение Терлигхая, относимое к этому типу в значительной мере условно: оно, во-первых, локализуется в толще существенно эффузивных пород, и, во-вторых, характеризуется несколько необычным набором жильных минералов, среди которых главными, помимо глинистых, являются карбонаты и барит. По данным С.Н. Кондакова, В.А. Каменьщикова, Г.С. Симкина и др., оруденение на месторождении Терлигхая контролируется системой сложно ветвящихся разломов (рис. 23), вдоль которых развиты зоны прерудных метасоматитов каолинит-слюдистого и пирит-кварцевого составов, на которые позже были наложены продукты процесса аргиллизации, характерные для телетермального ртутного оруденения (В.А. Кузнецов,

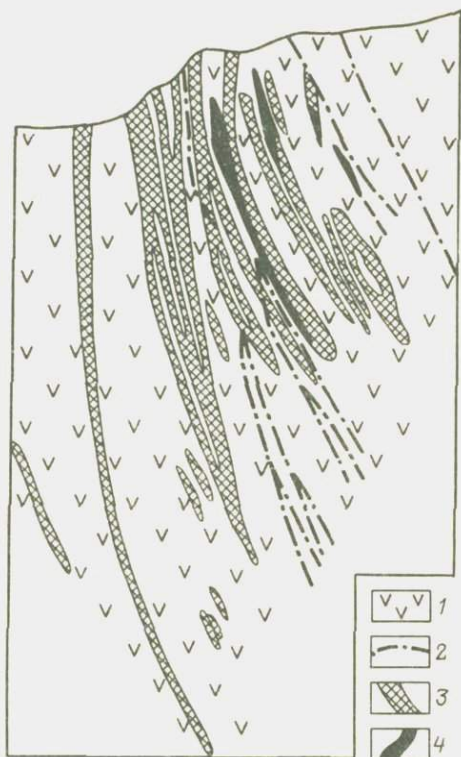


Рис. 23. Строение участка 2 месторождения Терлигхая, по Г.С. Симкину, С.Н. Кондакову и др.

1 – порфириты, частично аргиллизированные; 2 – разломы; 3 – рудные залежи; 4 – участки концентрированного оруденения

А.А. Оболенский, И.П. Щербань и др.). По мнению И.С. Туркина и др., ртутное оруденение описываемого района генетически связано с рудовмещающей толщей девонских эффузивов, будучи эксгальционно-осадочным. Наконец, существуют предположения о рудоконтролирующей и рудолокализирующей роли палеовулканических структур, которые, с одной стороны, служили подводящими каналами для рудогенерирующих растворов глубинного происхождения, а с другой – структурными ловушками: именно палеовулканические структуры характеризуются обычно наиболее разнообразным сочетанием структурных и литологических факторов рудолокализации.

Обобщая все сказанное о ртутных месторождениях кварц-диккитового типа, отметим следующие наиболее общие их особенности, учет которых необходим при геолого-экономической оценке выявленных объектов.

1. Определяющая роль геологического разреза. Месторождения формируются практически только в условиях одночленного разреза, сложенного мощными толщами пород алюмосиликатного состава, предпочтительно терригенными образованиями: сланцами с горизонтами песчаников. Возраст и степень консолидации рудовмещающих пород решающего значения не имеют: месторождения этого типа известны в древних гнейсовидных сланцах и песчаниках (Испания), слабометаморфизованных глинистых сланцах верхнего палеозоя и мезозоя (Донбасс, Восточная Якутия, Чукотка), почти не измененных глинистых отложениях мезокайнозоя (Кавказ). Литологический контроль проявляется достаточно четко (приуроченность к горизонтам песчаников), но далеко не всегда (оруденелыми могут быть и литологически менее благоприятные сланцы и даже пластичные мергелистые глины).

2. Рудоконтролирующая роль крупных разломов. Во всех случаях оруденение связано с зонами протяженных (многие сотни километров) глубинных разломов, вдоль которых образуются зоны и пояса с однотипной рудной минерализацией. Конкретные месторождения локализуются в тесной ассоциации с разрывными нарушениями более мелкого порядка, сочетающимися иногда с локальными складчатыми структурами типа сундучных или гребневидных антиклиналей, часто с редуцированным крылом или сводом. Источниками рудоносных растворов, судя по значительной протяженности рудоносных зон, связанных с локальными рудными "отдушниками", являлись рудогенерирующие очаги глубокого заложения. Таковыми служили иногда структуры типа трубок взрыва (наличие таких трубок – один из наиболее важных критериев оценки возможных масштабов проявления оруденения).

3. Рудноформационная однотипность. Руды всех ртутных месторождений данного типа практически монометалльные. Киноварь (иногда с самородной ртутью) в них ассоциирует с кварцем (предпочтительный вариант), дикситом, чаще с обоими минералами; подчиненную роль играют карбонаты и пирит. Редкий попутный компонент – сурьма (в виде антимонита).

4. Структурное многообразие. Для месторождений этого типа характерны как пластово-согласные, так и секущие формы рудных тел. Преобладают, однако, сложные комбинированные структуры: рудные столбы, штокверки, зоны рассеянной минерализации; известны также оригинальные структуры типа трубок взрыва, соляных куполов, диапиров и пр.

5. Разномасштабность оруденения. Среди ртутных объектов кварц-дикситового типа устанавливаются как внешмаштабные проявления ртутной минерализации, имеющие лишь поисково-индикаторное значение, так и месторождения – от небольших и средних до крупных, очень крупных и уникальных (Альмаден). Таким же диапазоном характеризуются и содержания ртути в рудах – от некондиционной рассеянной (тысячные – сотые доли процента) ртутной минерализации (Красноаульское рудопроявление) до штуфных руд с содержанием металла более 20 % (верхние горизонты месторождения Альмаден). При прочих равных условиях одним из основных геолого-экономических критериев оценки ртутных месторождений кварц-дикситового типа, как, впрочем, и ряда

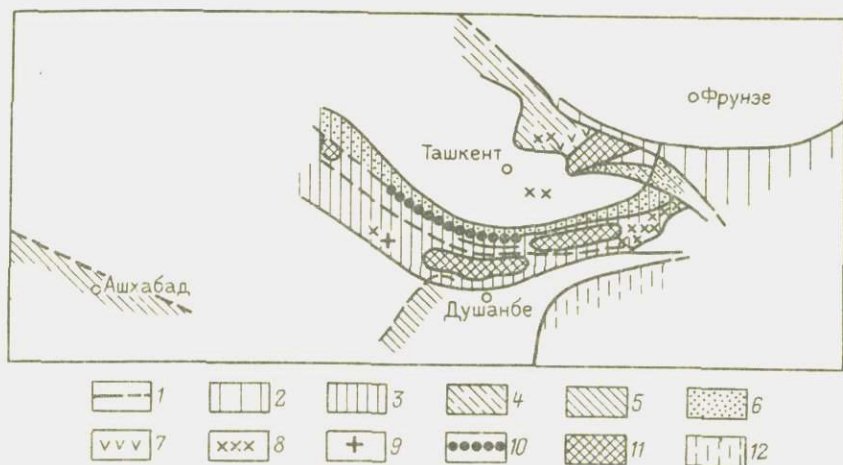


Рис. 24. Схема расположения ртутно-сурьмяных поясов и зон Среднеазиатской рудной провинции.

1 - глубокие краевые разломы регионального плана; 2-4 - ртутнорудные пояса: 2 - Северо-Тяньшаньский ранневарисский, 3 - Южно-Тяньшаньский поздневарисский, 4 - Северо-Ферганский варисский; 5 - Копетдагская и Кугитангская ртутнорудные зоны киммерийско-альпийские; 6-12 - зоны распространения ртутных месторождений и рудопоявлений различных генетических и промышленных типов: 6 - листовитового, 7 - алунитового, 8 - кварц-карбонат-серцитового, 9 - кварц-полиаргиллитового, 10 - палеоопалитового, 11 - джаспероидного, 12 - карбонат-аргиллитового

других типов телетермального класса, являются относительные масштабы и степень интенсивности предрудной гидротермальной проработки рудовмещающих пород, определяющие возможность формирования крупных и выдержанных тел метасоматитов согласного типа (горизонты кварцитовидных песчаников и др.). Масштабы оруденения в значительной степени являются функцией предрудного кварцевого метасоматоза вмещающих пород: чем более глубокой гидротермальной проработке они подверглись, тем больше шансов, что именно с такими разностями пород будут связаны промышленные рудные залежи.

Ртутные (ртутно-сурьмяные, сурьмяные) месторождения джаспероидного типа

Месторождения этого типа наибольшим распространением пользуются в пределах Среднеазиатской ртутно-сурьмяной рудной провинции (Тяньшаньская подпровинция, рис. 24). Известны они также в Юго-Восточной Азии, где к этому типу относится уникальное по масштабам сурьмяное месторождение Сигуаньшань, а также на Балканах и в Центральной Америке.

Главный фактор рудолокализации - экранирующая роль сланцевых

толщ. Наиболее полно она проявляется в условиях трехчленного разреза: пластичные сланцы – плотные, компетентные известняки – пластичные сланцы. Большое значение имеет мощность толщи компетентных карбонатных пород, так как именно она в значительной степени определяет форму и размеры складок, особенно антиклинальных – основных рудо-локализирующих структур в месторождениях джаспероидного типа. Наиболее благоприятными будут значения этого показателя в пределах от первых сотен метров до 2 км. При малой мощности формируются обычно системы изоклинальных, недостаточно выдержанных по форме и размерам складок, при большой же мощности основного опорного горизонта (толщи) карбонатных пород складки вообще могут не образовываться, а тектонические напряжения приведут к образованию ограниченных разломами глыбовых и моноклинальных структур, менее благоприятных для локализации оруденения, чем антиклинальные складки, в частности брахиформного типа.

Следующий по значимости фактор рудообразования – существенно кремнеземистый состав рудогенерирующих растворов. Ртуноносными гидротермами этот компонент, как правило, заимствуется из вмещающих пород, а не приносится из глубинных очагов, поэтому одно из необходимых условий образования ртутно-сурьмяных месторождений джаспероидного типа – наличие достаточно мощных толщ подстилающих пород алюмосиликатного состава, то есть первой составляющей трехчленного разреза ртуноносной зоны. Из пород нижнего структурного яруса выщелачивается иногда колоссальное количество кремнезема. Так, среднее по размерам рудное поле ртутно-сурьмяного месторождения джаспероидного типа имеет обычно площадь порядка 10^6 м², что при минимальной мощности джаспероидного горизонта в 5 м даст 130 млн. т привносимой кремнеземистой массы. Есть, однако, и более крупномасштабные рудные поля, такие как Сигуаньшань, где количество выщелоченного и переотложеного кремнезема составляет, вероятно, около 1 млрд. т.

В гидротермальных месторождениях кремнезем, выполняя пустоты или метасоматически замещая отдельные составляющие вмещающих пород или породу в целом, выделяется в виде самых различных модификаций. В разделе о ртутных месторождениях кварц-диккитового типа говорилось о кварцитах, образующихся в процессе силификации отдельных горизонтов песчаников. В месторождениях вулканогенного класса роль рудовмещающих пород часто играют плащеобразные залежи опалитов. В ряде случаев ртутное оруденение связано с зонами окварцевания, прокварцевания, ороговикования, окремнения, халцедонизации, маршаллитизации и др.; во всех случаях речь идет о гидротермальном кремнеземе, но выделяющемся в различных формах, что зависит как от температуры рудоносных растворов и состава вмещающих пород, так и от условий рудолокализации.

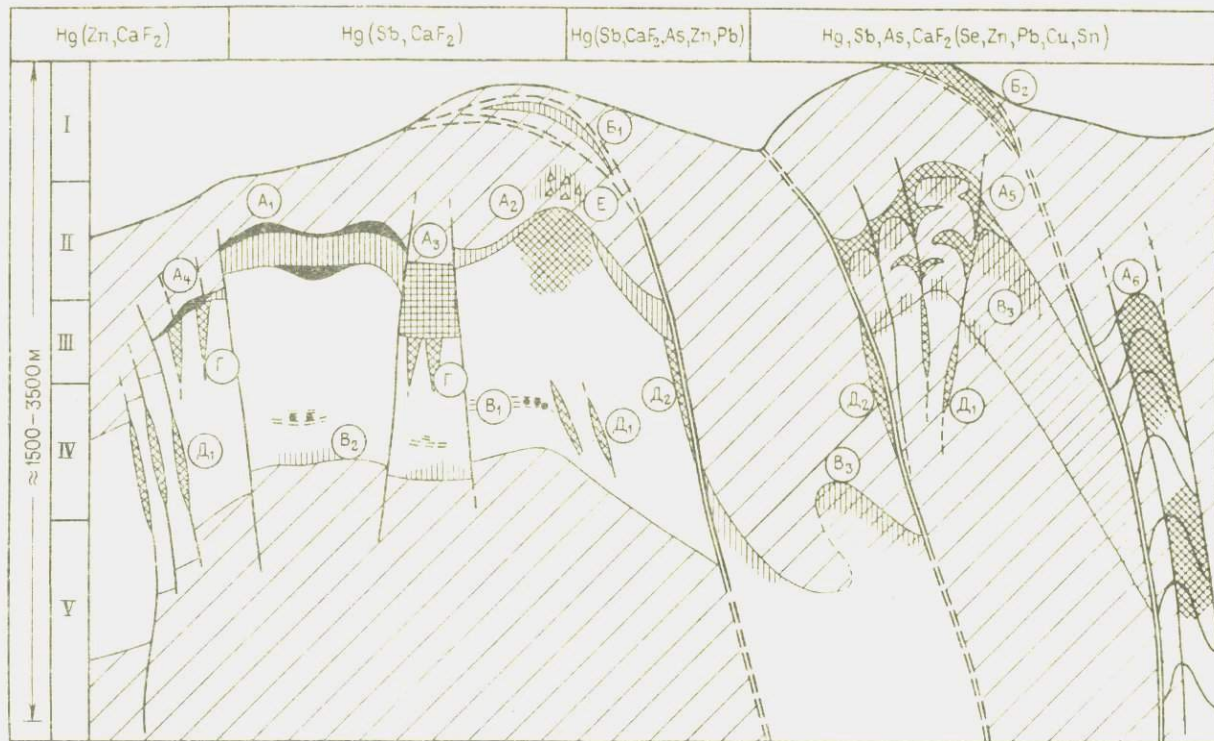
В месторождениях джаспероидного типа кремнезем метасоматически замещает известняки всяческого бока карбонатной толщи. Замещение происходит под достаточно мощным (обычно не менее первых сотен метров) сланцевым экраном. В соответствии с представлениями Д.С. Коржинско-

го, Р.А. Маккея и В.Э. Пояркова, этот экран не должен быть абсолютно непроницаемым, чем обеспечивается замедленное просачивание (диффузия) "отработавших" порций рудоносных растворов и накапливание под толщей сланцев как кремнезема, так и других составляющих гидротерм – рудных (комплексные соединения ртути, сурьмы, мышьяка и др.) и нерудных (галоиды, в первую очередь фтор). Один из ведущих факторов рудолокализации в этих условиях, по мнению указанных исследователей, – дифференциальная диффузия рудообразующих компонентов сквозь полупроницаемый сланцевый экран, часто усиленный межформационными тектоническими подвижками.

Формирование месторождений джаспероидного типа происходит обычно в спокойной тектонической обстановке – в пределах платформ (Южный Китай) или консолидированных геосинклиналей (Тянь-Шань), чем обеспечивается постоянство факторов рудолокализации и, следовательно, длительность периода рудолокализации. По подсчетам Н.Ю. Баринковой (1977 г.), продолжительность времени формирования отдельных рудных полей рассматриваемого типа может измеряться многими сотнями тысяч – до первых миллионов лет. Все это обуславливает особую специфичность процесса метасоматоза. Замещению подвергаются известняки, в первую очередь непосредственно под сланцевым экраном. По мере удаления от последнего интенсивность окремнения падает; меняется и форма выделения кремнезема: под сланцами метасоматически замещается вся масса карбонатного материала, но с полным сохранением, что необходимо особо подчеркнуть, исходных структурно-текстурных особенностей материнской породы, а вдали от экрана более характерны процессы окварцевания предварительно осветленных известняков – выделение кремнезема в виде системы прожилков и гнезд.

Оптимальный вариант – когда замещению подвергается выдержанный, хотя и маломощный (первые десятки метров) горизонт тонкослоистых глинистых известняков. В этом случае образуются протяженные пласто- и седлообразные межформационные залежи дажспероидов. Такое название за этими породами укоренилось в литературе по геологии ртутно-сурьмяных месторождений с конца 30-х годов, когда В.И. Смирнов и А.К. Поляков предложили применять этот термин для обозначения рудовмещающих кварцитовидных пород месторождений Хайдаркан и Кадамджай в Южной Фергане. Позже под джаспероидами стали понимать иногда любые проявления процесса окварцевания в известняках: внутрiformационные залежи (Келянское месторождение в Забайкалье), секущие зоны и штокерки (Промежуточное в Хайдарканском рудном поле и др.). Нам, однако, представляется, что главный отличительный признак типичных джаспероидов – образование их непосредственно под сланцевым экраном, причем обязательно с сохранением текстурно-структурных особенностей метасоматически замещаемых известняков.

Залежи дажспероидов формируются на самых первых этапах прерудного процесса; позже на отдельных участках они могут подвергаться дроблению с образованием межформационных и секущих брекчий, цементирующихся как новообразованным кварцем, в том числе кристаллическим, так



и другими нерудными (флюорит, карбонаты, серицит, гидрослюда, барит и др.) и рудными (киноварь, антимонит и др.) минералами. В процессе кремнистого метасоматоза известняков освобождается большое количество карбонатного материала: при его переотложении формируется система кальцитовых жил в подстилающих известняках и перекрывающих сланцах. В последнем случае возникает плащеобразная зона так называемого "карбонатного уплотнения", располагающаяся в сланцах в нескольких десятках метров от контакта с нижележащими джаспероидами.

В перекрывающие сланцы, но на более значительное расстояние от контакта (до первых сотен метров) отгоняется и часть органики, слагающей, часто с пиритом, плащеобразные залежи битуминозных и углефицированных сланцев с характерным антрацитовидным блеском на поверхностях скола (один из лонсковых признаков). С подобными зонами углефикации (с частичной графитизацией) тесно связаны и весьма протяженные ореолы первичного рассеяния ртути и сопутствующих ей элементов-индикаторов.

Нередко окремнению подвергаются и надрудные сланцы. При этом возникают приконтактовые залежи в различной степени окварцованных

Рис. 25. Обобщенный разрез, характеризующий геолого-структурные особенности локализации телетермальных ртутных месторождений джаспероидного геолого-промышленного типа (на примере типоморфных участков Хайдарканского рудного поля)

1-4 - вмещающие породы: 1 - толщи перекрывающих и подстилающих сланцев, 2-4 - основная рудовмещающая толща 12 - чисто карбонатных пород, в верхней части разреза известняковых, в нижней доломитовых, 3 - меньшей мощности с пропластками сланцев, песчаников и конгломератов, 4 - с еще большим развитием терригенных пород, в том числе ортогипсованных); 5-8 - тектонические нарушения: 5 - крутые рудоконтролирующие взбросо-надвиги, 6 - крупные рудораспределяющие сбросы, 7 - малоамплитудные рудолокализирующие трещины скола, 8 - зоны внутриформационного расчленения в доломитах; 9-22 - ведущие структурно-морфологические типы рудных тел: 9-14 - основная залежь межформационных рудовых джаспероидов (9 - в своде сундушной складки с особо богатыми рудными линзами в зальбандах - A_1 , 10 - при малой мощности джаспероидов и штокверковом оруденении в ядре куполовидной складки - A_2 , 11 - в тектоническом клине между сбросами - A_3 , 12 - на крыле складки - A_4 , 13 - в сводовой части складки, сложенной известняками и сланцами - A_5 , 14 - в случае еще большего количества в разрезе терригенных отложений - A_6), 15 - оруденелый тектонический пакет известняков, надвинутых по поверхностям чешуйчатых надвигов (с ртутными рудами - B_1 , с комплексными ртутно-сурьмяно-мышьяковыми рудами - B_2), 16-17 - согласные залежи (16 - контролирующиеся структурами внутриформационного расчленения в доломитах - B_3 , 17 - в лежачем боку толщи карбонатных пород - B_4), 18 - рассеянная минерализация в толще терригенно-карбонатных пород - B_5 , 19 - рудные тела, связанные с карстовыми полостями в известняках под джаспероидами - B_6 , 20-21 - секущие зоны минерализации (20 - в известняках - D_1 , 21 - в известняках и сланцах под поверхностью основного взбросо-надвига - D_2), 22 - штокверки в зонах дробления в сланцах над сжатыми антиклиналями (E). Индексы сверху - типоморфные элементы, определяющие горизонтальную зональность распределения оруденения в пределах рудного поля (в поперечном разрезе), I-V - интервалы, отражающие элементы вертикальной зональности рудоотложения и определяющие очередность разведочных работ

пород — вплоть до роговиков. По подсчетам М.П. Баскакова (1938 г.), на некоторых месторождениях (Кадамджай и др.) до 30 % кремнезема идет на образование таких роговиков, а остальное — на формирование основных залежей джаспероидов. Добавим, что иногда до 20 % кремнезема расходуется при становлении секущих зон окварцевания (с известняково-кварцевыми брекчиями) в подстилающих известняках.

Образование типичных джаспероидов начинается обычно, судя по данным термобарометрических исследований Н.П. Ермакова, Г.Г. Грушкина, Б.О. Манучарянца и др., при температурах 350–250 °С; температура же собственно рудного этапа 250–100 °С. Давление в рудных системах, как определили Б.О. Манучарянец и др., достигало 200–300 МПа, что намного превышает значения литостатической нагрузки, существовавшей в этих системах в момент рудообразования. Концентрация рудоносных растворов довольно низкая, обычно около 3–7 г/л: растворы истинные. близкие к нейтральным, чаще слабощелочные.

Обобщенный разрез наиболее характерного ртутного (с сурьмой, мышьяком в виде реальгара и аурипигмента, а также иногда флюоритом) месторождения джаспероидного типа представлен на рис. 25. Этот разрез построен на основании данных детальной разведки отдельных участков Хайдарканского рудного поля, но одновременно он отражает и некоторые специфические черты рудных тел рудных месторождений этого типа — Чаувай и др. На разрезе отчетливо видна ведущая роль главной рудоконтролирующей и рудолокализирующей (она же экранирующая) поверхности — зоны контакта между толщей рудовмещающих карбонатных пород и перекрывающих их сланцев. Именно к этой поверхности приурочена межформационная залежь джаспероидов, переходящая местами в тела внутриформационных и секущих брекчий.

Джаспероиды вмещают основную массу оруденения (до 90 % на отдельных участках), однако не менее отчетливо, помимо литологического, устанавливается и структурный контроль — тяготение крупных концентраций руд к сводовым и ядерным частям антиклиналей, изгибам их крутопадающих крыльев, осложненных разломами, зонам дробления вдоль крупных нарушений, местам их сопряжения и др. Однако во всех случаях, даже при условии удаления отдельных секущих тел на многие сотни метров от экранирующей поверхности, структурная и генетическая связь с последней, а следовательно, и с основным горизонтом джаспероидов устанавливается совершенно бесспорно.

В качестве "эталонного" представителя месторождений джаспероидного типа описывается Хайдарканское рудное поле в Южной Киргизии (Тянь-Шань).

В последние годы в СССР заметно возрос интерес к истории геологического изучения отдельных районов и рудных провинций, что нашло отражение в систематическом выпуске соответствующих сводок аннотационно-библиографического плана, содержащих сведения и об этапах открытия и разведки месторождений полезных ископаемых. В ходе последующего изучения и промышленного освоения первоначально сложившиеся представления о строении и условиях образования ряда место-

рождений, естественно, менялись, часто коренным образом, что приводило к переоценке перспектив как уже разведанных участков, так и рудных полей в целом. Большое познавательное значение имели бы поэтому результаты анализа эволюции взглядов на особенности образования ведущих месторождений СССР, особенно длительное время изучавшихся.

С этих позиций выбор Хайдарканского месторождения для такого рода анализа нам представляется достаточно оправданным: указанное месторождение – одно из наиболее сложных – заметно выделяется в этом отношении на фоне других представителей ртутно-сурьмяной формации, характеризующихся, как известно, исключительным разнообразием структурно-морфологических типов рудных тел; оно разведывается почти непрерывно уже более полувека и более сорока лет разрабатывается, что обусловило накопление обильного фактического материала и возможность практической проверки высказывавшихся предположений об особенностях строения отдельных участков рудного поля; наконец, в этом районе систематически проводились тематические исследования, направленные на решение широкого круга геологических проблем, связанных с выяснением условий локализации ртутно-сурьмяного оруденения. Все это дает возможность считать Хайдарканское рудное поле весьма выигрышным объектом для выяснения вопроса о роли геологических концепций в разработке критериев оценки месторождений на различных этапах их изучения и разведки. Рассмотрим с этой точки зрения историю геологического изучения Хайдарканского рудного поля.

В тектоно-металлогеническом отношении месторождение Хайдаркан, являющееся, по существу, рудным полем, объединяющим ряд разнотипных рудных участков, входит в состав протяженной Ишметауской рудной кулисы, располагающейся в пределах Центральной зоны Южно-Ферганского (Туркестано-Алайского) ртутно-сурьмяного пояса. Последний, в совокупности с другими зонами, образует Южно-Тянь-Шаньский региональный рудный пояс – главную составляющую Тянь-Шаньской подпровинции Среднеазиатской ртутно-сурьмяной рудной провинции (см. рис. 25). Выделенная В.И. Смирновым [22], эта провинция служит связующим звеном в системе двух глобальных ртутнорудных поясов: Средиземно-морско-Азиатского и Тихоокеанского (его Восточно-Азиатской ветви), являясь одновременно крайней западной замыкающей Центрально-Азиатского трансконтинентального пояса [9].

Эта схема иерархической соподчиненности различных таксонометрических единиц, характеризующих металлогению ртути описываемого района, сложилась лишь в последние годы. К моменту же открытия месторождения Хайдаркан на территории Средней Азии было известно только два ограниченных района распространения ртутного оруденения: Бирк-су-Ашат в Туркестанском хребте и Чаувай – в Алайском (отмечены на "Карте полезных ископаемых Туркестанского края" В.Н. Вебера, 1913–1917 гг.). Тем не менее открытие Хайдарканского месторождения нельзя признать случайным. Оно было сделано летом 1926 г. В.Э. Поярковым и В.И. Поповым – коллекторами Таджикско-Памирской экспедиции Академии наук СССР, в числе научных руководителей которой были

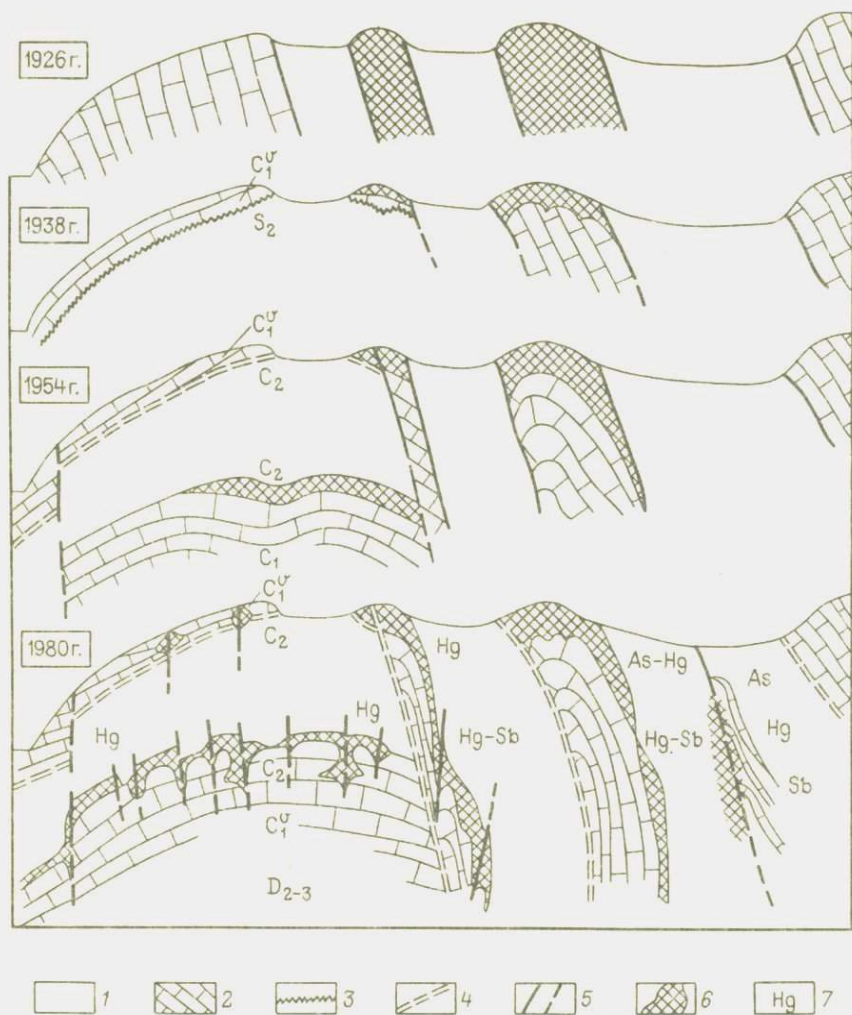


Рис. 26. Эволюция представлений о геологическом строении и перспективах Хайдарканского рудного поля (на примере обобщенного разреза через Плавиковую гору). 1 – сланцы; 2 – известняки; 3 – предполагавшееся стратиграфическое несогласие; 4 – пологие чешуйчатые надвиги и крутопадающие взбросо-надвиги; 5 – сбросы; 6 – рудоносные окварцованные брекчии; 7 – ведущие компоненты руд

А.Е. Ферман и Д.И. Щербаков. Опираясь на карту В.Н. Вебера, они ориентировали один из поисковых маршрутов в район стыка Алайского и Туркестанского хребтов (между месторождениями Чаувай и Ашат). Другими отрядами экспедиции (А.Ф. Соседко и др.) в соседних районах Южной Ферганы тогда же был выявлен еще ряд проявлений ртутной минерализации: Сымап, Котур-Булак, Охна и др. Это позволило А.Е. Ферману и

Д.И. Щербакову высказать исключительно плодотворную идею о линейном расположении ртутных месторождений района и о принадлежности их к единому ртутно-рудному поясу, названному ими Туркестано-Алайским или Южно-Ферганским (Д.И. Щербаков, 1934 г.). Позже эта идея приобрела всеобщее признание, и сейчас подобного рода пояса намечены практически во всех ртутнорудных провинциях СССР.

Период предварительного изучения месторождения (1927–1940 гг.) можно разбить на четыре этапа, на каждом из которых разведка месторождения осуществлялась на основе определенной геологической концепции.

Первый этап (1927–1930 гг.) характеризовался широким использованием метода аналогий: мощные минерализованные залежи вновь выявленных рудных участков идентифицировались с пластообразными телами кварцитовидных песчаников Никитовки и Альмадена. Дело в том, что внимание поисковиков-геологов привлекли в первую очередь протяженные гребнеобразные тела кварцевых брекчий, выходящих в северной части рудного поля на вершинах гор, получивших названия Медной (из-за примазок азурита и медной зелени в древних выработках) и Плавиковой (вследствие обилия флюорита). Почти вертикально падающие залежи этих брекчий располагались в толще углито-глинистых сланцев, и на всю глубину эрозийного среза, равно как и по простиранию, имели более или менее выдержанную мощность. Они, действительно, по внешнему виду удивительно напоминают гряды продуктивных горизонтов кварцитовидных песчаников, обнажающихся в окрестностях крупнейшего ртутного рудника мира Альмаден. Это и создало впечатление об их пластообразной форме и, следовательно, исключительно благоприятных перспективах на глубину (рис. 26).

Представление о пластовом характере рудных залежей предопределило и выбор методики их предварительной разведки: ее осуществляли системой горизонтальных штолен, ориентированных по простиранию рудносного горизонта. По такой методике на нескольких горизонтах был разведан восточный фланг участка Медная гора (правый бот сая Янгуз-Булак). Выяснилось, однако, что строение рудных залежей оказалось гораздо более сложным, чем первоначально предполагалось: они подстилаются не сланцами, а известняками и с глубиной выклиниваются: рудные тела представлены разобценными гнездами. Это привело к снижению первоначальных оценок вероятных масштабов рудного поля в десятки раз.

На втором этапе изучения месторождения, проводившегося под руководством А.А. Саукова (1931–1933 гг.), были четко оконтурированы границы рудного поля, выявлены и закартированы практически все выходы рудосных брекчий, намечены линии главных тектонических нарушений, установлены основные литологические разности вмещающих пород и изучены главные рудные и жильные минералы. Последнее позволило А.А. Саукову не только высказать обоснованные соображения о генезисе месторождения, актуальные и до настоящего времени (отложение киновари, антимонита, реальгара — аурипигмента из слабощелочных

истинных гидротермальных растворов), но и заложить основы учения о геохимии ртути [20], получившие всеобщее признание. Особенно интересны результаты детальной документации древних выработок (М.Е. Массон, 1930 г.; А.А. Сауков, 1932 г.), давшие возможность не только установить масштабы и время (VIII–XI вв. н.э.) добычи ртути, но и разработать один из надежных поисковых признаков (горно-археологический) на ртуть в Средней Азии. Достаточно сказать, что в последующем почти все новые месторождения этого металла были открыты по следам деятельности древних рудокопов.

На третьем этапе (1933–1935 гг.) предварительного изучения Хайдарканского рудного поля, во время которого разведочные работы возглавлялись В.Э. Поярковым, подход к оценке степени перспективности рудных выходов был гораздо более осторожным, хотя в целом и достаточно оптимистическим. Основывается он на новой структурной интерпретации как наиболее изученного участка Медная гора, так и других площадей развития рудной минерализации. Эти участки рисовались уже не в виде пластообразных залежей, а в качестве вытянутых в широтном направлении сжатых антиклинальных структур с крыльями, обрезанными субширотными же разломами. Предполагалось, что основное оруденение концентрируется при этом в сводовых частях антиклиналей, в значительной степени эродированных, и поэтому в ряде случаев рудные тела на поверхности оказались представленными лишь своими корневыми зонами.

Рудоносные структуры группируются в две зоны, разделяющиеся полосой сланцев: северную (Восточная Вершина, Кара-Арча, горы Медная, Плавиновая), с комплексными ртутно-сурьмяно-мышьяково-флюоритовыми рудами, и южную (Восточное поле, Главное поле, Зархар), с монометалльным ртутным оруденением. Такая трактовка особенностей строения рудного поля, когда ведущая роль стала отводиться не моноклиально-блоковым, как прежде, а складчато-блоковым структурам, оказалась возможной лишь благодаря результатам изучения фауны, собранной И. К. Зайцевым, В.Э. Поярковым, М.Х. Гумаровой и др. и диагностированной О.И. Сергуньковой, О.И. Никифоровой и др. Это позволило составить схему трехчленного разреза палеозойских отложений Хайдарканского района (сланцы верхнего силура – девона, известняки девона – нижнего и среднего карбона, сланцы среднего карбона), принципиальная основа которой сохранилась до настоящего времени.

Из других достижений этого этапа отметим итоги детальных минералогических исследований комплексных руд гор Плавиновой и Медной, выполненных Н.А. Смольяниновым (1932 г.), А.И. Сулоевым и А.Л. Пономаревым (1935 г.) и др. Составленный ими список минералов оставался почти неизменным в течение ряда последующих лет; этими исследователями было доказано самостоятельное промышленное значение флюорита (что нашло практическое воплощение в строительстве обогатительной фабрики для селективного получения киноварно-антимонитового и плавиновошпатового концентратов лишь в конце 60-х годов).

Большое значение для решения в последующем ряда генетических вопросов имели результаты поисковых работ, проводившихся в районе

месторождения Хайдаркан М.Э. Поярковой и экспедиционными рабочими — братьями И.К. и А.К. Чадовыми. В 1935 г. ими к северо-востоку от Хайдаркана было открыто железорудное месторождение НаDIR, связанное с массивом серпентинизированных гипербазитов, а на западном фланге рудного поля в 1934 г. обнаружено полиметаллическое месторождение Шорбулак. Оба эти месторождения входят в состав "Вольшого Хайдаркана". Зоны лиственитизации, развитые на месторождении НаDIR вдоль глубинного разлома, фиксирующегося выходами серпентинитов, являются, по-видимому, связующим элементом между ртутными месторождениями джаспероидного (Хайдаркан) и лиственитового (Чонкой, Птоу, Шунк и др.) типов. Такую же роль может, вероятно, играть и месторождение Шорбулак, свидетельствуя о генетической общности ртутно-сурьмяных и полиметаллических месторождений Южной Ферганы. Логическим завершением работ этого этапа стала монография В.Э. Пояркова "Хайдаркан" (1937 г.), в которой был собран весь фактический материал, накопленный по геологии Хайдарканского рудного поля за первые десять лет его разведки.

Четвертый этап (1936–1940 гг.) знаменуется тем, что именно в это время было четко сформулировано положение о роли джаспероидов как ведущем рудовмещающем горизонте. До этого окварцованные породы, с которыми на Хайдаркане связывалась основная масса ртутно-сурьмяного оруденения, описывались в качестве кварцитов (окварцованных песчаников), роговиков (окварцованных сланцев), разнообразных кремнистых брекчий и пр. Однако только после введения В.И. Смирновым и А.К. Поляковым в литературу по геологии ртути термина "джаспероиды" под этими породами стали понимать образования, характерные лишь для специфической группы низкотемпературных гидротермальных месторождений, контролирующихся структурами экранирования. Это породы, образовавшиеся в результате почти полного (до 98 %) метасоматического замещения кремнеземом пачек тонкослоистых глинистых известняков, залегающих под сланцевым экраном.

Классическое выражение джаспероиды получили на участке Главного поля, где они представлены исключительно выдержанным горизонтом (мощность 20–40 м), сформировавшимся в сводовой части пологой куполовидной, двугорбого облика брахискладки. На остальных участках рудного поля замещение было или не столь полным, или же воздействию гидротермальных растворов подвергались массивные известняки и разнообразные известняково-сланцевые брекчии тектонического происхождения. Это обусловило более сложную морфологию джаспероидных залежей за счет раздувов и апофиз, образовавшихся вдоль зон крутопадающих разломов. Но тем не менее и в этом случае вполне ясно проявляется экранирующая роль перекрывающих глинистых и, особенно, углисто-глинистых сланцев.

Установление четкой стратиграфической позиции джаспероидного горизонта, как стали на месторождении называть рудовмещающие залежи окварцованных пород, дало основание А.К. Полякову, возглавившему на этом этапе геологоразведочные работы, проводившиеся в районе место-

рождений Кадамджай и Хайдаркан, подойти по-новому к оценке перспектив значительных площадей рудного поля, занятых глинистыми сланцами. Наибольшее распространение эти сланцы, условно относимые к средневерхнекарбонovým, получили в Южной рудоносной зоне в районе Главного поля. Последнее теперь стало рассматриваться не в виде тектонического блока, ограниченного со всех сторон крутопадающими сбросами, а в качестве пологого купола, вскрытого эрозией в сводовой части, и с крыльями, уходящими под сланцевые толщи. На эту структуру после относительной неудачи с разведкой Медной горы и было направлено основное внимание геологов.

Необходимо особо отметить решение А.К. Полякова приступить к систематическому разбуриванию площадей, непосредственно примыкающих к Главному полю. Основывалось оно на предположении о неглубоком, судя по пологим углам падения сланцев, залегании рудоносного горизонта, который считали достаточно выдержанным и равномерно оруделенным (это представление нашло отражение в предложенном А.К. Поляковым словосочетании: "джаспероид-руда"). Действительно, все шесть скважин, пробуренных в 1940 г. по периметру Главного поля (рис. 27), вскрыли джаспероиды и окварцованные известняки с признаками ртутной минерализации. Таким образом, прогноз в части рудовмещающего горизонта полностью подтвердился, но дальнейшая его реализация в то время осуществлена не была из-за отсутствия кондиционных рудных пересечений. Лишь много лет спустя, в непосредственной близости от пробуренных скважин, был выявлен ряд скрытых рудоносных структур (см. рис. 27), однако исходные предпосылки их обнаружения были уже иными.

Подчеркнем также, что успешная проходка в 1939–1940 гг. первых скважин колонкового бурения (С.И. Имамалиев и др.) позволила преодолеть скептическое отношение к этому виду разведочных работ применительно к месторождениям ртути вообще. Такую же роль сыграл и первый опыт геофизической разведки, полученный В.Н. Федорчуком в процессе вертикального электроразведывания придолинной части рудного поля (1938 г.). К 1940 г. была завершена геолого-промышленная оценка Главного поля (А.К. Поляков, Н.Я. Слезков, Е.А. Павлюкович и др.), признанного на тот момент единственно перспективным; технологическими исследованиями одновременно была доказана возможность извлечения из монометаллических руд этого участка ртути, а из комплексных руд Медной горы – сурьмы (С.М. Мельников и др.).

Период интенсивного промышленного освоения месторождения в годы Великой Отечественной войны (1941–1945 гг.) также может быть разделен на три этапа. На каждом из них изменение геолого-методического подхода к оценке рудных участков диктовалось жесткими требованиями эксплуатации, в ходе которой первоначально складывавшиеся представления о морфологии рудных тел существенно трансформировались.

Первый этап (1941–1942 гг.) – ускоренное строительство горно-металлургического предприятия (М.А. Власов и др.). В связи с оккупацией Донбасса оборудование Никитовского ртутного завода было эвакуировано

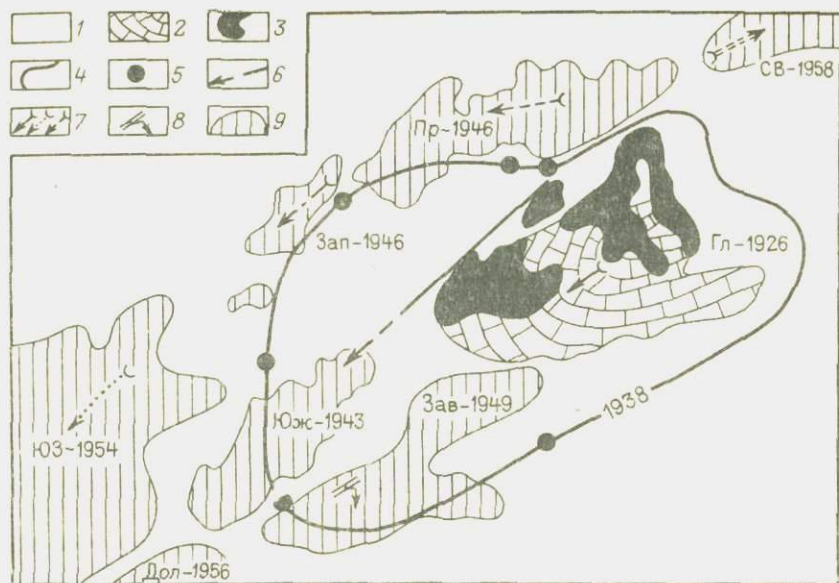


Рис. 27. Последовательность выявления рудоносных структур закрытого типа в центральной части Хайдарканского рудного поля (схематизированный план).

1 – сланцы; 2 – известняки; 3 – выходы вскрытого эрозией межформационного горизонта рудоносных джаспероидов на участке Главное поле; 4 – предполагавшийся в 1938 г. контур распространения джаспероидов; 5 – скважины, пробуренные в 1938–1939 гг.; 6–8 – основные структурные элементы, положенные в основу проектов повторного разбуривания прогнозных площадей: 6 – продолжение рудоконтролирующего Диагонального сброса, 7 – оси предполагавшихся потенциально рудо локализирующих брахикладок, 8 – перегиб крыла антиклинали; 9 – выявленные рудоносные структуры: Гл – Главное поле, Юж – Южное поле, Пр – Промежуточное поле, Зап – его западный фланг, Зав – Заводской участок, ЮЗ – Юго-Западное поле, Дол – Долинный участок, СВ – Северо-Восточное поле (шифры – годы их обнаружения)

но в Южную Киргизию, где быстрыми темпами начало создаваться предприятие по добыче и переработке ртутных руд. Его базой служили разведанные блоки Главного поля и, частично, Медной горы. Первый же опыт отработки участка Главное поле показал, что нельзя идентифицировать понятия руда и джаспероиды. Кондиционные руды, как выяснилось в процессе эксплуатации, распределяются в пределах горизонта джаспероидов крайне неравномерно, без какой-либо видимой закономерности, образуя линзо- и гнездообразные тела весьма прихотливой формы. Между тем эксплуатационные работы были первоначально ориентированы на сплошное погашение подсчетных блоков, оконтуренных по данным опробования шурфов и коротких штолен, пройденных в рудоносных джаспероидах, непосредственно выходящих на дневную поверхность в районе сая Шаркратме.

Детальный анализ данных документации древних выработок и пройденных новых очистных камер позволил В.И. Смирнову, возглавившему к этому времени геологическую службу строящегося горно-металлургического комбината, наметить общие условия локализации обогащенных рудных гнезд. Им было введено понятие о "рудных ловушках" или "капканах" – сочетании рудолокализирующих факторов (пересечение двух и более трещин, изгиб контакта известняков и сланцев, осложненный разломом и пр.), определяющих образование обогащенных линз и гнезд, которые можно рассматривать в качестве промышленно интересных рудных тел определенного морфоструктурного типа. Именно последние, а не весь горизонт рудовмещающих джаспероидов, стали объектом детальной эксплуатационной разведки на этом этапе промышленного освоения месторождения Хайдаркан. Статистическая обработка данных о средних размерах рудных тел различных структурно-морфологических типов, с одной стороны, и частоты их встречаемости и примерном интервале между отдельными рудными телами – с другой, позволила В.И. Смирнову подойти с количественной оценкой к вопросу о методике поисков и оконтуривания промышленных рудных тел в процессе эксплуатационной разведки. Было установлено, что в зависимости от геолого-структурной позиции участка для обеспечения фронта эксплуатационных работ на каждую тонну добытого металла необходимо пройти строго определенное количество метров горноразведочных выработок. Это не только сразу же ввело в должное русло методику эксплуатационной разведки, но и дало возможность рассчитать необходимый фронт очистных работ (минимальное число одновременно проходимых забоев) и заложило основу для использования в дальнейшем при подсчете запасов коэффициента рудоносности.

В этих условиях как никогда ранее возросла роль рудничных геологов, непосредственно направляющих как разведочные, так и эксплуатационные выработки и оперативно, часто только визуально, оценивающих качество, размеры и форму рудных скоплений (Е.А. Павлюкович и др.). К сожалению, позже как на Хайдаркане, так и на других горнорудных ртутно-сурьмяных предприятиях роль рудных геологов все более и более принижалась, в результате чего их влияние на политику в области разведочных и добычных работ падало, а богатейший материал по рудной геологии, накапливавшийся в их руках, оставался втуне. Отметим также образцовую, несмотря на тяжелые условия военного времени, постановку геологической службы – начиная от подземной документации забоев и кончая составлением чистовых планов опробования и сводных погоризонтных геологических планов. Эта традиция поддерживается на Хайдарканском комбинате и поныне.

Изменение методики разведки, потребовавшее многократного увеличения объемов подземных горноразведочных выработок, призвало к жизни движение рационализаторов и изобретателей. Можно определенно заявить, что без приспособлений (буровые каретки и др.) горного инженера С.Г. Моисеева (впоследствии главного инженера и директора комбината), способствовавших резкому увеличению производительности труда, добиться столь быстрого роста добычи руды не удалось бы.

Заметным событием этого этапа было составление под руководством Д.П. Резвого геологических карт рудного поля и рудного района (узла) в целом, отразивших итоги интенсивных геолого-поисковых работ. На карте рудного поля особенно четко была выражена система разрывных нарушений и, в частности, крутопадающих сбросов, ориентированных под острым углом по отношению к ранее выделявшимся субширотным (согласным) разломам. Одно из таких нарушений, косо обрезающее северо-западный фланг Главного поля, было названо Диагональным. Позже в масштабах данного участка его стали рассматривать в качестве основной рудоподводящей структуры, так как между двумя его ветвями, расходящимися в северо-восточном направлении, оказались заключенными наиболее богатые рудные залежи Главного поля (так называемый рудный "Клин").

По-новому – как взбросо-надвиг – на этой карте трактовались и некоторые субширотные нарушения, особенно развитые в северной части рудного поля. И, наконец, в результате крупномасштабного картирования, выполненного Д.П. Резвым, были определены границы рудного поля в его западной части (месторождение Богачин в известняках правого борта р. Сох и рудопоявление Кызыл-Кияк на левом борту р. Сох, в районе периклинального замыкания рудоносной антиклинали). Впоследствии, в 60-х годах, было доказано (Д.П. Кугураков), что вдоль зоны рудоконтролирующего Ишметауского взбросо-надвига оруденение прослеживается и дальше на запад (месторождение Казы-Бекташ в районе пос. Баткент).

Принципиальное значение имело и обнаружение рудопоявления Шивали, расположенного в районе перевала Метингбель на восточном фланге рудного поля. Примечательно оно как своей геолого-структурной позицией (приуроченность к девонским доломитам подстилающей толщи карбонатных пород – самый нижний рудоносный ярус Хайдарканского рудного поля), так и морфологией рудных тел (согласные рудные залежи, контролирующиеся структурами внутриформационного расслоения).

Не менее важную роль для понимания позиции Хайдарканского рудного поля сыграла и геологическая карта бассейна р. Сох, составленная под руководством Д.П. Резвого. Ряд проявлений ртутной минерализации (Адыракоу и др.), выявленных в известняково-доломитовой толще к востоку от ранее известного месторождения Сымап, позволил построить схему региональной ртутно-металлогенической зональности центральной части Южно-Ферганского пояса.

Второй этап этого периода (1943–1944 гг.) – начало систематической буровой разведки отдельных участков рудного поля. Первый опыт массированного применения буровых работ (концентрация на одном участке пяти – шести станков вместо принятого ранее бурения единичных скважин), проводившихся вновь организованной Хайдарканской геологоразведочной партией (О.А. Манучарянц, А.В. Пуркин, В.Э. Поярков, Н.С. Барков, В.С. Провоторов, М.К. Кашавгалиев, С.П. Крикотин, М.Д. Подвислов и др.), оказался весьма удачным: на юго-западном продолжении Диагонального нарушения была вскрыта новая рудоносная структура – Южное поле,

по масштабам лишь немного уступающее интенсивно разрабатывавшемуся Главному полю. Две ветви Диагонального нарушения образуют здесь как бы "обратный" клин – структуру типа "ножниц" (сама ось "ножниц" – место пересечения нарушений – оказалась, однако, безрудной).

В отличие от Главного, на Южном поле выдержанный горизонт джаспероидов отсутствует: оруденение локализовано в пачке относительно слабо окварцованных, но интенсивно осветленных и брекчированных известняков. Наиболее крупные и богатые рудные тела локализуются в сводовой части куполовидной брахиантиклинали с редуцированным вдоль разлома крылом. Отмечается четкая связь оруденения с зоной Диагонального нарушения: на расстоянии первых десятков метров от сброса минерализации слабая, затем параметры рудных тел резко возрастают, достигая максимума в интервале 200–300 м, после чего интенсивность оруденения снова постепенно снижается. Южное поле в течение очень короткого времени было детально разбурено по сетке 50x50 м и вскрыто двумя шахтами, что позволило сразу же передать его в эксплуатацию. В последующем этот опыт (совмещение буровой и горной разведки) получил широкое признание.

В процессе детальной эксплуатационной разведки Главного и Южного рудных полей были выявлены новые структурные типы рудных ловушек (тектонические клинья, блоки массового дробления и др.) и отработана методика их поисков и оконтуривания. Это дало возможность получить раздельные – в зависимости от геологической позиции – нормативы объемов горноразведочных выработок на одну тонну приращиваемых и погашаемых запасов металла и обосновать, также в зависимости от геологической позиции, значения площадных коэффициентов рудоносности, отражающих соотношения суммарных площадей рудных тел и площади подсчетного блока. Эмпирически было установлено и в процессе эксплуатации доказано, что значения этого коэффициента изменяются в пределах 0,1–1, составляя чаще всего 0,4–0,6. Позже применение коэффициента рудоносности, обоснованного первоначально В.И. Смирновым при подсчете запасов рудных тел, вошло в практику ГКЗ СССР в качестве непременного элемента при определении запасов всех месторождений с дискретным распределением оруденения.

Новый, совершенно необычный тип рудных ловушек был выявлен В.А. Невским [12] в процессе детального изучения условий рудолокализации в слоистых известняках Южного поля. Тщательный систематический замер удельной слоистости и удельной трещиноватости (число трещин на 1 м мощности разреза) позволил ему выделить структуры внутриформационного расчленения, возникающие в блокированных складках. Такие структуры встречаются в любой части разреза, в том числе и в лежащем боку рудоносной пачки – в локальных синклинальных прогибах. Обнаруженная В.А. Невским закономерность позволила ответить на вопрос, почему на Южном поле крупные рудные залежи встречаются не столько висячем боку основного рудоносного горизонта, сколько в лежащем – у контакта с подстилающими массивными известняками. Позже концепция В.А. Невского получила более широкое распространение – уже приме-

нительно к телетермальным ртутным месторождениям карбонатного типа, для которых (см. далее) особо характерны крупные внутрiformационные залежи, контролирующиеся зонами расслоения в горизонтах тонко-слоистых глинистых доломитов.

Третий этап второго периода (1944–1946 гг.) – переход к систематической горнобуровой разведке эксплуатирующихся рудных участков и поисково-структурному бурению как за пределами уже выявленных рудоносных площадей, так и на участках, требующих переоценки. Первое направление позволило стабилизировать выполнение плановых заданий по добыче руды, а второе создало необходимый задел для расширения перспектив рудного поля за счет обнаружения скрытых рудоносных структур, осуществленного в послевоенные десятилетия.

Остановимся на некоторых новых геологических факторах, полученных в процессе дальнейшего изучения, разведки и отработки Хайдарканского рудного поля, и попытаемся охарактеризовать различные подходы к их интерпретации, влияющие на направление геологоразведочных работ. Выявление в Южном поле крупных рудных тел в известняках послужило А.В. Пуркину основанием для постановки буровых работ на небольшом выходе массивных известняков верейского горизонта среднего карбона, расположенном к северу от участка "Клин" Главного поля. Предпосылка для этого решения: ниже по разрезу должны располагаться слоистые известняки намюра. литологически благоприятные, по аналогии с Южным полем, для локализации ртутного оруденения. Первая же скважина под-секла кондиционные руды, но в массивных известняках виле. Исходная посылка не подтвердилась, но положительный результат был достигнут. Важно в данном случае своевременно интерпретировать полученные факты, что и было сделано: последующие буровые работы были сразу же переориентированы на систематическое разбуривание всего выявленного рудоносного купола, названного Промежуточным полем.

Изменена была и методика буровой разведки (рис. 28): вместо правильной квадратной сетки, оправдавшей себя на Южном поле, разбуривание новой, более крупной купольной структуры велось по системе поперечных и продольных профилей со сближенными интервалами между скважинами, особенно в местах резкой смены геолого-структурной обстановки (сводовая часть складки, крутой изгиб ее крыла и др.). Еще до окончания первого этапа предварительной буровой разведки обнаруженного месторождения на Хайдарканском руднике была начата форсированная проходка квершлага для вскрытия его верхних горизонтов. В итоге к моменту утверждения запасов в ГКЗ СССР месторождение было полностью подготовлено к эксплуатации.

Интересной оказалась методика детальной эксплуатационной разведки Промежуточного поля, разработанная Е.А. Павлюкович и В.И. Ободовым (рис. 29): после проходки магистрального квершлага, пересекающего вкрест простирающую центральную часть рудолокализирующей антиклинали, были заданы кольцевые полевые штреки (со стороны лежачего бока приконтактных рудоносных залежей), из которых затем проходила сеть рассечек с ортами и восстающими. Эта сеть сгущалась как в зоне

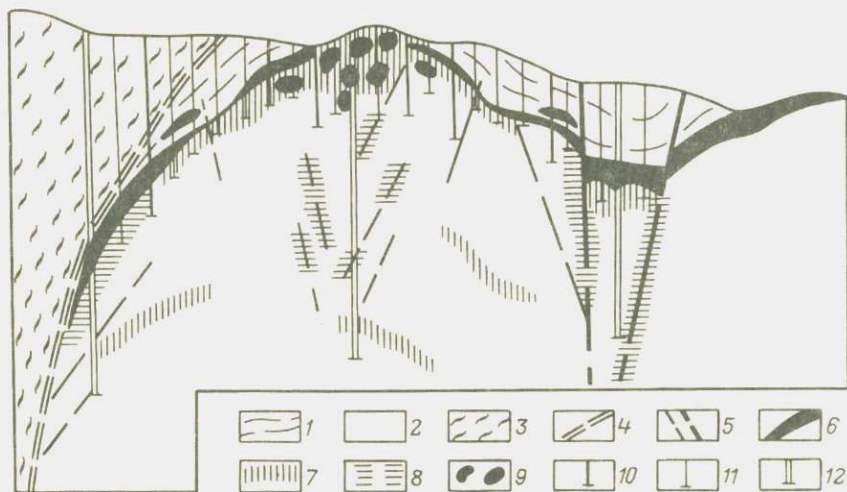


Рис. 28. Схема буровой разведки центральной части Хайдарканского рудного поля (обобщенный разрез).

1 – сланцы среднего карбона; 2 – известняки и доломиты карбона – девона; 3 – сланцы силур-девона; 4 – надвиги; 5 – сбросы; 6 – основной горизонт рудоносных джаспероидов; 7 – согласные минерализованные зоны брекчирования; 8 – секущие минерализованные зоны дробления; 9 – рудные гнезда; 10 – скважины первой очереди (поисково-структурные); 11 – скважины второй очереди (разведочные); 12 – скважины третьей очереди (структурные)

контакта (вблизи сланцевого экрана), так и в ядерной части рудоносной антиклинали, где в блоке интенсивно дробленных известняков локализуются крупные рудные тела штокверкового типа. Позже для детализации рудных гнезд, вскрываемых рассечками, по предложению Е.А. Павлюкович было широко применено разбуривание вееров малометражных бескерновых (со сбросом шлама) подземных скважин – с помощью тяжелых перфораторов (рис. 30).

На примере Промежуточного поля было доказано, что значительная часть запасов Хайдарканского рудного поля сконцентрирована в гнездовых и гнездово-штокверковых телах, локализующихся в массивных известняках на расстоянии от 20 до 120 м от экранирующей поверхности. Это потребовало пересмотра методики подсчета запасов и использования не столько площадного, сколько объемного коэффициента рудоносности. Значение последнего при этом редко превышало 0,1–0,2, а в ряде случаев снижалось до 0,01–0,03, что, естественно, сразу же уменьшило достоверность цифр подсчитываемых запасов. К сожалению, не была своевременно обоснована граница распространения промышленного ртутного оруденения, ниже которой добыча руды становится экономически неоправданной. М.Н. Григорьев не учел этого, что привело к резкому снижению подсчетного коэффициента рудоносности и, как следствие, к значительному разубоживанию добываемой руды и неподтверждению части разведанных запасов.



Рис. 29. Схема детальной эксплуатационной разведки одного из горизонтов участка Промежуточный Хайдарканского рудного поля, по В.И. Ободову, Е.А. Павлюкович и др., 1957 г.

1 – сланцы; 2 – внешний контур известняков и джаспероидов; 3 – горизонт рудноносных роговиково-джаспероидных брекчий; 4 – блок брекчированных оруденелых известняков; 5 – благоприятные участки в районе периклинальных замыканий куполовидной брахискладки; 6 – горные выработки; 7–8 – колонковые скважины; 7 – безрудные, 8 – попавшие в контуры рудных тел; 9 – веера разведочных подземных перфораторных скважин; 10 – рудные тела, выявленные и отработанные в процессе детальной эксплуатационной разведки

В 1948 г. для куполовидной антиклинали Промежуточного поля В.К. Богодуховой под руководством А.В. Королева и П.А. Шехтмана впервые в практике изучения и разведки месторождения Хайдаркан была составлена структурная карта, отражавшая в изогипсах форму основной рудоконтролирующей и рудолокализирующей поверхности – зоны контакта известняков и сланцев. Эта карта позволила более уверенно, с учетом степени однородности геологической позиции (по П.А. Шехтману), осуществить блокировку запасов. Такие карты есть сейчас на Хайдаркане для каждого участка и, это самое главное, они систематически исправляются и дополняются. (буквально после проходки каждой новой выработки), что позволяет более уверенно направлять дальнейшие разведочные работы и оценивать их результаты. Авторы отдельных карт – Н.А. Никифоров, Г.А. Ярушевский, Г.А. Терехова, Н.М. Сосненко, В.В. Стефанович, В.А. Королев, Е.А. Павлюкович, М.А. Симонян, В.И. Рыбникова, А.И. Гончаров, В.И. Никитин и др.

Одновременно с составлением рабочих геолого-структурных карт-планов для отдельных участков была начата многолетняя работа по созда-

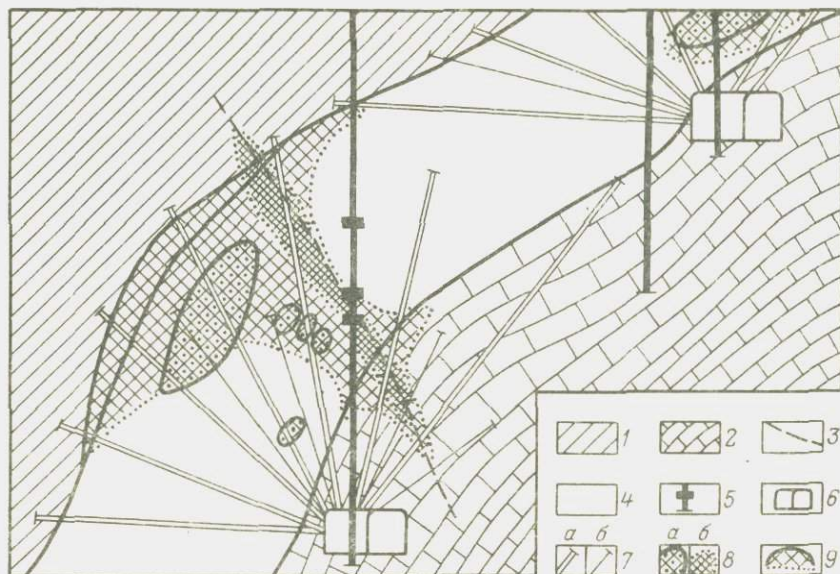


Рис. 30. Пример детальной эксплуатационной разведки одного из рудных блоков участка Промежуточный Хайдарканского рудного поля, по Е.А. Павлюкович и др., 1957 г.

1 – сланцы; 2 – известняки; 3 – разрывные нарушения; 4 – рудомещающие джаспериоды; 5 – колонковые разведочные скважины, с рудными интервалами; 6 – штреки с ортами-камерами для бурения подземных скважин; 7 – подземные разведочные скважины: а – первой очереди, б – второй; 8 – контуры обогащенных рудных тел, выделенных по данным шламового опробования скважин: а – гнездовых, б – секущих; 9 – обобщенные контуры рудоносных блоков, подлежащих выемке на "массу"

нию прогнозной геолого-структурной карты для всего рудного поля. Карта составлялась коллективом геологов под руководством Н.А. Никифорова по методике, разработанной А.В. Королевым и П.А. Шехтманом [3, 13, 29]. Первый этап этой работы заключался в инвентаризации всех геологоразведочных данных по ранее отработанным рудным участкам. Это чрезвычайно трудоемкое исследование, выполненное Н.М. Сосненко и др. под руководством Е.А. Павлюкович, исполнявшей в 40–50-х годах обязанности главного геолога Хайдарканского комбината, позволило разработать детальную систематику структурно-морфогенетических типов рудных тел, определить их геолого-структурную позицию и дать ранжировку каждого типа по общим масштабам и отдельным параметрам рудных тел: объему, мощности, содержанию полезных компонентов и др. Полученные данные были использованы для количественной оценки прогнозных запасов новых рудных участков (методом аналогии, с учетом ведущих структурно-морфологических типов рудных тел и коэффициента их встречаемости – различного для различных геолого-структурных позиций).

Параллельно с работой по инвентаризации отработанных и разведующихся рудных тел под руководством Н.А. Никифорова была начата детальная (масштаб 1:5000) геолого-структурная съемка Хайдарканского рудного поля в целом – от Восточной Вершины и перевала Шивали на востоке до месторождения Богашин и русла р. Сох на западе.

Эта работа, продолжавшаяся в течение нескольких лет, сопровождалась комплексом разнообразных исследований: составлялись карты-врезки более крупного масштаба, анализировалась мелкая трещиноватость, определялись физико-механические свойства пород, строились системы взаимно пересекающихся глубинных разрезов, опробовались зоны гидротермального изменения пород, отбиралось большое число геохимических проб, проводилась статистическая обработка разнотипной геологической информации, особенно рудной, и пр. В итоге была составлена полноценная геологическая карта рудного поля, послужившая основой для детального прогнозирования скрытого оруденения. Эта карта и спустя десятилетия используется геологами Хайдаркана для проектирования детальных геологоразведочных работ.

Для составления геолого-прогнозной карты вся площадь рудного поля была разбита Н.А. Никифоровым на геологически (технологически, в понимании П.А. Шехтмана) однородные блоки и для каждого из них была дана количественная оценка степени перспективности – по балльной системе, учитывающей суммарное влияние различных факторов рудолокализации. Поверхность кровли рудоносных известняков отстраивалась на структурной карте по данным многочисленных (десятки и сотни) поперечных и продольных глубинных разрезов, при составлении которых широко применялись результаты геофизической разведки методом вертикального электроразведывания и электропрофилирования (А.Г. Карелин, Н.И. Пичугин, А.А. Фельдман и др.). На рис. 31 показан один из фрагментов этой карты, составленной Н.А. Никифоровым в 1950 г.

В течение последующих десятилетий прогнозная геолого-структурная карта Хайдарканского рудного поля систематически, примерно раз в десять лет, подвергалась проверке, проводимой под руководством и при участии Н.А. Никифорова. Для этого каждый раз составлялся новый вариант карты; с учетом данных разведки и обработки старых и новых участков определялась степень достоверности ранее подсчитанных прогнозных запасов – как по каждому блоку, так и в целом по рудному полю; подсчитывались ошибки в определении контуров геологически однородных блоков, положения рудолокализирующей поверхности и рудоконтролирующих разломов. Первый подсчет был выполнен М.С. Садвакасовым вручную, а второй – В.Я. Зималиной, Т.М. Мариповым и В.И. Смянец – с использованием ЭВМ. Степень достоверности прогнозирования оказалась исключительно высокой – ошибка в определении запасов и положения в пространстве основных рудоконтролирующих геологических элементов в общем не превышала $\pm 30\%$, что по точности может быть вполне приравнено к степени достоверности определения запасов категории C_2 .

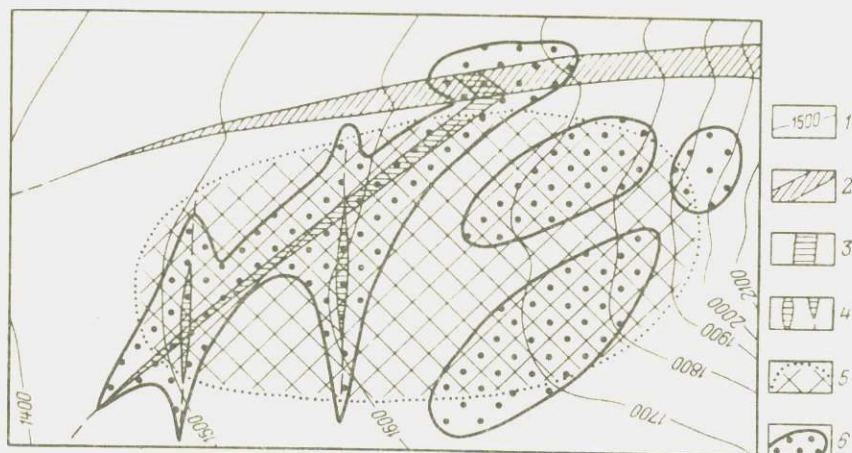


Рис. 31. Фрагмент структурно-прогнозной карты одного из участков Хайдарканского рудного поля, составленной Н.А. Никифоровым (1950 г.) и проверенной по данным последующей горно-буровой разведки и эксплуатации М.С. Садвакасовым (1965 г.) и В.Я. Зималиной (1980 г.).

1 – изогипсы кровли горизонта рудоносных джаспероидов; 2 – зона рудоподводящего сброса; 3 – один из рудораспределяющих разломов; 4 – приоткрытые трещины разрыва, выполненные жильным материалом; 5 – прогнозирувавшаяся площадь, рекомендованная для поисков скрытых рудных залежей; 6 – фактически выявленные и отработанные рудные тела

Следующий шаг к выявлению общих перспектив рудного поля был сделан сразу же: основываясь на опыте детальной разведки Промежуточного поля, было начато разбуривание благоприятных структур, выделенных на прогнозной геолого-структурной карте. В первую очередь были проверены структуры, непосредственно примыкающие к Главному, Южному и Промежуточному полям. Проекты их детальной буровой разведки апробировались под руководством В.Э. Пояркова и Н.В. Нечелюстова при участии А.В. Королева и П.А. Шехтмана. В итоге удалось оконтурить еще три самостоятельных рудных участка, не обнажающихся на поверхности. Это Заводской участок, Юго-Западное и Северо-Восточное поля (Г.А. Ярушевский, В.И. Колесников, М.А. Симонян, А.М. Карев, А.И. Гончаров и др.). В совокупности они образуют крупную, брахиантиклинальную структуру сложного строения – одну из двух главных составляющих (вторая – выявленная позже Плави́ковая гора) Южной рудоносной антиклинали, характеризующейся преобладающим развитием монометального рудного оруденения.

Реализация прогнозов, сделанных на основании детальной геолого-структурной карты, потребовала дальнейшего совершенствования методики буровой разведки: разбуривания по определенной схеме всей прогнозируемой структуры, даже в случае отрицательного результата проходки первых скважин (на практике это случается нередко). В свою очередь,

новая методика разведки потребовала и новых технологических решений: комплексной централизации буровых работ (О.А. Манучарянц, Н.С. Барков, М.Д. Подвислов, С.М. Наринян, С.П. Крикотин, М.К. Кашавгалиев, И.Б. Варема и др.) — с централизованным глинозаводом, водо- и энерго-снабжением, вспомогательными бригадами, специализированным транспортом и др.

Каждый из трех открытых рудных участков отличается условиями локализации ртутного оруденения, особенно сложными на Юго-Западном и Северо-Восточном полях (на Заводском участке преобладающим развитием пользуются маломощные, но достаточно выдержанные внутрiformационные — расположенные в массивных и слоистых известняках на определенном расстоянии от сланцевого экрана — согласные залежи). Сложность обусловлена тем, что преобладающими здесь рудолокализирующими структурами являются системы крутопадающих разрывных нарушений, вследствие чего значительная часть рудных тел представлена на этих участках гнездообразными скоплениями, удаленными от кровли известняковой толщи не на 20–40 м, как обычно, а на 40–80 и даже иногда 100–120 м. Между тем разбуривались эти структуры, особенно Северо-Восточное поле, по несколько разреженной сетке (80x60, иногда до 100x80 м), что обосновывалось высокой степенью достоверности данной буровой разведки, достигнутой ранее на других рудных участках.

Недостаточное внимание к выявлению специфических условий рудолокализации, присущих каждому рудному участку, привело к частичному неподтверждению запасов на Северо-Восточном поле, где при подсчете запасов не было принято во внимание преобладающее развитие секущих крутопадающих зон минерализации; на всех же остальных участках запасы подтверждались, причем иногда со значительным превышением. Тем не менее для анализа степени достоверности разведочных данных применительно к ртутным месторождениям были проведены работы, позволившие обнаружить ряд закономерностей.

Многолетние исследования, выполнявшиеся первоначально Е.А. Павлюкович, В.С. Стефановичем и др., а затем Н.А. Никифоровым с сотрудниками и группой под руководством В.Я. Зималиной [7], дали основание для выводов о том, что достоверность разведки определяется не столько методическими, не говоря уже о технических, факторами, сколько геологическими, и в первую очередь интенсивностью проявления рудного процесса и масштабами рудолокализирующих структур. Для каждого типа месторождений определился "потолок" степени достоверности определения формы рудных тел и содержащихся в них запасов руды и металла. Столь же уверенно может быть определен и нижний предел необходимого числа разведочных пересечений, при котором дальнейшее ступение разведочной сети становится уже методически нецелесообразным и экономически неоправданным.

Следующим важным выводом, полученным при изучении Хайдарканского рудного поля, было убедительное свидетельство о первостепенном значении литолого-стратиграфических исследований. На Хайдаркане детальные палеонтологические исследования проводились О.И. Сергунь-

ковой, О.И. Никифоровой и др., а в 50-х годах большие работы в этой области по инициативе Н.М. Сеницына были выполнены под руководством А.Д. Миклухо-Маклая и Г.С. Поршнякова группой геологов Ленинградского университета (В.И. Волгин, А.М. Обут, Л.В. Кушнар и др.). В углисто-глинистых сланцах северной части рудного поля на участке Кара-Арча А.М. Обутом впервые были обнаружены граптолиты силура, а А.Д. Миклухо-Маклаем в визуально почти аналогичных сланцах Плавиковой горы — фузулины среднего карбона; здесь же, в конгломератовидных известняках, Г.С. Поршняковым были найдены перемытые брахиоподы визе.

Детальный анализ полученных стратиграфо-палеонтологических данных послужил основанием для вывода о перевернутом залегании пород нижнего, среднего и верхнего палеозоя в ряде пунктов в западной, северной и восточной частях рудного поля. Исходя из этого по-новому был интерпретирован геологический разрез указанных участков: то, что раньше считалось "корнями" рудных залежей, уничтоженных эрозией (останцовые гравки окварцованных известняков визе над сланцами силур-девона), стали рассматривать в качестве остатков надвиговых структур; в этом случае под сланцами, которые по данным микропалеонтологических определений оказывались среднекарбовыми, можно было ожидать обнаружения оруденения в основном рудоносном горизонте джасперитов. Первая же скважина, пробуренная для проверки этого предположения на участке Сульункур (Плавиковая гора-Южная на западном фланге Хайдарканского рудного поля), вскрыла на глубине нескольких сотен метров основной рудный горизонт с высокими концентрациями киновари. Таким образом было доказано чешуйчато-надвиговое строение отдельных участков рудного поля и наличие многоярусных рудных залежей, обусловленных сдвоенностью и строенностью разреза по плоскостям таких надвигов. Были не только расширены перспективы рудного поля, но и выявлен принципиально новый тип ртутоносных структур — поднадвиговых, оказавшихся весьма перспективными и для других рудных провинций СССР и мира (этот опыт был, например, использован при оценке месторождений Северо-Нумидийской зоны, где ведущую роль также играют чешуйчато-надвиговые структуры). Позже Г.С. Поршняковым было доказано почти повсеместное развитие в пределах Южно-Ферганского пояса структур надвигового типа, что привело к изменению многих сложившихся ранее представлений о геологическом строении указанного пояса.

Хайдарканское рудное поле послужило своеобразным полигоном и для отработки геохимических методов поисков ртутных месторождений. В начале 50-х годов О.В. Вершкова под руководством А.А. Саукова впервые провела здесь геохимическое опробование на ртуть керна нескольких скважин, пробуренных на Промежуточном поле. В итоге было доказано, что в надрудных сланцах отмечается закономерное падение содержания ртути по мере удаления от экранирующей поверхности. Размеры возможных ореолов первичного расстояния ртути измеряются многими сотнями метров.

Н.А. Озеровой впервые был геохимически опробован полный геологический разрез — через все рудное поле, включая как Южную, так и Северную антиклинали. Были установлены позиции, характеризующиеся максимальным протяжением ореолов рассеяния ртути (зоны разломов, осевые части антиклинальных структур). Г.А. Тереховой, впервые для отдельного рудного участка (Плавиковая гора-Южная), было осуществлено объемное геохимическое опробование всей массы надрудных сланцев (по керну многих десятков скважин), причем не только на ртуть, но и на основные элементы-индикаторы: мышьяк, сурьму, цинк (отдельно для породы и тяжелой ее фракции — по протолочкам). Было доказано, что форма обогащенной части ореола первичного рассеяния элементов-индикаторов в общем повторяет, хотя и в несколько гипертрофированном виде, объемную модель рудоносной залежи джаспероидов.

Большое значение для дальнейшего обоснования геохимических поисков имели результаты детального опробования структурно-опорной скважины, пробуренной в центре рудоносной антиклинали Промежуточно-го поля. Эта скважина более 1 км прошла по измененным массивным известнякам подрудной толщи и вскрыла на большой глубине (в 400—600 м ниже экранирующих сланцев) несколько секущих ртутнорудных тел (было получено промежуточное звено между телетермальными месторождениями джаспероидного и карбонатного типов). При геохимическом опробовании керна структурно-опорной скважины, проведенном Е.А. Кушкиной, было установлено, что в тяжелой фракции протолок и нерастворимом остатке проб известняка на всем пробуренном интервале отмечаются зерна гипогенных рудных (киноварь, сфалерит, реальгар и, что особенно интересно, шеелит) и нерудных (кварц, барит, флюорит) минералов. Таким образом подтвердилось не только положение о весьма значительном вертикальном размахе рудоотложения, но и предположение о том, что рудогенерирующие растворы поднимались не по узким локальным каналам (зонам дробления), а пропитывали всю толщу подстилающих и рудовмещающих пород (отсюда и их интенсивное осветление).

На Хайдаркане были впервые применены новые методы определения ртути: спектральный — в больших пустотелых электродах (Е.А. Сергеев), модернизированный колориметрический А.А. Саукова (Н.Х. Айдиньян), а также атмортутометрическая съемка (Е.А. Сергеев, М.А. Лапп, Л.С. Марголин и др.), гидрортутометрические поиски (Д.С. Мукимова), фазовый анализ ртути (Л.П. Быковская). Были проверены новые приборы для полевого определения ртути во всех средах (В.З. Фурсов) и др. В последние годы почти вся площадь рудного поля была покрыта геохимической съемкой разных масштабов (Ф.П. Турчинский, А.И. Мелешко, В.М. Роговой, М.С. Штанченко и др.).

Параллельно с разворачиванием и углублением работ по выявлению перспектив рудоносных структур Южной антиклинали с их относительно простыми в технологическом отношении монометальными ртутными рудами все большее внимание стало уделяться рудным участкам Северной антиклинали, где преобладающим развитием пользуются комплекс-

ные ртутно-сурьмяные, ртутно-мышьяковые и ртутно-сурьмяно-мышьяково-флюоритовые руды. Предыдущий опыт их отработки на участках Медная гора и Кара-Арча оказался не очень удачным из-за исключительно сложной морфологии рудных тел и крайне неравномерного их распределения.

Как было выяснено в процессе детальных разведочных работ, Северная антиклиналь представляет собой сжатую, до изоклиальной, складку. По плоскости относительно пологого, но с глубиной становящегося все более крутым Кара-Арчинского взбросо-надвига она надвинута с севера на зону Центрального синклиналичного прогиба, выполненного интенсивно перематыемыми углито-глинистыми сланцами силур-девона. Складка характеризуется сокращенной (до первых сотен метров) мощностью известняков вize – основной толще компетентных пород – и большой литологической разнородностью рудовмещающего горизонта: в отличие от Южной антиклинали, последний представлен здесь не слоистыми известняками, а сложно чередующимися пачками конгломератовидных известняков и сланцев, в различной степени окварцованных. Широко развиты роговиково-известняково-сланцевые брекчии, сцементированные кварцем и флюоритом с участием серицита и рудных минералов.

Отмечается четко выраженная зональность в распределении оруденения: вдоль разломов, преимущественно в брекчиях кремнистого состава, локализуются гнездо- и жилообразные тела антимонитовых и антимониткиноварных руд; собственно ртутные (киноварные) руды распространены более широко, слагая обычно ядерные части сжатых изоклиально-куполовидных складок; выше по разрезу в слабо измененных надрудных (экранирующих) сланцах выделяются пластообразные залежи (с обогащенными зонами вдоль разломов) реальгар-аурипигментовых (с подчиненной ртутью) руд. Структурами именно такого типа представлены участки (с востока на запад) Восточная Вершина -Северная, Кара-Арча-Восточная и Западная, Медная Гора, Плавиковая гора-Северная.

Широкое промышленное освоение перечисленных участков с комплексным оруденением стало возможным лишь после разработки оптимальной технологической схемы извлечения основных компонентов (флотационно-гравитационное обогащение, селективная возгонка из концентратов сначала ртути, затем сурьмы – первоначально в электровакуумных печах, а затем в печах кипящего слоя и др.) и внедрение в практику карьерного (параллельно с подземным) метода добычи руд (Н.М. Лукин и др.).

При детальных разведочных работах в 70-х годах было установлено, что в западном направлении Северная и Южная антиклинали сближаются, а формы их закономерно трансформируются в блоково-моноклиальные. Это повлекло за собой и изменение условий рудолокализации и, следовательно, смену ведущих морфогенетических типов рудных тел и месторождений – появление крутопадающих зон с комплексным оруденением, связанным с изгибами взбросо-надвигов, осложняющих северные крылья блоково-моноклиальных структур (месторождение Новое и др.). Наиболее обогащенные рудные тела устанавливаются в местах

осложнения этих зон поперечно-косыми нарушениями более мелкого порядка (М.А. Симонян, А.М. Карев, А.И. Гончаров, Н.М. Сосненко, В.Н. Рыбникова-Пермякова, В.И. Никитин и др.).

Одновременно было доказано, что и на ранее разведанных участках (Кара-Арча-Восточная и др.) крутопадающие рудные тела контактово-секущего типа играют заметную роль (А.Н. Нацвин, С.А. Айрапетян и др.). К несколько иному типу относится, по-видимому, участок Янгуз-Булак, разведка которого неоднократно возобновлялась. Он расположен между участками Кара-Арчай-Западной и Медной горой и характеризуется наличием крутопадающей зоны дробления и ороговикования.

Разведка комплексных руд Северной антиклинали потребовала проведения специализированных минералого-геохимических исследований. Большой их объем был выполнен А.С. Великим, В.Ю. Волгиным, В.И. Степановым, О.В. Вершковской, З.М. Протодьяконовой, Т.С. Тимофеевой, В.С. Ивановым, В.С. Груздевым, В.П. Мичкаревым и др. По результатам этих исследований было опровергнуто укоренившееся в литературе мнение об относительной простоте минерального состава ртутных месторождений. Оказалось, что на Хайдаркане, в частности, в зоне главного рудо-подводящего канала — Кара-Арчинского взбросо-надвига, по которому в течение длительного времени двигались рудогенерирующие растворы последовательно менявшегося состава, были созданы особо благоприятные условия для формирования самых разнообразных минеральных ассоциаций. В этой зоне указанными исследователями установлена широкая гамма минералов из группы блеклых руд (швагшит и др.); открыты новые минералы из сульфидной триады ртуть — сурьма — мышьяк: выявлены минералы, содержащие селен, таллий, олово и др. В итоге список минералов Хайдарканского месторождения пополнился несколькими десятками как ранее неизвестных здесь видов, так и совершенно новых образований (гетчелит, вакабаяшиит, сауковит, великит, груздевит и др.).

Минералогические исследования, выполненные на Хайдаркане, послужили толчком к пересмотру всего комплекса минералов, характерных для ртутно-сурьмяных месторождений. Накапливается новый минералого-геохимический материал, анализ которого дает основания для ревизии сложившихся ранее представлений о связи ртутного оруденения с редкометальным и олово-полиметаллическим. Так, упоминавшееся свинцово-цинковое месторождение Шорбулак, расположенное на северо-западном фланге Хайдарканского рудного поля и считавшееся изолированным, в настоящее время может уже рассматриваться в качестве закономерной составной части Хайдарканского поля, а выявленное здесь олово прослеживается геохимически (в киновари; этот факт был установлен еще А.А. Сауковым, но долгое время ему не находили должного объяснения) и минералогически (в новом оловосодержащем минерале, открытом В.И. Степановым) в пределах почти всей Северной антиклинали.

П.Т. Шишкиным, Н.Ю. Баринковой и др. убедительно доказана возможность использования отдельных разновидностей серицита и гидрослюд, ассоциирующих с рудными минералами, для определения абсолютного возраста ртутно-сурьмяного оруденения, что для описываемых мес-

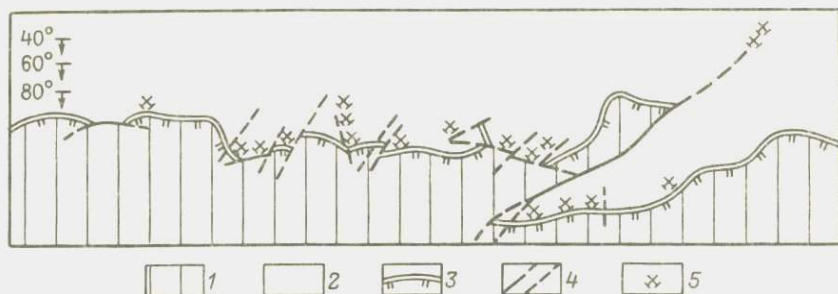


Рис. 32. План Чаувайского рудного поля, по В.Т. Сургаю и др., 1946 г.

1 — сланцы; 2 — известняки; 3 — зона рудоконтролирующего Чаувайского надвига;
4 — косые сбросы; 5 — рудоносные участки

торождений представляло исключительно сложную проблему (в данном случае установлен позднепалеозойский возраст оруденения).

Заканчивая описание Хайдарканского рудного поля, подчеркнем, что для таких сложных объектов первостепенное значение приобретает научная концепция, положенная в основу понимания условий рудолокализации — как в локальном, так и в региональном плане. Эта концепция в ходе разведочных работ будет, конечно, меняться и совершенствоваться, но только на ее базе можно объективно оценить перспективы рудного поля в целом и отдельных его участков. Каждому участку при этом присущи специфические особенности условий формирования рудных тел, определяющиеся последовательной сменой от участка к участку ведущих факторов рудолокализации.

Месторождение Чаувай, открытое в 1914 г. А.С. Уклонским, хотя и относится к тому же джаспероидному типу, что и месторождение Хайдаркан, однако в структурном отношении заметно отличается от последнего. Месторождение Чаувай является восточной составляющей протяженной (около 120 км) Акташ-Боардинской рудной кулисы, параллельной Ишметауской кулисе, к которой принадлежит описанное Хайдарканское рудное поле. Акташ-Боардинская кулиса соответствует известняковой гряде того же названия, имеющей в основном моноклинальное строение — лишь на западном и восточном ее флангах, в районах периклинального замыкания этой структуры и погружения ее под надвинутые сланцы силура — девона, фиксируются элементы редуцированной антиклинали сундучного облика. На западном окончании гряды располагается сурьмяное месторождение Кадамджай, представляющее собой классическую седлообразную залежь джаспероидов с антимонитовыми рудами. В восточной части гряды, в висячем боку слагающей ее моноклинали, развиты менее четко выраженные джаспероидные залежи, но уже с существенно ртутным оруденением.

Ртутная минерализация в Чаувайском рудном поле прослеживается в кровле мощной (более 3 км) толщи карбонатных пород на протяже-

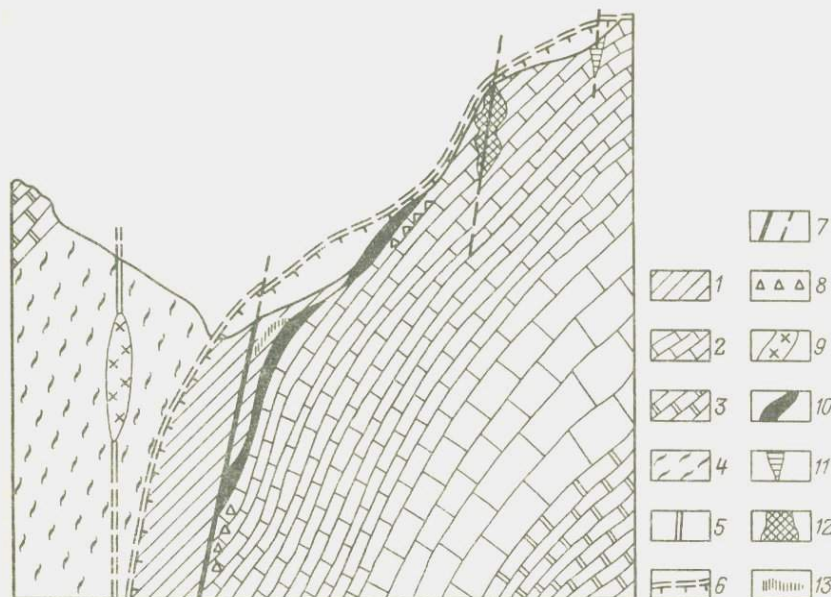


Рис. 33. Обобщенный разрез месторождения Чаувай, по В.Т. Сургаю, В.В. Меренкову, Н.Я. Слезкову и др., 1956 г.

1 – сланцы среднего карбона; 2 – рудовмещающие слоистые и массивные известняки среднего – нижнего карбона; 3 – известняки и доломиты силур-девона; 4 – сланцы силур-девона; 5 – главный рудоконтролирующий разлом; 6 – чешуйчатый рудоконтролирующий и рудолокализирующий взбросо-надвиг; 7 – крутопадающие сбросы; 8 – зоны брекчирования; 9 – шток монзонит-диоритов; 10 – межформационные залежи рудоносных джаспероидов; 11 – жильные тела с киноварью и флюоритом; 12 – ртутнорудные тела, связанные со структурами карстового растворения; 13 – согласные залежи реальгар-аурипигментовых руд в экранирующих сланцах

нии почти 20 км, фиксируясь в разобренных выходах межформационных джаспероидно-роговиково-известняково-сланцевых брекчий (рис. 32). Тела брекчий имеют линзо- и пластообразную форму и контролируются изгибами по простираанию и падению основной рудолокализирующей поверхности – кровли рудовмещающих известняков. Эти изгибы осложняются системами косых сбросов, пересекающих зону контакта известняков нижнего – среднего карбона и перекрывающих их сланцы среднего карбона (рис. 33). Рудолокализирующая поверхность погружается к югу под углом 60–80°. Каждому изгибу ее по простираанию соответствует самостоятельный рудный участок, а с искривлениями этой поверхности по падению связаны наиболее богатые концентрации ртутного, сопутствующего ему сурьмяного (небольшие гнезда вдоль малоамплитудных сбросов) и мышьякового – реальгар-аурипигментового (согласные залежи в перекрывающих сланцах) оруденения.

Месторождение в 30-е годы разведывалось А.А. Сауковым и изучалось В.Э. Поярковым и др., а с 1941 г. параллельно с детальной разведкой (А.Б. Габелко, В.Т. Сургай и др.) началось его промышленное освоение. Выявлялись, разведывались и затем обрабатывались в первую очередь рудные тела линзо-, столбо- и гнездообразного типа, связанные с рудными ловушками, наиболее характерными для Чаувае, — под антиклиналеподобными перегибами крыла Боардинской моноклинали (участки Толубай, Кыштау и др.). Значительную роль играют рудные тела жильно-секущего типа, локализующиеся вдоль крутопадающих зон дробления. Отдельные нарушения прослеживаются в толще подстилающих известняков на многие десятки — первые сотни метров. В этом случае в карбонатных породах обнаруживаются рудные тела гнездового типа (участок Сарт-Истаган, по В.В. Меренкову).

Главной рудоконтролирующей и рудолокализирующей структурой на Чаувайском рудном поле следует, по-видимому, считать протяженный взбросо-надвиг, проходящий вдоль южного крыла Боардинской моноклинали субпараллельно кровле известняковой толщи. Местами он почти нацело срезает пачку перекрывающих известняки сланцев среднего карбона, вследствие чего терригенные отложения силур-девона на этих участках контактируют с известняками нижнего-среднего карбона. Тектонический контакт обычно притертый, но иногда вдоль него развиваются брекчии дробления и пакеты милонитов, что, с одной стороны, резко усиливает экранирующее действие перекрывающих сланцев, а с другой — способствует образованию раздувов рудоносных брекчий сложного роговиково-джаспероидного состава, скрепляющихся кварц-карбонатным материалом. Несколько южнее, в надрудных сланцах силур-девона, примерно вдоль русла р. Чаувай, проходит еще один крупный разлом, названный Долинным. С зоной этого нарушения связано внедрение довольно крупного тела щелочного монцонит-диорита. Аналогичные породы слагают шток, выявленный в западной части Хайдарканского рудного поля в саяе Зархар, с которым ассоциируют проявления полиметаллического, с оловом и ртутью, оруденения.

Главный рудный минерал на месторождении Чаувай — киноварь, обычно крупнокристаллическая, с хорошо ограненными кристаллами в кварцевых жеодах. Как и на месторождении Хайдаркан, киноварь здесь высокоселенистая: содержание селена, изоморфно замещающего серу, сотые — первые десятые доли процента. В единичных мономинеральных пробах киновари более темного, почти малинового цвета установлено до 1,1 % селена. В свое время А.С. Вольнским на Плавицкой горе в Хайдаркане было отмечено наличие единичного зерна тиманнита — селенистой ртути, но позже ни в Хайдаркане, ни в Чаувае эту находку повторить не удалось. Чаувайские руды характеризуются также повышенным содержанием таллия. По данным Г.А. Тереховой (1964 г.), концентрация этого элемента находится в прямой корреляционной зависимости от содержания мышьяка, что дает основания для вывода о геохимической связи его со скоплениями реальгара и аурипигмента, часто наблюдаемыми

в надрудных сланцах (на месторождении Кон-Чоч в Таджикистане, как отмечалось, таллий более тесно ассоциирует с мельниковит-пиритом).

На восточном фланге Чаувайского рудного поля (участки Чильтан и Чатмазар) ранее были известны довольно заметные скопления блеклых руд шватцитового типа. При детальном минералогическом исследовании, проводившихся здесь в 70-е годы В.Ю. Волгиным, В.С. Ивановым, Л.Я. Крапивой, В.И. Степановым и др., удалось не только выявить всю гамму редких ртутно-сурьмяно-мышьяковых минералов, характерных для Северной антиклинали Хайдаркана, но и идентифицировать ряд новых минеральных видов из группы сложных сульфосолей. Это еще больше сближает в генетическом отношении описываемые рудные поля и дополнительно свидетельствует в пользу заключения о весьма высокой интенсивности проявлявшихся на месторождении Чаувай рудных процессов.

Месторождение Джижикрут в Центральном Таджикистане также является характерным представителем джаспероидного типа [32], но в структурном отношении оно заметно отличается от "эталонной" модели: основная масса оруденения на нем приурочена к крупному блоку интенсивно раздробленных, брекчированных и затем гидротермально переработанных пород (рис. 34). Однако и здесь основную рудо локализирующую роль играл сланцевый экран, под которым, в ходе метасоматического замещения кремнеземом известняков, формировались залежи рудоносных джаспероидов. Рудные тела в основном связаны не столько с джаспероидами, сколько с разнообразными брекчиями, образовавшимися при дроблении как джаспероидов, так и вмещающих их пород – в различной степени измененных известняков и сланцев. В зависимости от соотношения в обломках всевозможных разновидностей указанных пород, а также в соответствии с составом цементирующего материала (кварц, карбонаты и др.) Т.В. Терентьева выделяет на ртутно-сурьмяных месторождениях Центрального Таджикистана до 10 основных типов рудовмещающих джаспероидно-роговиково-сланцевых брекчий, в различной степени благоприятных для локализации ртутного и сурьмяного оруденения. Общая закономерность: относительно более кремнистые брекчии предпочитают вмещать сурьмяное оруденение, карбонатные – ртутное.

Месторождение Джижикрут существенно сурьмяное, ртутьсодержащее. Большая его часть представлена монометалльными сурьмяными, кварц-антимонитовыми рудами, однако на ряде участков, особенно на верхних горизонтах, широким развитием пользуются и ртутьсодержащие – с киноварью – руды. Киноварь выделяется в виде мелкой вкрапленности в антимоните, но нередко она образует и самостоятельные выделения в виде скоплений хорошо ограненных кристалликов на щетках доломита, других карбонатов и барита. Отметим наличие в рудах значительного количества жильного доломита. Это особенность не только описываемого, но и некоторых других ртутно-сурьмяных месторождений, для которых характерен процесс предрудной доломитизации вмещающих пород. Однако данное явление изучено еще недостаточно, и роль магниевого метасоматоза в ртутно-сурьмяном рудогенезе пока не совсем ясна.

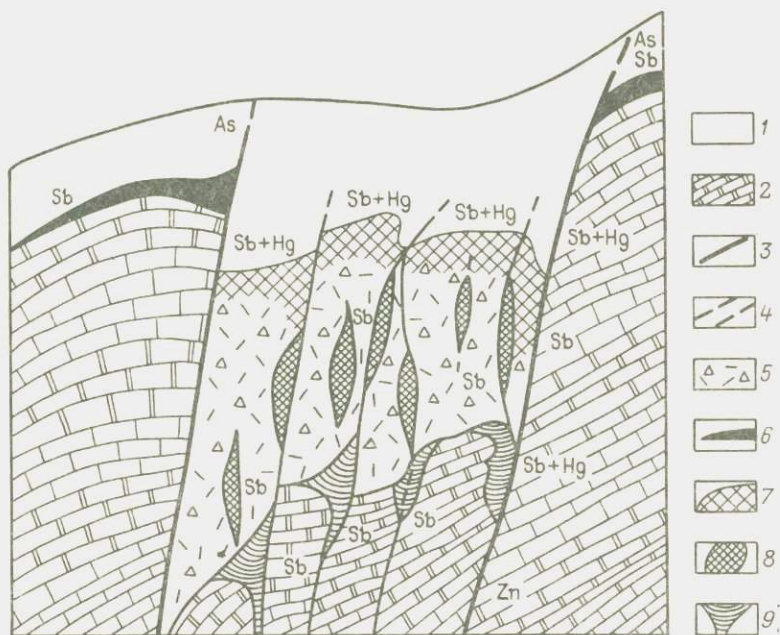


Рис. 34. Обобщенный геолого-структурный разрез центральной части сурьмяного ртутьсодержащего месторождения Джижикрут, по И.А. Сухомлинову, Т.И. Новиковой, А.А. Кашину, А.С. Великому, В.Ю. Волгину, В.И. Степанову и др.

1 – надрудные (экранирующие) сланцы среднего-верхнего палеозоя; 2 – толща рудомещающих и подстилающих карбонатных пород (известняки и доломиты) среднего палеозоя; 3 – крупные разломы, ограничивающие блок дробленых рудомещающих и рудопоглощающих пород (рудоподводящие каналы); 4 – система более мелких рудораспределяющих и рудо локализирующих нарушений; 5 – блок массового дробления и брекчирования карбонатно-терригенных пород; 6 – маломощный, но выдержанный горизонт рудоносных джаспероидов, располагающийся непосредственно под сланцевым экраном; 7 – обогащенные антимонитом и киноварью зоны в верхней части рудоносного блока; 8 – богатые гнезда и жилы антимонитовых руд внутри основного рудоносного блока; 9 – рудные тела карстового заполнения. Индексами отмечены ведущие рудные ассоциации

Месторождение было открыто в 1940 г. А.Н. Коровкиным, затем детально изучалось З.В. Сидоренко, Т.И. Новиковой, Ю.А. Шуликовской, И.А. Сухомлиновым, А.А. Кашиним и др. В течение нескольких последних десятилетий оно эксплуатируется. Обрабатываются обогащенные гнезда, заключенные в минерализованных брекчированных породах и приуроченные к разнотипным структурным ловушкам; чаще всего они локализируются в местах пересечения крутопадающих и пологих трещин. Добытая руда обогащается гравитационно-флотационным методом, после чего полученный концентрат, в котором соотношение сурьмы и ртути находится обычно в пределах 100:1 – 30:1, подвергается селективному металлургическому переделу: сначала из него в печах кипящего

слоя извлекается ртуть, а затем сурьмосодержащие огарки переплавляются для получения металлической сурьмы и оксидных ее соединений.

Для месторождения Джижикрут характерен специфический морфогенетический тип рудных тел, связанных со структурами карстового растворения. Это, по А.С. Великому, В.Ю. Волгину, В.С. Иванову, В.И. Степанову и др. (1968 г.), крупные, сложно ветвящиеся воронки, развивающиеся вдоль крутопадающих зон дробления в карбонатных породах, предпочтительно в доломитах, так как в них пустоты почти не залечиваются. Образуются они непосредственно под джаспероидами на последних этапах рудного процесса, и поэтому заполняющий их глинистый материал (типа нерастворимого остатка известняков и доломитов), сохраняющий следы горизонтальной слоистости, гидротермально изменен слабо, однако рудными минералами он насыщен в значительной степени, вплоть до образования массивных сульфидных руд. Карстовые воронки имеют обычно глубину первые десятки метров. Наряду с воронками и камерами объемом в тысячи и десятки тысяч кубических метров известны и узкие щелеобразные полости карстового происхождения, прослеживающиеся в глубь толщи карбонатных пород на многие сотни метров.

В связи с этим отметим, что на участке Плавиновая гора Хайдарканского рудного поля одна из таких щелеобразных пустот имела глубину более 600 м. На сурьяном месторождении Кадамджай система подрудных карстовых полостей, выполненных сложноветвящимися образованиями кристаллического арагонита, сопровождается разветвленной сетью ходов и камер, общая протяженность которой многие тысячи метров. В районе расположенного восточнее сурьяного месторождения Абшир известен карстовый водопад с дебитом около $3 \text{ м}^3/\text{с}$, что свидетельствует о наличии чрезвычайно крупной протяженной системы подземных карстовых пустот. Таким образом, рудный карст – явление, весьма характерное для ртутных и комплексных ртутно-сурьяных месторождений джаспероидного типа, что, по-видимому, связано с особенностями состава рудогенерирующих растворов и большими их объемами. Одновременно это свидетельствует и о длительности процесса рудообразования: после завершения основных его этапов гидротермальная деятельность продолжается довольно значительное время (на месторождении Кадамджай и ныне в подрудных карстах действуют слаботермальные источники).

Со значительной долей условности к описываемому типу можно отнести уникальное по вещественному составу комплексное ртутно-сурьяное месторождение Гуитцуко в Мексике, штат Герреро [46]. Оно эксплуатировалось с 1869 по 1943 год и дало за это время около 2500 т ртути и до 800 т сурьмы. Примечательно это месторождение тем, что главным и практически единственным рудным минералом на нем является ливингстонит – комплексный сульфид сурьмы и ртути. До недавнего времени ливингстонит на других ртутно-сурьяных месторождениях диагностирован не был, и только исследованиями В.Ю. Волгина, В.И. Степанова, Т.С. Тимофеевой и др. было доказано его присутствие на некоторых участках Хайдарканского рудного поля в виде крупных гнезд в мас-

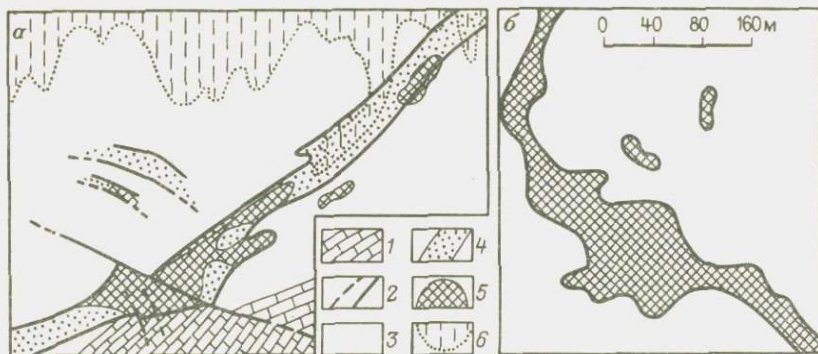


Рис. 35. Принципиальная схема геологического строения месторождений Гуитцуко, по Дж. Ф. Макалестеру и Д.Х. Ортицу, 1945 г.

a – обобщенный поперечный разрез, *б* – проекция основного рудного столба на продольную вертикальную плоскость.

1 – известняки мела; 2 – разломы; 3 – залежи внутриформационных метасоматических (?) ангидритов, вблизи поверхности частично превращенных в гипсы; 4 – пластообразные залежи рудовмещающих брекчированных доломитов; 5 – рудные тела; 6 – карстовые воронки и пещеры

се комплексных киноварно-антимонитовых руд, причем иногда в количествах, представляющих промышленный интерес.

Собственно джаспероидов, в классическом понимании этого термина, на месторождении Гуитцуко нет, однако процессы дорудного окварцевания (под сланцевым экраном) все же проявились довольно заметно. Еще более интенсивно здесь развивались процессы доломитизации (рис. 35), аналогичные описанным для месторождения Джижикрут. Отличительная особенность месторождения Гуитцуко – наличие огипсованных ангидритов. По одним данным – это продукт метасоматического замещения кальциевыми сульфатами рудовмещающих известняково-сланцевых брекчий, по другим – экзогенные образования, возникшие в итоге воздействия на вмещающие породы серной кислоты, освобождающейся при окислении пирита и других рудных сульфидов. Не исключена возможность и первично осадочного происхождения ангидритово-гипсовых залежей, тектонически выжатых вдоль зон рудоконтролирующих разломов. Подчеркнем, что гипс и ангидрит – нередкие спутники ртутно-сурьмяного оруденения (месторождения Гвадалкацар, Терлингва и др.), однако проблема их генезиса не служила предметом сколько-нибудь детального изучения. В 1981 г. Е.Н. Горшковым было доказано широкое развитие гипса на сурьмяном месторождении Скальное (см. описание месторождения Кон-Чоч), где он тесно ассоциирует с антимонитом.

Рудные тела на месторождении Гуитцуко представлены гнездами, линзами и столбами в субогласном теле известняково-сланцево-карбонатно-гипсовых брекчий, образовавшихся вдоль зон интенсивного дробления в крутопадающей толще массивных и слоистых известняков и слан-

цев. Встречены обогащенные тела, связанные со сложными по форме карстовыми камерами в загипсованных брекчиях и перемятых известняках. Ливингстонит в рудах иногда ассоциирует с другими сульфидами ртути и сурьмы — киноварью, метациннабаритом и антимонитом, довольно обычен также пирит. Оруденение прослежено на глубину до 200 м, однако наиболее богатые (более 5 % ртути и до 20 % сурьмы) руды отработывались на верхних горизонтах месторождения, тогда как на нижних содержание ртути не превышало 0,3 %, а сурьмы — около 1 %.

В ливингстоните (HgSb_4S_8) содержится 21,25 % ртути и 51,59 % сурьмы (отношение металлов 1:2,4). Это означает, что на 2500 т добытой ртути должно было приходиться не менее 6000 т сурьмы (получено же лишь 600 т, так как извлечение сурьмы было начато лишь в последние годы эксплуатации). С учетом оставшихся запасов и потерь при добыче и переработке общие масштабы месторождения Гуитцуко можно определить ориентировочно по ртути 4–5 тыс. т и по сурьме — 10–12 тыс. т.

Подытоживая сказанное о ртутных месторождениях джаспероидного типа, подчеркнем комплексность их руд как одну из наиболее характерных особенностей. Джаспероиды — почти неперемнная, за редким исключением (некоторые месторождения вулканогенного типа, такие как Айн-Керма, Хаммимат и др. в Алжире, Сенатор в Турции и др.), принадлежность сурьмяных месторождений согласного типа, контролирующихся структурами экранирования.

Можно выстроить ряд, на крайнем фланге которого будут находиться монометалльные сурьмяные месторождения, связанные с наиболее выдержанными пласто- и мантиобразными залежами джаспероидов с антимонитовым оруденением (Сигуаньшань, Кадамджай и др.), далее в этом ряду будут расположены более сложно устроенные пласто- и штокверкообразные залежи джаспероидных брекчий с антимонитом и подчиненной ему количественно киноварью (Джизжикрут), затем отмечаются, с одной стороны, месторождения комплексных ртутно-сурьмяных антимонит-киноварных руд в джаспероидно-роговикомо-известняково-сланцевых (кварцево-карбонатно-флюоритовых) брекчиях (Хайдаркан), а с другой — месторождения комплексных, но "мономинерального" — ливингстонитового состава руд (Гуитцуко), и, наконец, на противоположном фланге этого ряда размещены существенно ртутные (киноварные, с подчиненным антимонитом) месторождения, связанные с джаспероидно-известняковыми брекчиями (Чаувай).

В литературе давно укоренилось мнение о тесной генетической связи ртутного и сурьмяного оруденения; его обычно так и называют ртутно-сурьмяное. Между тем, из приведенных данных, а также описания последующих типов ртутных месторождений довольно отчетливо явствует, что собственно ртутно-сурьмяных, то есть комплексных, месторождений не так уж много — это, скорее, исключение, чем общее правило. Впервые на эту особенность обратил в 1955 г. внимание В.И. Смирнов, указав, что геохимические пути ртути и сурьмы в рудном процессе перекрещиваются, а тем более соединяются воедино сравнительно редко. Известен только один "крупномасштабный" пример — Северная антиклиналь

Хайдарканского рудного поля, где промышленное значение ртути и сурьмы в общем почти равнозначно. Точно так же можно указать и единственный пример, когда рудные пути ртути и сурьмы сходятся в едином потоке рудогенерирующих растворов, давшем начало ливингстонитовым рудам месторождения Гуитцукю.

Таким образом, при региональном и локальном прогнозировании следует, по-видимому, большее внимание обращать не на черты сходства геохимической истории ртути и сурьмы, а искать признаки, подчеркивающие специфичность условий локализации этих элементов. Одна из таких закономерностей была отмечена В.Э. Поярковым [17] — это порядковая кратность во многих параметрах ртутного и сурьмяного оруденения, которые относятся примерно как 1:10 (масштабы отдельных объектов или их запасы, содержания и др.), или 10:1 (удаленность от рудоподводящих каналов и др.).

Ртутные месторождения карбонатного типа

Месторождения этого типа относятся, наряду с кварц-диккитовыми, к наиболее распространенным. Особенно велико число рудопроявлений и немасштабных пунктов минерализации данного типа (сотни в пределах каждого рудного поля), что объясняется особенностями поведения ртутносодержащих растворов в условиях карбонатного разреза. Так, Д.С. Мукуминой (1969 г.) установлено, что гидротермы в карбонатных толщах имеют тенденцию к растеканию, пропитыванию всей массы пород, с постепенным осаждением из растворов содержащихся в них рудных компонентов, в первую очередь соединений ртути. Отсюда и высокая насыщенность рудовмещающих пород карбонатного состава проявлениями ртутной минерализации.

Ртутные месторождения карбонатного типа наиболее распространены в Юго-Восточной Азии; четко выражен "карбонатный профиль" и у большинства ртутнорудных зон Средней Азии; много рудопроявлений этого типа на Горном Алтае, в Восточной Якутии, на Кавказе, есть они и в других ртутносодержащих районах СССР. Непременное условие их образования — наличие мощных, литологически однородных толщ карбонатных пород — как известняков, так и особенно доломитов. Месторождения карбонатного типа формируются при участии наиболее "отсепарированных" растворов, прошедших к местам рудофокализации многокилометровый путь по толщам карбонатных пород и потому "очистившихся" от всех относительно высокотемпературных и химически неустойчивых компонентов. Этим объясняется исключительная монометальность ртутных месторождений описываемого типа.

Ртутные месторождения карбонатноподобного типа известны и в районах без мощных толщ известняков и доломитов, однако и в этом случае необходимо присутствие в разрезе хотя бы маломощных пород карбонатного состава в виде линз, пропластков и отдельных горизонтов. В месторождениях листовенитового типа (см. ниже) ртутная минерализация нередко связана с телами карбонатных пород гидротермального проис-

хождения (кальцититами, доломититами), но генетически это будет уже другая группа.

С карбонатными породами ассоциируют многие месторождения плутоногенного класса, однако в отличие от телетермальных карбонатных они характеризуются многокомпонентным составом руд и специфической морфологией рудных тел – преобладанием согласных метасоматических залежей. В строении вулканогенных месторождений также участвуют породы карбонатного состава, но для них характерны специфические особенности околорудных изменений.

Особую карбонатноподобную группу составляют многочисленные проявления ртутного оруденения, устанавливаемые в рудных полях джаспероидного типа. Имеются в виду рудные тела, локализующиеся в известняках на значительном расстоянии от контакта с перекрывающимися сланцами. Как было показано при описании Хайдарканского и Чаувайского рудных полей, в подстилающих известняках и доломитах выявлено не менее семи структурно-морфологических типов ртутнорудных тел: 1) согласные залежи в слоистых известняках среднего карбона на расстоянии до 30–50 м от контакта со сланцами (участок Заводской); 2) штокверкообразные тела в дробленых массивных известняках среднего карбона в ядерных частях сжатых куполовидных складок в интервале 0–120 м от кровли известняковой толщи (Промежуточное поле); 3) гнездо- и жилообразные тела в блоках массового дробления известняков в тектонических клиньях в 0–40 м и ниже от лежащего бока джаспероидов (“Клин” Главного поля); 4) крутопадающие зоны минерализации в массивных известняках, локализующиеся вдоль систем разломов, осложняющих сводовые части антиклиналей и места перегибов крыла моноклинали; они прослеживаются на расстоянии до 150 м от контакта со сланцами (Юго-Западное и Северо-Восточное поля, Плавиновая гора-Южная на Хайдаркане, участки Толубай и Кыштау на Чаувае); 5) минерализованный материал выполнения подрудных карстов в интервале первых десятков метров от лежащего бока джаспероидов (участок Сарт-Истаган на Чаувае); 6) жило- и гнездообразные тела, а также минерализованные зоны дробления вдоль крупных крутопадающих разломов на расстоянии до 800 м и более от контакта со сланцами (глубокие горизонты участка Промежуточный на Хайдаркане); 7) согласные зоны минерализации в слоистых доломитах девона в нижней части толщи карбонатных пород на расстоянии нескольких тысяч метров от ее кровли (месторождение Шивали на восточном фланге Хайдарканского рудного поля). Подобную же структурно-генетическую привязку к основной рудоконтролирующей (экранирующей) поверхности – кровле мощной толщи рудовмещающих карбонатных пород – можно увидеть и на примере других рудопроявлений. Для ртутных месторождений собственно карбонатного типа характерны те же морфоструктурные разновидности рудных тел в известняках, что и для месторождений джаспероидного типа, однако отличительная особенность описываемых месторождений – отсутствие четко выраженной рудоконтролирующей роли структур экранирования (рис. 36). И даже

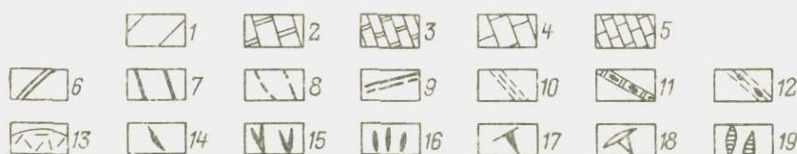
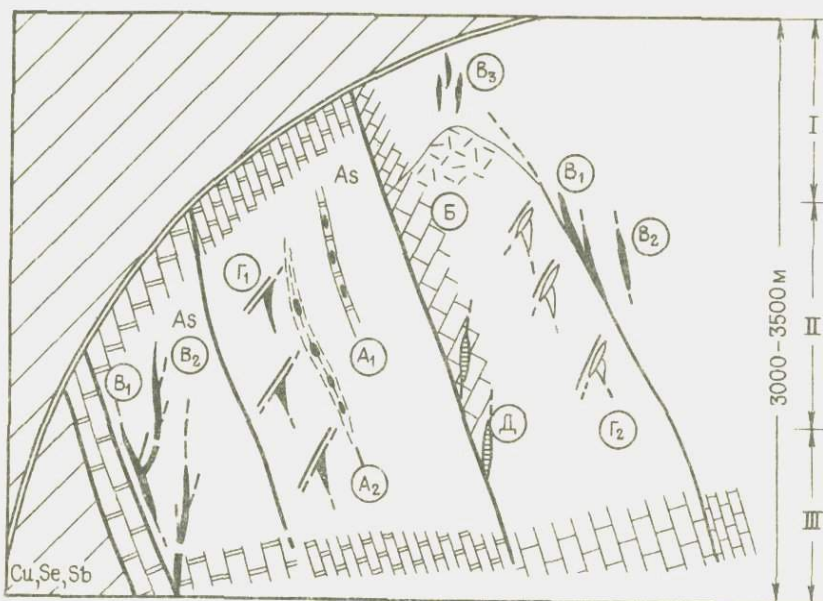


Рис. 36. Обобщенный разрез, характеризующий геолого-структурные особенности локализации телетермальных ртутных месторождений карбонатного типа (на примере типоморфных участков Биркеуской и Сымапского рудных полей).

1-5 - вмещающие породы: 1 - сланцы (подстилающие и перекрывающие, частично экраняющие), 2 - массивные доломиты, 3 - тонкослоистые мергелистые доломиты, 4 - массивные, иногда рифовые известняки, 5 - тонкослоистые известняки; 6-10 - основные типы рудоносных разломов: 6 - надвиг, 7 - крупные сбросы, 8 - более мелкие оперяющие трещины, 9 - пологие притертые трещины, 10 - зоны внутриформационного расчленения в тонкослоистых доломитах; 11-19 - ведущие морфо-структурные типы рудных тел: 11 - пластово-линзообразные залежи в отдельных горизонтах слоистых доломитов (A_1), 12 - крупные согласные залежи, контролирующиеся структурами внутриформационного расчленения в доломитах (A_2), 13 - крупные штокверки в блоках массового дробления известняков в ядерных частях куполовидных складок (Б), 14 - богатые согласно-жилообразные тела в доломитах и известняках (B_1), 15 - жилы, связанные с перистыми ответвлениями от более крупных сбросов (B_2), 16 - жилы заполнения зияющих трещин разрыва в известняках (В), 17-18 - гнездовидные тела Т-образной формы в зоне сочленения двух трещин (17 - в доломитах - Γ_1 , 18 - в известняках - Γ_2), 19 - киноварьсодержащие флюоритовые жилы в известняках (Д).

Индексами обозначены зоны развития главных элементов-спутников в ртутных рудах. I-III - интервалы, отражающие элементы вертикальной зональности рудоотложения и определяющие очередность проведения разведочных работ

в том случае, когда такой экран имеется (некоторые месторождения Ваньшаньской группы в Юго-Восточном Китае), основное оруденение локализуется вне связи с ним; непосредственно под сланцевым экраном устанавливается едва ли 1/20 — 1/50 часть общего количества ртутных руд.

Среди ртутных месторождений карбонатного типа выделяют два основных подтипа: локализующиеся в доломитах и формирующиеся в толщах известняков. Это, на первый взгляд, малозначащее различие коренным образом влияет как на форму ртутнорудных тел, так и, особенно, на их масштабы. В силу неодинаковой растворимости кальцита и доломита выщелачивание рудоносными гидротермами рудовмещающих известняков и доломитов (на предрудной стадии формирования месторождений) происходит с различной интенсивностью: легче растворяются кальциевые их составляющие. Однако решающее значение имеет различная степень сохранности пустот, образовавшихся в процессе выщелачивания карбонатного материала: в известняках они почти сразу же залечиваются кальцитом, тогда как в доломитах такие пустоты могут существовать в "незапечатанном" состоянии весьма длительное время. Этим обуславливается более интенсивная проработка рудоподводящих каналов в доломитах по сравнению с известняками, что предопределяет возможность формирования в них несравненно более крупных залежей, чем в известняках.

Сказывается и еще одно обстоятельство: в процессе предрудной гидротермальной доломитизации известняков происходит неполная компенсация объемов замещаемой породы, что резко повышает ее проницаемость для растворов последующей, собственно рудной стадии. Большую роль при формировании месторождений рассматриваемого типа играет степень слоистости рудовмещающих карбонатных пород: при прочих равных условиях более благоприятными будут тонкослоистые разности, для которых характерны структуры внутриформационного расслоения, более выдержанные и протяженные, чем рудолокализирующие разрывные

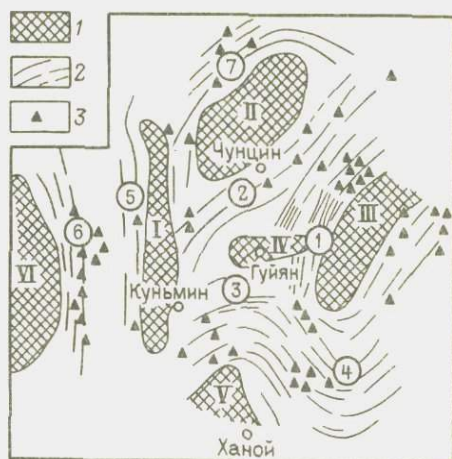


Рис. 37. Тектоно-металлогеническая схема ртутнорудной провинции Юго-Восточной Азии, по Хуан Боциню, 1952 г. и др.

I — древние массивы: I — Кам-Юньнаньский, II — Сычуаньский, III — Цзяньнаньский, IV — Гуяньский, V — Тонкинский, VI — Бирманский; 2 — рудоуправляющие разломы: 3 — основные месторождения ртути. Главные рудоносные зоны: 1 — Ваньшаньская, 2 — Южно-Сычуаньская, 3 — Юньнаньская, 4 — Гуянь-Гуандунская, 5 — Кам-Юньнаньская, 6 — Восточно-Бирманская, 7 — Северо-Сычуаньская

нарушения, пользующиеся преимущественным развитием в породах массивного сложения. По этому признаку ртутные месторождения карбонатного типа можно разделить еще на две крупные подгруппы: представленные преимущественно согласными залежами и характеризующиеся большим развитием секущих тел.

Ртутные месторождения доломитового подтипа наиболее полно представлены в Юго-Восточном Китае, где к ним относятся многочисленные проявления оруденения в мощных толщах доломитов кембрия (провинции Хунань, Гуйчжоу, Сычуань и др.). Это, в первую очередь, месторождения Ваньшаньской группы, впервые в литературе охарактеризованные Ф. Тегенгеном [45], а затем детально описанные Тянь Цицзюнем (1957 г.), Чжоу Дэжунюем, Ли Вэньянем (1958 г.), Ли Юньсанем, Фэн Чидэ (1959 г.) и др. Судя по тектоно-металлогенической схеме Хуан Боциня (1952 г.), а также данным Чжоу Дэжуня (1959 г.), большая часть ртутных месторождений Ваньшаньской группы концентрируется в пределах широкой зоны, опоясывающей южную оконечность древнего Цзяньнаньского массива, вытянутого в юго-юго-западном направлении, и замыкающейся на территории провинций Хунань и Гуйчжоу (рис. 37).

Массив, в центральной части которого размещены описанные ранее ртутьсодержащие сурьмяно-вольфрамовые месторождения Воси-Сиань-Таоаньской группы, сложен интенсивно дислоцированными древними гнейсами, секущимися в южной его части системами баритовых жил, местами обогащенных ртутью. Гнейсы несогласно перекрываются субгоризонтально залегающими, относительно маломощными (первые сотни метров) слоями синийских глинистых сланцев и песчаников, содержащих прослойки карбонатных пород. С отдельными горизонтами песчаников и углисто-глинистых сланцев, а также доломитизированных известняков связаны согласные платообразные залежи медных и медно-полиметаллических ртутьсодержащих руд.

Выше по разрезу расположена основная толща осадочного чехла Южно-Китайской платформы — мощный (до 3 тыс. м) комплекс субгоризонтально залегающих терригенно-карбонатных пород кембрия. В основании разреза преобладают глинистые сланцы, во многом аналогичные синийским и с таким же оруденением, однако в ряде случаев к пачкам доломитизированных известняков приурочены маломощные залежи ртутных руд. Основу разреза составляет существенно карбонатная толща среднего кембрия суммарной мощностью от 600 до 1500 м (рис. 38). Представлена она несколькими (обычно двумя — тремя) довольно выдержанными горизонтами массивных и слоистых доломитов и доломитистых (доломитизированных) известняков, разделяющихся пачками глинисто-мергелистых сланцев различной мощности. С горизонтами этих доломитов, в первую очередь тонкослоистых мергелистых, и связаны основные рудные залежи Ваньшаньской группы. Верхний кембрий в этом районе представлен преимущественно известняками и доломитами — также рудоносными, но в меньшей степени. Разрез палеозойских отложений (уже за пределами рассматриваемого района) заканчивается известняково-сланцевой толщей,

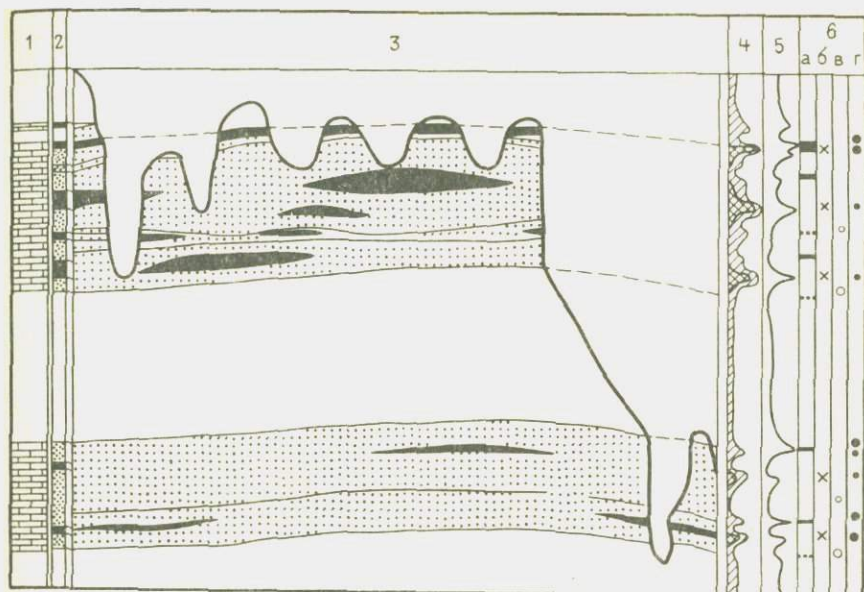


Рис. 38. Обобщенный разрез, иллюстрирующий геолого-структурную позицию основных ртутнорудных залежей Ваньшаньской зоны, по Ли Юньсяню и др., 1959 г.

1 – обобщенная литологическая колонка (терригенные и карбонатные толщи); 2 – позиция оруденения (черное) в разрезе карбонатных толщ (точки); 3 – структурная позиция рудных залежей; 4 – график относительной изменчивости содержания сингенетического (косая штриховка) и гидротермального (клетка) кварца; 5 – график изменчивости содержаний ртути в рудоносных горизонтах; 6 – маркирующие элементы в разрезе: а – рудоконтролирующие поверхности, б – зоны максимальной переработки пород, в – позиция вторичных аномалий ртути на склонах долин, г – позиция первичных аномалий ртути в разрезе

вмещающей согласные залежи и секущие тела ртутьсодержащих мышьяковых (реальгар-аурипигментовых) и свинцово-цинковых руд.

На размытой поверхности описанных существенно карбонатных толщ с угловым несогласием залегают красноцветные породы перми, сменяющиеся песчано-глинистыми отложениями триаса, характеризующимися наличием многочисленных меденосных горизонтов, выходы которых вблизи поверхности обогащены самородной медью и оксидными ее соединениями.

Ртуть для всего разреза является сквозным элементом: она обнаруживается во всех разностях пород, особенно в углисто-глинистых сланцах и мергелистых доломитах, а также в рудах месторождений всех типов. С другой стороны, в собственно ртутных рудах устанавливаются в качестве элементов-примесей компоненты, типоморфные для месторождений других видов полезных ископаемых. Так, роль сквозных элементов играют цинк и сопутствующие ему кадмий, галлий и германий. В сфалерите из

полиметаллических месторождений содержания кадмия иногда 1 % и более, галлия и германия — до сотых и первых десятых долей процента. В темном сфалерите из гнезд в баритовых жилах в гнейсах и в светлом сфалерите из прожилков в надрудных сланцах на ртутных месторождениях соотношение этих трех рассеянных элементов примерно такое же.

Киноварь из месторождений Ваньшаньской группы обогащена селеном [45]. Его содержание в отдельных разностях темной киновари превышает иногда 1 %. Этот элемент является типоморфным и для разреза в целом. Отметим, что описываемый район, равно как и Южно-Ферганский пояс на Тянь-Шане, один из немногих в мире, в которых установлена селенистая киноварь (в подавляющем большинстве ртутных месторождений селен содержится в этом минерале в количествах, очень редко превышающих десятичные доли — первые тысячные доли процента).

Подчеркнем еще одну специфическую особенность региональной геохимии описываемого района — повышенное содержание полужидких и твердых битумов. Последние как-то участвовали в процессе ртутного рудообразования, так как максимальные их скопления устанавливаются именно в связи с ртутнорудными залежами, в которых твердые битумы типа антраксолита, наряду с карбонатами и киноварью и иногда также кварцем, входят в состав цемента доломитовых брекчий, составляя в них часто основу цементирующей массы. Возможно, это явление обусловлено общностью путей движения гидротерм и углеводородов — факт, твердо установленный для ряда нефте- и газоносных бассейнов Европы и Америки. Битумы нередко обогащены молибденом в виде заметных скоплений иордизита (месторождение Бэймадун), особенно вдоль зон крутопадающих разломов, и некоторыми другими редкими и рассеянными элементами.

Мышьяк в месторождениях Ваньшаньской зоны, как это ни странно, существенной роли не играет, хотя он и входит в состав ореолов гипогенного рассеяния элементов-индикаторов. Объясняется это, по-видимому, сепарацией рудоносных растворов, проходящих замедленно сквозь мощную толщу рудовмещающих пород, среди которых выделяется много горизонтов карбонатных пород — осадителей отдельных компонентов. По тем же причинам пространственно обособлен здесь и мышьяк, он образует на некоторых участках самостоятельные месторождения реальгар-аурипигментовых руд (Цзепэюй в провинции Хунань, описанное Лий Шэнсы, 1950 г.). Одно из таких месторождений в провинции Гуйчжоу, разрабатывавшееся на реальгар, представлено маломощной залежью в мергелистых сланцах верхнего кембрия, насыщенной крупными (до 2 см) глобулями самородного мышьяка. Вероятно, здесь, как и на месторождениях с самородной ртутью, в рудоносных гидротермах был дефицит серы. Реальгар-самородномышьяковая залежь в данном случае служит индикатором скрытых на глубине, в основных рудоносных горизонтах среднего кембрия, скоплений ртутных руд обычного для района согласного типа.

Ваньшань переводится как "страна десяти тысяч гор". Это словосочетание подчеркивает особенности специфического, карстово-останцового

рельефа в районе описываемых месторождений. В результате интенсивно проявившихся процессов карстового растворения — поверхностного и подземного — в известняках и доломитах возникло множество смыкающихся друг с другом карстовых воронок, разделяющих столо- и конусообразные останцы карбонатных пород, перекрытых сланцевыми "шапками". При таком рельефе на поверхности хорошо обнажаются выходы рудоносных доломитовых горизонтов, размещенные в верхних литологических ярусах — этажах рудных зон. Эти залежи служили объектом древнего горнометаллургического промысла на протяжении нескольких тысячелетий. Следы деятельности древних рудокопов сохранились в виде нише- и щелеобразных выработок. Впоследствии они сыграли роль индикаторов при поисках скрытых, часто более крупных рудных залежей, приуроченных к литологически благоприятным горизонтам пород нижней части разреза основной рудовмещающей толщи доломитов кембрия. Всего таких потенциально рудоносных горизонтов в разрезе района насчитывается не менее 14.

Большая часть промышленных ртутнорудных залежей связана со структурами внутрiformационного расслоения в горизонтах тонкослоистых мергелистых, часто песчанистых доломитов. Такого типа структуры были описаны В.А. Невским [12] для тонкослоистых известняков Южного поля Хайдаркана. Механизм их формирования может быть объяснен приоткрыванием межслоевых трещин в условиях блокированной складчатости. Для Ваньшаня предлагается несколько иная модель: расслоение и последующее приоткрывание в местах очень пологих (от $1-3^\circ$, как в нефтяных структурах, до 20° , редко более) изгибов пачек рудовмещающих пород — тонкослоистых глинистых доломитов. При таких пологих изгибах взаимного проскальзывания слоев не происходит, и тектонические напряжения реализуются в виде межслоевых приоткрываний. Отметим, что приоткрывание при этом может идти как бы "по касательной", с кулисообразным перемещением согласных трещин (возможное объяснение причины возникновения пологих рудных столбов).

Образовавшиеся *послойные трещины* заполняются жильным материалом — чаще массивным и крупнокристаллическим доломитом, реже кальцитом; изредка отмечаются также кварц и барит, ассоциирующие с киноварью (в раздувах и в жеодах). Протяженность отдельных прожилков от первых дециметров до первых метров, редко до нескольких десятков метров. Мощность прожилков в центральных частях от долей миллиметра до первых сантиметров, чаще всего 0,5–1 см; на флангах они постепенно выклиниваются.

Число прожилков в пределах зоны внутрiformационного расслоения изменяется в чрезвычайно широких пределах: от двух — трех до многих десятков тысяч. В первом случае *общая мощность* зоны расслоения 0,5–1–2 м, во втором — многие десятки, до первых сотен метров. Удельная полосчатость или прожилковатость (число согласных прожилков на 1 м мощности) может при этом варьировать от 0,5 до 200. Это означает, что удельное приоткрывание при расслоении (увеличение) мощности пласта тонкослоистого доломита за счет возникновения зияющих соглас-

ных трещин, позже заполняющихся жильным материалом, также может быть весьма значительным — от первых процентов до 30 % и более. Суммарная протяженность зон расслоения, представленных системами кулисообразно сменяющих друг друга согласных трещин, в отдельных случаях достигает 15 км при ширине, определяющейся размерами структур изгиба или флексур, обычно не более 2 км.

Рудоносные растворы поступали в зоны внутрiformационного расслоения не вдоль какого-то одного крупного разлома (глубинного, или краевого, как в геосинклинальных областях — Тянь-Шань и др.), а по системе субпараллельных малоамплитудных нарушений, быстро затухающих в кровле надрудных пород. В местах их сочленения (или пересечения) с зонами внутрiformационного расслоения особенно интенсивно проявились процессы предрудного выщелачивания раздробленных пород с образованием обширных полостей, заполнявшихся потом дезинтегрированными обломками пород кровли и нерастворимым остатком выщелоченных известняков и доломитов.

По мнению некоторых исследователей, породы подобного облика с текстурой типа "бамбуковых листьев" (называются так по форме более темных остроугольных обломков доломита, цементирующихся доломитовой же массой) могут иметь и первичноосадочное происхождение за счет деформаций еще неконсолидированного илистого материала при подводных оползнях. Однако легче объясняется их эпигенетическая природа. Такие своеобразные брекчии гидротермального растворения служили ловушками для растворов продуктивной стадии, в них локализовались самые крупные рудные тела. Выщелачивание распространялось и вдоль ослабленных расслоением пластов пород, чем было обусловлено возникновение согласных внутрiformационных залежей, часто довольно крупных — до первых тысяч метров в длину при ширине в сотни метров и мощности до первых десятков метров.

Месторождения описываемого типа формировались при участии средне- до низкотемпературных (250–50 °С), слабоконцентрированных (3–4 г/л), почти нейтральных растворов, замедленно (метры — десятки метров в год) циркулировавших вдоль зон расслоения в направлении, близком к горизонтальному, причем под давлением, иногда во много раз превышающим литостатическое. Все это позволяет предложить специфическую модель рудогенеза, предусматривающую образование основных рудных залежей в условиях обширного высоконапорного палеоартезианского бассейна. В крайних частях этого бассейна существовали термодинамические условия, наиболее благоприятные для осаждения рудных компонентов, содержащихся в водах, подававшихся к местам разгрузки из более глубоких его горизонтов вдоль пластов пористых пород и зон расслоения в доломитах. Поступление рудных компонентов в такие бассейны обеспечивалось за счет глубинных ювенильных ртутьсодержащих растворов, смешивавшихся с погребенными артезианскими водами.

Таким образом, на примере Ваньшаня можно выделить третий, в дополнение к двум охарактеризованным (линейный — вдоль крупных глубинных краевых разломов и точечный — в связи с локальными структу-

рами типа трубок взрыва), тип "рудных отдушин" — поступление растворов широким фронтом, с пропитыванием ("пропариванием") всей массы рудовмещающих пород.

Руды в месторождениях Ваньшаньской группы сложены обычно крупнокристаллической киноварью, ассоциирующей с крупнокристаллическим доломитом. Изредка отмечаются антимонит, реальгар, аурипигмент; довольно обычен сфалерит; в надрудных сланцах иногда обилён пирит. Из жильных, кроме доломита, развиты битумы (антраксолит), кальцит, кварц, барит. Отдельные месторождения (Хоуцзыпин и др.) славятся образцами кристаллической киновари: хорошо ограненные кристаллы, чаще сдвойникованные, достигают здесь 5–7 см в поперечнике. Такие кристаллы особенно высоко ценятся в восточной медицине. Стоимость "лечебной" кристаллической киновари часто на два порядка выше цены на металлическую ртуть.

В пределах Ваньшаньской ртутьносной зоны насчитываются многие сотни месторождений и рудопроявлений, контролирующихся структурами внутриформационного расслоения. Общие их масштабы, с учетом добычи древних рудокопов, по-видимому, весьма значительны: всю эту группу можно поставить в один ряд с объектами типа Идрии или Монте-Амиаты, хотя запасы здесь были рассредоточены во множестве рудных тел. Руды по качеству разнородные — от рядовых до бедных, а в крупных телах — до средних и богатых.

На обобщенном профиле (см. рис. 38) приводится характерный разрез, отражающий особенности строения многоярусных согласных залежей Ваньшаньской группы месторождений, приуроченных к структурам внутриформационного расслоения. Залежи связаны с горизонтами осветленных и частично перекристаллизованных доломитов. Природа последних, однако, не ясна. Большая часть доломитов имеет, несомненно, первично-осадочное происхождение, о чем свидетельствует почти полная идентичность химического состава темных неизмененных и интенсивно осветленных, гидротермально переработанных их разновидностей. Отличие устанавливается лишь под микроскопом: при освещении в породе появляется зернистость, полуокатанные песчаники кварца, содержащиеся в доломитах, приобретают кристаллические формы, аморфный глинистый материал трансформируется в тонкочешуйчатые слюдястые агрегаты. Однако наряду с такими доломитами, преобразованными в результате действия своеобразных процессов гидротермального аутометасоматоза, выделяют блоки пород, в которых доломитизация была явно наложенной.

За пределами описываемого района месторождения подобного типа известны, но изучены недостаточно. По тектоно-металлогенической позиции в СССР к ним наиболее близки ртутные проявления, обнаруженные в процессе эксплуатации Доломитового карьера на юге Украины (С.И. Кирикилица и др., 1969 г.). Здесь также на древних гнейсах субгоризонтально залегает мощная толща карбонатных пород палеозоя. В отдельных горизонтах доломитов, слагающих эту толщу, выделяются зоны, в которых развиты согласные и секущие прожилки различных карбонатов, содержащие вкрапленность и крупнокристаллические (до первых санти-

метров) выделения киновари. Вдоль разломов такие участки интенсивно закарстованы; в образовавшихся при этом воронках вместе с массой нерастворимого остатка кварц-глинистого состава накапливается и киноварь.

Полосчатые доломиты, служащие наиболее характерным поисковым признаком описываемых месторождений, отмечены Д.П. Резвым (1942 г.) на Адыракоуском рудном поле в Южной Фергане и М.А. Галкиным (1960 г.) в Лево-Сакынджинском рудном узле Якутии.

На месторождении Адыракоу ртутное оруденение выявлено в пределах широтной моноклинали того же названия, сложенной преимущественно доломитами. Падение пород очень крутое, до вертикального. Основная рудоносная зона представлена довольно широкой (до первых сотен метров) полосой гидротермально измененных слоистых доломитов. В средней части зоны развиты полосчатые их разности, названные Д.П. Резвым "збровидными" известняками. Это темно-серая порода с системой межслоевых прожилков молочно-белого доломита мощностью до 2 см; удельная полосчатость до 50. Киноварь образует тонкие прожилки и рассеянную вкрапленность и изредка — гнезда массивных руд, локализуемых под местными экранами в виде пологих притертых трещин.

В Лево-Сакынджинском рудном узле в Восточной Якутии в таких полосчатых доломитах, названных М.А. Галкиным (1964 г.) "рябчиками", чередуются слои темно-серого и серого доломита, разделенные согласными, но с более "зазубренными" краями, чем в предыдущем случае, прожилками белого доломита. Киноварь и здесь связана с зонами полосчатых доломитов, но формирует и самостоятельные скопления в виде жил и гнезд в зонах дробления в осветленных массивных известняках и доломитизированных их разностях.

Этот рудный узел входит в состав протяженной зоны, параллельной поясу развития вышеописанных месторождений кварц-диккитового типа (Звездочка и др.). Однако в отличие от последнего, в его пределах известны только проявления карбонатного типа, что объясняется соответствующим составом пород рудовмещающих толщ.

На одном из месторождений рассматриваемого узла М.А. Галкиным были найдены уникальные образцы просвечивающей рубиново-красной киновари, слагающей крупные (многие кубические дециметры) мономинеральные гнезда, выделяющиеся в массе жильного доломита. В минералогическом отношении эти месторождения чрезвычайно интересны, хотя и недостаточно изучены. Так, на участке Гал-Хая В.С. Груздевым (1965 г.) был диагностирован новый галлиевый минерал, названный галханитом. Это еще одно подтверждение наличия тесных геохимических связей ртути и галлия, объясняющихся, по-видимому, их исключительно высокой подвижностью. На одном из участков Лево-Сакынджинской зоны отмечено и совместное отложение киновари и аксессуарного самородного золота — довольно редкий, хотя и весьма интересный случай.

К карбонатному типу относится, по-видимому, и Келянское ртутное месторождение в Забайкалье (В.А. Кузнецов, А.А. Оболенский, В.И. Бергер и др.), приуроченное к зоне послонных перемещений в доломитах

нижнего кембрия, на которые надвинуты метаморфиты нижнего протерозоя. Ртутная минерализация локализуется в окварцованных и осветленных доломитах в связи с согласными внутрiformационными разрывами. Киноварь, выделяющаяся в виде прожилков, гнезд и мелкой вкрапленности, ассоциирует с пиритом, антимонитом, реже с галенитом, сфалеритом, бурнонитом и халькопиритом, а из нерудных — с кварцем, карбонатами, калиевой гидрослюдой.

Весьма оригинальный представитель описываемого типа — **Карасуйское ртутное месторождение** в Западном Узбекистане (западный фланг Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса), детально изучавшееся Ю.В. Финкельштейном, в затем Р.Р. Исановым и др. Оруденелым является только один маломощный (первые метры), но очень выдержанный пласт амфиорового доломита в толще карбонатных пород девона, слагающих крыло брахиантиклинали, осложненное косым разломом, игравшим роль рудоподводящего канала. Доломиты вдоль зоны разлома подверглись дроблению и частичному брекчированию с последующим осветлением. В цементе брекчии — жильный крупнокристаллический доломит, тонкоигольчатый (местами почти спутанно-войлочный) кварц, а также крупно- и мелкочешуйчатый серицит — минерал, в ртутных месторождениях карбонатного типа почти не известный (по нему калий-аргоновым методом был определен абсолютный возраст оруденения; он оказался близким хайдарканскому — позднепалеозойским).

Киноварь, обычно высокоселенистая, представлена кристаллическими разностями — вплоть до уникальных по размерам (до 5 см в поперечнике) двойников, найденных и описанных Ю.В. Финкельштейном. Им же были здесь впервые в СССР идентифицированы вторичные минералы ртuti: эггестонит и др., заключенные в пустотах выщелачивания киновари. Однако наибольший интерес представляет на описываемом месторождении то, как рудоносные растворы двигались вдоль основного рудолокализирующего пласта амфиорового доломита. По данным Р.Р. Исанова, растворы использовали трубочки амфиор: первоначально материал трубочек, по составу несколько отличающийся от состава вмещающих доломитов, подвергся выщелачиванию, после чего растворы начали свободно циркулировать вдоль пласта, отлагая последовательно на стенках трубочек кристаллики доломита, кальцита, киновари, серицита и барита. Этот пример иллюстрирует исключительно высокую подвижность и проникаемость растворов, при участии которых формируются месторождения ртuti, особенно самые низкотемпературные из них, в частности, карбонатного типа.

В случае локализации ртутного оруденения в интенсивно дислоцированной толще доломитов, имеющих крутое падение, структурно-морфологический тип рудных тел будет иным. Ярким примером может служить **месторождение Даньчжай** — одно из крупнейших в Юго-Восточном Китае. Это месторождение, как и проявления Ваньшаньской зоны, приурочено к мощной толще доломитов кембрия, также подвергшихся интенсивному предрудному гидротермальному пропариванию. Однако в отличие от предыдущего случая, приоткрывания вдоль межслоевых плоскостей здесь

не происходило, и поэтому условий для образования согласных доломитовых прожилков создано не было. Вместо этого литологически более благоприятные (менее мергелистые) прослой породы были осветлены, в результате чего последняя приобрела чрезвычайно характерный полосчатый вид. Мощные (многие сотни метров) горизонты таких полосчатых крутопадающих доломитов несут в Даньчжайском рудном районе основную массу ртутного оруденения, также необычного: киноварь, как правило, скрытокристаллическая, очень светлая, как бы пропитывает отдельные слои осветленного доломита, метасоматически замещая его. При этом образуются и крупные линзы массивной мелкозернистой киновари.

Руды монометалльные. Отдельные линзы плотной киновари пропитаны мелкокапельной самородной ртутью, количество которой составляет иногда 10 % и более от общей массы металла в руде. Ртуть в таких рудах явно гипогенная. Формирование месторождения Даньчжай происходило, по-видимому, при участии высокотемпературных эманаций – скорее всего перегретых паров воды, насыщенных парообразной ртутью. Температура эманаций, судя по данным гомогенизации газовых включений в кварце, превышала 400–500 °С. "Пропаривание" ими рудовмещающих пород осуществлялось главным образом вблизи рудных отдушин – на отдельных участках рудоконтролирующих разломов; по мере удаления от таких выводных каналов температура падает и парообразные эманации сменяются типичными гидротермами, вследствие чего на флангах рудного поля образуются рудоносные зоны с обычной низкотемпературной киноварью.

Наряду с согласными залежами в доломитовом подтипе карбонатного типа ртутных месторождений широким распространением пользуются разнообразными секущими телами – жильными, гнездовыми и штокверковыми. В качестве характерных примеров приведем краткое описание двух жильных месторождений Цзяоли в Юго-Восточном Китае и Сымап в Южной Фергане.

Месторождение Цзяоли расположено на фланге описанного выше Даньчжайского рудного поля. Оно контролируется довольно протяженной (несколько тысяч метров) зоной сброса в массивных осветленных доломитах. С основным нарушением сопрягается система более мелких трещин. Оруденение – жильно-гнездообразное: жильное тело мощностью до 2 м локализуется непосредственно в лежащем боку основного нарушения – вдоль притертой его плоскости, а гнезда – раздувы жил мощностью до 3–5 м – связаны с упомянутыми оперяющими трещинами. Рудоносная зона, приуроченная к сбросу, образует расширения в местах перегиба рудолокализирующей поверхности по падению, а наиболее обогащенные ее части связаны с волнообразными изгибами этой поверхности по простиранию. На глубину такие столбообразные обогащенные тела прослеживаются на 200–300 м.

Месторождение Сымап в Южной Фергане в структурном отношении во многом аналогично вышеописанному. Оно размещается на западном фланге Сымап-Адыракоуской рудной кулисы, сложенной доломитовой толщей девона. Это месторождение весьма интенсивно разрабатывалось древними рудокопами в VII–XI вв. а возможно, и раньше (Е.М. Массон,

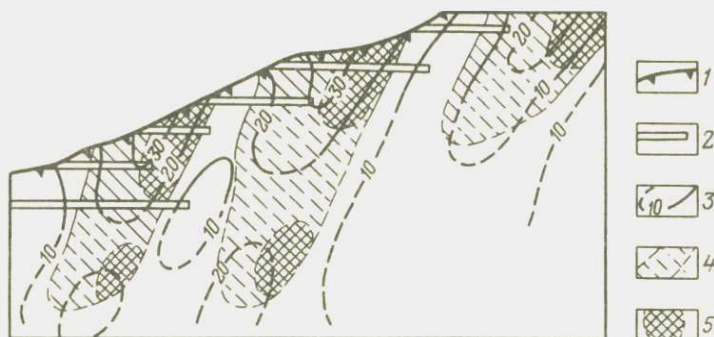


Рис. 39. Структурная схема ртутного месторождения Сымап (проекция в изолонгах).

1 – проекция линии выхода рудолокализирующего взбросо-надвига; 2 – штольни; 3 – изолонги (линии равных расстояний поверхности взбросо-надвига от вертикальной плоскости проекции, в м); 4 – рудные столбы; 5 – обогащенные рудные гнезда

А.И. Пошка и др.). Глубина отдельных щелеобразных выработок превышает местами 150 м, что является рекордным показателем для ртутных месторождений Средней Азии. Месторождение было открыто в 1926 г. А.Ф. Соседко (по топонимическому признаку – названию близлежащего перевала Сымап, или "Сим-об" – "живое серебро", по-таджикски). Во время Великой Отечественной войны и в первые послевоенные годы месторождение разрабатывалось. Роль главной рудоконтролирующей структуры на месторождении играет широтный взбросо-надвиг, по которому на девонские доломиты надвинуты сланцы силура (Е.А. Свешникова, В.Н. Рыбникова и др., 1955 г.). От этого основного нарушения, со стороны его лежачего бока, в толщу карбонатных пород отходят серии косых взбросо-сдвигов, постепенно, на расстоянии 2–3 тыс. м, затухающих. Вдоль одного из таких взбросо-сдвигов – Сымапского – локализуются рудные тела описываемого месторождения. Их морфология полностью определяется формой и элементами залегания Сымапского взбросо-сдвига (рис. 39): в верхней части месторождения, где поверхность указанного нарушения падает почти вертикально, оруденение представлено минерализованными зонами дробления, развитыми с обеих сторон нарушения; глубже, где рудолокализирующая поверхность взбросо-сдвига выполаживается до 50–60°, оруденение сконцентрировано в лежачем боку под экраном из пакетов притертой тектонической глинки; на самых нижних горизонтах месторождения, где поверхность нарушения еще более выполаживается – почти до горизонтального залегания, большая часть киновари сосредоточена в висячем его боку.

Вертикальный размах рудоотложения на месторождении Сымап 600–700 м. Однако если взять всю Сымап-Адыракоускую рудную кулису, то здесь только по разности абсолютных отметок рудопоявления, выяв-



Рис. 40. Разрез типичной ртутьсодержащей золоторудной зоны месторождения Карлин, по А.С. Редтейк и др., 1980 г.

1 – сланцы, кварциты и песчаники ордовика; 2 – темно-серые толстослоистые известняки девона; 3 – известковистые, песчанистые доломиты, известняки силур-девона; 4 – сбросы; 5 – послойно тонкоокварцованные известняки с мелкодисперсными золотом, пиритом и киноварью; 6 – жилы барита; 7 – зона гипергенного изменения; 8 – зона выщелачивания

ленного у вершины горы Алтын-Бешик (свыше 4 тыс. м), и месторождения Адыракоу, расположенного вблизи русла р. Сох (чуть более 1 тыс. м), получим вертикальный размах почти непрерывного оруденения (в виде кулисообразно сменяющих друг друга по склону минерализованных зон) 2,5–3,5 тыс. м, а с учетом эродированной верхней части и еще сохранившихся на глубине скрытых залежей 4–5 тыс. м. Это – максимальная из всех известных для ртутнорудных районов цифра. Подчеркнем, что почти на всем изученном интервале характер ртутной минерализации не меняется и лишь на верхних горизонтах месторождения Сымап устанавливаются признаки вертикальной зональности, выразившейся в появлении здесь реальгар-аурипигментовой минерализации.

К доломитовому подтипу ртутьсодержащих месторождений относится совершенно необычное месторождение Карлин в США [42], представленное системой минерализованных зон секущего и чаще согласного типа в относительно слабо измененных доломитах силур-девона (рис. 40). Оруденение молодое – альпийское. Необычность этого месторождения заключается в особенностях минералогического состава руд и характере вмещающих их метасоматитов.

Руды представлены мельчайшей (до дисперсной) вкрапленностью самородного золота, ассоциирующего со столь же мелкокристаллической киноварью. Отмечены также пирит (иногда до 10%) – основной концентрат золота и ртути – и сульфиды сложного состава. В рудах диагностированы редкие минералы ртути, сурьмы, мышьяка (содержание последнего до 10%) и золота. Рудовмещающие породы – осветленные, перекристаллизованные и местами окварцованные доломиты, по внешним признакам часто почти неотличимые от безрудных известняков и доломитов.

Интенсивные поиски, проводившиеся в районе месторождения Карлин в течение последних 10–15 лет с широким применением геохимических методов (особенно эффективно использовалась ртутметрия), позволили выявить еще несколько десятков месторождений и рудопроявлений подобного типа, чаще всего связанных с небольшими купольными структурами. Размеры отдельных рудных залежей: длина по простиранию 200–1000 м, мощность до 30 м. Общие ресурсы района на золото "карлинского" типа оцениваются достаточно высоко (первые сотни тонн), хотя среднее содержание металла в рудах не очень богатое, редко превышает 5–8 г/т. Спутники золота: мышьяк (0,04 % – среднее), сурьма (0,01 %), таллий (до 0,05 %), ртуть (от тысячных до первых десятых долей процента). Ртуть на месторождениях карлинского типа рассматривается в первую очередь в качестве индикатора при поисковых работах, однако на отдельных участках она имеет и самостоятельное значение. Опыт изучения, разведки и успешной отработки месторождений карлинского типа позволяет ставить вопрос о широкой ревизии на золото в других рудных провинциях ртутоносных зон в окварцованных и осветленных доломитах.

Ртутные месторождения известнякового подтипа отличаются от вышеописанных менее выдержанным характером распределения оруденения. Это объясняется способностью известняков к "самозалечиванию" кальцитом возникающих в них трещин и других пустот. В слоистых разностях известняков, особенно в глинистых и запесоченных, образуются иногда структуры типа внутриформационного расслоения, но гораздо меньшие по размерам, чем в доломитах. В массивных известняках предпочтительным распространением пользуются гнездообразные рудные тела; типичные жилы для них не характерны.

Все перечисленные структурно-морфологические типы рудных тел можно наблюдать в пределах Бирксуйского рудного поля в Южной Фергане (рис. 41). Это протяженное (более 15 км) рудное поле связано с мощной толщей карбонатных пород среднего – верхнего палеозоя, слагающей Андыгенскую антиклиналь, запрокинутую к северу и надвинутую на терригенные отложения среднего карбона и силур-девона. С юга на нее, в свою очередь, надвинуты сланцы нижнего – среднего палеозоя. Ядерная часть антиклинали представлена массивными известняками висте, крылья – слоистыми известняками намюра – среднего карбона. На границе этих двух литологически различных толщ карбонатных пород выделяются крупные массивы рифовых известняков.

В процессе складкообразования, сопровождавшегося развитием систем дизъюнктивных нарушений – от довольно крупных сбросов до зон мелкой трещиноватости – тектонически наиболее ослабленными оказались области контакта выступов массивных рифовых известняков и примыкающих к ним с боков, а также перекрывающих их с угловым несогласием слоистых и плитчатых, с конкрециями кремней, известняков. Именно здесь чаще всего формировались зоны мелкой трещиноватости, переходящие в тела крупнообломочных конглобрекций (так называемые

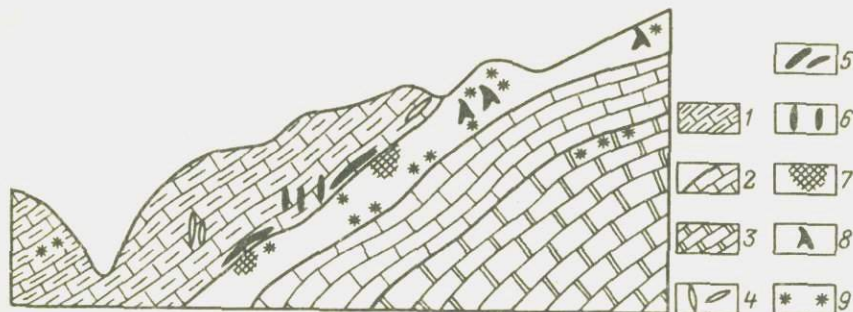


Рис. 41. Проекция ртутных рудопроявлений Бирксейской группы на продольный профиль хр. Андыгентау.

1 – слоистые кремнистые известняки намюра; 2 – массивные рифовые и слоистые известняки визе; 3 – доломиты девона; 4 – согласные и секущие тела флюорита; 5–9 – ртутные рудопроявления различных структурно-морфологических типов: 5 – согласные залежи, 6 – секущие жилы, 7 – штокверки, 8 – Г- и Т-образные тела, 9 – гнезда

”пятнистые известняки”), наиболее благоприятные для локализации ртутного оруденения (рис. 42).

Рудовмещающие известняки подверглись массовому ”пропариванию” низкотемпературными гидротермами, чем обусловлено их интенсивное

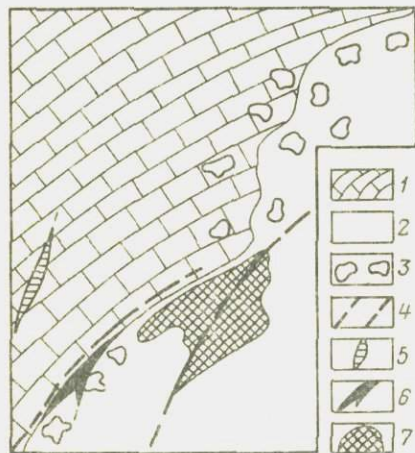


Рис. 42. Схематизированный разрез месторождения Бирксеу.

1 – плитчатые известняки намюра; 2 – массивные рифовые известняки; 3 – приконтактные ”пятнистые” разновидности известняков; 4 – обросли и свдвиги; 5–7 – рудные тела: 5 – жильные, 6 – согласные, 7 – штокверковые

осветление, сопровождавшееся отгонкой органики и частичной доломитизацией (магнезиальная составляющая поступала при этом из подстилающих доломитов девона). Киноварь крупнокристаллическая, малиново-красная, на свету обычно быстро чернеющая; распространены и более светлые, скрытокристаллические ее разновидности. Нерудные – кальцит, изредка кварц; отмечаются самостоятельные выделения флюорита в виде жил и согласных залежей.

Рудные тела преимущественно гнездового типа, они приурочены обычно к местам пересечения нескольких малоамплитудных нарушений с притертыми плоскостями. Иногда встречаются маломощные жилы, связанные с крутопадающими трещинами разрыва. В слоистых известняках выделяются небольшие согласные залежи, контролирующиеся струк-

турами внутриформационного расслоения. Наиболее богатые рудные тела наблюдаются на контакте массивных и слоистых (тонкоплитчатых) известняков в случае осложнения зоны контакта межформационными срыва́ми типа пологих (до 30–60°) взбросо-надвигов. Непосредственно вдоль плоскостей таких нарушений, под экраном маломощной (первые дециметры) тектонической глинки, локализуются наиболее протяженные (сотни метров) согласно-секущие залежи – жилы, образующие в местах их изгиба и осложнения оперяющими ответвлениями богатые раздувы, сложенные очень плотной, так называемой “печеночной” киноварью бурокрасного цвета. Наиболее крупные тела, но представленные рядовыми рудами, имеют форму штокверков. Связаны они обычно с выходами рифовых известняков.

Все ртутные проявления Бирксуйского рудного поля еще в средние века, а возможно, и ранее были тщательно опробованы и частично (с поверхности) отработаны древними рудокопами. Всего в пределах хр. Андыгентау известно более 250 древних выработок – от мелких закопущек для получения пробы массой в несколько килограммов до крупных камер объемом во многие тысячи кубических метров. Судя по качеству руд, оставшихся в забоях этих выработок, древними рудокопами велась добыча ртути (выплавлялась здесь же в глиняных ретортах) и киновари (для получения краски) в достаточно крупных масштабах, соизмеримых с объемами добычи в других древних центрах ртутного промысла (Пиренеи, Юго-Восточная Азия и др.).

Вновь ртутные месторождения Бирксуйской группы были открыты при помощи местных жителей в начале XX в. (Б.И. Краузе и др.). Позже они были описаны В.Н. Вебером (1920 г.), а затем в годы Великой Отечественной войны разведывались В.Э. Поярковым, Г.К. Глотовым, Е.Л. Абрамович, А.С. Чальяном, А.Б. Натальиным, Р.А. Мусиным, К.Т. Мустафиным, Г.А. Тереховой, И.В. Прасоловой, Т.А. Борисовой и др. Тогда же была осуществлена обработка отдельных участков рудного поля.

К известняковому подтипу карбонатного типа относится, по-видимому, и месторождение Хуанкавелика в Перу [47], интенсивно эксплуатировавшееся в 1566–1908 гг. За этот период на нем было добыто не менее 52 тыс. т металла. Месторождение отработано до глубины 450 м, где содержание в рудах снизилось до 0,2–0,1 %, тогда как на верхних горизонтах в XVI–XVIII вв. добывались очень богатые (до первых десятков процентов) руды. Оруденение локализуется преимущественно в известняках мела, переслаивающихся с песчаниками и сланцами, содержащими силлообразные тела изверженных пород. Минерализована мощная зона дробления на крыле антиклинали, погружающемся под углом около 60° (рис. 43). Часть рудных тел расположена в карбонатизированных песчаниках и известковистых конгломератах. Киноварь в них ассоциирует с пиритом, арсенопиритом, реальгаром, а из нерудных – с кальцитом, кварцем, баритом, битумами. Месторождение Хуанкавелика, равно как и другие многочисленные подобные ему рудопроявления района, в литературе освещено слабо, поэтому к типу карбонатных оно отнесено условно



Рис. 43. Схематизированный разрез месторождения Хуанкавелика, по К.Н. Шуэту, 1931 г.

1 - известняки; 2 - сланцы; 3 - песчаники; 4 - изверженные породы; 5 - основной рудоуправляющий разлом; 6 - рудные тела

Обобщая приведенные данные, можно прийти к выводу, что наибольший промышленный интерес среди месторождений карбонатного типа несомненно должны представлять согласные залежи в слоистых доломитах, контролирующиеся структурами внутриформационного расслоения. Месторождения всех остальных структурно-морфогенетических типов играют пока подчиненную роль. Тем не менее широкое распространение ртутных рудопроявлений в известняках, простота технологии переработки их руд и некоторые другие факторы не позволяют считать бесперспективным этот тип месторождений, пока еще изученных недостаточно полно: при благоприятном сочетании ряда факторов рудолокализации они могут достигать заметных масштабов.

Ртутные месторождения лиственитового типа

Месторождения этого типа первоначально были выявлены только на западе Северной Америки, где в течение целого столетия разрабатывались такие крупные месторождения, как Нью-Альмаден, Нью-Идрия и др. Позже месторождения данного типа были открыты и во многих районах СССР - в Горном Алтае, Средней Азии, на Кавказе, Чукотке и др. По общим потенциальным возможностям ртутные месторождения, связанные с зонами лиственитизации, можно, пожалуй, поставить на третье место - после кварц-диккитового телетермального и карбонатно-полиаргиллитового вулканогенного типов.

Обобщенная структурно-морфогенетическая модель ртутных месторождений лиственитового типа сейчас рисуется довольно уверенно (рис. 44). Это крупнопадающие зоны карбонатизации и окварцевания, сформировавшиеся в результате биметасоматических (по Д.С. Коржинскому и В.А. Жарикову) реакций вдоль контакта серпентинизированных гипербазитов и вмещающих их терригенно-эффузивных пород под воздействием глубинных гидротерм, обогащенных углекислотой. Достаточно ясной представляется и общая тектоно-металлогенетическая позиция лиственитовых зон - во всех практически случаях они приурочены к глубинным краевым разломам, непосредственно сообщавшимся, по-видимому, с подкоровыми очагами ультраосновной магмы. Такие разломы можно сопоставлять с древними расколами земной коры в платформенных областях (Южная Африка), они могут соответствовать зонам перехода

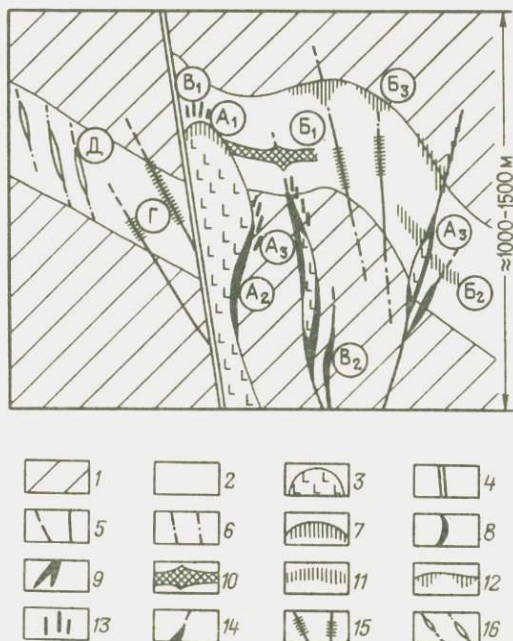


Рис. 44. Обобщенный разрез, характеризующий геолого-структурные особенности локализации телетермальных ртутных месторождений листовинитового типа (на примере месторождений Чонкой, Нью-Альмаден и др.).

1-3 - рудомещающие породы: 1 - сланцы, 2 - литологически благоприятные горизонты (песчаники, эффузивы, туфы и др.), 3 - штоки и протрузионные тела серпентинизированных гипербазитов; 4-6 - основные типы рудоносных разломов: 4 - главный рудоконтролирующий краевой разлом глубинного заложения, 5 - опережающие его крупные рудоподводящие сбросы, 6 - обособленные малоамплитудные рудолокализирующие трещины; 7-16 - ведущие структурно-морфологические типы рудных тел: 7-9 - богатые контактовые залежи в апосерпентинитовых листовнитах (7 - в апикальных частях гипербазитовых штоков - A_1 , 8 - на перифериях контактовой поверхности крупных штоков - A_2 , 9 - в местах замыкания клинообразных серпентинитовых отторженцев - A_3), 10-12 - согласные залежи (10 - во внутриформационных листовнитах - B_1 , 11 - в зонах слаболиственитизированных пород - B_2 , 12 - в зоне висячего бока литологически благоприятного горизонта - B_3), 13 - жилы богатых руд вблизи основных листовинитовых залежей (B_1), 14 - изолированные жилы богатых руд в сланцах (B_2), 15 - зоны рассеянной минерализации вдоль малоамплитудных трещин (Γ), 16 - карбонатные жилы с киноварью (Δ)

от поднятий к прогибам в геосинклинальных структурах разного возраста - от каледонских (Казахстан) и поздневарисских (Тянь-Шань) до киммерийско-альпийских (Кавказ, Чукотка). Широко развиты подобные нарушения в молодых вулканогенных зонах (Северная Америка, Северо-Восток СССР и др.). В ряде случаев разломы описываемого типа являются основной составляющей офиолитовых зон и поясов (Кавказ, Средняя Азия).

Источник углекислой составляющей лиственитов — рудоносные гидротермы, обильно насыщенные CO_2 (вмещающие породы в районах развития лиственитовых зон почти не содержат известняков и доломитов); остальные компоненты этих минеральных новообразований заимствуются за счет выщелачивания кальция, магния, железа и иногда марганца из серпентинитов и сланцев. О масштабах поступления CO_2 свидетельствует опыт разведки месторождения Нью-Альмаден, где на глубоких горизонтах был вскрыт мощный поток углекислого газа, послужившего сырьем для завода по производству сухого льда [33].

Кварц-карбонатные породы, образующиеся в результате метасоматических реакций, не имеют постоянного состава: соотношение кварцевой и поликарбонатной составляющих изменяется в них в очень широких пределах — от 1:1 до 100:1 на очень ограниченных участках интенсивного окварцевания или до 1:100 в зонах преимущественного развития карбонатов. Это затрудняет распознавание месторождений лиственитового типа, особенно в случаях, когда удается наблюдать лишь отдельные фрагменты лиственитового "дерева" (см. рис. 44): ответвления вдоль разломов, изолированные жилы карбонатов, зоны осветления вне связи с серпентинитами и пр. Не случайно поэтому, что до сих пор нет единого мнения о генезисе некоторых месторождений лиственитового типа и сами листвениты могут называться по-разному: кварц-карбонатными породами, березитами, кальцититами и т.д.

Помимо главных составляющих лиственитов — кварца и карбонатов преимущественно магнезиевого ряда (доломит, анкерит, магнезит), для них характерен еще ряд "малых" жильных минералов, приобретающих иногда ведущее значение. В.А. Кузнецов (1976 г.) предложил использовать их для обозначения подтипов кварц-карбонатных метасоматитов, вводя название соответствующего минерала в определение метасоматитовых новообразований. К таким "малым" составляющим, часто дающим ключ к пониманию генезиса метасоматитов и состава исходной породы, относятся тальк, серпентин (в апосерпентинитовых лиственитах), хлорит, каолинит, дикиит (в апосланцевых лиственитах) и др. В апогипербазитовых лиственитах часто устанавливаются заметные количества хромита в виде разобщенных, частично регенерированных (в процессе гидротермального изменения пород) округлых кристаллов. Это остаточные образования. С другой стороны, в таких лиственитах известны и рудные новообразования — постоянно встречаются игольчатые выделения миллерита (никель заимствуется из основных и ультраосновных пород, подвергшихся серпентинизации).

Киноварь, выделяясь одной из последних, накладывается на листвениты, образуя в них тонкую рассеянную вкрапленность и прожилки: местами она как бы пропитывает кварц-карбонатный материал. Для лиственитов особенно характерны скопления массивной, скрытокристаллической киновари, служащей цементом кварц-карбонатной и серпентинит-сланцево-карбонатной брекчий и метасоматически замещающей боковые породы. Киноварь в большинстве случаев единственный рудный

минерал ртутных месторождений лиственитового типа. Даже в ореолах первичного рассеяния элементов-индикаторов доминирует обычно ртуть; остальные ее спутники (мышьяк, сурьма и др.) играют резко подчиненную роль. В последние годы были выявлены, однако, месторождения (Тамватней из Чукотке и др.), в которых, наряду с кинноварью, отмечаются заметные количества минералов мышьяка и вольфрама. Для ряда зон лиственитизации характерно также золото.

Взаимоотношение лиственитов и ртутного оруденения – вопрос дискуссионный. По мнению В.А. Кузнецова и др. (1968 г.), разрыв во времени между формированием зон лиственитизации и последующим продуктивным этапом рудного процесса был весьма значительным, поэтому листвениты следует рассматривать в первую очередь с точки зрения их физико-механических свойств как породу, легко поддающуюся хрупким деформациям и, следовательно, благоприятную для локализации оруденения. Временной разрыв, как и в случае описывавшихся кварцитов, джаспероидов и других рудовмещающих метасоматитов, конечно, есть, однако, по представлениям Н.И. Бородаевского (1960 г.), он не столь уж значителен: и листвениты, и оруденение – продукты единого процесса низкотемпературного рудогенеза.

В структурном отношении месторождения лиственитового типа представляют собой протяженные на глубину (до 1500 м) сложно ветвящиеся рудные столбы с апофизами вдоль зон дробления и пластов литологически благоприятных пород.

Классические представители рассматриваемого типа – месторождения Нью-Альмаден и Нью-Идрия, локализующиеся в мощной толще флишоидных глинистых сланцев францисканской серии (мезозой). Особенно детально в литературе описано месторождение Нью-Альмаден: опубликована исчерпывающая монография Е.Х. Бейли и Д.Л. Эверхарта [33]: экономические аспекты отработки отражены в работе С.М. Гаргилла, Д.Х. Рута и Е.Х. Бейли [34]. По данным этих исследователей, на месторождениях Нью-Альмаден с 1847 г. и Нью-Идрия с 1854 г. было добыто соответственно 38 и 20 тыс. т ртути (производство ртути на всех остальных месторождениях США – а в разное время здесь разрабатывалось более 250 объектов – составило 64 тыс. т). Среднее и кумулятивное (приводится в скобках) содержания металла в добываемой руде, как и на большинстве ртутных месторождений мира, по мере углубления эксплуатационных шахт закономерно снижались; на Нью-Альмадене они составили (в %) в 1865 г. 6,15 (16,64), 1895 г. 1,08 (4,6), 1915 г. 0,53 (2,84), 1930 г. 0,2 (2,7), 1955 г. 0,06 (2,39) и в 1975 г. 0,06 (2,21). Рудник на месторождении Нью-Альмаден – наиболее глубокий среди ртутнорудных предприятий мира: нижний горизонт расположен в 850 м от поверхности.

Структура месторождения Нью-Альмаден иллюстрируется блок-диаграммой (рис. 45), на которой отчетливо отражена рудолокализирующая роль массива серпентинизированных гипербазитов: наиболее богатые руды образуют мантиообразную залежь, как бы облекающую сводовую часть куполообразного выступа серпентинитов; от этой основной залежи отходят вниз, вдоль изгибов контактовой поверхности массива, столбообраз-

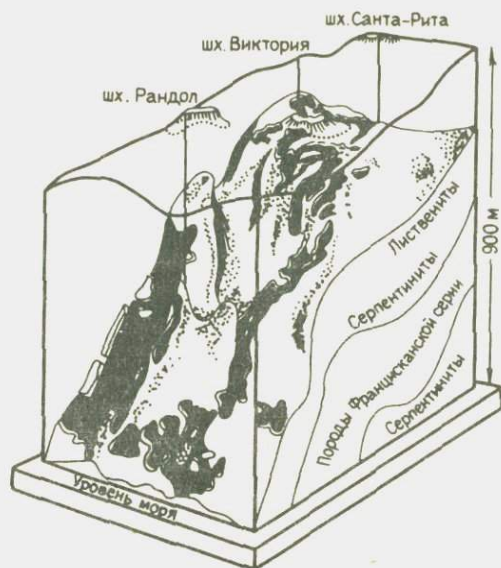


Рис. 45. Блок-диаграмма месторождения Нью-Альмаден, по Е.Х. Бейли и Д.Л. Эверхарту, 1964 г.

Точками показаны зоны лиственитизации, черным – рудные столбы

ные тела, образующие раздувы в местах осложнения рудолокализующей поверхности системами разрывных нарушений разного порядка. Важное значение имеют приконтактные срывы, вдоль которых происходили многократные подвижки, обусловившие формирование тектонических глинок (местное название – альта), служивших локальным экраном для рудогенерирующих растворов: под пакетами альта выявлены наиболее богатые рудные тела линзообразной формы, сложенные почти чистой массивной, "печеночной" киноварью.

В районе месторождений Нью-Альмаден и Нью-Идрия оконтурены протяженные (до нескольких десятков километров при ширине до 5 км) рудные поля, овальная форма которых в плане наводит на мысль о кальдерообразных вулканоструктурах. К их бортам приурочены многочисленные выходы серпентинитов с сопровождающими их ртутьсодержащими зонами лиственитизации. Всего в районе известно около 100 ртутных рудопроявлений лиственитового типа. Возраст оруденения, по-видимому, альпийский, о чем свидетельствует наличие в районе описываемых месторождений поствулканических термальных источников, в том числе с ртутьсодержащими водами.

Весьма примечательно широкое распространение в ртутных рудах района жидких и твердых битумов. На месторождении Нью-Альмаден описываются оригинальные так называемые "пенистые" руды, представленные застывшими капельками нефтебитумов, покрытых оболочкой из халцедоновидного материала с киноварью. На месторождении Кимрик ртуть содержится непосредственно в нефти.

На территории СССР ртутные месторождения листовенитового типа были выявлены еще в 30-х годах в Горном Алтае. Наиболее детально особенности их геологии и генезиса освещены в работах В.А. Кузнецова. Отдельные месторождения Горного Алтая охарактеризованы в публикациях А.С. Мухина, А.А. Саукова, Л.Д. Староверова, В.Е. Бурлакина, И.И. Щеглова, Н.И. Бородаевского, А.А. Оболенского, В.И. Васильева, И.П. Щербаня и др.

Первым в Горном Алтае было открыто месторождение Акташ, располагающееся в пределах Курайской зоны разломов, вдоль которой длинной цепочкой протягиваются серпентинизированные гипербазитовые тела. Вмещающие породы – карбонатно-терригенно-эффузивные толщи кембрия. Оруденение локализуется в лежащем боку Акташского надвига, прослеживающегося на несколько десятков километров и входящего в систему основной зоны разломов. Поверхность надвига маркируется линзами разлистванного серпентинита, выше которых залегают надвинутые под углом 20–40° породы терригенно-эффузивного комплекса, а ниже – рудовмещающие известняки, доломиты и песчаники, собранные в антиклинальную складку.

Наиболее крупные рудные тела связаны с флексурными перегибами рудолокализирующей надвиговой поверхности, осложненными системами крутопадающих, косо ориентированных сбросо-сдвигов. На верхних горизонтах рудные тела имеют форму линз, а с глубиной приобретают столбообразный облик.

Рудовмещающие метасоматиты, детально описанные И.П. Щербанем (1968 г.), обосновавшим физико-химические основы их формирования, на месторождении Акташ выглядят весьма необычно: это пакеты своеобразных крупнокристаллических кальцититов, расположенные иногда совершенно изолированно и не связанные с основной толщей карбонатных пород. Последнее обстоятельство затрудняет решение вопросов их генезиса. Одни исследователи считают, что это тектонические блоки интенсивно переработанных известняков, по мнению других, тела кальцититов следует рассматривать в качестве своеобразных жильных образований – конечных членов ряда листовенитоподобных метасоматитов. Скорее всего, здесь можно проводить аналогию с киноварьсодержащими кальцититовыми жилами на других месторождениях листовенитового типа (Птоу, Шунк в Южной Фергане и др.).

Киноварь на месторождении Акташ относится к трем генерациям: кристаллической мелкозернистой – массивной, крупнокристаллической – гнездообразной и метаколлоидной, образующей тонкие дендритовидные вроски на плоскостях спайности крупных кристаллов кальцита. В.И. Васильевым и др. установлено, что с киноварью ассоциирует большая группа редких минералов ртути (шватцит, метациннабарит, в том числе цинксодержащий – гвадалкацарит, сауковит, акташит – блеклая руда, содержащая до 33 % ртути), а также антимонит, энаргит, люцитонит, халькостибит, реальгар, аурипигмент и др.

Месторождение Чаган-Узун, расположенное вблизи месторождения Акташ и изучающееся непрерывно в течение четырех десятилетий, относится к типично листовенитовым образованиям, но в структурно-морфо-

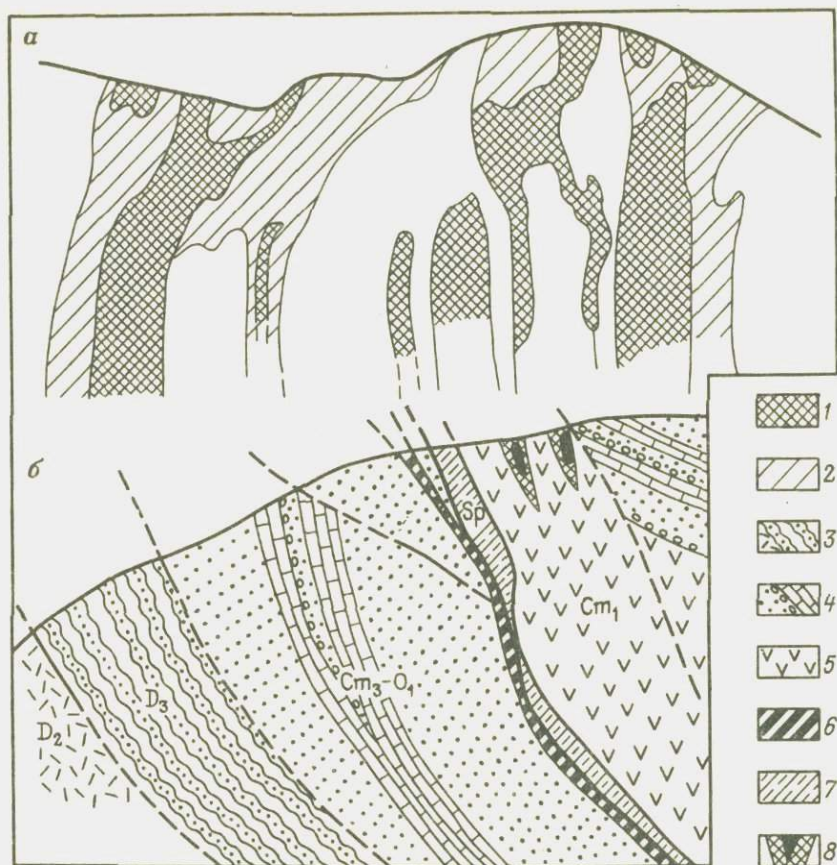


Рис. 46. Месторождение Чаган-Узун.

a – проекция рудных столбов на вертикальную продольную плоскость; *б* – разрез центральной части основной рудной зоны, по В.А. Кузнецову, А.А. Оболенскому и др., 1978 г.

1 – концентрированное оруденение; 2 – слабо оруденелые участки; 3 – аргиллиты и глинистые сланцы девона; 4 – граувакки, песчаники и известняки курайской свиты кембрия и ордовика; 5 – зеленокаменные эффузивы и сланцы нижнего кембрия; 6 – окварцованные известняки нижнего кембрия; 7 – серпентиниты; 8 – рудные тела (минерализованные листвениты и известняки)

логическом отношении оно необычно – листвениты представлены линейно вытянутым жилеобразным телом. Последнее приурочено к лежащему боку Чаган-Узунского глыбового надвига, сопрягающегося с Курайской зоной разломов. Позиция оруденения аналогична таковой на месторождении Акташ: рудные тела локализуются под экраном пластин и пакетов тектонически разлистованных серпентинитов, размещающихся на контакте известняков и песчаников кембро-ордовика и надвинутых на них терригенно-эффузивных толщ нижнего кембрия. Однако, в отличие от предыду-

шего случая, рудные тела имеют здесь форму крутопадающих межформационных контактовых жил, прослеживающихся вдоль зоны лиственитизации на многие сотни и тысячи метров при небольшой, но очень выдержанной мощности. Значительна протяженность оруденения и на глубину — сотни метров. Руды по качеству средние, но вдоль изгибов рудолокализирующей поверхности по простиранию устанавливаются небольшие раздувы столбообразной формы (рис. 46).

Месторождение Чонкой в Южной Фергане в морфоструктурном отношении близко в Нью-Альмадену и Нью-Идрии, хотя в его районе известны и проявления, напоминающие вышеописанные месторождения Горного Алтая. Оруденение здесь, как и в Нью-Альмадене, представлено крутопадающими рудными столбами, приуроченными к лиственитам, образовавшимся в зоне экзоконтакта небольшого серпентинитового штока.

Примечательна история изучения, разведки и промышленного освоения месторождения Чонкой. Впервые наличие ртутного оруденения в придолинной части Южной Ферганы, где развиты только терригенные отложения силур-девона и верхнего карбона, было установлено в 1942 г. Г.С. Поршняковым и Н.М. Синецким. Ими было открыто небольшое, но с концентрированными выделениями киновари ртутное проявление Улугтау, связанное с пачкой углисто-глинистых и кремнистых сланцев силур-девона. Позже здесь же было обнаружено обширное поле обохренных кварц-карбонатных пород (проявления Актерек и др.), содержащих разобщенные гнезда и редкую вкрапленность киновари.

Разведка двух названных, а также других рудопроявлений района (Сарыбулак, Бешбулак и др.), проводившаяся в течение ряда лет, ощутимых результатов не дала, и только обнаружение в 1952 г. В.П. Турчинским по следам древних рудокопов небольшого (десятки квадратных метров) выхода оруденелых, существенно кварцевых лиственитов позволило переориентировать геологоразведочные работы на поиски лиственитовых месторождений столбообразного типа. Для разведки они оказались очень сложными, так как потребовали изменения привычных для Южной Ферганы с ее пластовыми пологими залежами джаспероидов методов разведки. Пришлось осваивать новую технологию сверхточного наклонного направленного бурения, чтобы уверенно подсекать на большой глубине прихотливо изгибающиеся рудные столбы очень малого поперечного сечения.

Месторождение, как показали исследования В.П. Турчинского, Б.П. Ускова, М.Г. Жарикова, Ю.Н. Андреева и др., одно из самых протяженных на глубину: в одном из сечений установлено непрерывное распространение ртутной минерализации более чем на 1200 м. В месторождениях кварц-диккитового, джаспероидного и карбонатного типов, также относящихся к классу телетермальных, общий вертикальный размах рудоотложения больше — до 4–5 тыс. м, однако непрерывно по вертикали оруденение редко прослеживается на глубину более 400 м. Поэтому глубинность распространения ртутного оруденения следует признать одной из специфических особенностей месторождений лиственитового типа.

Собственно месторождение Чонкой относится к наиболее характерным представителям лиственитового типа, будучи сложенным несколькими столбообразными рудными телами, приуроченными к зоне контактовых лиственитов, однако в его районе известны и рудные проявления других минеральных типов: сложные зоны карбонатизации в эффузивах (Актерек), тела джаспероидных пород в отдельных горизонтах и линзах известняков (по И.И. Бочкареву); пластообразные залежи в связи с горизонтами кремнистых сланцев (Улугтау), такие же залежи, но с сопутствующим вольфрамовым оруденением в углисто-глинистых сланцах (Южная зона), зоны диккитизации в сланцах (Араван), блоки осветленных пород в известняках (Араван, Улугтау), карбонатные жилы в конгломератах (Актерек) и др. Взятые изолированно, вне связи с общей структурой рудного поля, такие рудопроявления и месторождения могут быть ошибочно отнесены к другому генетическому типу (с соответствующими заключениями о степени их перспективности), и только совокупный анализ геолого-структурной обстановки и минералого-геохимических особенностей рудовмещающих метасоматитов позволяет уверенно идентифицировать их в качестве собственно лиственитовых или лиственитоподобных образований.

Чонкой и все остальные месторождения и рудопроявления лиственитового типа, выявленные в Южной Фергане, тяготеют к зоне глубинного Северо-Катранского разлома, имеющего протяженность свыше 1200 км, локализуясь вдоль отдельных его составляющих; существенную роль в размещении оруденения играют, по-видимому, и палеовулканические структуры кальдерного типа. В последнем случае ртуть может быть генетически связана с редкометалльным, вольфрамовым и другим оруденением в туфогенных породах.

Месторождения Чарской зоны в Восточном Казахстане, описанные Ю.Б. Генкиным (1955 г.), также контролируются зонами протяженных глубинных разломов, маркирующихся выходами серпентинизированных гипербазитов. К ним приурочены тела лиственитоподобных пород, несущих ртутное оруденение.

В Закавказье ртутные месторождения лиственитового типа размещены в пределах протяженных офиолитовых зон (Севано-Акеринский пояс, по В.М. Баба-Заде и др., 1974 г.), сложенных кремнистыми сланцами специфического ("глубинно-океанического") облика и насыщенными многочисленными телами в различной степени серпентинизированных гипербазитов. Последние в ряде случаев подверглись интенсивному воздействию гидротермальных растворов, в результате чего вдоль разломов, осложняющих экзоконтактные зоны гипербазитовых тел, местами сформировались мощные (до многих десятков метров) и часто весьма протяженные (тысячи метров) тела лиственитовых и лиственитоподобных пород различной формы: от плитообразных контактовых залежей до сложно ветвящихся столбов и изолированных линз. С ними, по С.М. Сулейманову и В.М. Баба-Заде [24], связаны проявления эндогенной минерализации трех типов: 1) генетически ассоциирующей с гипербазитами (хромиты, никель, асбест и др.), 2) наложенной высокотемпературной

(редкие и благородные металлы),
3) наиболее поздней низкотемпературной (ртуть, иногда с мышьяком и сурьмой). Типичные представители месторождений последней группы – Шорбулах, Агятаг, Аг-каинское, Левское и др.

Наиболее простое строение среди перечисленных выше имеет, пожалуй, месторождение Шорбулах, детально изучавшееся А.Ф. Керимовым, Т.Н. Насибовым, В.М. Баба-Заде, А.И. Хасаевым и др. Оно представляет собой приконтактовую пластообразную залежь очень плотных лиственитов, содержащих ртутную минерализацию. Однако распределение ее подчиняется уже другим, более сложным закономерностям: киноварь образует гнездо- и линзообразные тела в зонах дробления и брекчирования лиственитов. Эти зоны связаны с сопряжениями и пересечениями систем малоамплитудных сбросов разной ориентировки. Несоответствием структурных планов деформаций при образовании рудомещающей залежи лиственитов и последующей локализации оруденения объясняется некоторое пространственное несовпадение подсчетных контуров рудных тел с фактическими, выявленными в процессе эксплуатации; последние оказались гораздо более прихотливыми.

Месторождение Агятаг относится к наиболее сложным объектам лиственитового типа. По данным А.Ф. Керимова и др. (1968 г.), это обусловлено влиянием как литологического (сложность разреза), так и структурного (сочетание складчатых и разрывных дислокаций) факторов. Месторождение входит в состав крупного (10х2 км) линейно вытянутого рудного поля, сложенного терригено-эффузивными породами мела, прорываемыми телами гипербазитов, интенсивно серпентинизированных. Рудные тела сложной столбообразной формы приурочены к зоне в разной степени лиственитизированных пород, располагающихся на контакте красно-бурых аргиллитов и подстилающих их серпентинитов (рис. 47). Отличительная особенность описываемого месторождения – тяготение наиболее богатых руд к "обратному" тектоническому клину, выполненному брекчированными аргиллитами красного цвета, местами интенсивно обеленными.

Месторождение Тамватней, выявленное в пределах Чукотско-Корякс-

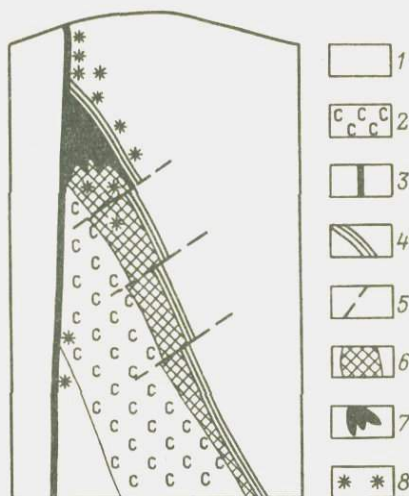


Рис. 47. Один из рудных "капканов" на месторождении Агятаг (схематический разрез), по А.Ф. Керимову, С.А. Бекташи, В.М. Баба-Заде и др., 1974 г.

1 – интенсивно гематитизированные аргиллиты; 2 – серпентиниты; 3 – рудоконтролирующий разлом; 4 – межформационный срыв; 5 – малоамплитудные трещины; 6 – листвениты; 7 – массивные ртутные руды; 8 – прожилково-вкрапленные руды

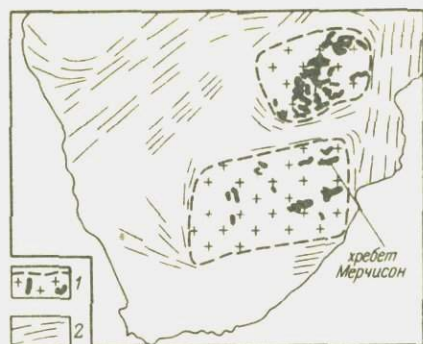


Рис. 48. Тектоническая позиция сурьмяно-рудной зоны хр. Мерчисон, по А. Анхаузеру и др., 1969 г.

1 – Родезийский (на севере) и Каапваальский (на юге) кратоны, сложенные древними гранитами и зеленокаменными (черное) породами; 2 – мобильные пояса, сложенные метаморфическими толщами

кой ртутнорудной области, по данным И.С. Розенблюма, П.В. Бабкина, В.М. Рогового, А.П. Пермякова и др., приурочено к крупному разлому надвигового типа. В его лежащем боку располагается Тамватнейский гипербазитовый массив, висячем – глинистые сланцы и песчаники мела. Породы в зоне надвига подверглись интенсивной милонитизации с последующей лиственитизацией. Структурно-морфологические типы рудных тел – обычные для лиственитовых месторождений: крутопадающие столбы, контактовые залежи, жилы, гнезда. Минеральный состав руд специфичен: как выяснилось в самые последние годы, широким распространением на ряде участков пользуются минералы вольфрама, в первую очередь такой редко

встречающийся, как тунгстенит – сульфид вольфрама; нередко также пеелит и развивающиеся по нему меймакит и тунгстит. На верхних горизонтах месторождения постоянные спутники киновари – реалгар и аурипигмент, местами арсенопирит. Среди нерудных минералов в значительном количестве присутствует антраксолит, отмечаются также жидкие и кристаллические битумы разного состава. Всего же на месторождении диагностировано свыше 60 минералов, что для объектов лиственитового типа является пока своеобразным рекордом.

Отдельно остановимся на описании ртутных проявлений Южной Африки – как в силу их специфической тектоно-металлогенической позиции, так и столь же необычной генетической принадлежности. Эти рудопроявления относятся к наиболее четко выраженным “внезональным” ртутнорудным образованиям. Расположены они в пределах двух самых древних ядерных структур Южно-Африканской платформы – Каапваальского (выделен на территории ЮАР, а также захватывает часть Ботсваны, Лесото, Мозамбика) и Родезийского (соответствует площади Зимбабве, Ботсваны, Замбии, Мозамбика) кратонов. Всего здесь в древних толщах зафиксировано несколько десятков проявлений ртутной минерализации, однако большая часть их представлена единичными прожилками киновари в ассоциации с золото-сурьмяным и медно-полиметаллическим оруденением и лишь в одном из районов Лесото, по данным Г.И. Смирнова (1980 г.), отмечена рассеянная вкрапленность киновари в более молодых терригенных образованиях.

Сравнительно детально описано в литературе только небольшое месторождение **Монарх**, эксплуатировавшееся в годы Второй мировой войны,

когда на нем было получено несколько десятков тонн ртути. Это месторождение расположено в хр. Мерчисон, на восточном фланге известной "Сурьмяной линии", вдоль которой концентрируются жильные месторождения сурьмы (Гравелотт и др.), по масштабам добычи занимавшие в 60–70-х годах первое место в мире среди капиталистических и развивающихся стран (до 20 тыс. т металла ежегодно). Хр. Мерчисон, возвышающийся в северо-восточной части Каапваальского кратона (рис. 48), соответствует в геотектоническом отношении поясу древних (2,5 млрд лет) зеленокаменных пород, прослеживаемому в восточно-северо-восточном направлении примерно на 150 км; ширина его около 15 км. С севера и юга этот пояс ограничен выходами еще более древних гранитов кокола.

Сурьмянорудная зона приурочена к центральной части пояса зеленокаменных пород, образовавшихся при региональном метаморфизме терригенно-эффузивных толщ. Ориентирована она в том же восточно-северо-восточном направлении и имеет субвертикальное падение. По простиранию зона прослежена на 15 км при мощности интенсивно перемятых и измененных пород от 400 до 600 м. В ее пределах на фоне рассеянной золоторудной минерализации, относящейся к золото-кварцевой формации, оконтурено три крупных сурьмянорудных узла – Гравелотт, Юнайтед-Джэкс и Монарх. На западном фланге зоны преобладают проявления золоторудной минерализации, а на восточном – сурьмяной; спорадически устанавливаются линзы гематит-пиритовых и медно-полиметаллических колчеданных руд.

Ртутная минерализация концентрируется в северо-восточной части зоны, образуя здесь обособленную подзону протяжением около 7 км. Западное ее окончание фиксируется месторождением Монарх (расположено в 400 м к северо-востоку от сурьмянорудного узла того же названия), восточное – рудопроявлением Малати-Стоур. Ртутное оруденение локализуется в Рифе – четко выделяющейся в рельефе узкой гривке кварц-карбонатных пород – крайней северо-восточной составляющей сурьмянорудной зоны; к югу от ртутносного рифа выделяется полоса развития измененных кварцевых порфиров, с севера к нему примыкает так называемый "Хлоритоидный риф", – зона уплотненных оталькованных и интенсивно хлоритизированных гнейсовидных сланцев.

Ртутное оруденение довольно бедное; среднее содержание металла в добытых рудах составило около 0,2–0,3 %, лишь в отдельных случаях до 1 %. Оно наблюдается в кварц-карбонатных породах в виде рассеянной вкрапленности и тонких прожилков киновари, иногда с самородной ртутью. Преобладают рудные тела гнездо- и линзовидной форм, местами отмечаются небольшие прожилки и жилы сплошной киновари.

По мнению некоторых исследователей, ртутное оруденение описываемой подзоны, а также Родезийского кратона – эксгальационно-осадочное (пространственно приурочено к андезитам). Другая точка зрения основывается на предположении об энгенетическом характере ртутной минерализации. Здесь, однако, возможны варианты: ассоциация с конкретными магматическими очагами – плутоногенными или вулканическими, глубинными внемагматическими источниками и др. Во всех случаях считает-

ся, что ртутное оруденение — наиболее позднее и генетически оторванное от предшествующих золото-сурьмяного и медно-полиметаллического. Этому заключению противоречат данные геохимического опробования рудоносных зон: наблюдается полное подобие кривых, отражающих изменение содержаний основных рудных (сурьма) и сопутствующих (мышьяк, золото, ртуть) элементов-индикаторов над сурьмянорудными зонами: они образуют резкие пики непосредственно над рудными телами и контролируемыми их разломами. Промышленные сурьмяные руды также характеризуются повышенными концентрациями ртути (до 400 частей/млн) и других геохимически родственных ей элементов: в первую очередь золота (3–4 г/т), мышьяка (до 1 %), вольфрама (до 80 частей/млн) и др. Это дает основания для вывода о наличии прямых генетических и геолого-структурных ассоциаций ртутного и сурьмяного оруденения Южной Африки. В связи со сказанным *небезынтересным* будет привести более детальную характеристику сурьмяной зоны хр. Мерчисон (по материалам XVI конгресса геологических наук в Южной Африке, 1975 г.).

Сурьмяная зона имеет в поперечном сечении сложное симметричное строение, включает пакеты тектонитов и линзы метасоматитов разного состава. Со стороны ее висячего бока в мощной толще хлоритовых сланцев с севера на юг выделяются подзоны (рис. 49) оталькованных сланцев (10 м), тальк-карбонатных пород (10 м), серых карбонатов, иногда называемых "ноздреватыми доломитами" (15 м), карбонатов того же состава, но окрашенных в зеленый цвет за счет обильных чешуек фуксита (5–15 м), существенно магнетитовых пород, местами интенсивно брекчированных и сцементированных антимонитом (10–20 м), таких же магнетитовых пород, но окварцованных и содержащих прожилки антимонита (3–5 м); тальк-карбонатных пород с крупными жилами массивного антимонита в лежащем боку (5–10 м), окварцованного доломита с повышенным содержанием минералов никеля и линзами антимонита (2–3 м), тальк-хлоритовых пород (5–20 м), окварцованного доломита (0–3 м), тальк-хлоритовой породы лежащего бока зоны.

Наибольшие дискуссии среди исследователей вызывает вопрос о генезисе кварц-карбонатных пород, среди которых выделяются различные типы метасоматитов — от почти мономинеральных плотных и ноздреватых (кавернозных) доломитов серого и серо-зеленого цвета до массивных магнетитов и талькитов, с одной стороны, и сливных кварцитов халцедоновидного облика — с другой; устанавливаются и все переходные разности (включая березиты) к вмещающим их хлоритовым сланцам, содержащим горизонты измененных метабазальтов и секущимся дайками диабазовых порфиритов. Результаты изотопного анализа углерода не способствуют решению этого вопроса: углерод рудовмещающих карбонатов может быть в равной степени и осадочным, и гидротермальным.

Существует мнение об исходно осадочном происхождении доломитов и кремнистых пород, причем для последних — в связи с древней подводной вулканической деятельностью, однако большим признанием пользуется гипотеза о метасоматической природе кварц-карбонатных по-

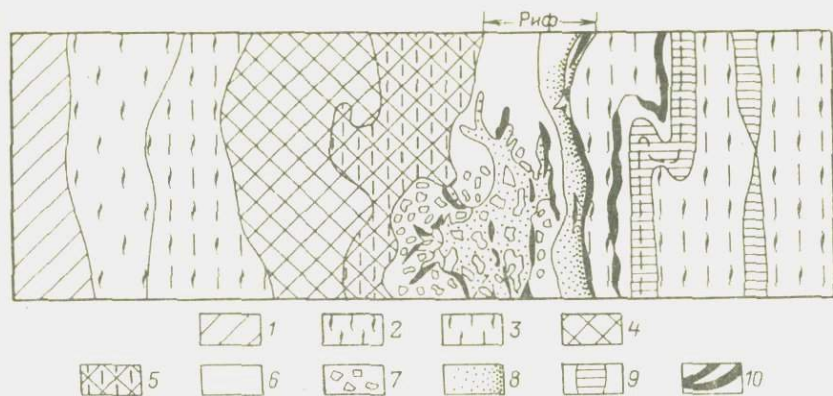


Рис. 49. Деталь внутреннего строения сурьмянорудной зоны хр. Мерчисон (участок Юнайтед Джек, горизонт 5), по М.И. Вилиюну, 1976 г., Т.Н. Пертону, Р. Маффу, 1978 г., и др.

1 – хлоритовые сланцы; 2 – тальковые сланцы; 3 – тальк-карбонатные породы; 4 – серые карбонаты; 5 – зеленые карбонаты; 6 – магнетитовые породы; 7 – магнетитовая брекчия; 8 – кварц-карбонатные породы; 9 – окварцованные доломиты; 10 – сурьмяное оруденение

род. Нам представляется, что здесь мы имеем дело с типичными листовитами, образовавшимися под воздействием высококонцентрированных углекислых растворов глубинного происхождения. Правда, непосредственно вдоль рудоконтролирующего разлома тела серпентинизированных гипербазитов, обычных для зон листовенитизации, пока не установлены, однако на других участках зеленокаменного пояса хр. Мерчисон известны их разрозненные выходы. Естественно поэтому ожидать, что и на глубоких горизонтах описываемой зоны они должны быть.

Гипербазиты служили, по-видимому, источником никеля и хрома, которые столь характерны для рудовмещающих кварц-карбонатных пород (листовенитов) рассматриваемой зоны: их содержание местами достигает 0,1–0,2%. Магнетиты и талькиты также являются крайними членами рядов метасоматитов, свойственных процессу листовенитизации; такого состава новообразования известны и на других ртутных месторождениях листовенитового типа.

Таким образом, ртутные месторождения группы Монарх – Малати-Стоур следует отнести к типично листовенитовым образованиям. В этом случае и все сурьмяные, золоторудные и золото-сурьмяные месторождения "Сурьмяной линии" хр. Мерчисон необходимо рассматривать в качестве листовенитовых, что для сурьмяного оруденения считалось ранее не характерным: в литературе нет пока описаний промышленных месторождений сурьмы листовенитового типа. Ртутное и сурьмяное оруденение зоны хр. Мерчисон связано, по-видимому, с очень глубокими и долгоживущими расколами консолидированных блоков земной коры, что предопределяет подкоровое расположение рудогенерирующих очагов и поступ-

ление глубинных рудоносных растворов к местам локализации в виде перегретых эманаций и растворов.

Подводя итоги описанию месторождений лиственитового типа, подчеркнем, что в условиях, когда геологическая изученность рудных провинций становится все более полной и, следовательно, снижается вероятность обнаружения приповерхностных месторождений, таких как вулканогенные опалитовые, карбонатно-аргиллитовые, а также месторождений в верхних структурных ярусах (джаспероидный и карбонатный типы), возрастает роль фактора глубинности. Одно из первых мест среди ртутных месторождений по этому показателю занимают несомненно месторождения лиственитового типа, крутопадающие рудные столбы которых прослеживаются в отдельных случаях на глубину 800–1200 м, а возможно и больше, как минимум до 1500 м. Отсюда — высокая степень надежности месторождений лиственитового типа как объектов детальной разведки. Однако их поиски по сравнению с месторождениями других типов весьма затруднены, так как на поверхностных выходах рудные тела в лиственитах имеют крайне ограниченные размеры — обычно не более первых десятков квадратных метров. С другой стороны, прогнозирование месторождений лиственитового типа облегчается тем, что они приурочены к строго локальным и легко картируемым зонам, контролирующимся глубинными разломами, вдоль которых происходило внедрение гипербазитовой магмы — ныне это выходы серпентинитов.

Месторождения лиственитового типа представлены обычно монометалльными, высоко технологичными рудами, преимущественно богатыми, что облегчает их селективную отработку при подземной эксплуатации. По возможным масштабам они образуют промышленные объекты от небольших до крупных, а в перспективе, возможно, и до очень крупных.

ВУЛКАНОГЕННЫЕ РТУТНЫЕ И РТУТЬСОДЕРЖАЩИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В.И. Смирнов [23] считает, что "... гидротермальные месторождения этого класса связаны главным образом с наземным преимущественно андезит-дацитовым вулканизмом поздней стадии геосинклинального этапа, а также с трапповыми магматическими формациями активизированных платформ". Из этого определения явствует, что, в отличие от плутоногенных, вулканогенные месторождения ртути должны диагностироваться более уверенно как в региональном, так и в локальном планах. И, действительно, в первом случае уже приуроченность их к областям недавней (Закавказье, Карпаты) или современной (Камчатка, Новая Зеландия) вулканической деятельности служит достаточным основанием для отнесения соответствующих месторождений к классу вулканогенных, особенно если и тектоническая зона, в пределах которой они формировались, по возрасту достаточно молодая и, следовательно, наличие продуктов более древних металлогенических эпох здесь будет исключено. Во втором случае — в локальном плане — обычно не менее четко устанавли-

вается тесная геолого-структурная связь ртутной минерализации с конкретными вулканическими структурами, что для ряда рудных районов подтверждает общность магмо- и рудогенерирующих очагов.

Связь ртутных месторождений с вулканоструктурами двоякая: прямая и косвенная. Известны многочисленные месторождения комплексных ртутьсодержащих полисульфидных руд (типа Байя Маре в Румынии), а также собственно ртутных (Боркут в Закарпатье), непосредственно контролирующихся некками вулканов. Еще большее число ртутных и ртутьсодержащих месторождений приурочено к грибообразным телам разнообразных опалитов, блокам алунитизированных кислых эффузивов и их туфов, зонам аргиллизации и другим продуктам воздействия на вмещающие породы поствулканических эманаций, тесно ассоциирующих с основной вулканоструктурой. Наконец, рудогенерирующие растворы и эманации могут и не иметь видимой связи с конкретными вулканическими очагами (месторождение Идрия в Югославии). Вторая группа вулканогенных месторождений ртути, ассоциирующих с продуктами поствулканической, уже затухающей деятельности – в виде разнообразных термальных источников (Северо-Нумидийская зона в Алжире, месторождение Сульфур-Бэнк в США), часто вообще не обнаруживает ни прямой, ни косвенной связи с конкретными вулканическими постройками. Кроме перечисленных, выделяются еще две группы ртутных месторождений, которым приписывается иногда вулканогенное происхождение. Это проявления ртутного оруденения, фиксирующиеся в толщах древних – допалеозойских и раннепалеозойских – метаморфизованных основных вулканитов (ртутоносные девонские эффузивы Алтая, по И.С. Туркину, 1978 г. и др.), а также несколько более молодые (до позднепалеозойских) кислые эффузивы, подвергшиеся интенсивной агальматолитизации и алунитизации и содержащие киноварную минерализацию (Притащкентский район, по В.П. Борискину, и Охотская вулканогенная зона, по П.В. Бабкину).

Вулканогенные месторождения ртути играют ведущую роль в пределах обоих глобальных рудных поясов – Средиземноморско-Азиатского и Тихоокеанского. Наиболее широко вулканогенное рудообразование проявлено в Северо- и Южно-Средиземноморской зонах, а также в Западно-Американской ветви Тихоокеанского пояса. Однако и здесь, в сугубо вулканогенных ртутнорудных областях, типично вулканогенные месторождения часто обнаруживают черты сходства с телетермальными (И.Н. Титов, 1977 г.), а в отдельных, хотя и более редких, случаях – и с плутогенными образованиями. Смена вулканогенного ртутного оруденения телетермальным происходит как по латерали – в субпараллельных зонах (США, Северная Африка), так и по вертикали: на месторождениях Опалит и Макдермит в США приповерхностные опалит-травертиновые породы с нестабильными минералами ртути – метациннабаритом и кордеронитом – на глубине замещаются более устойчивой минеральной ассоциацией телетермального облика – диккит-киноварной.

В соответствии с особенностями генезиса можно выделить три группы (подкласса) вулканогенных ртутных и ртутьсодержащих месторождений:

Типы вулканогенных ртутных и ртутьсодержащих месторождений

Подкласс	Геолого-промышленный тип и подтип	Структурно-морфологический тип	Месторождения
Переходный к плутоногенному	Кварц-карбонат-аргиллитовый	Системы кольцевых жил сложного состава в апикальных частях субвулканических тел	Грендеш (СССР), Байя Маре (Румыния)
		Контактные, согласные, штокверковые и жильные тела, связанные с вулканическими и субвулканическими структурами	Боркут (СССР), Монте-Амиата (Италия)
Переходный к телермальному	Карбонат-аргиллитовый	Сложные многоярусные залежи, локализующиеся под сланцевым экраном, усиленным чешуйчатонадвиговыми структурами; штокверковые тела, связанные с диапирами; трубообразные тела в жерлах грязевых вулканов	Арчман, Чаркайшан, Перевальное (СССР), Идрия (Югославия), Исмаил (Алжир), Джебель-Аджа (Тунис)
Собственно вулканогенный	Алуни-опалитовый	<i>Пневматолитоподобные</i> Пласто-, плаще- и грибообразные залежи в кислых эффузивах, часто локализующиеся в непосредственной связи с вулканоструктурами	Аксагата, Пламенное (СССР), Опалит (США)
	Опалит-аргиллитовый	Приповерхностные плащеобразные тела в эффузивно-терригенных породах	Чемпура (СССР), Макдермит (США), Итомука (Япония)
	Травертиновый	<i>Связанные с термальными источниками</i> Секущие и штокверковые тела в карбонатных породах вдоль разломов и зон дробления в связи с карстовыми структурами	Терлингва (Мексика)
		Кремнистый	Приповерхностные грибообразные и жильные тела в связи с разломами, вдоль которых располагаются выходы термальных источников

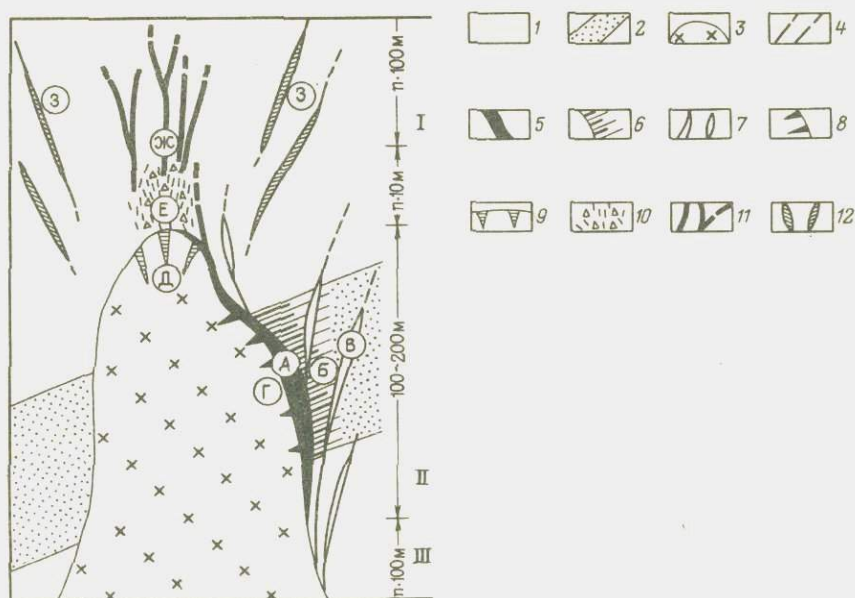


Рис. 50. Обобщенный разрез, характеризующий геолого-структурные особенности локализации вулканогенных ртутных месторождений полларгиллитового типа, связанных с гипабиссальными интрузиями и neckами вулканов (на примере месторождений Закарпатской зоны).

1-3 - рудомещающие породы: 1 - глины и глинистые сланцы, 2 - горизонты литологически благоприятных пород (песчаники, туфы и др.), 3 - штоки изверженных пород гипабиссального типа; 4 - малоамплитудные рудораспределяющие и рудолокализирующие трещины; 5-12 - ведущие структурно-морфологические типы рудных тел: 5 - контактовые залежи богатых ртутных руд (А), 6 - то же, но в связи с горизонтом литологически благоприятных пород (Б), 7 - жильные тела бедных руд в литологически благоприятном горизонте вблизи зоны контакта с интрузивом (В), 8-9 - небольшие клинообразные жилы (8 - очень богатые, в эндоконтактной части интрузива - Г, 9 - менее богатые в купольной части интрузива - Д), 10 - рудный штокверк, связанный с эксплозивными надкупольными брекчиями (Е), 11-12 - жилы с комплексным полисульфидным ртутьсодержащим оруденением (11 - богатые в надсводовой части интрузива - Ж, 12 - более бедные, приуроченные к системам надкупольных радиальных и кольцевых трещин - З).

I-III - интервалы, отражающие элементы вертикальной зональности рудоотложения и определяющие очередность проведения разведочных работ

переходные к плутоногенным (плутоногенноподобные), близкие к телетермальным и собственно вулканогенные (табл. 5).

К плутоногенноподобным относятся два структурных типа кварцкарбонат-аргиллитовых месторождений: системы кольцевых жил, локализующихся в апикальных частях субвулканических тел, и сложные контактовые, штокверковые и жильные тела, связанные как с разнообразными вулканическими структурами (рис. 50), так и с диапировыми образованиями.

Месторождения кварц-карбонат-аргиллитового типа

Месторождения **Байя Маре** и **Байя Спрые** в Румынии представлены системами кольцевых и радиальных жил, ассоциирующих с дайками, развитыми в сводовых частях небольших гипабиссальных массивов средних по составу пород, прорывающих толщи молодых терригенно-вулканогенных образований [39]. В совокупности такие жильные тела образуют структуры воронкообразной формы, узкие части которых смыкаются на глубине с телами эруптивных брекчий, сформировавшихся в апикальных частях интрузивов в результате прорыва перегретых эманаций. С этим процессом связано становление систем разрывных трещин, вдоль которых локализовались затем дайковые тела и рудные жилы (рис. 51).

Месторождения отработаны на глубину 300–500 м. Эксплуатировавшиеся жилы сложены кварцем, карбонатом, сульфидами (до 30 % общей массы). Они имеют резкие зальбанды, часто ветвятся, выклиниваются и сопрягаются, образуя иногда раздувы мощностью до 7 м, средняя же мощность жил 1–2 м. Устанавливается четко выраженная вертикальная зональность рудоотложения: на верхних горизонтах (100–200 м) преобладают сложные ртутьсодержащие сульфосоли, минералы серебра, золото; в нижележащей зоне ведущую роль играют галенит и сфалерит, а на глубоких (300–500 м) горизонтах большая часть жил сложена сульфидами цинка и меди.

Таким образом, специфические особенности месторождений описываемого типа – комплексность и многокомпонентность руд и полисульфидный их состав, четко выраженная вертикальная зональность, жильный, реже штокверкообразный характер рудных тел, структурно-парагенетическая связь с конкретными субэффузивными телами. Это сближает их с плутогенными ртутьсодержащими сульфидными месторождениями, однако от последних они отличаются приповерхностными условиями формирования и небольшим (первые сотни метров) вертикальным размахом рудоотложения. Практическое значение месторождений типа **Байя Маре** в отношении ртути невелико – ее запасы оцениваются обычно в первые десятки – первые сотни тонн, при средних содержаниях от первых десятых долей процента на верхних горизонтах до сотых – тысячных долей процента на глубине 100–300 м. На отдельных объектах годовая добыча попутной ртути может достигать первых десятков тонн.

На территории СССР к подобного типа месторождениям относятся **Большой Шаян** и **Грендеш** в Закарпатье, входящие, как и описываемое ниже Боркутское, в состав протяженного Вышковского рудного поля (Выгорлат-Гутинская зона вулканоструктур купольного типа). По данным В.Н. Зайцевой и др. (1968 г.), месторождение Грендеш представлено системой крутопадающих жил, сходящихся на глубине 150–200 м в единый рудный пучок, переходящий в тело эксплозивных брекчий, развитых в сводовой части небольшого штока гипабиссальных диоритов. Вмещающие породы – пластичные миоценовые глины. В отличие от охарактеризованных ранее месторождений Румынии, жилы здесь располагаются не

столь концентрически по отношению к интрузиву, а образуют как бы линейный штокверк, что связано с рудоконтролирующей ролью крупного разлома, вдоль которого происходило внедрение субвулканических диоритовых штоков, в том числе Грендешского. Есть отличия и в вещественном составе руд; последние на месторождении Грендеш относятся к двум типам: на нижних горизонтах преобладают свинцово-цинковые (галенит-сфалеритовые), а на верхних — преимущественно ртутные (киноварь-метациннабаритовые) руды. В соответствии с этим месторождение рассматривается в качестве собственно ртутного, а не комплексного, как в первом случае.

С вышеописанными можно частично параллелизовать ртутные месторождения типа Боркут в Закарпатье (рис. 52). Месторождение Боркут, как и предыдущие, структурно и, по-видимому, парагенетически связано с массивом субвулканических пород — в данном случае мелкозернистых диоритов, однако структурный контроль рудолокализации здесь несколько иной: главная рудоконтролирующая поверхность — непосредственно зона контакта интрузивного тела (Варгедьский массив). По данным В.И. Зайцевой и др. (1982 г.), наиболее выдержанные концентрации киновари и ассоциирующего с ней метациннабарита (других минералов на месторождении практически нет) установлены в зоне контакта диоритового штока с миоценовыми глинами, содержащими маломощные прослои песчаника и туфогенных пород.

В процессе разведочных работ был околонтрен протяженный на глубину рудный столб, приуроченный к продольно-поперечному перегибу контактовой поверхности, осложненному зоной разлома. С этой основной рудной залежью структурно связаны рудные тела иных морфогенетических типов, среди которых особо выделяются небольшие, но очень богатые (иногда сложены почти чистой массивной скрытокристаллической киноварью) клинообразные жилы. Локализуются они в контракционных трещинах разрыва, развивающихся в сводовой части диоритового штока. При небольшой мощности и длине всего лишь в несколько

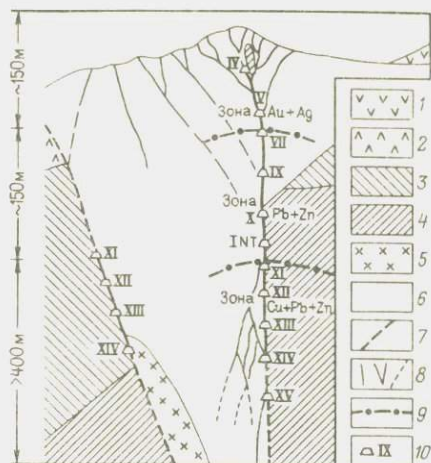


Рис. 51. Схематический разрез месторождения Байа Спрые (Румыния), по В. Маниличу, Д. Гушча и В. Стиополь, 1965 г.

1 — андезиты; 2 — кислые эффузивы и их туфы; 3 — эффузивно-терригенный комплекс; 4 — терригенный комплекс; 5 — риолиты измененные; 6 — андезитовый неск; 7 — нарушения; 8 — рудные полисульфидные жилы; 9 — границы зон распространения разноминеральной минерализации; 10 — эксплуатационные горизонты

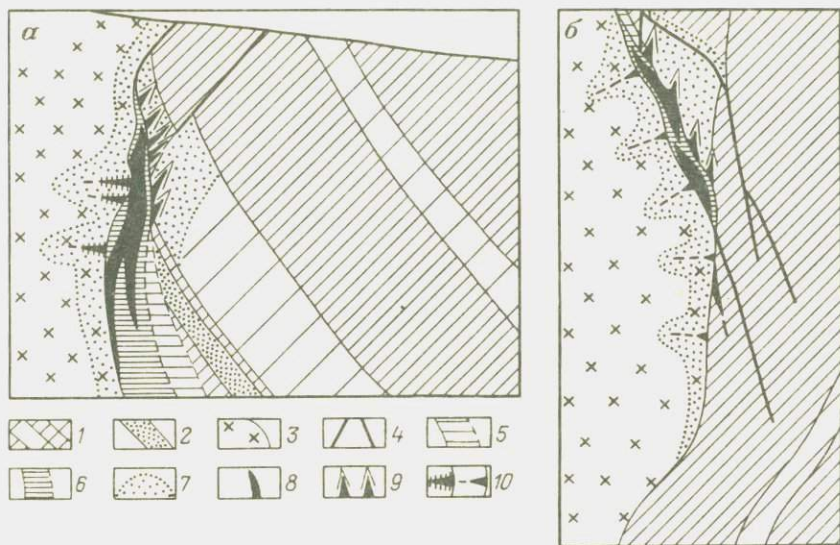


Рис. 52. Месторождение Боркут, по В.Н. Зайцевой и др., 1968 г.

a – разрез, *б* – план.

1 – глины и туфы различных горизонтов неогена; 2 – пакки песчаника; 3 – шток диорита; 4 – разломы; 5–6 – зоны аргиллизации: 5 – слабой, 6 – интенсивной; 7 – ореолы гипогенного рассеяния ртути; 8 – контактовые рудные залежи; 9–10 – клинообразные жильные рудные тела: 9 – в экзоконтакте штока, 10 – в зоне его эндоконтакта

десятков метров эти жилы играют заметную роль в общем балансе запасов месторождения, что обусловлено преобладанием в их составе массивных штучных руд, пригодных для селективной выемки.

Достаточно выдержанные тела рядовых руд выявлены в пределах отдельных литологически благоприятных горизонтов терригенных пород, характеризующихся повышенной первичной пористостью и относительно более высокой хрупкостью. Субогласная, Г-образная в разрезе залежь таких руд оконтурена в горизонте песчаников: она сопряжена с основным приконтактным рудным столбом и прослеживается вдоль висячего бока пакки литологически благоприятных пород на довольно значительное расстояние, однако здесь содержание ртути в рудах иногда на порядок ниже, чем в контактовой залежи.

На месторождении известны также секущие тела в глинистых породах (жилы, минерализованные зоны дробления), штокверки в местах пересечения разноориентированных разрывных нарушений, а также приуроченные к блокам интенсивно трещиноватых пород, развитых в апикальной части интрузива и др. Дальнейшие перспективы месторождения связываются в первую очередь с глубокими частями уже выявленных рудных столбов, где можно ожидать наличия многоярусных залежей в нижних (по разрезу) горизонтах туфов и туфогенных песчаников. Если рассматривать рудное поле в целом, что по аналогии с вышеописанным месторож-

действием следует считать перспективными те краевые части рудолокализирующего Варгедьского интрузива, где его приконтактовые зоны осложнены потенциально рудоподводящими разломами, имеющими то же простирание, что и на Боркуте.

Главная отличительная особенность вулканогенных месторождений боркутского типа – приуроченность к зоне контакта с гипабиссальными интрузивами, внедрившимися в толщу литологически однородных высокопластичных пород, почти непроницаемых для рудогенерирующих растворов, поднимающихся вдоль зон крутопадающих глубинных разломов. Рудолокализирующие структуры в этом случае как бы “запечатываются” сверху, чем обусловлена резко избирательная локализация оруденения. При этом практически отсутствуют ореолы надрудного гидротермального “пропаривания”, что для ртутных месторождений совершенно необычно. Не исключена возможность, что некоторые из таких месторождений формируются при участии высокотемпературных газово-жидких эманаций – перегретых ртутьсодержащих паров воды. Несмотря на трудности выявления ртутных месторождений описываемого типа, в первую очередь из-за ограниченности сопровождающих их ореолов гипогенного рассеяния, перспективы районов их возможного нахождения (области недавней вулканической деятельности) следует оценивать достаточно высоко вследствие компактности рудных тел и значительных содержаний в них ртути. В пределах Вышковского рудного поля уже открыто несколько месторождений боркутского типа (Большой и Малый Шаян и др.), кроме того, по материалам детальной структурно-геологической и геофизической съемки (Ю.А. Лейе, Э.П. Тихоненков и др.) установлены скрытые, потенциально рудоносные вулканоструктуры.

Группа ртутных месторождений Монте-Амиата в Центральной Италии получила название по массиву трахиандезитов (рис. 53), о природе которого идут многолетние дискуссии: или это гипабиссальное образование типа крупного некка с грибообразной приповерхностной “шляпой”, или же трахиандезитовый массив следует рассматривать в качестве эрозийного останца обширного эффузивного покрова, или же, наконец, в формировании современной структуры массива приняли активное участие молодые тектонические процессы, обусловившие широкое развитие пологих чешуйчатых надвигов, сочетающихся с зонами крутопадающих разрывов. Нам больше импонирует первая точка зрения, согласно которой вся активная интрузивно-эффузивная и рудогенерирующая деятельность в описываемом районе тесно связана с единым магмо- и рудовыводящим каналом, расположенным в северной части рудного узла и соответствующим жерловой части кайнозойской вулканоструктуры. Последняя в постинтрузивное время подверглась интенсивным преобразованиям, выразившимся в формировании упомянутых надвиговых структур, в результате чего отдельные тектонические пакеты трахиандезитов и сопровождающих их туфов и туфобрекчий оказались надвинутыми на карбонатно-терригенные породы миоцена – плиоцена.

Таким образом, главный фактор, обусловивший формирование ртутных месторождений Монте-Амиатского рудного узла – одного из круп-

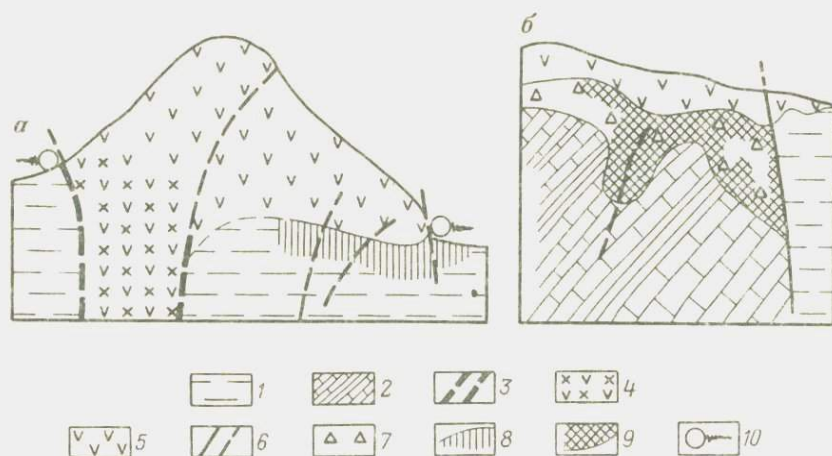


Рис. 53. Принципиальная структурная схема ртутных месторождений группы Монте-Амиата, по Е.Б. Эккелю, 1948 г.

a – схематизированный профиль через горный массив Монте-Амиата, *б* – деталь внутреннего строения месторождения Аббадиа-Сан-Сальваторе.

1 – осадочные породы мезо-кайнозоя; 2 – толщина рудовмещающих меловых сланцев и известняков; 3 – глубинный разлом; 4 – гипабиссальные трахиты (трахиандезиты); 5 – покровные трахиты; 6 – малоамплитудные сбросы; 7 – тектонические и карстовые брекчии; 8 – зоны интенсивной пред- и внутрирудной гидротермальной проработки пород; 9 – рудные залежи, связанные со структурами экранирования и карстового растворения; 10 – термальные источники

нейших в мире, – наличие протяженной, глубинного заложения вулканоструктуры, располагающейся в месте пересечения двух региональных разломов, сопровождающихся разветвленной системой сопряженных с ними нарушений более мелкого порядка. Это нарушения играли роль выводящих и распределяющих каналов для рудогенерирующих поствулканических гидротерм. Их влияние распространяется далеко за пределы собственно Монте-Амиатского массива, особенно в южном направлении (на многие десятки километров). С ними ассоциируют проявления как монометального ртутного, так и комплексного ртутно-сурьмяно-мышьякового оруденения, а также многочисленные термальные, преимущественно сероводородные источники.

Основные рудные залежи тяготеют к зоне контакта молодых осадочных карбонатно-терригенных пород с перекрывающими их, часто по надвигам, интенсивно измененными трахиандезитами окраинных частей Монте-Амиатского массива (см. рис. 53, *a*). Последние вместе с пачками глинистых пород служили региональным экраном для рудоносных растворов. Их экранирующая роль многократно усиливалась в случае тектонических контактов, когда вдоль поверхности надвига развивались мощные пакеты тектонических глинок, практически непроницаемых для рудоносных гидротерм. Наряду с приконтактовыми поднадвиговыми залежами (см. рис. 53, *б*), среди которых известны весьма крупные – с запаса-

ми ртути во многие десятки тысяч тонн (месторождение Аббадиа-Сан-Сальваторе и др.), в пределах рассматриваемого рудного узла широким распространением пользуются месторождения и рудные тела других морфоструктурных типов: штокверки в местах массового дробления литологически благоприятных пород (известняков, туфопесчаников), минерализованные зоны дробления вдоль протяженных разломов, секущие жилы и др.; есть и небольшие месторождения, связанные с травертиновыми залежами.

Характерная особенность практически всех месторождений описываемого района – чрезвычайно интенсивная, но крайне специфическая гидротермальная переработка рудовмещающих пород, особенно алюмосиликатных их разновидностей – эффузивов и их туфов, сланцев и глинистых образований. Местами они настолько изменены, что превратились в рыхлую каолиноподобную массу. Поствулканическая гидротермальная аргиллизация – процесс, наиболее типичный для месторождений группы Монте-Амиата. В результате его действия практически полностью выносятся щелочи. Трахиандезиты превращаются в рыхлую смесь каолинита, монтмориллонита, маршаллита и иногда также оксидов и гидроксидов железа. Породы карбонатного состава подвергаются интенсивной перекристаллизации и осветлению с выносом органики и части кальция, что способствует обогащению измененных известняков магниезальной составляющей. Часть выщелоченного карбонатного материала переотлагается в виде поблизости, в аргиллизированных эффузивах и глинистых сланцах.

Процессы окварцевания для месторождений данной группы в общем не характерны – лишь в отдельных случаях отмечаются опалит-халцедоновые образования в виде небольших гнезд, линз и прожилков. Известны, однако, в описываемом районе и месторождения существенно сурьмяных ртутьсодержащих (антимонитовых) руд согласного типа, в которых оруденение приурочено к относительно выдержанным залежам окварцованных пород, по текстурно-структурным особенностям приближающимся к типичным джаспероидам. Эти залежи локализуются под сланцевым экраном и располагаются в южной периферической части рудного узла, наиболее удаленной от основной рудоконтролирующей вулканоструктуры, и поэтому они приближаются к телетермальным образованиям: кроме ассоциации с джаспероидами, что характерно именно для телетермальных месторождений, эти залежи отличаются также значительным вертикальным размахом рудоотложения и относительно низкой температурой формирования.

Ртутные руды на основных месторождениях района, связанных непосредственно с массивом трахиандезитов, имеют следующие специфические особенности: сочетание плотных скрытокристаллических и порошкообразных разновидностей при почти полном отсутствии полнокристаллических форм киновари; самостоятельность ее выделения – отсутствуют признаки парагенетической связи с какими-либо минералами, в том числе и непосредственно вмещающими жильными.

Месторождения Монте-Амиатского рудного узла интенсивно эксплуатируются начиная с конца XIX в. В отдельные годы суммарная добыча

на них превышала 2000 т, что ставило этот ртутнорудный район в один ряд с Альмаденем. На верхних горизонтах месторождения Аббадиа-Сан-Сальваторе и др., где ведущую роль играли наиболее богатые приконтактные залежи, пригодные для отработки на массу, содержания ртути в добываемых рудах достигали нескольких процентов, а иногда превышали и 20 %. Однако с глубиной, по мере выклинивания основных рудных залежей и перехода к отработке рудных тел более сложных структурно-морфологических типов, качество руд систематически снижалось — сначала до 1 %, затем 0,6–0,5 %, а в последние годы — и до 0,3–0,2 %. Это привело к тому, что в конце 70-х годов, особенно в связи с резким падением цен на мировом ртутном рынке, добыча ртути практически на всех месторождениях района Монте-Амиата была почти полностью приостановлена — с целью модернизации рудников и в ожидании очередного подъема цен на ртуть.

Тем не менее и сейчас Монте-Амиата остается одним из крупнейших ртутнородных узлов мира: за почти столетний период непрерывной эксплуатации основных его месторождений на нем было добыто не менее 150 тыс. т ртути — по этому показателю Монте-Амиата уступает только Альмадену и Идрии. Оставшиеся запасы металла в недрах оцениваются ориентировочно в 70 тыс. т (второе место в мире среди капиталистических и развивающихся стран — после Испании) при среднем содержании ртути около 0,5 %, однако количество детально разведанных запасов невелико — как правило, опережающая разведка нижних частей эксплуатирующихся рудных залежей осуществлялась лишь на один-два горизонта.

Предполагается, что основные перспективы рудного узла следует связывать как с фланговыми частями Монте-Амиатского массива трахиандезитов, где возможно обнаружение полностью скрытых поднадвиговых рудных залежей, так и с глубокими горизонтами ранее выявленных месторождений, где можно ожидать наличия столбообразных рудных тел и согласных залежей в иной структурно-литологической позиции — приуроченных к отдельным пачкам карбонатных пород. Однако оруденение будет, по-видимому, телетермальноподобным (по аналогии с описываемым ниже Опалит-Кордеро-Макдермитским рудным полем в США). По генетическим и структурно-морфологическим особенностям месторождения группы Монте-Амиата практически не имеют себе подобных: только здесь обнаруживается столь тесная связь оруденения с глубиной вулканоструктурой, только в районе Монте-Амиата так интенсивно проявился процесс массового "пропаривания" высокотемпературными газовой-жидкими эманациями крупного массива рудовмещающих пород, причем происходившего, по-видимому, в течение весьма ограниченного времени, возможно одноактно, и, наконец, лишь в пределах описываемого вулканорудного узла устанавливается столь ярко выраженная ассоциация ртутной минерализации с поствулканическими термальными источниками.

Вулканогенные месторождения переходного к телетермальному подкласса в структурном отношении до некоторой степени напоминают

вышеописанные — главным образом тем, что они также приурочены к локальным образованиям купольного типа (диапиры, некки грязевых вулканов и др.). Расположены эти месторождения в пределах областей, характеризующихся широким развитием недавней вулканической деятельности (Присредиземноморье, Кавказ), что служит основанием для отнесения их к классу вулканогенных месторождений. Однако во всем остальном они сходны с телетермальными образованиями: месторождения "амагматичны" — отсутствует какая-либо связь с изверженными породами, даже столь обычного для ртутных месторождений дайкового комплекса; в рудах преобладают "стабильные" минералы (киноварь, а не метациннабарит, пирит, а не марказит, диккит, а не монтмориллонит и т.д.); рудные тела имеют большую протяженность на глубину и др.

К "телетермальноподобному" подклассу вулканогенных месторождений автор относит сложные поднадвиговые многоярусные залежи богатых массивных руд месторождения Идрии в Югославии и Северо-Нумидийской зоны в Алжире, а также оригинальные в структурном отношении месторождения Туниса, Северо-Западного Кавказа, Копетдага. Все они принадлежат к карбонат-аргиллитовому типу, характеризующемуся необычной для большинства ртутных месторождений особенностью рудовмещающих метасоматитов — почти полным отсутствием в них кремнистых образований.

Месторождения карбонат-аргиллитового типа

Месторождения этого типа особенно широко распространены в Северном (Идрия и др.) и Южном (Исмаил, Рас-Эль-Ма и др.) Присредиземноморье. Они, как правило, удалены от конкретных очагов вулканической деятельности, иногда на значительное расстояние (многие десятки и даже сотни километров), но почти всегда обнаруживают тесную связь с поствулканическими термальными источниками. Месторождения этого типа отличаются от плутоногенноподобных большим вертикальным размахом рудоотложения (многие сотни метров) и гораздо более четко выраженной многоярусностью.

Существенную роль в локализации оруденения играет здесь наличие литологически благоприятных горизонтов карбонатных пород — известняков и доломитов, как правило, глинистых. Пачки таких пород по поверхностям пологих чешуйчатых надвигов часто сдвигаются, а местами можно наблюдать в разрезе пять-шесть располагающихся друг над другом тектонических пакетов карбонатных пород, и все они обычно содержат промышленное ртутное оруденение (рис. 54), хотя и неодинаковое по масштабам проявления.

Как и в других вулканогенных месторождениях ртути, рудная минерализация представлена скоплениями плотной скрытокристаллической или иногда порошковой киновари, но приуроченности ее к сколько-нибудь выдержанным горизонтам метасоматитов не наблюдается. Предрудные изменения проявились в осветлении и перекристаллизации известняков и доломитов и интенсивной аргиллизацией рудовмещающих пород

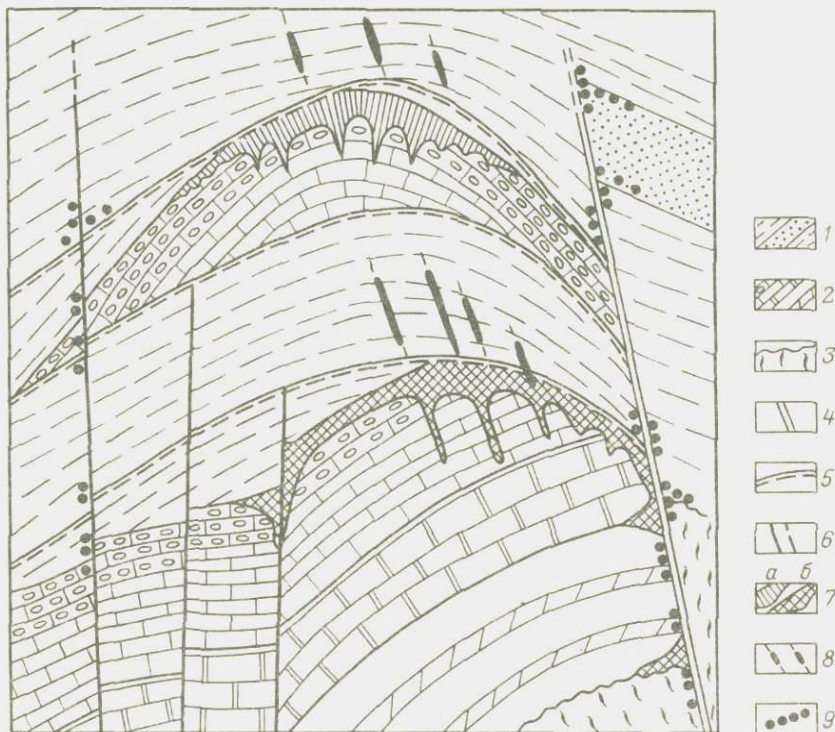


Рис. 54. Обобщенный разрез, характеризующий геолого-структурные особенности локализации вулканогенных рудных месторождений карбонат-аргиллитового типа, связанных с чешуйчатыми надвигами (на примере типоморфных участков Северо-Нумидийской рудной зоны).

1-3 - литологические особенности рудовмещающих пород: 1 - надрудные экранирующие глинистые породы с литологически благоприятными горизонтами (песчаники), 2 - рудовмещающая толща существенно карбонатных пород (известковистые конгломераты, известняки, доломиты, мергели, мергелистые сланцы), 3 - толщина древних подстилающих метаморфических сланцев; 4-6 - основные типы рудодносных разломов: 4 - долгоживущий краевой разлом глубокого заложения, разграничивающий фациально различные зоны с разрезами полного (слева) и сокращенного (справа) типов (основная рудоконтролирующая структура), 5 - поверхности пологих "чешуйчатых" надвигов, ограничивающие "пакеты" литологически благоприятных пород и усиливающие экранирующее влияние наднадвиговых сланцев, 6 - малоамплитудные сбросы (рудораспределяющие каналы); 7-9 - ведущие структурно-морфологические типы рудных тел: 7 - многоярусные существенно межформационные (а) и преимущественно поднадвиговые (б) субсогласные плащеобразные рудные залежи, контролирующиеся структурами экранирования, 8 - кварц-карбонат-баритовые жилы с рудно-полиметаллическим оруденением (индикаторы скрытых согласных залежей), 9 - спорадическая рудная минерализация вдоль крутопадающих зон дробления и на границе раздела литологически различных толщ

алюмосиликатного состава. Плаще- и линзообразные, часто очень богатые рудные залежи сопрягаются с более бедными телами секущего типа. Промышленное значение месторождений этого типа очень велико: именно к нему относятся одно из крупнейших промышленных объектов мира – Идрия и одно из богатейших месторождений ртути – Мра С' Ма.

Месторождение Идрия в Югославии [38, 41] эксплуатируется непрерывно более пяти столетий. По суммарной добыче ртути – свыше 200 тыс. т – оно вышло на второе место в мире, уступая только Альмадену. Многие десятилетия созданный на его базе рудник устойчиво давал около 400 т металла в год, причем в довольно богатых (до 1 %) рудах; однако сейчас, в связи с весьма значительной глубиной отработки (более 400 м), качество руд заметно снизилось (до первых десятых долей процента), что в условиях общего падения конъюнктуры привело к временной консервации эксплуатационных работ.

Структура месторождения Идрия исключительно сложна, что вообще характерно для ртутных месторождений, однако описываемое и на этом фоне резко выделяется. Лишь работы последних лет (И. Млакар и др., 1971 г.) позволили более или менее уверенно нарисовать разрез месторождения в виде последовательно надвинутых друг на друга тектонических линз известняков и доломитов пермо-триаса, разделяющихся тектоническими же пакетами сланцев того же возраста. "Комплекты" таких пакетов (линз) причленяются к зонам крутопадающих разломов, служивших рудоподводящими и рудораспределяющими каналами для гидротерм. Роль основных рудо локализирующих поверхностей играли пологие чешуйчатые надвиги, сопровождающиеся тектоническими глинками. Таким образом, структура месторождения Идрия в вертикальном разрезе представляется в виде своеобразного "дерева", ствол которого – зона крутопадающего разлома, а ветви – полого залегающие тектонические пакеты карбонатных пород (рис. 55). Местами структура больше напоминает "этажерку" – в случае, когда параллельно основному рудоконтролирующему разлому располагается второй; в совокупности они вычленяют крупный рудоносный блок. За его пределами интенсивность минерализации значительно ниже, причем преобладают менее перспективные рудные тела секущего типа.

Киноварь на месторождении Идрия мелкокристаллическая, обычно темного цвета, что связано часто с примесью битумов; довольно обычен также пирит. Среди жильных минералов преобладают диккит, карбонаты, отмечается кварц. Выделяются скопления плотной "печеночной" киновари, с которой обычно ассоциирует самородная ртуть. Количество последней весьма значительно – на отдельных горизонтах до 20 % от общей массы металла.

Основную ценность на месторождении представляют согласные богатые залежи массивной киновари. Приурочены они к зоне контакта карбонатных пород, преимущественно доломитов, с перекрывающими (экранирующими) их сланцами, обычно углисто-глинистыми. Экранирующее действие сланцев усиливается при наличии тектонических глинок, развивающихся вдоль межформационных срывов и надвигов. Очень богатые

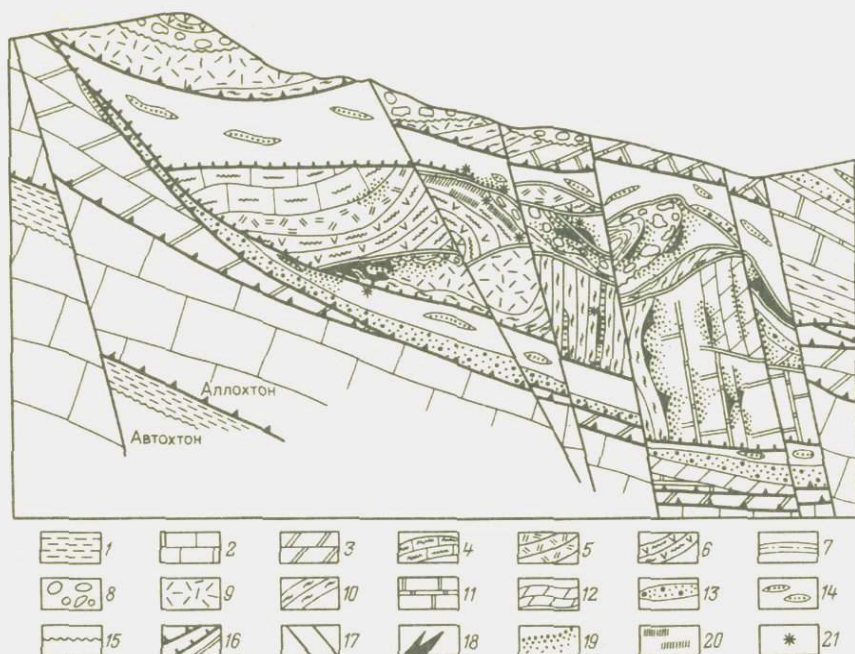


Рис. 55. Обобщенный разрез ртутного месторождения Идрия, по И. Млакару и М. Дровенику, 1971 г.

1 – мергели и песчаники эоцена; 2 – известняки и доломиты мела и юры; 3–11 – основная рудовмещающая толща пород триаса: 3 – слоистые доломиты, 4 – черные известняки с кремнями, 5 – осветленные зернистые доломиты, 6 – туфы и радиолариты с кремнями, 7 – черные битуминозные сланцы и песчаники главного рудолокализирующего горизонта (“скокка”), 8 – конгломераты, 9 – серые зернистые доломиты, 10 – мергелистые сланцы, 11 – темные мергелистые доломиты; 12–13 – рудосодержащие породы перми: 12 – битуминозные доломиты, 13 – кварцитовидные песчаники базальных слоев верхней перми; 14 – черные глинистые сланцы пермокарбона с линзами песчаника; 15 – поверхности стратиграфического несогласия; 16 – пологие чешуйчатые надвиги разного возраста; 17 – сбросы; 18 – богатые рудные тела, сложенные “печеночной киноварью”; 19 – рядовые вкрапленные руды; 20 – регенерированные (?) руды; 21 – обособленные рудные тела с самородной ртутью

рудные тела локализуются в тектонических клиньях, образованных сопрягающимися под острым углом нарушениями. “Острие” такого клина может быть сложено как дробленными доломитами, так и углисто-глинистыми сланцами. В последнем случае особо примечательно наличие богатых скоплений самородной ртути, мелкие капельки которой как бы пропитывают углистый материал раздробленных и разлитованных сланцев. Наибольшее количество самородной ртути отмечается на самых глубоких (более 400 м) горизонтах месторождения, причем без каких-либо признаков окисления присутствующей здесь же киновари. Это бесспорно свидетельствует о гипогенной природе самородной ртути.

Среди других структурно-морфологических типов рудных тел Идрии отметим штокверки в доломитизированных известняках, секущие минерализованные зоны дробления в породах разного состава, гнезда и жилы. Однако промышленное значение их невелико. Наиболее крупными являются столбообразные рудные тела, локализующиеся в местах изгиба крутопадающих разломов.

Месторождения Северо-Нумидийской ртутнорудной зоны в Северном Алжире в некотором отношении напоминают месторождение Идриа: здесь также главный локализирующий фактор — наличие пологих чешуйчатых надвигов, сопрягающихся с зоной крутопадающего рудоконтролирующего разлома: как и в Идрии, оруденение, представленное скоплениями скрытокристаллической киновари, локализуется в кровле тектонических пакетов известняков под сланцевыми экранами, усиленными межформационными надвигами. Однако есть и существенные отличия: тесная связь с современными термальными источниками и несколько ранее сформировавшимися травертиновыми полями; наложение монометалльного ртутного оруденения на барит-полиметаллическое и т.д.

Северо-Нумидийская зона входит в состав протяженного Магрибского рудного пояса (см. рис. 3) прослеживающегося от Марокко до Туниса вдоль так называемой зоны Дорсаля, сложенной преимущественно карбонатными породами мезозоя. Оруденение контролируется крутопадающим глубинным разломом, разделяющим две субширотные тектонические зоны, различающиеся по типу разреза: к югу он относительно полный (сланцы метаморфизованные нижнего — среднего палеозоя, красноцветы и эвапориты пермо-триаса, карбонатные толщи юры — мела, терригенные отложения мела — палеогена, глинистые молассы миоцена — плиоцена, грубозернистые песчаники нумидийского комплекса, глины неогена), к северу — резко сокращенный (нумидийские песчаники здесь часто залегают непосредственно на размытой поверхности пород доколя — метаморфизованных сланцах палеозоя).

В соответствии с характером разреза развивалась и складчатость: в пределах Нумидийского хребта, сложенного в основном толщей компетентных карбонатных пород, преобладают пологие складки сундучного облика, а в северных его предгорьях нумидийские песчаники моноклиналино (иногда почти горизонтально) залегают на интенсивно перемятых сланцах нижней части разреза.

В тектоническом отношении Северо-Нумидийская зона входит составной частью в структуру Тельского Атласа, который с севера как бы опоясывает жесткий стабильный массив Центрального плато, а с юга примыкает к "обломкам" Средиземноморской плиты (имеются в виду массивы Большой и Малой Кабилии, выступы Эдуга, Тенесский и др.). Такая промежуточная позиция Тельского Атласа обусловила специфические особенности его внутреннего строения. Воздымание массива Центрального плато привело к формированию в его северной периферической части складок, запрокинутых к северу, а встречное движение Средиземноморской плиты к югу предопределило возникновение структур шарьяжного типа — систем пологих чешуйчатых надвигов, по которым отмечается

последовательное надвигание друг на друга тектонических пакетов, сложенных породами разного возраста — от древних метаморфизованных сланцев до глин позднечетвертичного возраста. Часто по поверхностям надвигов происходит соприкосновение тектонических пакетов литологически почти неразличимых глинисто-флишоидных пород разного возраста — юрских, меловых, олигоценых; по М. Тефиани (1975 г.), граница между ними может быть установлена по олистостромам, затынутым в зоны надвигов. Местами поверхности чешуйчатых надвигов собраны в складки, аналогичные таковым в поднадвиговых породах, сложенных компетентными карбонатными образованиями.

Подобное явление, свидетельствующее о синхронности процессов складкообразования и развития покровных структур, отмечалось на примере Хайдарканского, Чаувайского и других рудных полей Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса. Там также фиксируются "многоэтажные" надвиговые структуры. Не исключена возможность, что и на месторождении Идрия последовательное надвигание тектонических структур аналогичного типа происходило на последних этапах процесса складкообразования. Таким образом, общность геолого-тектонических условий формирования ртутных месторождений трех крупнейших ртутнорудных зон мира, относящихся к различным по возрасту рудным провинциям, можно рассматривать, по-видимому, в качестве не случайного фактора — это одна из характерных предпосылок прогнозирования месторождений поднадвигового типа — одного из наиболее перспективных. Надвиговые структуры при этом почти обязательно сочетаются с крутопадающими долговечными разломами — краевыми, в понимании Н.М. Силицына (1960 г.), то есть расположенными на границах двух тектонических зон с резко различной историей геологического развития, что выражено в различии разрезов — полных и сокращенных.

Ртутоносность Северо-Нумидийской зоны была установлена еще в глубокой древности: во времена римского владычества здесь разрабатывались небольшие рудные тела с комплексным ртутно-полиметаллическим оруденением, связанным с баритовыми жилами. Однако современная история ртутнорудной промышленности Алжира насчитывает менее 100 лет. Она началась с освоения согласных меж- и внутрiformационных залежей рядовых ртутных руд месторождения Рас-Эль-Ма. На этом месторождении добывали несколько десятков тонн ртути в год.

В середине 60-х годов в итоге широко развернувшихся после провозглашения независимости Алжира поисковых работ вблизи месторождения Рас-Эль-Ма по данным шлихового опробования было выявлено более богатое месторождение Исмаил. Позже на восточном продолжении Северо-Нумидийской зоны было открыто еще несколько слепых рудных залежей, в том числе с уникально богатыми массивными рудами (месторождение Мра С'Ма). Это позволило Алжиру в течение весьма короткого времени выйти на одно из первых мест в мире среди развитых капиталистических и развивающихся стран по выплавке ртути.

На рис. 56 отражена принципиальная позиция ртутного оруденения, выявленного в процессе детальной разведки и обработки месторождений



Рис. 56. Структурная схема центральной части Северо-Нумидийской ртутнорудной зоны, по Р. Джабба и др., 1982 г.:

a – план, *б* – типичный разрез через участок с рудными залежами поднадвигового типа, *в* – деталь внутреннего строения рудоносной зоны взбросо-надвига.

1 – палеогеновые глины и песчаники; 2 – выходы на поверхность разнотипных пород мезозоя; 3–4 – терригенно-карбонатные породы: 3 – мела, 4 – юры – мела; 5 – карбонатные толщи юры; 6 – красноцветы триаса; 7 – метаморфизованные сланцы докембрия; 8 – предполагаемая зона краевого глубинного рудоконтролирующего разлома; 9 – рудо локализирующие чешуйчатые взбросо-надвиги; 10 – косые сбросы; 11 – оси складок; 12 – основные рудные участки (месторождения): 13 – месторождения (I – Рас-Эль-Ма, II – Исмаил, III – Гениша, IV – Мра С'Ма, V – Кудиа С'Ма) и рудопоявления; 14 – залежи массивных киноварных руд, локализирующиеся под поверхностью надвига; 15 – термальные источники и связанные с ними травертины

Рас-Эль-Ма, Исмаил, Гениша и Мра С'Ма. Основу рудоконтролирующей структуры составляют компетентные породы юры – мела (известняки, доломиты, конглобрекции с подчиненным количеством сланцев и песчаников), слагающие ядерную часть сложной антиклинали – одной из северных составляющих зоны Дорсалья. Северное крыло этой складки обрывается крутопадающим разломом – главной рудоподводящей структурой Северо-Нумидийской зоны, по которому карбонатные толщи зоны Дорсалья тектонически контактируют с терригенными комплексами палеозоя и нумидия.

Ядерная часть складки по надвигам перекрыта метаморфизованными, интенсивно перемятыми и осветленными сланцами палеозоя. Мощность тектонической пластины этих сланцев часто не превышает первых десятков метров, и тем более удивительной является ее выдержанность: почти не меняя мощности, сланцевый покров прослеживается на протяжении нескольких километров к югу от зоны рудоконтролирующего разлома. Не менее удивительно и то, что на этом покрове почти без следов деформаций залегает местами мощная толща нумидийских песчаников.

Строение ряда участков усложняется из-за развития нескольких чешуйчатых надвигов. В этом случае верхний структурный ярус представ-

лен серией тектонических линз-пакетов, сложенных породами разного возраста — от песчаников и сланцев пермо-триаса, известняков и доломитов юры — мела до брекчиевидных конгломератов, глин и песчаников миоцена — плиоцена. Рудоконтролирующая складка осложнена системой косых нарушений, игравших роль рудораспределяющих, а местами и рудо-локализирующих структур.

Основное промышленное значение имеют межформационные поднадвиговые рудные залежи, сложенные иногда почти сплошной массивной скрытокристаллической киноварью. Форма залежей обычно плаще- и седлообразная. Локализованы они в сводовых частях куполовидных брахискладок (Исмаил), или в местах перегиба полого погружающегося северного крыла основной антиклинали, обрезающегося косыми взбросо-сдвигами. Кровлей таких залежей служат глинистые сланцы, эскарпировавшие рудогенерирующие растворы, а в случае особо богатых руд — пакеты перетертых тектонических глинок мощностью до 2 м (типа "альты", характерной для Альмадена и некоторых месторождений США — Нью-Идрия, Нью-Альмаден и др.).

На втором месте по промышленной значимости стоят пластообразные залежи вкрапленно-прожилковых руд, приуроченных к литологически благоприятным горизонтам пород: известковистым песчаникам, брекчиевидным конгломератам и др. Второстепенную роль играют небольшие, но иногда достаточно богатые рудные гнезда, локализующиеся в местах пересечения малоамплитудных нарушений. Отмечаются также секущие минерализованные зоны дробления и столбообразные тела, тяготеющие к изгибам рудолокализирующих поверхностей, осложненным разломами.

Помимо перечисленных месторождений, в Северо-Нумидийской ртутноносной зоне известно большое число малозначащих или недостаточно изученных рудопроявлений, которые можно рассматривать в качестве индикаторов скрытых на глубине более крупных рудных залежей. Так, на месторождениях Мра С'Ма и Гениша ранее разведывались серии крутопадающих баритовых жил, локализованных в сланцах верхнего структурного яруса и содержащих, наряду с крупнокристаллическим галенитом, гнездообразные скопления порошковатой киновари, по-видимому, вторичной, образовавшейся в значительной части за счет разрушения ртутьсодержащего сфалерита. Эти жилы явились надежными проводниками при поисках скрытых, собственно ртутных рудных залежей, располагавшихся на их продолжении в поднадвиговых структурах.

Такую же роль индикаторов скрытого оруденения играют и проявления киноварной, иногда довольно богатой минерализации в нумидийских песчаниках. Однако, в отличие от предыдущего случая, расстояние до рудных залежей в нижнем структурном ярусе здесь гораздо больше — сотни (иногда многие сотни) метров. По аналогии с месторождением Идрия предполагается, что и в Северо-Нумидийской зоне оруденение будет многоярусным, со столь же значительным вертикальным размахом рудоотложения.

Характерная особенность месторождений Северо-Нумидийской зоны, как и на месторождениях Идрия и Монте-Амиата, — отсутствие четко

выраженных горизонтов рудовмещающих метасоматитов. Это, конечно, не означает, что околорудных изменений нет. Они достаточно интенсивно проявлены (имеются в виду участки нацело каолинизированных глинистых пород), но на таких месторождениях, как Мра С'Ма, Исмаил и другие, не всегда сопровождают ртутное оруденение — последнее часто развивается и в почти совершенно неизменных породах. Морфология зон гидротермального изменения и рудных залежей также обычно определяется влиянием различных факторов. Отметим очень слабое проявление процессов окварцевания — лишь в редких случаях можно встретить маломощные прожилки, гнезда и линзы халцедоновидного кварца. Обычно же в терригенных породах преобладают явления аргиллизации (каолинизация, монтмориллонитизация, реже диккитизация и галлуазитизация), а в карбонатных — осветления (дебитуминизация), и перекристаллизации.

Другая чрезвычайно характерная особенность — отсутствие полнокристаллических форм киновари и широкое распространение чернеющих ее разновидностей. Чернеющая киноварь известна на многих ртутных месторождениях мира. В.Э. Поярков (1943 г.) высказывал предположение, что почернение связано с фотохимическим эффектом, обусловленным присутствием в киновари примесей селена, изоморфно замещающего серу. Действительно, анализ обычной и чернеющей на солнечном свете киновари из ртутного месторождения Бирксу в Средней Азии показал, что последняя содержит десятые доли процента (до 2 %) селена, в то время как в обычной киновари его количество варьирует в пределах десятилетних, редко — первых сотых долей процента. Такие же очень низкие концентрации селена характерны и для киновари из месторождений Северо-Нумидийской зоны. А между тем именно эта киноварь чернеет быстрее всего: уже через несколько дней солнечной экспозиции ее образцы покрываются черной сажистой пленкой. Почернение такой киновари происходит только под воздействием солнечных лучей, причем ультрафиолетовой части спектра. Этот процесс происходит быстрее при наличии паров воды. Таким образом, чернеют и некоторые разновидности бесселенистой киновари (и особенно интенсивно киноварь из месторождения Мра С'Ма, содержание селена в которой тысячные доли процента).

Т.С. Тимофеевой было доказано, что среди прочих природных сульфидов ртути наиболее темным цветом обладает γ -сульфид — самая высокотемпературная разновидность этого соединения. γ -сульфид ртути был получен первоначально искусственно в Югославии, а затем установлен указанным исследователем на глубоких горизонтах месторождения Хайдаркан. Высказывались предположения, что черная сажистая пленка, покрывающая образцы киновари, — это другая кристаллическая модификация сульфида ртути — метациннабарит, цвет которого почти черный. Между тем наблюдения над природными выделениями метациннабарита свидетельствуют об обратном: с течением времени именно он превращается в киноварь. Этот процесс идет и в момент рудоотложения. В шлифах можно отчетливо видеть, как пластинчатые кристаллы метациннабарита из глубоких горизонтов месторождения Хайдаркан разъедались более

поздней, замешавшей его киноварью. Рентгеноструктурный анализ сажистых пленок, соскобленных с поверхности образцов почерневшей киновари, показал наличие в этом материале, кроме киновари, также элементарных серы и ртути. Таким образом, загадка "чернеющей" киновари пока еще остается неразрешенной.

На этом интересном явлении мы остановились потому, что в значительной степени именно из-за широкого распространения в Северном Алжире такой разновидности киновари во многом затрудняется обнаружение ртутных проявлений: выходы ртутных руд на поверхность маскируются черной сажистой пленкой; кроме того, мелкообломочная киноварь часто пропускается в шлихах вследствие ее необычного, черного с поверхности цвета. Чернеющая киноварь на месторождении Мра С'Ма тесно ассоциирует с гипогенным метациннабаритом. Последний выделяется в виде отдельных зерен, а иногда образует довольно крупные прожилки и гнезда — до нескольких сантиметров в поперечнике. Местами обособления метациннабарита встречаются настолько часто, что этот минерал можно рассматривать, наряду с киноварью, в качестве рудообразующего. Отметим, что столь значительные концентрации метациннабарита на других месторождениях практически не встречались — исключение составляет лишь месторождение Боркут в Закарпатье, где были известны прожилки этого минерала мощностью до 1 см.

Возвращаясь к характеристике специфических особенностей ртутных месторождений Северо-Нумидийской зоны, подчеркнем их особо тесную связь с проявлениями недавней поствулканической деятельности, выражающейся в широком распространении термальных источников, структурно и пространственно ассоциирующих не только с описываемыми ртутными, но также и с сурьмяными, полиметаллическими, мышьяковыми, галлуазитовыми и некоторыми другими месторождениями. Термальные источники расположены в центральных частях и на флангах отдельных рудных полей и тяготеют к рудоконтролирующим разломам. При анализе закономерностей пространственного распределения термальных источников и травертиновых полей установлена их тесная связь с проявлениями рудной минерализации как в локальном, так и в региональном плане. Она становится еще более наглядной, если учесть также источники, уже прекратившие свою деятельность (они фиксируются по многочисленным травертиновым "шляпам" и секущим телам травертинового заполнения, преимущественно карбонатного состава).

По типу вод среди термальных источников Северного Алжира выделяют высокотемпературные (иногда более 100 °С) карбонатно-сероводородные и относительно низкотемпературные (менее 30 °С) хлоридно-углекислые. Кроме основных компонентов воды многих источников характеризуются повышенной концентрацией редких щелочных металлов, а также соединений мышьяка и в отдельных случаях — свинца, цинка, сурьмы и ртути. Некоторые источники обогащены фтором. В районе г. Гельма и сейчас отлагаются травертины с оксидными соединениями мышьяка в виде довольно выдержанных (до первых десятков сантиметров) полосчатых корок скородита. Здесь же известны мощные залежи галлуазита,

образовавшиеся при участии термальных источников. В травертинах месторождения Хаммам Н'Байля установлены выделения надорита — главного рудного минерала этого сурьмяного месторождения, ранее называвшегося Надор.

Травертины, связанные с современным термальным источником, расположенным на восточном фланге Северо-Нумидийской ртутоносной зоны, имеют повышенные содержания ртути — до первых сотых, иногда даже десятых долей процента. Киновари в них, однако, визуальнo установить не удается. Это, по-видимому, объясняется тем, что ртуть выделялась в виде оксихлоридных соединений (ртутьсодержащий надорит установлен на соседнем месторождении Хаммам Н'Байль). Промышленное значение ртутных минералов из группы оксихлоридов было доказано на примере месторождения Макдермит в США.

В СССР геологическая ситуация, подобная описанной для вулканогенных ртутных месторождений Северного Алжира, характерна для южных районов Средней Азии. Имеется в виду Копетдагская ртутно-барит-полиметаллическая рудоносная зона, где в течение последних десятилетий в дополнение к двум ранее известным ртутным месторождениям (Кара-Елчи и Куршурли), описанным А.С. Уклонским, А.В. Сидоренко и др., было выявлено большое число новых проявлений ртутной минерализации необычного типа (М.К. Курбанов, Б.П. Жданов, Ю.С. Спивак, В.Д. Андреев, А.Г. Бушмакин и др.). Необычность заключается в следующем: преобладании порошковатой киновари, как первичной, так и образовавшейся за счет разрушения ртутьсодержащего сфалерита: тесной ее ассоциации с оксидными минералами цинка и кремнистыми стяжениями, сформировавшимися за счет раскристаллизации колломорфного кремнезема; приуроченность к разломам, служившим выводными каналами для прекративших деятельность или современных термальных источников и др.

В ряде случаев, как и в Северном Алжире, отмечается тесная связь ртутного и ртутно-полиметаллического оруденения с баритовыми и барит-целестин-виттеритовыми жилами. Здесь, как и на месторождениях Северо-Нумидийской зоны, доказательства прямой генетической связи ртутного оруденения с вулканическими образованиями отсутствуют. О ее существовании можно судить лишь по косвенным признакам: палеогеновым туфогенным породам района г. Кушки, где выявлены ореолы рассеяния киновари, карбонатно-железистым травертинам с повышенными содержаниями ртути, ныне действующим термальным источникам курорта Арчман, теплым водам подземного озера пещеры Коу (Бахарден) и др. Аналогия дополняется общностью тектонической обстановки (наличие крутопадающих краевых разломов, сопрягающихся с чешуйчатыми надвигами) и разреза (грехчленный: сланцы — известняки — сланцы). В качестве характерных примеров вулканогенных месторождений телетермального облика, то есть удаленных от рудогенерирующих магматических очагов, опишем три ртутных проявления Копетдагской зоны — Кара-Елчи, Арчман и Чаркайшан.

Месторождение Кара-Елчи было открыто в конце 20-х годов, затем оно разведывалось и изучалось А.С. Уклонским, В.П. Соколовым

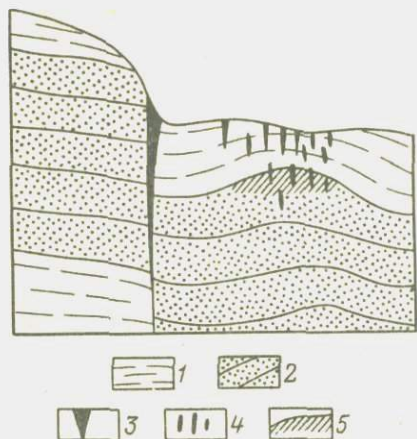


Рис. 57. Обобщенный разрез месторождения Кара-Елчи, по А.Г. Бушмакину, 1980 г.

1 — глинистые сланцы и алевролиты мела; 2 — грубозернистые толстоплитчатые песчаники; 3 — жила крупнокристаллического кальцита с киноварью; 4 — маломощные карбонат-баритовые жилы и прожилки с редкой вкрапленностью ртутьсодержащего сфалерита; 5 — предполагаемая межформационная рудоносная зона

(с гематитом и дикситом). Наиболее благоприятными для формирования таких залежей считаются участки, где сланцевый экран усилен надвиговыми структурами.

Месторождение Арчман, детально описанное М.К. Курбановым, В.Д. Андреевым, А.Г. Бушмакиным и др., представляет собой крупное (сотни квадратных метров в поперечнике) штокверковое тело брекчий, приуроченное к зоне пересечения нескольких крутопадающих разломов. В плане тело имеет Т-образную форму, с глубиной закономерно сужается, однако полного его выклинивания даже на горизонте 200 м не установлено. Обломки брекчии состоят из осветленных известняков, цемент — из крупнокристаллического молочно-белого кальцита и барита. Киноварь, обычно порошокватая, ассоциирует с галенитом и сфалеритом.

Месторождение Чаркайшан, изучавшееся Б.П. Ждановым, В.Д. Андреевым, Ю.С. Спиваком и др., входит в состав Арчманского рудного поля, объединяющего ряд разобщенных ртутных проявлений жильного типа, развитых в толще карбонатных пород мезозоя. На данном месторождении разведана одиночная халцедон-карбонатная жила в известняках мела, локализуемая вдоль поверхности протяженного (более 2 км) сброса, падающего под углом от 30 до 60°. В местах его изгиба по простиранию жила образует раздувы мощности до 3 м. Порошковатая киноварь связана преимущественно с участками, обогащенными кремнеземом.

(1928 г.), А.В. Сидоренко (1944–1946 гг.), Б.П. Ждановым, Ю.С. Спиваком, А.Г. Бушмакиным (1965–1970 гг.) и др. Первоначально на нем была известна лишь древняя штольнеобразная выработка, вскрывавшая крутопадающую кальцитовую жилу, прослеживающуюся вдоль разлома на границе сланцев и песчаников мезозоя. Основным объектом внимания древних рудокопов служили прожилки крупнокристаллической киновари, развитые в зальбанде этой жилы. В процессе разведочных работ было, однако, установлено, что перспективы этого района следует связывать с возможным обнаружением скрытых межформационных залежей в кровле мощных горизонтов песчаников под сланцевым экраном (рис. 57). В качестве их индикаторов в перекрывающих сланцах можно рассматривать системы крутопадающих карбонат-баритовых жил, сопровождающихся зонами интенсивной аргиллизации

Последний характеризуется необычной формой выделения: это округлые, до 10 см в поперечнике концентрически-зональные стяжения, сложенные ноздреватым молочно-белым, иногда плотным серым халцедоно-видным кварцем. Образовался он, скорее всего, в итоге раскристаллизации сгустков гелеобразного кремнезема. Максимальные концентрации такого рода образований отмечаются, по наблюдениям Р.Р. Исанова, в местах оперения основной рудолокализирующей поверхности трещинами более мелкого порядка. Это, по-видимому, были "отдушины" для термальных растворов, изливавшихся на поверхность. Сказанное дает основания для предположения о травертиновой природе части описываемой жилы.

Такая модель формирования молодых поствулканических ртутных месторождений, представленных выклинивающимися на глубину травертиновыми жилами (итог заполнения зияющих трещин), может быть обоснована примерами из других ртутнорудных районов мира. Так, с современными или недавно действовавшими поствулканическими термальными источниками связаны, например, многие ртутные рудопроявления Афганистана, выявленные при участии советских геологов в процессе шлиховой съемки. По данным А.В. Ждана, Г.А. Ярушевского и др., часть таких рудопроявлений тяготеет к системе крутопадающих зон минерализации, локализующихся в глинистых породах юры – мела и миоцена – плиоцена. Особенно интересны тела, приуроченные к маломощным (до 2 м) жилам, сложенным интенсивно перематым глинистым материалом светлого цвета, напоминающим по структурно-текстурным особенностям обычную тектоническую глину, но подвергшуюся гидротермальной переработке с образованием гнезд и прожилков монтмориллонита и галлуазита. Порода настолько изменена, что ее первичная природа распознается лишь с большим трудом. Исходной породой в большинстве случаев оказываются дайки диабазовых порфиритов, аналогичные по составу тем, которые устанавливаются в пределах большинства ртутнорудных полей мира, где они являются индикаторами глубинности рудоконтролирующих структур и связываемых с ними источников рудоносных гидротерм. В описываемом случае особенно примечательно чрезвычайно интенсивное избирательное преобразование материала даек (породы, вмещающие их, почти не изменены), происходившее под воздействием термальных вод, двигавшихся вдоль разломов, контролирующих размещение дайковых тел. Источники этих термальных вод размещены или вдоль указанных нарушений, или же на некотором расстоянии от них, где приурочены к трещинам, сопрягающимся с рудоконтролирующими разломами.

Другим примером может служить Палатское флюоритовое месторождение в юго-западной Болгарии, расположенное в районе интенсивного проявления недавней вулканической деятельности. Здесь, вблизи г. Кожухарь, в связи с молодым вулканическим некком функционирует система высокотемпературных источников минерализованных вод. К одному из таких источников структурно тяготеет и описываемое месторождение, представленное несколькими крутопадающими жилами выполнения зияющих трещин, нижние клинообразные части которых, характеризующиеся резкими зальбандами, залегают в древних гнейсах, а верхние,

наиболее разветвленные, — в глинистых породах миоцена. Формирование жил продолжается и в настоящее время, о чем свидетельствует наличие "запечатанных" полостей в центральных частях отдельных жил, выполненных желеобразным кремнеземом. При его раскristаллизации, происходящем после вскрытия полостей буквально "на глазах", образуются, по наблюдениям А.Д. Нечева, В.Э. Пояркова и др. (1965 г.), кожевидные сгустки кремнезема с мелкими кристалликами флюорита и выделениями порошковой киновари. Стенки жил покрыты коркой полосчатого халцедоновидного кварца мощностью до 3 см, на которую нарастают крупные, до 30 см в поперечнике, стяжения лучистого полупрозрачного флюорита, также образовавшегося в итоге раскristаллизации геля.

К этому же типу травертиноподобных клиновидных жил относится и ртутное месторождение **Чжешуйцзин**, расположенное в Юго-Восточном Китае, к северу от г. Гуйян (провинция Гуйчжоу). Оно представлено системой весьма протяженных (многие сотни метров) и иногда исключительно мощных (до первых десятков метров) крутопадающих (до субвертикальных) тел, сложенных на одних участках плотным халцедоновидным, а на других пемзоподобным сетчатым и крупночешуйчатым кварцем. В пустотах кварца, объем которых достигает многих кубических сантиметров, выделяются таблитчатые кристаллики барита и порошковая киноварь. На продолжении разломов, контролирующих размещение указанных жил, размещается группа источников термальных вод сероводородного состава, выделяющих и сейчас аморфный кремнезем, правда, в незначительных количествах. Отметим, что в описываемом районе есть и другие источники горячих вод, но связанные уже с ранее отложенными травертинами покровного типа, развитыми на очень больших площадях и характеризующимися значительными (до первых десятков метров) мощностями. Твердый остаток указанных источников содержит ртуть (до первых сотых долей процента).

Скопления киновари, ассоциирующие с травертинами, известны и для более древних эпох. Так, в Южной Фергане, вдоль зоны регионального Северо-Катранского глубинного разлома, контролирующего распределение ртутно-сурьмяного оруденения в Северной зоне Южно-Ферганского пояса, в сланцах силур-девона распространены тела так называемых "коловоротитов" — скопления ванадиевых и других минералов, содержащихся в небольших выходах черных кремней. Это линзообразные залежи, приуроченные к неоднократно обновлявшимся разломам. Генезис их спорный. Н.М. Синицын считал их кремнистыми метасоматитами, сформировавшимися в результате гидротермального замещения кремнеземом небольших линз известняка. М.Д. Троянову (1961 г.) на примере рудопроявления **Фариш** в Западном Узбекистане удалось достаточно убедительно доказать, что это палеотравертиновые образования, представляющие собой устьевые части древних термальных источников, воды которых были насыщены кремнеземом и содержали, кроме того, ртутные соединения.

Собственно **рудопроявление Фариш** представляет собой небольшой (несколько десятков квадратных метров) изолированный выход черных

кремней микролитовой структуры, содержащих тонкие прожилки и примазки киновари. Выход приурочен к зоне крупного разлома, по которому древние метаморфизованные углисто-глинистые сланцы контактируют с пачкой известняков. В промышленном отношении месторождение особого интереса, по-видимому, не представляет, однако как представитель совершенно необычного для Средней Азии генетического типа ртутнорудных образований оно заслуживает дополнительного изучения. К этому типу, возможно, относятся и другие проявления района.

Во многих ртутнорудных провинциях мира выделяются зоны палеовулканической деятельности, в разрезе отложений которых присутствуют специфические породы кремнистого состава: черные роговоидного облика сланцы со следами слоистости, иногда очень тонкой, или же почти массивные, бесструктурные глинистые сланцы с горизонтами кремней разного цвета, кремнистые туфы и др. Такие породы известны в офиолитовых зонах, где они ассоциируют с серпентинизированными гипербазиитами и часто рассматриваются в качестве метаморфизованных глубоко-водных осадков. Не меньшим развитием они пользуются и в толщах эффузивно-терригенных пород разного возраста.

По мнению многих исследователей, это вулканогенно-осадочные образования — продукт эпигенетической переработки кремнистых вулканических и поствулканических подводных эксгаляций. В таком качестве их можно рассматривать в виде индикаторов поствулканических сульфидных залежей — медноколчеданных, стратиформных полиметаллических и др. Действительно, во многих районах мира (о. Крит, Япония, Закавказье) месторождения этого типа тесно ассоциируют с горизонтами кремнистых пород.

В последнее время накапливаются факты, свидетельствующие в пользу такого предположения и в отношении ртутного оруденения. Так, В.С. Сушенцов в Приамурской ртутноносной зоне выделяет ряд рудных участков с рассеянной ртутной минерализацией в горизонтах кремнистых пород. Содержание ртути в них обычно очень низкое — тысячные, редко до первых сотых долей процента, но тончайшая вкрапленность киновари распространена на больших площадях, тяготея к определенным пластам. Структурный контроль оруденения выражен здесь не столь отчетливо, как это обычно характерно для ртутных месторождений. Отмечаются и тонкие секущие прожилки киновари, но такие ее концентрации могут быть объяснены эпигенетическими преобразованиями. Большая же часть ртути, по В.С. Сушенцову, имеет эксгаляционно-осадочное происхождение.

Подобного типа проявления известны и в других районах мира. В частности, в США одно из таких месторождений (Кловвердейл) успешно разрабатывалось, несмотря на низкое качество руд — среднее содержание ртути в них не превышало 0,03–0,04 %. Это стало возможным вследствие того, что киноварь вместе с диккитом выполняет тончайшие прожилки в кремнистых сланцах. При дроблении и последующем грохочении сланцы раскалываются вдоль систем рудолокализирующих трещин, в результате чего хрупкая киноварь уходит в рудную мелочь, обогащая ее в 5–10 раз

(до 0,3 %). Этот материал идет затем на переработку – для возгонки ртути.

С вулканогенными месторождениями боркутского типа (Закарпатье), связанными со штокверкообразными телами гипабиссальных пород, в чисто структурном отношении можно с некоторой долей условности параллелизовать ртутные и ртутьсодержащие месторождения вулканогенных зон, ассоциирующие с диапировыми структурами. Они наиболее характерны для восточного фланга Магрибской зоны (Северо-Западный Тунис), где часть из них эксплуатируется (месторождение Джебель-Аджа и др.). Здесь, как и на месторождении Боркут, ведущий фактор локализации оруденения – наличие в верхнем структурном ярусе мощной толщи пластичных пород, слабо проницаемых для рудоносных гидротерм. Последние могут поступать к местам разгрузки практически только вдоль зон массового дробления и брекчирования пород, возникающих на крыльях диапировых структур при "протыкании" блоками жестких карбонатных пород мезозоя сверхпластичных глинистых толщ кайнозоя.

Первопричина развития диапировых процессов – текучесть глинисто-эвапоритовых образований пермо-триаса. Эти породы "затекают" вдоль зон дробления, образуя маломощные тектонические пакеты углисто-глинистых сланцев с раздвуми в местах взаимного пересечения разломов нескольких направлений. При наличии куполовидных складок, ядерные части которых сложены известняками и доломитами юры – мела, формируются диапиры изометричной формы или вытянутые вдоль разломов преобладающего направления. Размеры таких диапировых структур от первых сотен до нескольких тысяч метров в поперечнике.

Месторождение Джебель-Аджа входит в состав обособленной рудной зоны, являющейся крайним восточным звеном Магрибского рудного пояса. Оно представлено минерализованными зонами дробления, приуроченными к апикальной части одного из многочисленных здесь известняковых диапиров, "продавливающих" толщу перекрывающих пластичных глинистых сланцев (рис. 58). Киноварь, преимущественно порошокватая, содержится в карбонатном цементе известняково-сланцево-глинистых брекчий, где она тесно ассоциирует с сульфидами свинца и цинка. Содержание ртути невысокое (не больше 0,2 %), причем с глубиной отмечается смена киноварной минерализации галенит-сфалеритовой. Это, а также малая мощность ртутоносных зон (первые метры) и гнездообразный преимущественно характер распределения оруденения, обуславливает небольшие масштабы месторождений, связанных с диапирами Северной Африки. Запасы отдельных месторождений первые десятки – первые сотни тонн металла, что обеспечивает среднегодовую добычу от 4 до 20 т ртути.

В этом же районе Туниса известен еще ряд аналогичных диапировых структур, но преимущественно с полиметаллическим оруденением. Они интенсивно эксплуатируются; годовая добыча свинца на них до 12 тыс. т, цинка до 8 тыс. т. Руды характеризуются повышенным содержанием ртути, главным образом за счет сфалерита, содержащего до первых сотых долей процента ртути, а в промышленном концентрате – иногда до первых де-

сятых долей процента. Это означает, что попутно из полиметаллических концентратов может извлекаться количество ртути, соизмеримое с добываемым на единственном собственном ртутном эксплуатирующемся месторождении Туниса Джебель-Аджа.

Содержание ртути достигает максимума в комплексных свинцово-цинковых медьсодержащих месторождениях, где помимо галенита и сфалерита широко распространены блеклые руды как тетраэдритового, так и теннантитового рядов. При окислении последних часто образуются заметные скопления вторичной порошковой кицовари.

В последние годы в диапировых структурах Туниса выявлены ртутные месторождения и несколько иного типа: секущие тела и согласные залежи в карбонатных породах диапирового ядра, правда, расположенные вблизи тектонического контакта с прорываемыми аргиллитами, игравшими роль экрана для рудоносных растворов. О поствулканической природе последних свидетельствует связь ртутно-сурьмяно-полиметаллических месторождений этого района с региональными глубинными разломами, вдоль которых размещаются многочисленные источники термальных вод (Г.С. Станишева, Л.П. Василев и др.).

Как отмечалось, в Донбассе известны проявления ртутного оруденения, локализующегося в краевых зонах соляных штоков — диапировых структур, во многом напоминающих описываемые образования Северо-Западного Туниса. Возможно, их можно было бы, вслед за И.П. Кушнareвым, выделить в самостоятельную структурно-морфогенетическую группу, однако данных для этого пока недостаточно — изучение месторождений этого типа еще продолжается.

Обособленное место в рассматриваемом подклассе занимают несколь-

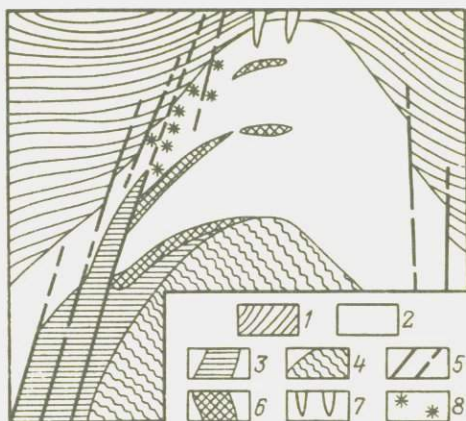


Рис. 58. Принципиальная позиция ртутных и ртутно-полиметаллических месторождений и рудопроявлений Северо-Западного Туниса, связанных с диапировыми структурами (Джебель-Аджа и Узд-Маден, сводный обобщенный разрез), по А. Николини, Г.С. и Л.П. Василевым, 1980 г. и др.

1 — алевролиты мезо-кайнозой; 2 — толщина карбонатных пород мезозоя; 3 — пластичные красные сланцы, черные сланцы и эвапориты пермо-триаса, выполняющие диапировые тектонические клинья на крыльях диапирового купола; 4 — метаморфические породы палеозоя; 5 — разломы; 6 — внутриформационные стратиформные залежи свинцово-цинковых руд; 7 — баритовые жилы с ртутьсодержащим полиметаллическим оруденением; 8 — ртутнорудные гнезда в секущих зонах дробления

ко необычные месторождения и проявления ртути, связанные с грязевыми вулканами. Их природа может трактоваться по-разному. С одной стороны, наличие мелких кристалликов киновари в глинистых выбросах грязевых вулканов, установленное В.И. Морозовым в районе г. Керчь и В.С. Рождественским на о. Сахалине, может быть объяснено с позиций "ртутного дыхания" земли, когда пары ртути, поступающие с больших глубин, мигрируют вместе с нефте- и газовыми составляющими (Н.А. Озерова). Эта ртуть, вступая в соединение с сероводородом, не только образует "грязевую" киноварь, но и формирует значительные ореолы рассеяния вокруг изучавшихся вулканов, в том числе и атмосферические. С другой стороны, жерла грязевых вулканов, корневые части которых достигают иногда значительных глубин (3–5 км и более), могут служить выводными каналами как для ювенильных рудогенерирующих гидротерм, так и для минерализованных вод термальных источников различного генезиса.

Месторождение Перевальное на Западном Кавказе [19, 30], открытое в 1959 г. и в течение короткого времени разведанное (К.В. Платонов, Н.А. Терентенко, А.В. Нетреба, В.А. Терентьев и др.), связано, по-видимому, с подобного типа палеогрязевулканической структурой. Оно представлено единственным рудным телом изометричной формы, приуроченным к зоне пересечения двух разломов, расчленяющих толщу однородных глин и песчаников мелового флиша. Оруденелы необычные конглобрекции, сложенные полуокатанными разновеликими обломками как вмещающих пород, так и подстилающих более древних комплексов юры — мела. Цемент брекчии карбонатно-глинистый, перетертый. Киноварь (местами отмечаются довольно богатые ее обособления — до сплошных гнезд) выделяется в цементирующей массе, ассоциируя с диккитом. С глубиной воронкообразное рудное тело выклинивается, хотя рудовмещающие брекчии с редкой вкрапленностью киновари и пирита прослеживаются и глубже. Наиболее богатые гнезда в массе конглобрекций локализованы под местными экранами — притертыми плоскостями пологих трещин, сопрягающихся с крутопадающими разломами (рис. 59).

В районе развития грязевых вулканов на п-ове Челекен известны современные источники, а также бассейны минерализованных подземных термальных вод, содержащих соединения тяжелых металлов, и в том числе ртути. Особенно большие концентрации характерны для свинца: в приустьевых частях глубоких скважин, вскрывающих такой подземный бассейн, происходит современное отложение заметных количеств самородного свинца и других его соединений, а также ртути. Это, по существу, действующая модель современного эндогенного телетермального рудообразования. Она детально охарактеризована в работах А.М. Лебедева и др. Н.А. Озерова, изучавшая отложения челекенских скважин с точки зрения их ртутоносности, пришла к выводу, что ртуть, содержащаяся в термальных водах, осаждается сразу же у устья скважины, на расстоянии не более первых десятков метров.

Это заключение об ограниченной транспортабельности ртути и ее соединений в поверхностных водах находится в полном соответствии с данными наблюдений Э.Х. Бейли (1974 г.) над термальными источниками

Калифорнии и результатами изучения Д.С. Мукимовой рудничных вод и источников ряда ртутнорудных полей Средней Азии. Д.С. Мукимова доказала, что перенос ртути в поверхностных водах зависит от состава пород, по которым протекают рудничные воды и воды холодных источников. В условиях карбонатной среды ртуть не осаждается на протяжении многих сотен и даже первых тысяч метров, тогда как в случае алюмосиликатных пород она выделяется, например, из рудничных вод почти сразу же у выхода их из штольни, адсорбируясь при обилии свободного кислорода глинистыми частицами (по-видимому, именно этой геохимической особенностью ртути объясняется столь широкое ее рассеяние в толщах, рудовмещающих карбонатных пород, что отмечалось при описании ртутных месторождений Средней Азии).

Во всех перечисленных случаях формирование ртутных месторождений происходило в парагенетической связи с ныне действующими поствулканическими термальными источниками, однако нельзя сказать с уверенностью, что воды именно этих источников отлагали киноварь и другие ртутьсодержащие минералы (сфалерит, барит и др.). Скорее всего современные источники — всего лишь дальние отголоски более интенсивной рудообразующей деятельности. Наряду с этим выделяется специфическая группа месторождений, где связь ртутного оруденения с поствулканическими растворами является более непосредственной. Это высокотемпературные (пневматолитоподобные) месторождения алунино-опалитового и относительно низкотемпературные месторождения травертинового типов, образующиеся при участии поствулканических источников, функционирующих в настоящее время.

Пневматолитоподобные месторождения ртути формируются при участии высокотемпературных газово-жидких эманаций, непосредственно связанных с вулканическими очагами и иногда ими же генерируемых [15, 19]. Воздействию таких эманаций чаще всего подвергаются кислые эффузивы и их туфы, а также переслаивающиеся с ними терригенные породы (сланцы и песчаники). В случае сероводородного состава эманаций образуются выдержанные залежи алуниновых руд, при отсутствии серы — существенно кремнистые метасоматиты. Промежуточное положение занимают метасоматиты сложного состава с диаспором, агальматолитом и др.

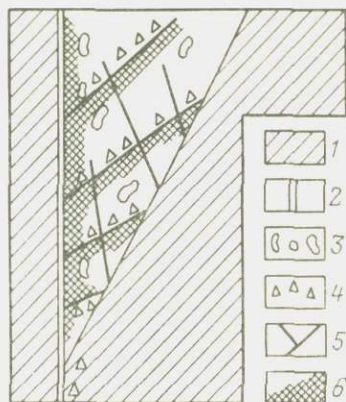


Рис. 59. Принципиальная структурная схема месторождения Перевального (разрез), по А.В. Петребе, Н.А. Терентенко и др., 1968 г.

1 - алевролиты мела; 2 - глубинный разлом; 3 - конглобракция, выполняющая жерловую часть грязевого вулкана; 4 - зоны брекчирования; 5 - рудолокализирующие трещины; 6 - богатые рудные гнезда

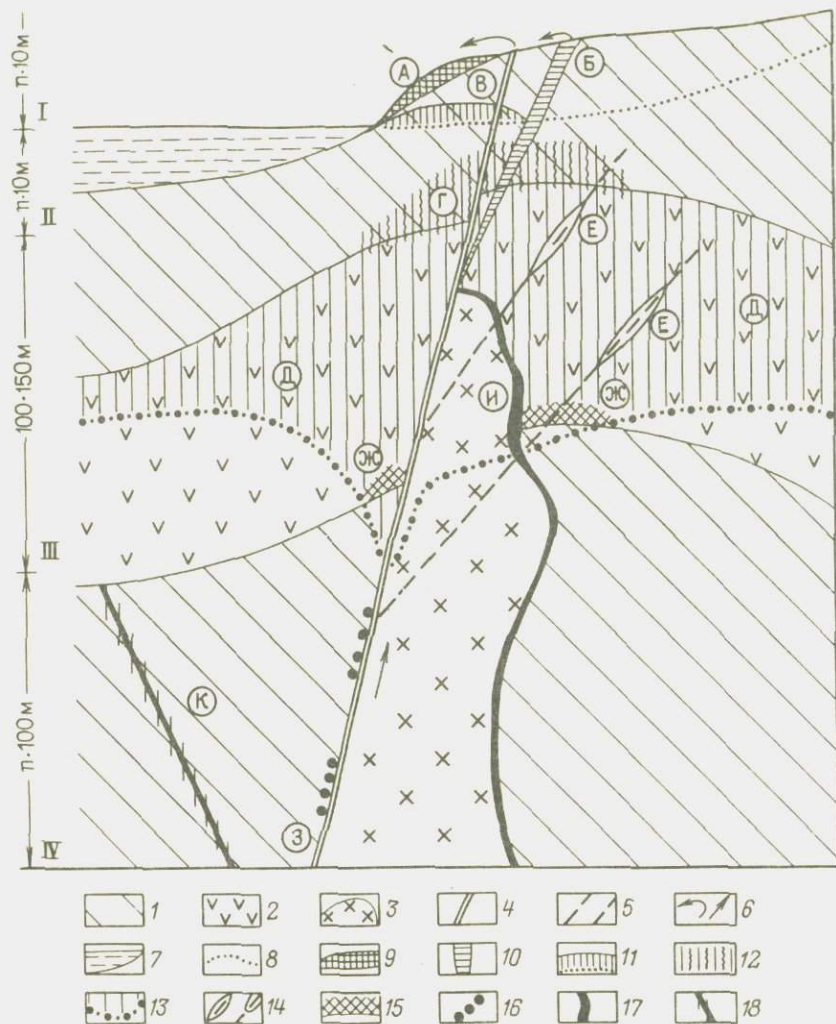


Рис. 60. Обобщенный разрез, характеризующий геолого-структурные особенности локализации вулканогенных ртутных месторождений алуנית-опалитового и травертинового типов (на примере месторождений Сульфур-Бэнк, Чемпура, Аксагата и др.).

1-3 - вмещающие породы: 1 - сланцы, 2 - эффузивы, 3 - штоки гипабиссальных изверженных пород; 4 - основной рудовыводящий разлом; 5 - оперяющие рудо-локализирующие трещины; 6 - пути движения рудогенерирующих гидротерм, в том числе современных ртутьсодержащих термальных вод; 7 - озеро; 8 - уровень грунтовых вод; 9-18 - ведущие структурно-морфологические типы рудных тел: 9 - поверхностные залежи современных ртутьсодержащих травертинов (А), 10 - рудоносные травертины, выполняющие полости зияющих трещин (Б), 11 - залежи серноколчедановых руд, сформировавшиеся в зоне окисления (В), 12 - грибообразные залежи опалитовых руд в сланцах и эффузивах (Г), 13-15 - ртутная минерализация в алунитизированных каолинизированных и диаспоризированных эффузивах (13 -

Процесс обычно сопровождается выщелачиванием всех компонентов, кроме кремнезема: последний переотлагается в виде опал-халцедоно-видных образований, получивших название опалитов. В отдельных случаях может преобладать процесс аргиллизации исходных пород алюмосиликатного состава с образованием, с одной стороны, диккита, а с другой — каолинита, монтмориллонита, галлуазита и др. В итоге формируются приповерхностные грибообразные залежи рыхлых каолиноподобных масс, практически без каких-либо видимых признаков исходных пород. Ртутное оруденение накладывается на поствулканические метасоматиты, образуя гнезда, залежи и рудные столбы (рис. 60).

Месторождения алунит-опалитового типа

В качестве примера ртутных проявлений собственно алунитового типа охарактеризуем рудный узел Аксагата в Приташкентском районе, детально описанный В.П. Борискиным. В этом районе широким распространением пользуются верхнепалеозойские кислые и средние эффузивы, ассоциирующие с многочисленными субвулканическими телами (некками и штоками андезитового состава) и более сложными вулканическими постройками (разнообразные палеокальдерные структуры, сопровождающиеся системами кольцевых и радиальных даек). Некоторые вулкано-структуры были центрами интенсивной поствулканической эманационно-гидротермальной деятельности, проявившейся в формировании обширных полей алунитизации (месторождения Аксагата, Гушсай, Акташ и др.). Ртутное оруденение зафиксировано визуально только на месторождении Аксагата, где киноварь образует тончайшие прожилки как в массе сливного полупрозрачного мономинерального алунита, так и в диаспор-агальматолит-диккит-каолинитовых образованиях. Принципиальная схема строения месторождений описываемого типа показана на рис. 60.

Ртутные проявления с видимой киноварью сопровождаются обширными ореолами гипогенного рассеяния ртути, однако они в большинстве случаев имеют явно наложенный характер — тяготеют к зонам дробления. С другой стороны, наличие участков, где алунит содержит равномерно рассеянную мелчайшую вкрапленность киновари, а также отсутствие парагенетической связи ее с какими-либо жильными минералами наводит на мысль о близкоодновременном отложении алунита и киновари, возможно, из летучих составляющих, где ртуть находилась в паробразном виде.

К такому же заключению приводит детальный анализ (проводился с использованием электронного микроскопа и микрозонда) условий выде-

зоны рассеянной минерализации — Д, 14 — маломощные секущие жилы — Е, 15 — небольшие линзообразные залежи — Ж), 16 — рассеянная ртутная минерализация вдоль рудоподводящего канала ниже зоны алунитизации (З), 17 — контактовые залежи (И), 18 — зоны развития ртутных руд кварц-диккитового типа в нижнем "термодинамическом ярусе" (К).

1. IV — интервалы, отражающие элементы вертикальной зональности и предопределяющие возможную очередность проведения разведочных работ

ления киновари в образцах алунита из ртутьсодержащих месторождений Северо-Востока СССР. По П.В. Бабкину, их геологическая позиция аналогична охарактеризованной для месторождений Приташкентского района, однако киноварь распределена в алунитах более равномерно, вплоть до того что за счет мельчайшей вкрапленности киновари, рассредоточенной среди агрегатов лучистых кристаллов алунита, отдельные полупрозрачные его образцы оказываются окрашенными в розовый цвет различной интенсивности.

В Береговско-Беганьковской группе месторождений алунит-полиметаллических руд в Закарпатье киноварь встречается в виде редкой спорадической вкрапленности и единичных нитеобразных прожилков. Многочисленные проявления ртутьсодержащих алунитовых руд известны в Северной Америке и других ртутнорудных провинциях мира. Однако самостоятельных месторождений ртути, связанных с алунитами и имеющих промышленное значение, пока не обнаружено. Тем не менее ртутные проявления алунитового типа заслуживают внимания в качестве возможного источника попутной ртути при переработке комплексных алунитовых руд, служащих сырьем для получения глинозема, серной кислоты и калийных удобрений. Ртуть при этом должна извлекаться и во избежание возможного загрязнения токсичными ее соединениями, в первую очередь метиловой ртутью отдельных промпродуктов, а также окружающей среды.

Во всех перечисленных случаях алунит относится к первичным образованиям. Однако на ряде месторождений известны заметные скопления алунита, имеющие вторичное происхождение. Такой алунит формируется обычно в надрудных сланцах в результате воздействия на них серной кислоты, освобождающейся при окислении сульфидных минералов — как основных рудных, так и ассоциирующего с ними пирита, часто весьма обильного. Залежи вторичного алунита достигают иногда значительных размеров (до многих десятков метров по мощности). Известны случаи (сурьмяное месторождение Айн-Керма в Северном Алжире) успешной их разработки для использования, например, в керамической промышленности (изготовление глазури).

Месторождения ртути опалитового типа особенно широко распространены в Северной Америке, откуда по названию месторождения Опалит в шт. Орегон и произошло наименование этого типа. Это приповерхностные залежи грибообразной формы, сформировавшиеся под влиянием уже остывающих, но еще достаточно горячих (до 300 °С) поствулканических эманаций — газово-жидких растворов относительно простого состава. Под их воздействием происходит выщелачивание большей части компонентов пород алюмосиликатного состава и обогащение их нерастворимого остатка гелеобразным кремнеземом.

По Э.Х. Бейли (1972 г.), типичная опалитовая залежь представляет собой куполообразное возвышение площадью в несколько тысяч — десятков тысяч квадратных метров, сложенное в различной степени измененными эффузивами, туфами и сланцами. Верхнюю ее часть "бронирует" маломощная (до нескольких десятков дециметров) корка черного с поверхности халцедоновидного кварцита; ниже располагается относительно

рыхлая масса белесых каолинитизированных, иногда с лимонитом, пород, среди которых выделяются линзы, прожилки и неправильной формы образования почти чистого опалита. Максимальной мощности зоны ртутной минерализации достигают в центральных частях залежей, образуя своеобразную "ножку" и придавая ей грибообразную форму.

Киноварь в виде порошковидных скоплений концентрируется обычно в верхних частях таких залежей — непосредственно под коркой черного безрудного халцедоновидного кварца. Последнее обстоятельство до недавнего времени затрудняло поиски ртутных месторождений опалитового типа, так как геохимическое опробование поверхности выходов не позволяло выявить четких первичных аномалий ртути, а порошковатый характер киновари не способствовал образованию вторичных ореолов ее рассеяния, которые могли бы фиксироваться при штиховом опробовании. Сейчас же разработана достаточно надежная система поисковых критериев обнаружения месторождений данного типа, базирующаяся как на охарактеризованных особенностях их геологического строения, так и на четко фиксирующейся связи опалитовых залежей с современными термальными источниками. Их воды содержат повышенное количество ртути, а в твердых осадках таких источников ее концентрация достигает сотых долей процента, что позволяет иногда обнаруживать и самостоятельные выделения киновари в виде единичных зерен в рыхлом осадке приустевших частей источников.

Промышленное значение ртутных месторождений опалитового типа несомненно. Несмотря на относительно низкие содержания металла в рудах (обычно около 0,1 %) и небольшие запасы каждой отдельно взятой рудной залежи (от первых десятков тонн до 200 т), они могут с успехом обрабатываться открытым способом с применением передвижных металлургических установок для ее обжига.

Месторождения опалит-аргиллитового типа

Наиболее известное месторождение этого типа — Опалит, разрабатывавшееся в 1926–1943 гг. На глубине около 60 м от дневной поверхности грибообразная залежь опалитовых руд практически выклинивалась, и поэтому эксплуатация месторождения была прекращена. Всего на нем было добыто около 430 т металла в рудах, содержавших в среднем 0,22 % ртути (в обогащенных гнездах — до 3,7 %). На соседнем, во многом аналогичном месторождении Бретц с 1930 по 1965 г. из таких же примерно руд было выплавлено 510 т металла. В процессе эксплуатации обратили внимание на то, что в нижних частях отработанного карьера месторождения Опалит остались маломощные прожилки киновари, приуроченные к зоне крутопадающего разлома. Это послужило основанием для переоценки других рудопроявлений района. Так, при последующей разведке рудопроявлений района Кордеро было установлено, что такие прожилки представляют собой своеобразную структурную "ножку" рудного "гриба", верхнюю часть которого составляет опалитовая залежь. Прослеживание ее на глубину позволило под "мертвой" зоной мощностью 60–

120 м вскрыть новое слепое рудное тело, названное **месторождением Кордеро**, которое обрабатывалось в 1941–1965 гг. Добыча велась до глубины 250 м, то есть до выклинивания основного рудного столба. Здесь было добыто около 3300 т металла (содержание в среднем от 0,2 до 0,8 %). Отработанное рудное тело представляло собой крутопадающий столб с максимальным сечением в средней части до 500 м².

Руды сложены массивной и мелкокристаллической киноварью, локализующейся в цементе глинистой брекчии, где она ассоциирует в основном с диккитом. Интересно отметить, что до глубины почти 300 м наряду с сульфидными устанавливаются оксидные и оксихлоридные соединения ртути, что многие исследователи связывают со значительной степенью окисления руд нисходящими вадозными водами (вдоль разломов). Скважинами, однако, на нижних горизонтах месторождения были вскрыты термальные воды, что дает основание для вывода о первичной природе этих минеральных образований.

Таким образом, месторождения Опалит, Бретц и Кордеро можно рассматривать в качестве самостоятельных рудных залежей единой многоярусной рудолокализирующей системы. Не исключена, однако, по мнению Е.Х. Бейли (1975 г.), возможность, что кроме двух уже выявленных рудных ярусов на глубине будет вскрыт и третий, но уже в другой геологической обстановке. Наблюдаются резкие различия условий рудолокализации и минеральных типов описанных рудных залежей: в первом случае мы имеем дело с четко выраженным опалитовым, во втором – скорее с кварц-диккитовыми типами ртутных месторождений, иначе говоря, с глубиной типично вулканогенное месторождение становится теле-термальноподобным.

В конце 60-х годов в районе месторождения Опалит после длительного перерыва были возобновлены поисково-разведочные работы, которые привели к принципиально новому открытию в ртутной геологии – выявлению **месторождения Макдермит** (шт. Невада), в значительной части сложенного рудами ранее неизвестного типа – оксихлоридными. Основным носителем ртути оказался новый ртутный минерал кордероит (назван так по месторождению Кордеро) – $\text{Hg}_3\text{S}_2\text{Cl}_2$, то есть сульфид ртути, в котором часть атомов серы замещается хлором. Позже на месторождении Макдермит были диагностированы новые ртутные минералы подобного типа (макдермитит и другие), а также известные ранее, но достаточно редко встречающиеся минералы – эггестонит и др.

Месторождение Макдермит представлено пологой залежью киноварно-кордероит-макдермититовых руд, локализующейся в молодых глинистых отложениях, выполняющих впадину небольшого озера (рис. 61). Озерные осадки подверглись интенсивному изменению: они осветлены в результате развития процессов каолинитизации и монтмориллонитизации, а отдельные их слои превращены в опалитоподобные образования. Рудные минералы связаны преимущественно с аргиллизированными разностями пород: последние местами густо пропитаны мельчайшей вкрапленностью порошковой и тонкокристаллической киновари и более крупными выделения-

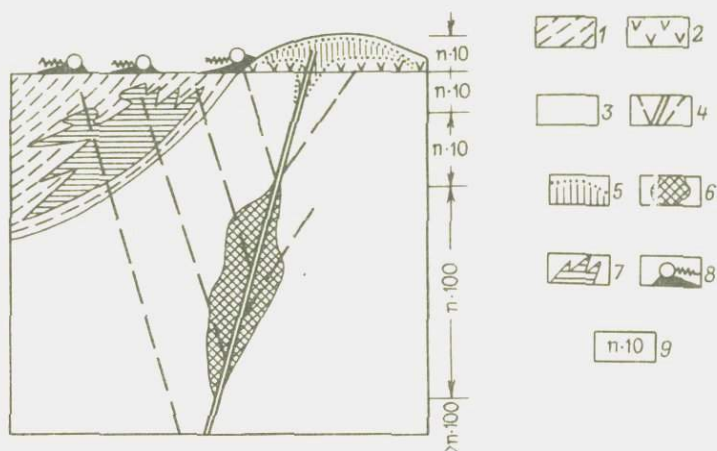


Рис. 61. Принципиальная схема структурно-генетических взаимоотношений ртутных месторождений кальдеры Макдермит (совмещенный разрез), по Е.Х. Бейли, 1975 г.

1 – молодые осадки озерной котловины; 2 – неогеновые кислые эффузивы и их туфы; 3 – мезо-кайнозойские сланцы и эффузивы; 4 – крупные рудоподводящие разломы и оперяющие их рудораспределяющие дизъюнктивы; 5 – грибообразные залежи месторождения Опалит; 6 – секущие тела месторождения Кордеро; 7 – согласные залежи месторождения Макдермит; 8 – термальные источники и отлагаемые ими травертины; 9 – вертикальный размах отложения ртутных руд различных структурно-морфогенетических типов (в метрах)

ми кордерита и сопутствующего ему макдермитита. Площадь основной рудной залежи несколько десятков тысяч квадратных метров, максимальная мощность рудных залежей 20 м (вблизи рудоподводящих трещин). Среднее содержание ртути около 0,6 %. Общие запасы месторождения оцениваются ориентировочно в 20 тыс. т металла.

Возможность разработки выявленной залежи открытым способом, ее компактность и высокое качество руд способствовали ускоренному промышленному освоению месторождения (в настоящее время оно ежегодно дает от 800 до 1000 т металла). В связи с этим отметим, что общие разведанные запасы ртути в США (в кондиционных при современной конъюнктуре рудах) определены в 17 тыс. т – то есть все они приходятся практически на одно лишь месторождение Макдермит. Всего в США (Ртутный потенциал . . . , 1964 г.) зафиксировано 1006 месторождений и проявлений ртути, из них в годы "ртутного бума" эксплуатировалось до 250 объектов, дававших в сумме до 1200–1600 т металла. В периоды спада на ртутном рынке число действовавших рудников сокращалось до 10–12 и даже 6–8, а во время экономической депрессии середины 70-х годов добыча ртути в США и вовсе была прекращена. Сказанным определяется промышленная значимость месторождения Макдермит,

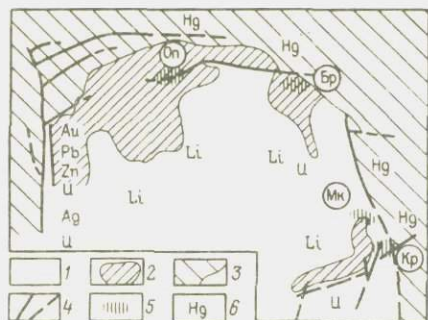


Рис. 62. Структурная схема северной части кальдеры Кордеро, по Э.Л. Фиску, 1973 г.; Р.К. Гланзману, 1978 г. и др.

1 – миоценовые озерные осадки и вулканогенные туфы, выполняющие кальдеру; 2 – третичные эффузивы периферических зон кальдеры; 3 – миоценовые эффузивы; 4 – разломы; 5 – ртутно-рудные зоны и месторождения: Оп – Опалит, Бр – Бретц, Мк – Макдермит, Кр – Кордеро; 6 – разномасштабные проявления ртути, золота, серебра, свинца, цинка, урана (в периферических частях кальдеры в связи с разломами) и лития (в туффидах центральной части кальдеры)

несмотря на то что оно относится к ранее неизвестному генетическому и промышленному типу.

Главный рудный минерал – кордероит – представлен агрегатами беловато-серых полупрозрачных кристаллов и тонких зерен, насыщающих рыхлую массу рудовмещающих пород. На солнечном свете минерал быстро чернеет, разлагаясь с выделением мельчайших капелек самородной ртути. Кордероит на месторождении, несомненно, гипогенный: он тесно ассоциирует с киноварью и не обнаруживает признаков замещения или разложения. Образование этого минерала следует, по-видимому, связывать с термальными источниками, выходы которых расположены как в пределах самого месторождения Макдермит, так и в непосредственной близости от него. Отложение кордероита происходило в условиях дефицита серы и избытка хлоридных соединений.

В течение многих десятилетий господствовало представление о том, что ртуть транспортируется в слабощелочных растворах в виде сложных сульфидных комплексов. Это не противоречит наблюдениям над условиями формирования большинства ртутных месторождений мира. Однако в последнее время опытами И.Л. Ходаковского, Б.О. Манучарянца, М.Я. Поповой, Н.Д. Шикиной и др. было убедительно доказано, что ртуть в гидротермах может переноситься и в виде хлоридных соединений слабокислыми растворами. Именно эта модель применима, по-видимому, и для месторождений Макдермит, а также Хаммам Н'Байль.

Месторождения Опалит, Бретц, Кордеро и Макдермит входят в состав единого рудного поля, связанного с многочисленными выходами поствулканических термальных источников. Последние следует рассматривать в качестве производных единого магматического очага, приповерхностным выражением которого является крупная вулканоструктура – кальдера Кордеро. Эта структура имеет овальную в плане форму с сечением в поперечнике 80x50 км (рис. 62). Центральная часть кальдеры заполнена молодыми субгоризонтально залегающими осадками: глинами и разнообразными туфами с прослоями более грубообломочных пород и линзами травертинового известняка. Периферические ее части сложены кислыми

и средними эффузивами и их туфами, а также сланцами и песчаниками, рассекающимися системами малоамплитудных разноориентированных разломов. Часть из них играла роль выводных каналов для вулканического расплава и постэффузивных газовой-жидких эманаций и растворов, в том числе и рудоносных.

Породы, слагающие краевые части описываемой вулканоструктуры, интенсивно аргиллизированы. С поствулканическими метасоматитами связаны многочисленные проявления разнотипного оруденения. В совокупности они образуют замкнутую рудоносную зону, опоясывающую кальдеру. В северной ее части преобладают ртутные рудопроявления, а в остальных сегментах зоны зафиксированы проявления золото-серебряного, полиметаллического и уранового оруденения.

Тонкообломочные осветленные туфы, выделяющиеся в толще терригенно-эффузивных осадков центральной части кальдеры, обогащены редкими щелочами, в первую очередь литием. На отдельных участках содержание оксида лития достигает кондиционных значений (0,5–1 % и более), что позволяет говорить о самостоятельном промышленном значении подобного типа согласных пластообразных залежей. Это – новый тип редкометалльных месторождений, представляющих интерес как объекты для добычи не только лития, но и цезия и рубидия. Их можно считать эффузивно-осадочными образованиями, однако связь обогащенных участков с системами косых секущих разломов и то, что основные минералы-носители редких щелочей – литиевые слюдки – имеют явно гидротермальное (среднетемпературное) происхождение, служат вескими доводами в пользу гидротермальной гипотезы формирования месторождений этого типа.

Подобные объекты сейчас известны и в других районах мира, однако только на примере описываемой кальдеры можно видеть столь отчетливую пространственно-структурную и генетическую связь вулканогенного ртутного оруденения с золото-серебро-полиметаллическим, урановым и щелочно-редкометалльным, с одной стороны, и с молодыми вулканоструктурами и сопровождающими их термальными источниками – с другой. Это требует комплексного подхода к оценке перспектив ртутных проявлений вулканогенного типа, развитых в областях современной или недавней вулканической деятельности.

На территории Советского Союза к проявлениям опалит-аргиллитового типа близки месторождения Чемпура на Камчатке и Пламенное на Чукотке.

Месторождение Чемпура представлено обширным полем интенсивно пропилизитированных пород – молодых кислых эффузивов, туфов и глинистых сланцев, развитых в центральной части п-ова Камчатка (Г.М. Власов, М.М. Василевский, И.Н. Титов, Т.В. Тарасенко, А.Г. Милютин и др.). Сольфатарная деятельность проявилась в массовом обелении пород и превращении их местами в каолиновую сыпучку, иногда скрепленную халцедоновидным материалом. Жило- и линзообразные тела киноварных руд отмечены на нескольких участках месторождения. Форма их весьма причудливая, и с глубиной они быстро выклиниваются.



Рис. 63. Принципиальная структурная схема месторождения Пламенное (обобщенный разрез), по В.И. Копытину, П.В. Бабкину и др., 1972 г.

1 – мелкопорфировые андезитодациты надрудной толщи; 2 – крупнопорфировые андезитодациты – основной рудоносный горизонт; 3 – породы подстилающей терригенно-эффузивной толщи; 4 – разломы разного масштаба; 5 – интрузивные тела среднего состава; 6 – зоны “скрытой” аргиллизации; 7 – зоны “проявленной” аргиллизации, лимонитизации и ферберитизации (вторичные изменения окolorудных метасоматитов в зоне гипергенеза); 8 – останец согласной рудной залежи в интенсивно аргиллизированных крупнопорфировых андезитодацитах; 9 – делювиальная рудная россыпь

Распределение оруденения крайне неравномерное: богатые гнезда киновари размером в первые кубические дециметры сразу же переходят в бедные ореолы, представленные ее мельчайшей вкрапленностью.

Месторождение Пламенное

приурочено к зоне крупного разлома, пересекающего полого залегающую толщу мелко- и крупнопорфировых дацитов, переслаивающихся с туфами и сланцами [1]. Вдоль разлома развиты и гипабиссальные разности пород – небольшие штоки и дайки разного состава. Для месторождения характерна исключительная интенсивность проявления процессов гидротермального (при участии высокотемпературных поствулканических эманаций и растворов) изменения рудовмещающих пород. В приповерхностных условиях последние подвергаются экзогенному выщелачиванию с образованием каолиноподобных сыпучек, местами пропитанных окислами железа (выделяются при разрушении гидротермальных гематита и пирита) и содержащих заметные скопления обычно неустойчивого гипергенного минерала фиброферрита (в условиях вечной мерзлоты он как бы консервируется).

Процессы вторичной аргиллизации и лимонитизации гидротермально измененных пород месторождения Пламенное проявились настолько широко, что вдоль рудоконтролирующего Пегтымельского разлома на протяжении многих десятков километров можно наблюдать цепь невысоких сопок, окрашенных попеременно то в светло-серый, почти белый, то в желто-оранжевый цвет. Этот пейзаж весьма эффектно выглядит в лучах незаходящего летнего солнца – по-видимому, из-за яркого желто-оранжевого цвета отдельных сопок месторождение и названо было “Пламенным”.

Собственно месторождение представляет собой своеобразную “нашлепку” сохранившейся от эрозии части рудоносного горизонта андезитодацитов (рис. 63). Это нацело переработанная порода, от исходного сос-

тава которой сохранились местами лишь порфиридные выделения кварца, погруженные в каолиноподобную массу, скрепленную халцедоновидным кварцем, пропитанную мельчайшей вкрапленностью светлой ало-красной киновари, придающей породе розоватую, а местами до светло-красную окраску. В подстилающие более плотные мелкопорфировые дациты оруденение практически не распространяется — отмечается наличие лишь небольших рудных проводников, представленных системой тонких прожилков киновари в осветленных породах. Бурением установлено, что признаки рудной минерализации в виде единичной вкрапленности киновари и ассоциирующего с ней антимонита (короткие игольчатые кристаллики) прослеживаются вдоль крутопадающей зоны разлома на глубину свыше 200 м. Это дает основания для прогнозирования скрытого ртутного оруденения как на глубину, так и на флангах рудоносной зоны вдоль протяженного Пегтымельского рудоконтролирующего разлома и опирающихся его нарушений.

Следует отметить, что основная рудная залежь Пламенного месторождения локализуется на некотором удалении от рудоконтролирующего разлома, причем не в зоне наиболее интенсивного изменения пород, а у внешней его границы, вблизи слабо осветленных дацитов. Подчеркнем, что эти две особенности ртутных месторождений — расположение на каком-то оптимальном расстоянии от основного рудоподводящего канала и столь же оптимальная позиция в отношении зон максимального гидротермального метаморфизма рудовмещающих пород — с удивительным постоянством прослеживаются на примере практически всех промышленных типов ртутных месторождений. Это важный поисково-оценочный признак, позволяющий более уверенно прогнозировать геолого-структурные позиции, благоприятные для поисков новых рудных залежей.

Месторождение Пламенное в значительной части отработано. До 30 % его запасов было заключено в делювиальной россыпи, которая представляла собой свал разновеликих обломков руды, по составу аналогичной разведанной в коренном выходе. По качеству россыпные руды лишь немногим уступали коренным (за счет некоторого разубоживания рудной массы обломками пустых пород). Объясняется это структурно-текстурными свойствами руд, представленных мельчайшей вкрапленностью киновари, включенной в общую массу породы. Таким образом, при разрушении рудных выходов выкрашивания киновари из породы не происходило. В условиях арктического климата практически не было и выщелачивания ее поверхностными водами.

Пламенное — одно из двух (второе — месторождение Карасу в Западном Узбекистане) наиболее известных ртутных месторождений СССР, где в значительных количествах были установлены вторичные минералы ртути: каломель, эггестонит и др. По мнению П.В. Бабкина [1], их "консервация" в зоне окисления обуславливалась специфическими особенностями полярного выветривания, происходившего в значительной степени в результате физического разрушения рудовмещающих пород.

К необычным ртутным месторождениям вулканогенного класса относится месторождение Итомука в Японии. В этой стране известно не-

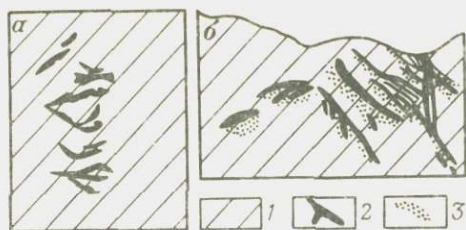


Рис. 64. Схема расположения рудных жил месторождения Итомука.

a – план, *б* – разрез.

1 – измененные глинистые сланцы и эффузивы; *2* – богатые рудные жилы; *3* – интенсивно каолинизированные породы лежащего бока жил, пропитанные самородной ртутью и содержащие мелкую вкрапленность киновари

сколько десятков ртутных месторождений, из которых большая часть принадлежит к типично вулканогенным. Они обнаруживают тесные геолого-структурную и парагенетическую связи с молодыми вулканоструктурами и ассоциирующими с ними термальными источниками. Месторождение Итомука характеризуется несколько иной геологической позицией, будучи приуроченным к толще литологически однородных глинистых сланцев. Представлено оно (рис. 64) системой пологих и более крутопадающих жил, кулисообразно примыкающих друг к другу и довольно быстро выклинивающихся с глубиной. Часть жил не имеет выхода на дневную поверхность. Мощность жил до 2 м, по простиранию они прослеживаются на первые сотни метров и на столько же некоторые из них разведаны на глубину (в большей части отработаны). Добыча ртути на этом месторождении в 1944 г. достигла 245 т, а общие масштабы его оцениваются ориентировочно в 1,5–2 тыс. т.

Самое примечательное на месторождении Итомука – вещественный состав руд. Они более чем на 70 % представлены самородной ртутью, в виде мельчайших капелек пропитывающей массу рудовмещающей породы – перетертых и интенсивно аргиллизированных глинистых сланцев. Остальная часть руды сложена мелкокристаллической и порошковой киноварью, ассоциирующей с глинистыми минералами, карбонатами и кварцем. Признаков выщелачивания киновари не установлено, нет здесь и типичных супергенных жильных минералов. Это свидетельствует о гипогенной природе самородной ртути. Необычный состав руд месторождения Итомука потребовал разработки особых методов их обогащения: оно осуществляется флотацией с использованием специально подобранных флотореагентов.

Месторождение Итомука было открыто в 1936 г. совершенно случайно. После тайфуна, “содравшего” слой почвы, в углублениях коренных пород обнажились озера самородной ртути. Отсюда можно сделать важный поисково-оценочный вывод – не являются ли находки самородной ртути, о которых иногда сообщается в заявках энтузиастов-краеведов, признаками подобного типа месторождения.

Здесь, пожалуй, уместно подытожить сложившиеся к настоящему времени представления о генезисе самородной ртути. В тех или иных количествах, обычно очень небольших (единичные спорадические капельки и пленки), самородная ртуть фиксировалась практически на всех ртутных и ртутьсодержащих месторождениях мира. В большинстве случа-

ев она образуется на верхних горизонтах месторождений в результате окисления киновари. При этом можно наблюдать пустоты выщелачивания ее единичных вкрапленников, на стенках которых сохранились остатки кристаллической киновари, покрытые капельками и пленками самородной ртути, местами кристалликами самородной серы и иногда небольшими кристаллами и рыхлыми выделениями вторичных оксидных и оксихлоридных минералов ртути — каломели, эггестонита и др., а также переотложенной порошковатой киноварью. В этих случаях самородная ртуть бесспорно гипергенная.

Вдоль зон крутопадающих разломов поверхностные воды, обогащенные кислородом, могут проникать на сотни метров от дневной поверхности. Например, на участке Промежуточном Хайдарканского рудного поля пустоты выщелачивания киновари с переотложенной вторичной самородной ртутью отмечались в скважинах на глубине до 400 м (вдоль зоны рудоподводящего взбросо-надвига, активно подвергшейся повторным пострудным подвижкам в альпийскую эпоху тектоногенеза).

Известно, однако, и более ограниченное число месторождений, где самородная ртуть — явно первичное образование. На том же участке Хайдарканского рудного поля была выявлена довольно крупная рудная залежь на контакте джаспероидов и перекрывающих их сланцев, опять таки вблизи зоны рудоподводящего разлома, в которой отдельные пропластки углисто-глинистых сланцев оказались настолько пропитанными самородной ртутью, что ее количество значительно превышает объем вмещающей породы.

Крупные скопления самородной ртути, служащие объектом специальной попутной добычи, характерны для месторождений Альмаден, Идриа и др. Ртуть тесно ассоциирует с киноварью, а также плотно закупоривает пустоты во вмещающих породах — непосредственно в зальбандах рудных тел, в первую очередь богатых. Особенно интересно в этом отношении месторождение Даньчжай в Южном Китае, где на долю самородной ртути приходится иногда до 20 % общего количества металла. Самородная ртуть здесь в виде мелких и мельчайших капелек очень плотно "запечатана" в массе сплошной мелкокристаллической киновари. Запечатывание происходило в момент рудоотложения под большим давлением. На свежем сколе образца такой массивной киновари сразу же выступает множество мелких капелек самородной ртути.

Во всех перечисленных случаях гипогенность ртути представляется несомненной. Спорным, однако, остается вопрос об ее источнике, формах переноса и условиях локализации. Неясно, транспортировалась ли ртуть в виде комплексных соединений, как обычно принято считать (выделение ее при этом должно было происходить в условиях значительного дефицита серы), или же она переносилась к местам локализации в парообразном виде — самостоятельно или в составе перегретой пароводяной смеси. Автору предпочтительным представляется последний вариант.

Высказываются и совсем уж парадоксальные точки зрения на форму транспортировки ртути — по мнению некоторых исследователей, она может входить в состав специфического ртутно-сульфидного расплава,

образуя своего рода магматический сегрегационный дериват. Эта гипотеза не лишена основания (см. описание месторождения Альмаден) и, наряду с прочими, заслуживает серьезного рассмотрения – и применительно не только к ртути, но и к некоторым другим сульфидным месторождениям. В последнее время экспериментами Н.Д. Шикиной и др. доказана возможность транспортировки ртути высокотемпературными гидротермами в атомарном состоянии. Это объясняет наблюдавшиеся случаи обогащения самородной ртутью глубоких горизонтов некоторых из рассмотренных месторождений – Даньчжай и др.

Месторождения травертинового типа

Особое место в ряду вулканогенных месторождений занимают рудные залежи в карбонатных толщах, связанные со структурами карстового растворения, обусловленного воздействием вод термальных источников. Наиболее характерный пример – месторождение Терлингуа в Мексике [48], успешно разрабатывавшееся в течение нескольких десятков лет. На нем было добыто около 3 тыс. т металла, местами в довольно богатых (до 2%) рудах.

В структурном отношении рудное поле месторождения представляет собой купол, сложенный преимущественно рыхлыми известняками, гипсами и ангидритами. В центре купола выделяется крупный шток гипабиссальных пород; по мнению ряда авторов, это – источник поствулканических эманаций и растворов, циркулировавших по трещинам во вмещающих породах. Под их воздействием в последних формировались системы воронкообразных карстовых полостей, позже заполнявшихся обломками вмещающих пород и нерастворимым кремнисто-глинистым остатком – продуктом выщелачивания известняков и эвапоритов. Привносился в карстовые полости и чуждый глинистый материал из выщележащих толщ. Оруденение наложенное, в виде порошокватой киновари.

Наиболее интенсивно процесс карстообразования шел под сланцевым экраном в кровле толщи карбонатных пород (рис. 65). Напомним в связи с этим, что предрудное карстообразование – довольно широко распространенное явление, причем не только для вулканогенных ртутных месторождений, но и для месторождений других типов, особенно телетермального класса, локализующихся в известняках и доломитах. Примеры рудных тел, связанных со структурами карстового растворения, были охарактеризованы в соответствующих разделах.

Заканчиваем описание вулканогенного класса примерами двух месторождений, образование которых продолжается и в настоящее время – путем отложения киновари из ныне действующих поствулканических термальных источников.

Месторождение Сульфур-Бэнк в США [4, 27, 50] обрабатывалось открытым способом первоначально на серу и лишь затем на ртуть. На этом месторождении было добыто более 2 тыс. т ртути. Общие же его запасы по разным источникам оцениваются от 3 до 7 и даже 9 тыс. т. Содержание ртути в рудах 1% и более. Эксплуатация месторождения

была остановлена вследствие резко возросшего с глубиной притока сероводорода, что сделало невозможным развитие добычных работ подземным способом.

Месторождение до отработки представляло собой субгоризонтальную приповерхностную шляпообразную залежь, развывшуюся на выходах молодых базальтов и андезитов, а также глинистых озерных осадков. Под воздействием вод современных термальных источников базальты лавовых потоков подвергались вначале трещинному метасоматозу — вдоль крутопадающих трещин развивались узкие зоны осветления, затем они расширились, что приводило к образованию специфических "подушечных"

блоков базальта и, наконец, происходила аргиллизация всей породы.

Одновременно в результате разложения сероводорода отлагалась порошокватая аморфная сера. Часть сероводорода растворяясь в воде, образовывала серную кислоту, способствовавшую еще более интенсивному разрушению вмещающих пород. В итоге сформировалась существенно каолинитовая залежь, в верхней части которой выделялась зона серных руд, а несколько глубже локализовалось ртутное оруденение в виде порошокватой киновари, пропитывающей каолинитовую массу. Киноварь отлагалась и в относительно слабо измененных породах, образуя в них маломощные ветвящиеся прожилки. Мощность рудоносного слоя от нескольких дециметров на флангах рудной залежи до первых десятков метров в центральной ее части (рис. 66).

Карьер, образовавшийся на месте отработанной рудной залежи, в настоящее время заполнен водой, в значительной части поступающей из мощного термального источника, располагающегося в центре карьера. Содержание ртути в водах источника невелико — на уровне тех концентраций, которые установлены для рудничных вод ртутных месторождений. Большая часть ее отлагается около устья источника. Интересно, что одновременно образуются обе основные кристаллографические модификации сульфида ртути — α и β (красной киновари и почти черного метациннабарита). Наблюдались случаи, когда одна галька оказывалась покрытой с одной стороны пленкой порошокватой киновари, а с другой — мелкими кристалликами метациннабарита. Это противоречит существующим представлениям об особенностях физико-химического режима среды,

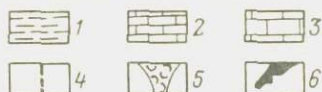
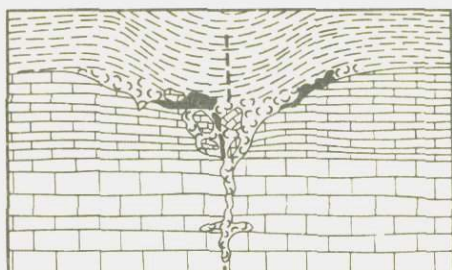


Рис. 65. Схематический разрез одного из трубчатых тел ртутного месторождения Терлингва, по Р.Г. Йетсу и Г.А. Томпсону, 1959 г.

1 — глинистые сланцы; 2 — тонкослоистые мергелистые известняки; 3 — массивные известняки; 4 — разлом; 5 — карстовая воронка, выполненная обломками известняка, цементирующимися глинистым материалом; 6 — рудные тела

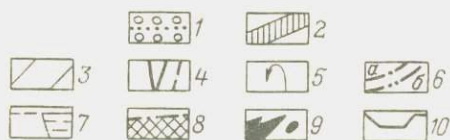
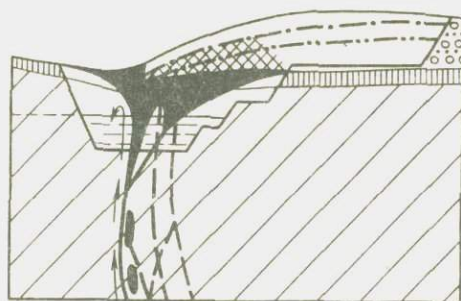


Рис. 66. Схематический разрез основной, ныне отработанной рудной залежи серно-ртутного месторождения Сульфур-Бэнк, по Д.Е. Уайту и К.Е. Роберсону, 1962 г.

1 - древнечетвертичные глины; 2 - четвертичные андезитовые лавы; 3 - терригенный комплекс францисканской формации (верхняя юра - мел); 4 - рудоподводящие и рудокоагулирующие разломы; 5 - современный термальный источник сероводородных вод, отлагающих сульфиды ртути; 6 - уровень грунтовых вод: а - в период рудоотложения, б - к началу эксплуатации месторождения; 7 - современный уровень грунтовых вод, соответствующий поверхности озера, образовавшегося в карьерной выемке; 8 - отработанная залежь серных руд; 9 - отработанная грибообразная залежь ртутных руд и рудные тела секущего типа; 10 - контуры эксплуатационного карьера

в водах термального источника, принимавшего участие в формировании основной рудной залежи месторождения, ранее была гораздо более высокой.

Может быть и другое объяснение, которое автору кажется предпочтительным: на первых этапах выделялись концентрированные газожидкие эманации, пересыщенные ртутными парами, при участии которых и формировалось месторождение, причем в течение очень короткого времени (возможно первые тысячи лет), лишь по мере эволюции и остывания рудогенерирующего очага растворы приобрели современный состав. В этом случае ныне действующий источник следует рассматривать в качестве лишь дальнего отголоска весьма активной когда-то поствулканической гидротермальной деятельности. Высказывались и другие точки

обуславливающего резко раздельное выделение этих двух минералов. Видимо, различия в условиях их отложения не столь значительны, как предполагалось ранее. Может быть, какую-то роль здесь играет и фактор освещенности (вспомним о чернеющей под воздействием солнечных лучей киновари), или следует учитывать тончайшие различия в тепловом режиме (как в случае с изготовлением киноварных красок с различными оттенками - от светло-оранжевого до темно-малинового)?

Расчеты баланса поступления ртути с водами ныне действующего термального источника показывают, что при существующих темпах ее привноса на формирование месторождения ушло бы гораздо больше времени, чем это установлено фактически по данным изотопно-углеродного анализа древесины, захороненной в потоке базальтовой лавы (излияние ее произошло около 10 тысяч лет тому назад; это означает, что возраст месторождения Сульфур-Бэнк не больше указанной цифры). По-видимому, концентрация ртути в водах

зрения на природу привносимой ныне ртути — возможно, что это продукт выщелачивания и регенерации существующих на глубине более крупных рудных залежей, а может быть ртуть мобилизовывалась из подстилающих пород, и т.д.

Ртутное рудопроявление Апапель на Камчатке, впервые кратко описанное И.И. Щегловым (1965 г.), служило затем объектом пристального внимания многих исследователей (Н.А. Озерова и др.), так как это единственное проявление в СССР, где отложение киновари из вод поствулканического термального источника в заметных количествах происходит в настоящее время. Источник связан с зоной разлома, рассекающей толщу молодых эффузивов и их туфов, а также терригенных отложений разного состава. Вблизи устьевых частей отдельных грифонов отлагаются маломощные корочки гейзерита — гелеобразного кремнезема, содержащего микровключения пирита, марказита (мельниковита) и киновари. Характерны оригинальные концентрически-зональные микростяжения, образованные чередующимися слоями этих минералов, а также опаловидного кремнезема.

Об источнике ртути на рудопроявлении Апапель единого мнения нет. По одним представлениям, это "остаточное дыхание" вулканических очагов, по другим — отголоски мантийных процессов, по третьим — ртуть регенерировалась из нижележащих, ранее сформированных залежей.

Аналогичные пункты современного ртутного и ассоциирующего с ним полисульфидного (мышьяково-сурьмяного, медно-полиметаллического и др.) рудообразования выявлены также в ряде вулканоструктур Камчатки (кальдера Узон) и Командорских островов (вулкан Менделеева и др.). Установлено, что ртуть отлагается многими современными поствулканическими источниками США (Йеллоустонский парк и др.), Новой Зеландии, Исландии и других районов вулканической деятельности.

Промышленного интереса обнаруженные проявления не представляют, но для решения проблемы генезиса ртутных месторождений результаты их изучения имеют первостепенное значение. Кроме того, следует иметь в виду, что среди ртутных рудопроявлений, связанных с современной термальной деятельностью, есть и достаточно крупное месторождение промышленного масштаба — Сульфур-Бэнк [27, 50]. Еще большее число месторождений прямо или косвенно ассоциируют с ранее действовавшими поствулканическими источниками. Среди последних — одно из крупнейших месторождений мира Идрия, уникальные по качеству слагающих их руд месторождения Северо-Нумидийской зоны, Макдермит в США, имеющее совершенно необычный минеральный состав, и др.

Подытоживая сказанное о вулканогенных месторождениях ртути, можно наметить следующие наиболее характерные отличительные их особенности.

1. Специфическая геолого-тектоническая позиция. Месторождения приурочены к зонам вулканической деятельности — от древних (силур — девон) до современных. По мере омоложения зон меняется ведущий тип месторождений (в древних зонах — кремнистый, в молодых — карбонат-аргиллитовый и алунит-опалитовый) и возрастает их промышленная значимость.

2. Определяющая рудообразующая роль термальных источников, особенно на завершающих этапах рудного процесса. На первых его стадиях ртуть, по-видимому, приносилась в парообразном состоянии перегретым пароводяными эманациями.

3. Преобладание массивных скрытокристаллических или, наоборот, рассеянно-порошковатых разностей руд, что свидетельствует о практически "мгновенном" (до первых тысяч лет) формировании таких месторождений при участии иногда сверхконцентрированных ртутоносных эманаций.

4. Наиболее широкая гамма минералов ртути, имеющих промышленное значение — от киновари до метациннабарита, самородной ртути, ртутьсодержащих сульфидов (сфалерита, минералов ряда тетраэдрит — теннантит), а также хлоридов и оксихлоридов — кордероита, макдермита и др.

5. Отсутствие четко выраженной геолого-структурной связи с телами рудовмещающих метасоматитов, которые характеризуются крайним разнообразием. Это высокотемпературные алуниды, самые низкотемпературные травертины карбонатного и кремнистого составов, аргиллизиты разных типов, зоны карбонатизации, всевозможные силицилиты и др.

6. Разнообразии структурно-морфологических типов рудных тел — от приповерхностных грибообразных, поднадвиговых седлообразных и пластовых до сложных штокверкообразных.

7. Четкая геолого-структурная связь в большинстве случаев с разнообразными вулканоструктурами — от отдельных некков и штоков до кальдер и систем разломов, удаленных от конкретных вулканических центров, но соединенных с ними путем сложных структурных переходов.

Перечисленные особенности закономерностей размещения и условий формирования ртутных месторождений вулканогенного класса можно рассматривать в качестве факторов, определяющих их поисковые признаки и служащих базой для разработки системы оценочных критериев. В связи с этим подчеркнем, что вулканогенные месторождения в большинстве случаев — весьма трудные объекты для поисков из-за небольших в общем размеров собственно рудных тел (особенно богатых), слабого (или, наоборот, чрезмерно интенсивного как, например, для алунитового типа) развития процессов окolorудного изменения, относительно ограниченных размеров ореолов гипогенного рассеяния ртути и ее элементов-спутников, слабо выраженных шлиховых ореолов киновари и т.д.

При геолого-экономической оценке обнаруженных вулканогенных проявлений и месторождений ртути следует иметь в виду в первую очередь возможность смены с глубиной и на флангах, а также в субпараллельных структурах типично вулканогенного оруденения комплексным плутоногенноподобным и переходным к телетермальному. Следующая особенность — обилие геолого-промышленных типов вулканогенных месторождений при ограниченности объектов промышленного значения в каждом из них (вплоть до одного-двух); можно ожидать при этом обнаружения и принципиально новых геолого-промышленных типов,

о чем свидетельствует открытие таких месторождений как Исмаил и Мра С'Ма в Алжире, Макдермит в США и др. В целом на долю вулканогенных месторождений приходится более одной трети запасов ртутных руд; по масштабам наиболее крупные месторождения этого класса входят в первую десятку промышленных объектов, уступая только уникальному Альмадену. Это требует особого внимания при оценке перспектив выявленных проявлений ртутного оруденения, которые могут быть отнесены к классу вулканогенных.

ЭКЗОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Перед кратким описанием вторичных месторождений ртути, имеющих в общем подчиненное значение, но в отдельных случаях, хотя и достаточно редких, служивших объектами обработки, остановимся на вопросе о поведении киновари и других ртутных и ртутьсодержащих минералов в зоне гипергенеза.

Зона вторичного обогащения. Киноварь в зоне гипергенеза химически очень устойчива, поэтому в приповерхностных условиях она почти не поддается выщелачиванию. Лишь в редких случаях вдоль зон крутопадающих разломов отмечается растворение кристаллической киновари и переотложение ее в виде порошковатых разностей, лишенных основных элементов-примесей. Переносится киноварь, как показали наблюдения на ртутных месторождениях карбонатного типа (Бирксу, Сымап), на расстояние в несколько метров. На месторождениях джаспероидного типа (Хайдаркан) частично выщелоченные кристаллы киновари отмечались вдоль зон послерудных нарушений на глубине до 400 м от поверхности. Подобные образования, но с большим количеством эггестонита, описаны Ю.В. Финкельштейном для зоны окисления месторождения Карасу (Западный Узбекистан). Тем не менее, четко выраженных зон вторичного обогащения на монометалльных ртутных месторождениях наблюдать не удавалось. По данным В.А. Сидоренко и др. (1946 г.), отмечалось лишь незначительное (в пределах 5–10 %) повышение содержания ртути в приповерхностных выходах некоторых рудопроявлений Сымап-Адыракоуской ртутоносной зоны в Южной Фергане, обусловленное, по-видимому, обогащением их вторичной порошковатой киноварью.

Для ртутных и ртутьсодержащих месторождений, в которых главные рудные минералы – блеклые руды, наблюдается довольно частое обогащение зоны окисления вторичной порошковатой киноварью, образовавшейся за счет окисления и выщелачивания ртутьсодержащих тетраэдрита и теннантита. Ввиду незначительных масштабов таких месторождений концентрации вторичной порошковатой киновари редко достигают здесь промышленных значений.

Ртуть высвобождается и при окислении других содержащих ее сульфидов: пирита, халькопирита и др. Так, в колчеданных рудах медных месторождений Урала содержание ртути в исходном материале лишь в редких случаях достигает $n \cdot 10^{-5} \%$, однако в зоне окисления ее концентрация увеличивается на один-два порядка. Здесь, как отмечал И.И. Гинзбург

(1952 г.), нередко можно встретить и выделения самостоятельных ртутных минералов, чаще всего в виде вторичной порошковатой киновари.

Особенно обогащены ртутью некоторые разновидности низкотемпературного сфалерита, характеризующиеся, кроме того, повышенными концентрациями кадмия (до 1 %) и германия (до 0,2 %). Содержание ртути в таких сфалеритах в среднем тысячные – сотые доли процента, в отдельных случаях первые десятые доли процента и даже иногда 2 % и более. Такие месторождения известны в Юго-Восточной Азии, в Северной Африке, а в СССР – в Копетдаге и других районах. При окислении подобного сфалерита образуется сложная смесь вторичных минералов цинка (смитсонит и др.) и ртути (порошковатая киноварь, монтроидит). Киноварь в этих случаях всегда обогащена цинком, входящим изоморфно в решетку минерала (до первых процентов). Если в первичных цинковых ртутьсодержащих рудах концентрация ртути не превышает первых сотых долей процента, то в зоне приповерхностного обогащения ее содержание достигает иногда кондиционных значений (0,1–0,2 %). Мощность зоны вторичного обогащения нередко может составлять первые десятки метров.

Киноварь – весьма хрупкий минерал, поэтому, казалось бы, она не должна при эрозии рудных выходов образовывать сколько-нибудь устойчивых ореолов рассеяния. Полевые наблюдения обычно подтверждают этот вывод: в условиях горного рельефа киноварь в шлихах, отобранных в руслах ручьев и небольших речек, исчезает уже в 1–2 км от коренных рудопроявлений. Так, месторождения Алмалы в Туркестанском хребте и Карасу в горах Мальгузар были выявлены в 40–50-х годах по единичным зернам киновари в шлихах, отобранных здесь в 30-е годы Таджикско-Памирской экспедицией.

Нередки, однако, случаи, когда довольно устойчивые концентрации мелкообломочной киновари фиксировались в аллювиальных отложениях на расстоянии многих десятков километров от возможных источников ее сноса. Например, в карьерах галечниково-гравийных смесей, разрабатывающихся в г. Фергане для строительных целей, установлено наличие до десятков знаков киновари на шлиховую пробу мелкой фракции. Ближайшие же небольшие проявления ртутного оруденения листовенитового типа установлены на расстоянии 30–40 км к югу от г. Ферганы в районе кишлака Вуадиль в мелкосопочнике, сложенном сланцами силура и песчаниками верхнего палеозоя.

Весьма значительной может быть протяженность ореолов техногенного рассеяния киновари: мелкие ее зерна устанавливаются при промывке современных речных отложений р. Зеравшан в районе г. Самарканда – почти в 100 км к северу от обогатительной фабрики, перерабатывающей киноварьсодержащие сурьмяные руды месторождения Джижикрут.

Следовательно, при сочетании определенных условий киноварь может накапливаться в виде аллювиальных россыпей на очень большом расстоянии от источников ее сноса. Подобные процессы могли происходить и в прошлом. Некоторые исследователи (В.Т. Сургай и др.) считают первично-осадочной природу киновари в месторождениях кварц-диккитового типа, связанных с выдержанными горизонтами кварцитовидных

песчаников (Альмаден, Никитовка). Автору такая концепция кажется не очень убедительной в силу четко выраженной рудоконтролирующей роли структурного фактора — приуроченности оруденения к куполовидным антиклиналям, осложненным разломами глубокого заложения. Однако и полностью исключить возможность сингенетичности киновари и вмещающих песчаников нельзя, тем более что в литературе подобные примеры приводятся. Так, на месторождении Зархок в Центральном Таджикистане обломочная киноварь установлена в базальных конгломератах юры, залегающих на эродированной поверхности палеозойских отложений, содержащих залежи ртутных руд [32].

Аналогичный факт отмечался и для некоторых районов Верхоянья, где наряду с ртутными месторождениями секущего типа, развитыми в терригенной толще, встречаются выделения киновари в базальных конгломератах более молодых толщ. Однако результат детального изучения закономерностей размещения вкрапленной киновари (действительно, имеющих неправильную форму, приближающуюся к острообломочной), показал, что эти вкрапленники концентрируются вокруг определенных обломков брекчии, образуя в ряде случаев тонкие прожилки. Выявились это после сопоставления большого числа радиографических снимков, отражавших внутреннее строение типичных образцов рудоносной брекчии (снимки делались на последовательных, через 0,5 см, срезах-полировках).

Кроме вторичных ореолов механического рассеяния киновари фиксируются и ореолы рассеяния ртути, переносившейся в виде оксихлоридных и других ее соединений, а также в атомарном виде. Там, где перекрещиваются потоки рассеяния золота и ртути, часть последней транспортируется в виде амальгам. Дальнейшая судьба такой ртути не расшифровывается.

При химическом переносе ртуть адсорбируется глинистым материалом, органическим веществом, железистыми, марганцевыми и глиноземистыми соединениями. Возможно, что именно этим объясняется несколько повышенное содержание ртути в углисто-глинистых сланцах силур-девона Средней Азии, в мергелях мела на Западном Кавказе, в гематитовых рудах районов Индчи и др.

Многие вопросы геохимии ртути в зоне гипергенеза удалось расшифровать на основании данных фазового анализа. Л.П. Быковской (1965 г.) методом последовательного анализа проб, нагретых до температуры 100, 200, 300, 400, 500 и 600 °С, было установлено удельное значение ртути, возгоняющейся при указанных температурах, и на этой основе определено содержание в пробах: самородной ртути, легко возгоняющихся оксидных, оксихлоридных и сульфатных ее соединений, сульфидных форм и, наконец, ртути, входящей изоморфно в состав других минералов, — наиболее трудноизвлекаемой. Доказано, что в зоне окисления значительная часть ртути находится в несульфидной форме. Этот же метод Л.П. Быковской (1964 г.), В.З. Фурсовым и др. (1978 г.) был использован для определения фазового состояния ртути в ореолах первичного ее рассеяния.

В разные годы и в разных районах спорадически эксплуатировались экзогенные месторождения лишь двух групп (табл. 6): выветривания

Типы экзогенных ртутных и ртутьсодержащих месторождений

Группа	Класс	Геолого-промышленный тип и подтип	Морфология	Месторождения, районы развития	
Выветривания	Остаточный	Латеритный	Плащеобразные залежи дезинтегрированной и обломочной киновари в основании коры выветривания	Приморье ? (СССР), Хуацзянь (КНР)	
		Карсто-Наземный	Скопления обломочной киновари в карстовых воронках	Горный Алтай, Приазовье (СССР), провинция Гуйчжоу (КНР)	
		Подземный	То же, в карстовых пещерах	То же	
	Элювиальный	Обломочный	Залежи обломочных ртутных руд вблизи коренных выходов	Пламенное (СССР), Ред-Девл (США)	
Россыпная	Делювиально-пролювиальный	Обломочно-россыпной	Скопления обломков дезинтегрированных богатых руд на склоне ниже коренных выходов	Перевальное (СССР), Нью-Альмаден (США)	
	Аллювиальный	Россыпной	Рудно-галечный	Скопления рудной гальки в русле ручья у плотика	То же
		Шлиховой	Погребенные россыпи мелкообломочной киновари	Север Красноярского края и Якутии (СССР), Аляска (США)	

(класс остаточных месторождений) и россыпные (элювиальные, делювиально-пролювиальные и аллювиальные).

Месторождения латеритного типа

Остаточные ртутные месторождения латеритного типа наиболее широко распространены в Юго-Восточной Азии, особенно в южных районах Китая (провинции Гуйчжоу, Хунань, Юньнань). По Тянь Цицзюню и др. (1958 г.), их образование обусловлено сочетанием ряда благоприятных геолого-литологических, орографических и климатических факторов: 1) влажного субтропического климата с обильным сезонными дождями; 2) преобладания платообразных возвышенностей, густо заросших лесом и, с одной стороны, расчлененных густой гидрографической сетью, а с другой – характеризующихся наличием большого числа бессточных впадин карстового происхождения; 3) преобладания в геологическом

разреze легкорастворимых карбонатных или мергелистых пород, залегающих обычно субгоризонтально.

В таких условиях формируется наиболее мощная кора выветривания латеритного типа. Максимальная ее мощность (до 15 м) отмечается на мергелях. На известняках и доломитах мощность латеритов не превышает первых метров, однако состав их здесь несколько иной, чем в первом случае. По существу, это своеобразный *нерастворимый* остаток карбонатных пород: в него попадают и все рудные компоненты — в данном случае киноварь. Как правило, ее скопления концентрируются в основании коры выветривания. Рудная масса представлена обломками рудоносных брекчий, а также скоплениями почти чистой мелкообломочной (1–2 мм в поперечнике) и тонкодисперсной (до пылевидной, не удерживающейся в шликсе) киновари. Мощность рудоносного слоя от нескольких дециметров до первых метров, содержание ртути может достигать иногда первых десятков процентов.

Известны случаи обнаружения довольно крупных остаточнo-латеритных залежей киновари, соответствующих по масштабам средним месторождениям коренных ртутных руд. В СССР месторождения подобного типа пока неизвестны, но признаки возможного их существования установлены в некоторых районах Приморья.

Месторождения карстового типа

Они типоморфны для тех же районов Юго-Восточной Азии, где развиты и остаточнo-латеритные залежи киноварных руд, однако распространены почти исключительно в пределах развития карбонатных толщ, при карстовом выветривании которых в условиях бессточного рельефа образуются оригинальные по форме останцы и глубокие карстовые воронки. В результате крупные платообразные массивы, сложенные пологозалегающими толщами известняков среднего — верхнего палеозоя и доломитов кембрия, оказались расчлененными на ряд возвышенностей с причудливой морфологией — иногда типа "каменного леса" (Юньнань). По Тянь Цицзюню и др. (1959 г.), можно выделить два подтипа киноварных остаточнo-карстовых россыпей: поверхностные и подземные. Первые связаны с крупными карстовыми воронками и долинами; представлены они латеритоподобными залежами, содержащими скопления плохо сортированной киновари — обломки, одиночные изъеденные кристаллы, мелкие зерна, — заключенные в массе глинисто-щебеночного материала. Масштабы таких россыпей обычно невелики.

Подземные карстовые россыпи представляют собой *нерастворимый* остаток известняков и доломитов, состоящий из кварцевых и глинистых частиц, содержащих обломки, зерна и отдельные кристаллы киновари. По масштабам такие россыпи незначительны, однако до недавнего времени многие из них служили объектами местного промысла: после каждого сезона дождей на уступах подземных карстовых пещер накапливалась очередная порция обломочной киновари, вынесенной из выщелачиваю-

щихся минерализованных зон дробления. Сбор этой киновари осуществлялся раз в полгода. В некоторых пещерах за один раз удавалось намыть по несколько килограммов киновари. Масштабы процесса подземного выноса киновари карстовыми водами довольно значительны, если судить по дебиту сезонных водных потоков, достигающему в системах наиболее крупных карстовых пещер многих кубических метров в секунду.

Карстообразование происходило и в древние эпохи. Примеры погребенных мезозойских карстов в доломитах Приазовья приводились в разделе, посвященном характеристике ртутных месторождений карбонатного типа. Подобного же типа карстовые образования третичного возраста описаны П.Ф. Селиным (1981 г.) для некоторых ртутных месторождений Горного Алтая (Акташ, Есконго и др.). Погребенные остаточно-карстовые россыпи выполняют здесь крупные (3–25 тыс. м³) и весьма протяженные на глубину (до 450 м) полости. Киноварь в них содержится как в обломках оруденелых известняков и доломитов, так и в виде дезинтегрированных зерен в массе глинистого материала.

Месторождения обломочного, обломочно-россыпного и россыпного типов

Россыпные месторождения киновари довольно обычны. Они образуются при благоприятных условиях рельефа и, что самое главное, в случае соответствующей текстуры руд: массивной, плотной, гнездовой. Порошковая, мелкокрапленая и "дендритовидная" киноварь сколь угодно заметных скоплений в россыпях не дает.

Эллювиально-обломочные россыпи известны пока только в полярных областях — на Аляске и Чукотке. Описанное ранее месторождение Ред-Дэвл (Аляска), относящееся к кварц-диккитовому типу, в значительной части представлено гнездами массивных скрытокристаллических руд, расположенными на контакте порфириновой дайки с аргиллитами. При разрушении рудных выходов ниже по склону образуются небольшие свалы богатых киноварных руд. Запасы их незначительны (первые тонны металла), но отработка особых трудностей не составила. Главный фактор образования россыпи — наличие скоплений очень плотных киноварных руд, с трудом поддающихся как химическому, так и механическому выветриванию.

Месторождение Пламенное (Чукотка), также охарактеризованное в одном из предыдущих разделов, относится к другому генетическому классу — вулканогенному. Руды представлены почти дисперсной киноварью, пропитывающей основную массу осветленных порфиридных кварцевых дацитов. Вследствие этого киноварь при механическом выветривании пород практически не выкрашивается, оставаясь в дезинтегрированных обломках богатой руды. Последние вблизи рудных выходов образуют обширные свалы, содержание металла в которых всего лишь на 10–20 % ниже, чем в рудах коренного залегания. Так как месторождение

представляло собой, по существу, "нашлепку" горизонта рудных дацитов, сохранившуюся от эрозии, то и масштабы эллювиально-обломочной россыпи были довольно значительными: в ней заключалось, по данным В.И. Копытина и др. (1970 г.), до 30 % общих разведанных запасов месторождения.

Подобная россыпь выявлена и на месторождении Тамватней (Чукотка), относящемся к листовенитовому типу. Киноварь на нем образует плотные скопления скрытокристаллической структуры и пропитывает участки брекчированных пород. Однако здесь, по данным И.С. Розенблюма и др. (1978 г.), в отличие от двух предыдущих случаев, часть рудных обломков перемещена по склону и вдоль долины небольшого водного потока на более значительное расстояние — местами до нескольких сотен метров. Поэтому описываемую россыпь можно отнести скорее к классу делювиально-пролювиальных образований. Подчеркнем, что все охарактеризованные месторождения располагаются в полярных областях, где консервации рудного вещества способствовали специфические условия криогенного выветривания.

Делювиально-пролювиальные месторождения киновари обломочно-россыпного типа встречаются еще реже, чем предыдущие. Непременное условие их образования — наличие богатых рудных гнезд и прожилков, сложенных плотной мелкокристаллической киноварью. Рудовмещающие породы должны быть при этом достаточно мягкими. Такое сочетание характерно, пожалуй, только для месторождений листовенитового и отчасти кварц-диккитового типов — для той их немногочисленной группы, метасоматиты которой представлены существовавшими каолинитовыми и диккитовыми разновидностями. Только для этих двух типов ртутных месторождений пока известны делювиально-пролювиальные россыпи киновари.

Наиболее характерный пример — россыпь, отработанная в районе **месторождения Нью-Альмаден**, относящегося к листовенитовому типу (см. выше) и представленного на верхних горизонтах исключительно богатыми "печеночными" рудами. При их разрушении часть обломков, попадая в русло р. Альмаден-Каньон, превращалась в окатанную рудную гальку, уносившуюся водным потоком на расстояние свыше 10 км от мест коренного залегания. Однако большая часть рудного материала накапливалась у плотика в непосредственной близости от рудных выходов. Одна из таких россыпей, сложенная почти чистой киноварной галькой, была выявлена у слияния двух небольших долин. Мощность рудного слоя до 2 м, перекрывающих пород (современных валунных отложений) до 5 м. В процессе эксплуатации из этой россыпи было добыто, по данным Е.Х. Бейли и др. [33], более 20 т металла. Предполагается, что общие запасы ртути в делювиально-пролювиальных россыпях района месторождения Нью-Альмаден должны быть гораздо более крупными; возможно обнаружение промышленно интересных скоплений киноварной гальки и под более мощным покровом аллювиальных отложений, однако методика их поисков пока не разработана.

Скопления окатанных обломков киновари и киноварьсодержащих конглобрекций были выявлены в руслах малобитных водотоков,

дренирующих выходы рудоносных пород в районах **Перевального и Берегового месторождений** на Юго-Западном Кавказе. Эти месторождения представлены телами карбонатно-сланцевых конглобрекций, заключенных в массе пластичных глинистых сланцев. Киноварь плотная, скрытокристаллическая, что гарантирует ее сохранность при транспортировке водными потоками на относительно небольшие расстояния (до первых тысяч метров), если дно долины имеет не очень крутой уклон и в аллювии отсутствуют гальки высокоабразивных пород.

Ценность делювиально-пролювиальных россыпей киновари резко повышается при наличии в них золота, однако на первое место по значимости здесь выходит уже этот благородный металл, а ртуть переходит на роль попутного компонента. Известны, однако, россыпи, в которых стоимость добываемого золота лишь ненамного превышает стоимость киновари, представленной довольно крупными скоплениями мелких зерен и хорошо окатанной гальки. Киноварь — частый спутник золота на ряде россыпных месторождений Колымы, Урала, Забайкалья и Приморья.

Аллювиальные месторождения киновари распространены довольно широко. К ним, с некоторой долей условности, можно отнести часть описанных делювиально-пролювиальных россыпей районов Нью-Альмадена, Перевального, Берегового, золотоносные киноварьсодержащие россыпи Северо-Востока СССР и др. Однако самостоятельного промышленного значения этот тип, по-видимому, не имеет. Исключением, возможно, являются собственно аллювиальные россыпи, обнаруженные в некоторых районах Аляски, а также на севере Красноярского края и Якутии. Изучены они, однако, совершенно недостаточно.

Эти россыпи, по Н.В. Климову (1979 г.), относятся к типично аллювиальным, погребенным. Представлены они мелкообломочной "шлиховой" киноварью, образующей повышенные концентрации в нижних частях разреза мощной (до первых сотен метров) толщи аллювиальных отложений, сложенных разнотернистым песком. Содержание киновари варьирует в широких пределах, достигая иногда первых килограммов на кубический метр, среднее же содержание на массу продуктивных песков гораздо ниже.

Источник сноса киновари пока не выявлен. Возможно, что это были штокверковые тела кварц-диккитового типа, локализованные в терригенных толщах палеозоя — мезозоя. Весьма примечательный факт для описываемых россыпей — их относительно высокая выдержанность по мощности и протяжению, что следует принимать в расчет при геолого-экономической оценке перспектив этого нового типа экзогенных месторождений киновари.

Приведенный краткий обзор сведений о случаях отработки — самостоятельной или попутной — ряда россыпей киновари свидетельствует о необходимости учитывать данный источник возможного получения металла. Привлекают внимание и довольно значительные — иногда до первых тысяч тонн (остаточные россыпи латеритного типа) — масштабы отдельных месторождений. Даже небольшие россыпи — до первых тонн —

могут быть сравнительно легко отработаны, так как для их освоения практически не требуется капитальных вложений.

ГЕТЕРОГЕННЫЕ РТУТЬСОДЕРЖАЩИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

При описании всех генетических и промышленных типов ртутных месторождений нами специально оговаривались случаи, когда ртуть является попутным компонентом, вследствие чего руды таких месторождений можно было рассматривать в качестве или комплексных или же ртутьсодержащих. В последние годы внимание к таким источникам попутного получения ртути резко возросло, что объясняется усовершенствованием технологии переработки ртутьсодержащего минерального сырья как с целью комплексного и более полного его использования, так и, особенно, в связи с мероприятиями по охране природной среды от заражения токсичными парами ртути и ядовитыми ее соединениями. В табл. 7 систематизированы данные об известных и потенциальных источниках ртутьсодержащего минерального сырья, не рассмотренных в предыдущих разделах, главным образом о ртути в осадочных и метаморфических породах. Для полноты картины приведем также краткие сведения и об эпигенетической (наложенной) ртути, содержащейся в эндогенных месторождениях полезных ископаемых.

Ртуть в изверженных породах — интрузивных и эффузивных — содержится в количествах, близких к кларковым, и лишь в некоторых щелочных разностях ее концентрация возрастает на половину — полтора порядка (напомним) также о ртутьносности биотитов из некоторых гранитоидных массивов). Это, однако, не дает оснований ожидать в близкой перспективе утилизации ртути, заключенной в массе изверженных пород, хотя, как отмечал А.А. Сауков [20], нескольких кубических километров обыкновенного гранита было бы достаточно для удовлетворения текущей потребности в этом металле.

Ртуть в высокотемпературных (магматогенных и др.) рудных месторождениях также практически не привлекает внимания технологов, хотя повышенные ее концентрации отмечались в некоторых скарновых (Лонгбан), пегматитовых и других образованиях. Исключение следует, по-видимому, сделать только для крупных и уникальных месторождений сульфидных медно-никелевых руд (Садбери, Бушвелд и др.). Созданные на их базе горно-металлургические предприятия перерабатывают многие миллионы тонн руды в год. Если принять среднее содержание ртути в таких рудах равным 0,0001 %, то это будет означать, что ежегодно тонны ртути будут вместе с отходящими газами, пересыщенными сероводородом, уходить в атмосферу, а затем концентрироваться в почвенном слое в радиусе до нескольких десятков километров от металлургического завода. При улавливании в конденсационной системе 50 % ртути речь может идти (в случае, например, месторождения типа Садбери) о многих тоннах попутного металла в год.

Ртуть в сульфидных рудах среднетемпературных месторождений является уже практически обязательной составной их частью. Плутонио-

Типы гетерогенного ртутьсодержащего минерального сырья

Группа	Класс	Геолого-промышленный тип	Форма выделения ртути	Районы развития
Осадочная	Механический	Песчаниковый	Мелкообломочная кинноварь	Донбасс, Испания
		Аргиллит-черносланцевый	Адсорбированная ртуть (в атомарном виде и в виде сложных соединений)	Тянь-Шань, Альпы
	Химический	Галитовый	То же	Донбасс, Северная Америка
		Ферриаллитовый	— " —	Тянь-Шань, Юго-Восточная Азия
		Железистый	— " —	Восточная Сибирь, Индия
	Биохимический	Мергелистый	— " —	Западный Кавказ, Северная Америка
		Кремнистый	— " —	Кавказ, Северная Америка
		Углистый	— " —	Донбасс, Западная Европа
		Нефтяной	Жидкая, атомарная и парообразная ртуть	Северный Кавказ, Северо-Западная Европа
		Газово-углеводородный	Атомарная и парообразная ртуть	Западный Кавказ, Восточная Европа
Вулкано-генный	Туфогенный	Адсорбированная ртуть	Закарпатье, Восточная Европа	
	Конкреционно-рассольный	— " —	Черное море, Тихий и Атлантический океаны, Красное море	
Метаморфизованная	Регионально-метаморфизованный	Метаморфизованной коры выветривания	Мелковкрапленная кинноварь	Тянь-Шань, Юго-Восточная Азия

генные комплексные (с ртутью) месторождения были охарактеризованы ранее: здесь остановимся лишь на ртутьсодержащих (без видимых минералов ртути) месторождениях. В первую очередь это относится к медно-колчеданно-полиметаллическим месторождениям, в которых ртуть обычно присутствует в довольно заметных количествах (на полпорядка — порядок выше, чем в медно-никелевых). Таким образом, на 1 млн. т руды здесь будет приходиться уже не 1, а 5–10 т ртути, большая часть которой уходит в атмосферу, заражая окружающее пространство. Геохимические исследования, проведенные в ряде горнорудных районов Скандинавии и Канады, подтвердили наличие в их пределах четко выраженных техногенных ореолов рассеяния ртути как в атмосфере, так и в почве, растениях и живых организмах.

Наиболее обогащены ртутью сульфидные руды цинка: ее содержание в сфалеритовых рудах может достигать первых тысячных — первых сотых долей процента, что позволяет извлекать ртуть из цинковых концентратов при их металлургическом переделе. Особенно успешно этот процесс осуществляется на заводах Финляндии, где для этой цели разработаны специальные установки. Первоначально масштабы попутной добычи были невелики — от 5 до 10 т в год, в последние же годы суммарная продукция цинковых заводов Финляндии уже превысила 50 т ртути, что не только полностью удовлетворяет внутренние потребности страны, но и позволяет значительную часть металла экспортировать. Главное же, что благодаря этим установкам по улавливанию ртути из отходящих газов сведена к минимуму опасность заражения окружающей среды. Получение попутной ртути из полиметаллических концентратов организовано в ФРГ (до 200 т в год) и в ряде других стран.

Подсчеты показывают, что на 1 т цинка попутно можно получать до 0,1–0,2 кг ртути. В 1980 г. в капиталистических развивающихся странах было произведено в общей сложности около 5 млн. т цинка, таким образом, потенциальные резервы ежегодного получения попутной ртути только за счет этого источника можно оценить ориентировочно в 500–1000 т. Отметим, что общемировые запасы цинка оцениваются примерно в 200 млн. т, следовательно, возможное количество ртути составит около 40 тыс. т (мировые запасы в собственно ртутных месторождениях — около 120 тыс. т). Если же добавить к этому медные и свинцовые концентраты, содержание ртути в которых на полпорядка — порядок ниже, чем в цинковых, то эту цифру можно будет значительно увеличить (в 1980 г. в мире было выплавлено 6 млн. т меди и 2,5 млн. т свинца, т.е. в переработанных рудах содержалось около 500 т попутной ртути: суммарное же производство ртути составило в капиталистических и развивающихся странах около 4,5 тыс. т).

Ртуть в низкотемпературных (телетермальных) месторождениях, как и в предыдущем случае, входит в состав комплексных руд (описаны ранее) и образует типоморфную примесь в подавляющем большинстве сульфидных месторождений этого класса. Все сказанное о ртутоносности среднетемпературных месторождений в полной мере относится и к рассматриваемым объектам. Дополним лишь эти данные материалами о со-

держаниях ртути в низкотемпературных нерудных эндогенных месторождениях. Наиболее высокие ее концентрации установлены для баритовых и некоторых флюоритовых руд (первые десятитысячные — тысячные доли процента). Однако из-за отсутствия соответствующих технологических схем в настоящее время невозможно извлекать ртуть из этого вида минерального сырья.

Ртуть в вулканогенных месторождениях алуниита содержится в различных количествах: от значений чуть выше кларковых до близких к кондиционным (правда, не на всю массу алунитов, а лишь для отдельных небольших блоков). Так как алунисты — потенциально перспективное сырье для алюминиевой, химической и агрохимической промышленности, то вопрос об утилизации содержащейся в них ртути требует специального рассмотрения.

Ртуть в осадочных породах по сравнению с изверженными характеризуется значительно большим "разбросом" содержаний, изменяющимся, по данным А.А. Саукова и др. [21], В.Т. Сургая и др., в пределах первых двух порядков (в обе стороны от ее кларка). Промышленное значение ртути в осадочных комплексах приобретает в основном в качестве попутного компонента. Отметим, что ее природа не всегда поддается определению: есть, безусловно, и первично сингенетичные концентрации ртути, однако чаще следует говорить о наложенном эпигенетическом ее характере; не исключена возможность и ремобилизации ртути в процессе регионального и локального метаморфизма пород и заключенных в них ртуть-содержащих залежей.

Ртуть в песчаниках может служить объектом попутной добычи на некоторых ртутнорудных полях кварц-диккитового типа и их отдельных участках, не имеющих самостоятельного промышленного значения, но характеризующихся специфическими структурно-текстурными особенностями бедных (содержание ртути менее 0,06 %) руд. Киноварь в них локализуется вместе с диккитом на плоскостях отдельности кварцитовидных песчаников. Судя по результатам опытных работ Н.Я. Ольховского, такие слабо оруденелые, но интенсивно окварцованные и потому очень крепкие и одновременно хрупкие песчаники можно рассматривать в качестве комплексного минерального сырья. После отпалки, дробления их до размера щебенки и последующего грохочения получают ценный строительный материал и рудную мелочь с кондиционным содержанием ртути. Карьер для разработки диккитизированных кварцитов, содержащих 0,01 % ртути (отметим, что экономически оправданным может быть и более низкое содержание), при производительности 1 млн. м³ в год, в состоянии дать попутно (извлечение киновари около 50 %) до 50 т металла в год.

Ртуть в породах черносланцевой формации, развитых во многих районах Южной Европы, в Турции, на Тянь-Шане, где с ними, по А.Маухеру [40] и др., связаны иногда и самостоятельные (с вольфрамом и сурьмой) месторождения ртути, будет представлять интерес в случае извлечения из этих сланцев всей гаммы редких, благородных и цветных металлов.

а также, возможно, рассеянных элементов и углеводородов. Технологические исследования в этом направлении спорадически проводились и давали обнадеживающие результаты. Содержание ртути в отдельных горизонтах этой формации (сульфидизированных углистых сланцах) достигает иногда десятитысячных долей процента (1 т металла на 1 млн. т породы).

Ртуть в галитах установлена в Донбассе в краевых частях солянокупольных структур, где в тектонических брекчиях были оконтурированы промышленно интересные рудные тела (Славянское и др. месторождения). Не исключена возможность, что и отдельные блоки каменной соли могут быть обогащены эпигенетической киноварью. При использовании такой соли в химическом производстве киноварь должна попадать в нерастворимый остаток, откуда ее легко можно извлечь.

Ртуть в ферриаллитовых горизонтах, фиксирующих поверхности стратиграфического несогласия, может иметь иногда, по-видимому, первично-осадочное происхождение. В этом отношении можно провести аналогию с современными корами выветривания латеритного типа – своеобразным нерастворимым остатком мощных толщ пород, служащим концентратом рудных компонентов, в том числе и ртути. Последняя может также дополнительно сорбироваться из атмосферы и подземных вод глинистым материалом латеритной почвы. При геохимическом опробовании гидротермально неизмененных палеоферриаллитов Тянь-Шаня установлено, что содержание ртути в них на один-два порядка выше кларкового. Данные выполненного В.А. Теняковым систематического опробования на ртуть бокситов ряда месторождений мира также свидетельствуют о повышенном содержании в них ртути, хотя и не столь значительном, как ожидалось. Аномально высоких концентраций ртути в бокситах пока не установлено. Однако, учитывая значительные масштабы добычи и переработки бокситового сырья, можно полагать, что определенный интерес здесь представили бы содержания ртути, измеряемые даже десяти-стотысячными долями процента.

Ртуть в железных рудах осадочно-метаморфогенного происхождения отмечалась неоднократно. В Сибири известны ртутные проявления, связанные с телами гематитовых руд, образующих отдельные штоки и согласные залежи в осадочных комплексах (Сокольское) и в траппах (Чапка). Однако оруденные здесь явно наложенные. Кроме того, выделяются довольно выдержанные горизонты гематитовых руд, характеризующиеся относительно постоянным повышенным ртутным фоном – до десятитысячных долей процента (Индия). Железные руды с такими концентрациями ртути уже могут рассматриваться в качестве потенциально перспективных источников попутного получения этого металла (из отходящих газов доменных печей).

Ртуть в мергелистых глинах и сланцах, используемых в больших количествах в качестве основного сырья для получения цемента, должна изучаться как с точки зрения ее возможного попутного извлечения, так и, особенно, для разработки мероприятий по предотвращению заражения окружающей среды. Конструкции вращающихся печей для производства

цементного клинкера и керамзитовых окатышей и таких же печей для возгонки ртути отличаются лишь тем, что во вторых есть конденсационная система для улавливания ртути. При содержаниях ртути в исходном цементном или керамзитовом сырье от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-4}$ % из каждых 10 млн. т мергелистых глин можно было бы получать попутно до 10 т этого металла, что одновременно способствовало бы и оздоровлению окружающей среды. Месторождений мергелистых глин и сланцев с повышенной концентрацией ртути выявлено пока немного, но тем не менее, следует с этих позиций подвергнуть ревизии и остальные месторождения цементного сырья.

Ртуть в карбонатных породах не только концентрируется в виде prominently интересных рудных тел, но и образует обширные поля рассеянной минерализации. Объемы в той или иной степени обогащенных киноварью пород измеряются в отдельных рудных полях многими десятками и сотнями миллионов кубических метров. Однако содержания ртути в таких породах редко превышают десятичные доли процента.

По расчетам И.Е. Гамалеева (1970 г.), выполненным для ртутных месторождений Западного Узбекистана (Карасу и др.), расположенных вблизи известковых заводов Джизакской группы, экономически оправданным будет попутное получение ртути на этих заводах при ее содержаниях около 0,001 %. Особый интерес представляют ртутьсодержащие доломиты, используемые в доменном производстве. Их ежегодная добыча — многие миллионы тонн, что соответствует десяткам тонн ртути, выбрасываемой в атмосферу вместе с газами доменных печей. Утилизация этого металла — вопрос не столько экономический, сколько природоохранный.

Ртуть в кремнистых породах осадочно-метаморфогенного происхождения, как было показано в работах В.С. Сушенцова (1982 г.) и других исследователей, может иногда рассматриваться в качестве эксгальационно-осадочной; она образует повышенные концентрации в отдельных горизонтах роговиков, кремнистых сланцев и кремнисто-карбонатных пород. Содержание ртути в них достигает иногда первых сотых долей процента, однако обычно оно ниже (тысячные — десятитысячные доли процента). Предварительные расчеты показывают, что в случае выделения компактных блоков с содержанием ртути около 0,02 %, пригодных для отработки карьерным способом, и при условии использования кремнистых огарков непосредственно на месте разработки таких месторождений будет рентабельной.

Ртуть в каменных углях привлекла внимание исследователей после того как А.А. Сауковым (1934 г.) было доказано, что она образует в городах устойчивые ореолы техногенного рассеяния, обусловленного выбросом в атмосферу паров ртути, освобождающейся при сжигании каменного угля. Однако серьезно этой проблемой заинтересовались лишь тогда, когда в отстойниках некоторых коксохимических батарей были обнаружены заметные скопления металлической ртути. Оказалось, что ее источником были угли, добываемые вблизи ртутных месторождений.

Исследования, базировавшиеся на данных детального геохимического опробования большого числа угольных пластов в шахтах Донбасса (М.А. Карасик, А.М. Добрянский, С.И. Кирикилица, А.Г. Дворников и др.), позволили сделать вывод о том, что ранее выявленные месторождения (Никитовка и др.) представляют собой в указанном регионе своеобразные рудные аномалии на фоне обширнейших ореолов гипогенного рассеяния ртути, связанных с протяженными разломами глубинного заложения.

На общем повышенном геохимическом фоне ртути обособляются ее концентрации в угольных пластах, а также разделяющих их горизонтах алевролитов, залегающих в непосредственной близости от нарушений, сопрягающихся с основными рудоконтролирующими разломами. Большая часть ртути сосредоточена в пропластках аргиллизированных глинистых пород, которые на углеобогачительных фабриках могут извлекаться селективно для последующей передачи на ртутные заводы.

Часть "угольной" ртути содержится в пирите — в периферических зонах сингенетических конкреций, а также в секущих эпигенетических его прожилках. Так как пирит — вредная примесь, резко ухудшающая качество угля, то было бы, по-видимому, целесообразно рассмотреть вопрос о его частичном извлечении на тех же углеобогачительных фабриках с последующим обжигом для получения ртути.

Достаточно сложна технологическая проблема извлечения попутной ртути из собственно угольной массы. На коксохимических батареях она в значительной степени решена: часть металлической ртути накапливается в отстойниках. Однако основная ее масса все же уходит в атмосферу с отходящими газами. Для улавливания ртути необходимо конструирование специальных конденсационных устройств. Еще более актуальна эта проблема для тепловых электростанций, работающих на угольном топливе. Это — составная часть сложной программы по охране окружающей среды от воздействия газообразных продуктов сжигания угля (пиритная сера, щелочная пыль и пр.).

Ртуть в нефтях и нефтебитумах фиксировалась неоднократно ("пенистые" руды района ртутного месторождения Нью-Альмаден в США, ртуть в расположенном там же собственно нефтяном месторождении Кимрик, киноварьсодержащие битумы месторождений Ваньшань и Бэймадун в Южном Китае и др.). Жидкие и особенно твердые битумы пользуются широким распространением и на многих собственно ртутных месторождениях (Тамватней, Боркут, Нью-Альмаден и др.), приуроченных к молодым складчатым и вулканическим зонам. На месторождениях, локализованных в породах более древних комплексов (палеозойских и др.), подвергшихся воздействию процессов регионального метаморфизма (Хайдаркан), битумы в значительной части углефицированы и даже графитизированы.

Выявленные закономерности, как отмечал А.А. Сауков (1952 г.), не могут быть случайными: они объясняются, по-видимому, общностью путей движения (вдоль зон глубинных разломов) углеводородов и ртутносодержащих растворов. На основании пространственного сближения в ряде

регионов (Средняя Азия и др.) нефтеносных бассейнов, занимающих области молодых прогибов, и ртутоносных зон, связанных с поднятиями, как бы опоясывающими эти прогибы, А.Б. Натальин (1960 г.) выдвинул даже гипотезу о "парагенезисе ртути и нефти" (по аналогии с положением А.С. Уклонского о "парагенезисе серы и нефти"; 1936 г.).

Генетические взаимоотношения нефти и ртути всесторонне исследуются Н.А. Озеровой в свете представлений о "ртутом дыхании Земли". К сожалению, объективных количественных данных о содержаниях ртути в нефтях из разных месторождений и нефтеносных бассейнов еще недостаточно, так как ранее этому не уделялось должного внимания; это также связано со сложностями при анализе углеродного сырья на ртуть (углерод — мешающая примесь при спектральном и других методах определения ртути). Предполагается, что на некоторых месторождениях на 1 млн. т добываемой нефти может приходиться до 1 т ртути. Формы ее нахождения пока с должной достоверностью не установлены — скорее всего, это атомарная ртуть.

Ртуть в природных газах содержится обычно в значащих количествах. Повышенная ртутоносность газовых вулканических эксгаляций общеизвестна (Камчатка, Гавайи и др.). Обогащены ртутью, по данным В.З. Фурсова, А.И. Фридмана, Н.К. Махловой и др., также газы глубинного происхождения, поднимающиеся вдоль зон крупных разломов. В Индии, в предгорьях Гималаев, зоны разломов, пересекающих нефте- и газоносные структуры, четко фиксируются ртутными "пиками" на кривых, составленных автором в 1964 г. по результатам геохимического опробования.

В Донбассе и на Северо-Западном Кавказе, по данным А.И. Фридмана и Н.К. Махловой, парообразная ртуть в подземной атмосфере вдоль зон дробления постоянно ассоциирует с гелием, аргоном, азотом, углекислотой и газообразными углеводородами. На большинстве рудных месторождений, как доказано В.З. Фурсовым (1965 г.), М.А. Карасиком и А.Г. Дворниковым [8], рудоконтролирующие разломы четко выявляются при атомртутнометрической съемке. Этот же метод может быть с успехом использован и для выделения зон пострудных нарушений.

Промышленное значение ртути в природных газах приобрела лишь после того как на ряде газовых месторождений Восточной и Северо-Западной Европы было отмечено накопление металлической ртути в приемных камерах и отстойниках компрессорных станций, сжижающих и перекачивающих природный газ от мест его добычи к потребителям. Эти данные систематизированы в работах Н.А. Озеровой, выполнившей, кроме того, большой объем аналитических работ по определению ртути в природных газах ряда месторождений европейской части СССР и некоторых других районов. По мнению этого исследователя, ртуть в парообразно-атомарном состоянии поднимается вдоль зон сверхглубинных разломов из мантийных и еще более глубоких очагов, а затем, уже в средних и верхних ярусах земной коры, она смешивается с углеводородами — жидкими и газообразными — и дальше диффундирует совместно с ними, но все же предпочтительно с газовыми их составляющими. При избытке серы ртуть осаждается в виде киновари, при дефиците — "консервирует"

ся" в газовых ловушках, откуда ее извлекают при эксплуатации вместе с природным газом. По ориентировочным подсчетам Н.А. Озеровой, запасы попутной ртути в среднем по размерам газовом месторождении могут соответствовать средним же по масштабам собственно ртутным объектам (многие сотни тонн). Интенсивная эксплуатация нескольких таких месторождений может обеспечить получение ежегодно существенных количеств металлической ртути — десятки тонн.

Н.А. Озеровой на основании данных о закономерностях размещения ртутьсодержащих газовых месторождений была обоснована правомерность выделения региональных ртутоносных поясов нового типа — без собственно ртутных месторождений. Один из таких поясов соответствует "линии Карпинского" — зоне глубинных разломов, прослеживающихся вдоль северных предгорий Кавказа и затем поворачивающихся на северо-запад и трассирующихся на территории Польши и ГДР к Нидерландам и акватории Северной Атлантики. В восточной части этот пояс расположен параллельно глобальному Средиземноморско-Азиатскому ртутнорудному поясу.

Ртуть в газовой-нефтеносных структурах "нерудных" поясов представлена преимущественно атомарной формой, что находится в соответствии с обоснованной И.Л. Ходаковским, М.Я. Поповой и Н.Д. Шикиной концепцией о возможных способах переноса ртути рудогенерирующими растворами. Ими теоретически и экспериментально было доказано, что значительная часть ртути может переноситься в атомарном состоянии (этим, кроме дефицита серы, объясняется, по-видимому, обилие самородной ртути в некоторых собственно ртутных месторождениях, таких как Итомука, Даньчжай, Идрия, Альмаден и др.); перенос ртути в виде карбонатных и галоидных соединений мог осуществляться лишь в особо специфических случаях (Макдермит в США, Хаммам Н'Байль в Алжире и др.).

Ртуть в туфогенных вулканических породах образует локальные концентрации, природа которых может быть объяснена повышенной адсорбционной способностью слагающих их компонентов. Такие аномалии зафиксированы в США (кальдера Кордеро), однако ртуть из них, по-видимому, следует рассматривать в комплексе с редкими щелочами (литием, рубидием, цезием), а также, возможно, бором.

Ртуть в океанических конкрециях и горячих придонных рассолах установлена пока лишь только качественно (до 0,0001%), в количественном отношении возможная роль этого нового и очень слабо изученного вида минерального сырья в литературе не освещена. Судя, однако, по комплексу сопутствующих элементов (марганец, медь и другие в первом случае, медь, цинк, свинец, серебро — во втором), ртуть как в океанических конкрециях, так и в рудоносных рассолах и илах Красного и других морей должна несомненно, представлять определенный интерес в качестве попутного компонента. При значительных масштабах предполагаемой добычи океанических конкреций (не менее 4 млн. т в год для каждой самостоятельной россыпи) и рудоносных рассолов (первые сотни тысяч тонн в твердой фазе) можно будет рассчитывать, по-видимому, на попутное получение ртути в количестве до первых десятков тонн.

Ртуть в метаморфизованных породах самостоятельных концентраций не дает: при региональном метаморфизме толщ осадочных и других пород она стремится к рассеянию. Не исключена, однако, возможность того, что часть демобилизованной ртути может улавливаться в литологически благоприятных горизонтах типа древних кор выветривания, которые могли быть и исходно обогащены осадочной ртутью. Предполагается также, что часть самородной ртути в таких месторождениях как Альмаден и другие могла быть продуктом отгонки в процессе метаморфизма.

Таким образом, суммируя приведенные данные о возможных источниках попутного извлечения ртути, можно прийти к выводу о наличии значительных резервов получения этого металла. Его потенциальные ресурсы заключены как в месторождениях минерального сырья, технология извлечения ртути из которого уже получила практическую апробацию (цинковые и другие сульфидные концентраты, каменный уголь, природный газ), так и в еще недостаточно изученных видах ртутьсодержащего минерального сырья (кремнистые и карбонатные породы, океанические конкреции, металлоносные рассолы и др.). Проблема утилизации попутной ртути приобретает особую актуальность в свете мероприятий по защите окружающей среды от заражения вредными продуктами горнометаллургической деятельности.

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РУТУНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Приведенные данные о генетических, структурно-морфологических и геолого-промышленных типах рутунх и ртутьсодержащих месторождений свидетельствуют об их крайнем разнообразии и исключительной сложности. Естественно, что и прогнозирование, поиски, разведка и особенно геолого-экономическая оценка месторождений ртути сопряжены с большими трудностями. Не менее сложные проблемы возникают и при их промышленном освоении, что связано в первую очередь с чрезвычайно неравномерным характером распределения рутунго оруденения и сложной морфологией рудных тел.

Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых – процесс (и термин) двуединый, включающий операции по геологической оценке возможных масштабов выявленного объекта и расчеты по экономической оценке разведанных на нем запасов.

Геологической оценке подвергаются все проявления оруденения независимо от их масштабов: от единичных пунктов минерализации и ореолов рассеяния элементов-индикаторов до рудоносных зон и рудных провинций. Она осуществляется на всех стадиях геологоразведочного процесса: от регионального прогнозирования до детальной и эксплуатационной разведки. Геологическая оценка проводится качественно, ее задача – определить возможные масштабы обнаруженного проявления и наметить пути расширения его перспектив. Для этого используются все геологические методы исследования, а в последние годы делаются попытки привлечь вычислительную технику для полуколичественного учета факторов, влияющих на оценку изучаемого объекта и облегчения многовариантных расчетов по определению степени этого влияния.

Экономическая оценка касается в первую очередь только промышленно интересных объектов с разведанными запасами полезных ископаемых. Ее задача – оценить изучаемое месторождение с точки зрения возможности его промышленного освоения и в связи с этим – обосновать необходимость проведения дополнительных разведочных работ. Такая оценка осуществляется на количественной основе, с проведением многовариантных расчетов для выбора наиболее оптимального и экономически оправданного варианта возможного освоения. Совокупное воздействие всех факторов, влияющих на оценку объекта, определяется с использованием вычислительной техники.

Чем сложнее изучаемое месторождение, тем большее значение приобретает геологическая оценка. Особенно наглядно это можно видеть на примере рутунх месторождений, для которых первостепенную роль играет научная концепция, положенная на том или ином этапе разведки в основу понимания условий образования и строения месторождения. Так, более чем полувековая история изучения Хайдарканского рудного поля убедил-

тельно показывает, что смена ведущей геолого-структурной концепции коренным образом меняла общую оценку перспектив рудного поля, а следовательно, и подход к их практической реализации. То же можно сказать и о Никитовском рудном поле: по мере открытия новых структурно-морфологических типов рудных тел последовательно и планомерно расширялись его границы и все более оптимистическим становился подход к оценке общих масштабов (особенно после того как был доказан многоуровневый характер распределения оруденения).

Отметим также обнаружение принципиально нового типа ртутного оруденения в кальдере Кордеро в США, где в течение последних десятилетий произошла резкая смена ведущих типов ртутных месторождений: после быстро отработанных приповерхностных опалитовых залежей (месторождение Опалит) здесь были выявлены на глубине компактные тела секущего типа (Кордеро) и согласные залежи оксихлоридных руд (Макдермит). Успех поисково-разведочных работ, проведенных в 60–70-х годах в Северо-Нумидийской зоне, также в значительной степени был обеспечен новым методическим подходом к переоценке давно известных ртутно-рудных проявлений.

Кратко охарактеризуем основные методические приемы, сложившиеся в практике геологической оценки ртутных проявлений и месторождений.

Определение генетической принадлежности осуществляется более или менее условно для новых обнаруженных проявлений ртутной минерализации по сумме косвенных признаков. В случае насыщенности региона интрузивными образованиями кислого ряда, комплексного характера оруденения, особенно при наличии в ртутных и ртутьсодержащих рудах минералов вольфрама, олова, меди, а также арсенопирита и золота, преобладающего развития рудных тел секущего типа, экспертируемое рудопроявление с уверенностью можно относить к классу плутоногенных. Амагматогенность региона, монометальность оруденения при полнокристаллических формах выделения киновари, согласный тип рудных тел и вмещающих их низкотемпературных метасоматитов определенного состава (кварциты, джаспероиды, послойно осветленные доломиты и пр.) — надежный комплекс критериев телетермальности изучаемых проявлений ртутной минерализации.

Для вулканогенных месторождений типичны приуроченность к областям современной или недавней вулканической деятельности, прямая или косвенная связь с вулканоструктурами и термальными источниками, специфические формы рудных тел (приповерхностные грибообразные залежи), преобладающее выделение киновари в виде массивных мелко- и скрытокристаллических агрегатов, иногда в ассоциации с другими сульфидами, телескопированный характер рудоотложения при относительно малой глубине распространения оруденения.

Каждый из перечисленных признаков и критериев, взятый в отдельности, еще не определяет точной принадлежности изучаемого объекта к одному из трех основных генетических классов, однако в комплексе они дают достаточно ясную картину, позволяющую сделать предварительный вывод о возможном генезисе обнаруженного рудопроявления. Позже,

с учетом результатов детальных термобарометрических исследований, этот вывод будет уточняться, однако в отношении месторождений переходных подтипов, имеющих, например, черты плутоногенных и телетермальных (Тагит, Гордрам и др.) или телетермальных и вулканогенных (Олюторское, Кордеро и др.) классов, такая генетическая неопределенность может существовать очень долго. Тем не менее, предварительное определение возможной генетической принадлежности рудопроявления дает возможность увереннее планировать работы по его дальнейшему изучению, оптимистически оценивать масштабы этого объекта в случае отнесения в классу телетермальных, более осторожно (при прочих равных условиях) — если будут доказательства в пользу предположения о вулканогенном характере оруденения, и еще более пессимистически — исходя из гипотезы о плутоногенности рудной минерализации.

Установление геолого-промышленного типа. Главный критерий выделения промышленных (геолого-промышленных) типов эндогенных месторождений ртути — особенности вещественного состава руд и особенно рудовмещающих метасоматитов. При определении роли этого ведущего критерия в процессе геологической оценки ртутных рудопроявлений и месторождений необходимо четко различать следующие его основные составляющие: 1) комплекс главных и сопутствующих (рудообразующих) рудных компонентов (элементов); 2) парагенетические ассоциации основных и второстепенных рудных минералов; 3) парагенетические ассоциации главных и второстепенных жильных минералов; 4) минеральный состав рудовмещающих метасоматитов.

По составу компонентов (в обычном понимании — это собственно рудные формации) ртутные месторождения разделяют на монометалльные — ртутные и комплексные — ртутно-сурьмяные, ртутно-сурьмяно-мышьяковые, ртутно-сурьмяно-мышьяково-флюоритовые, а также более редко встречающиеся ртутно-полиметаллические, ртутно-сурьмяно-золото-вольфрамовые, ртутно-сурьмяно-золото-вольфрам-полиметаллические, ртутно-баритовые. При сравнительной геологической оценке предпочтительнее всегда следует отдавать месторождениям монометалльной рудной формации; из комплексных промышленно значащими могут быть месторождения ртутно-сурьмяной (иногда с мышьяком и, реже, флюоритом) формации. Месторождения остальных формаций приобретают промышленное значение лишь в крайне ограниченном числе случаев, причем масштабы их, как правило, редко достигают категории средних. Ртутьсодержащие месторождения встречаются преимущественно среди золото-сурьмяно-вольфрам-полиметаллических и медно-полиметаллических рудных формаций.

Для комплексных ртутных месторождений полезно выделять подгруппы, характеризующиеся различными ассоциациями рудных минералов — как собственно ртутных и ртутьсодержащих, так и сопутствующих. Так, совсем не безразлично, входит ли ртуть в состав киновари, или же более сложных ее сульфидов — шватцита, ливингстонита и др. Первый случай будет всегда предпочтительным, так как свидетельствует о большей стабильности условий рудоотложения. То же можно ска-

зять и в отношении сопутствующих сульфидов других металлов и металлоидов. Арсенипит и реальгар (аурипигмент) характеризуют разные этапы единого рудного процесса и поэтому наличие реальгара – более благоприятный оценочный критерий, чем присутствие в рудах более высокотемпературного минерала мышьяка – арсенипита.

Из-за различия физико-химических условий отложения марказита и пирита предпочтение в качестве критерия надежности оценки масштабов проявления ртутного оруденения (особенно на глубину) необходимо будет отдать пириту. И в случае пары: киноварь – метациннабарит оптимальным будет вариант с киноварью, как гораздо более стабильным по сравнению с метациннабаритом минералом.

Для некоторых генетических и, на этой основе, оценочных построений большое значение приобретают данные о редких минералах-спутниках киновари (шеелит, золото, иногда также минералы селена, теллура, таллия и др.). О значении самородной ртути и оксихлоридных ее соединений уже говорилось: наличие первой (в случае ее гипогенности) – косвенное свидетельство значительных масштабов ртутнорудного процесса (месторождения Альмаден, Даньчжай, Идрия), присутствие кордеронита, макдермитита и др. – признак приповерхностных вулканогенных месторождений.

Комплекс жильных минералов – один из основных критериев (хотя и не самый важный) отнесения месторождения к тому или иному геолого-промышленному типу. При прочих равных условиях наличие кварца – свидетельство относительно более высокой степени надежности ртутного проявления любого генетического типа. Замыкает достаточно длинный ряд жильных минералов (если их расположить в соответствии с возможностью использования при оценке ожидаемых масштабов интенсивности развития рудного процесса) молочно-белый и полупрозрачный крупнокристаллический кальцит как один из самых низкотемпературных минералов, завершающий процесс формирования ртутных месторождений. Следует, однако, подчеркнуть, что иногда более перспективен вариант, при котором жильные минералы вообще отсутствуют: это свидетельствует о проявлении особо мощного импульса ртутного рудообразования, когда отдельные рудные залежи месторождения формировались при участии монортутных эманаций (Даньчжай), или же сверхконцентрированных, простых по составу рудогенерирующих растворов, причем в течение очень ограниченного времени (месторождения Мра С'Ма, возможно Альмаден и др.).

Минеральный состав рудовмещающих метасоматитов – самый главный с точки зрения автора оценочный критерий ртутного оруденения. Этот фактор играет первостепенную роль при оценке возможных масштабов эндогенных рудных месторождений других типов. Так, в классификационной схеме В.И. Смирнова [22] состав рудовмещающих метасоматитов определяет даже названия генетических групп и отдельных классов эндогенных месторождений: пегматитовая, карбонатитовая, скарновая, альбитит-грейзеновая и, если принять пиритизацию за один из типов

околорудного изменения вмещающих пород, колчеданная группы, альбитовый (апогранитный) и другие классы.

В самом названии, отражающем характер процесса пред- и внутрирудного метасоматоза, уже заключен комплекс представлений о типе полезного ископаемого, масштабах его развития, морфологии рудных тел, условиях формирования и многом другом. В частности, термин "джаспероид" сразу же вызывает в памяти исследователя определенные представления, отражающие наши знания о месторождениях соответствующего типа, формирующихся в известняках под сланцевым экраном при участии среднетемпературных растворов и представленных довольно выдержанными и часто достаточно крупными согласными межформационными залежами комплексных ртутно-сурьмяно-мышьяково-флюоритовых руд.

Точно так же, встретив название "опалитовый тип", мы без особого труда представим себе приповерхностные грибообразные залежи бедных ртутных руд, связанные с определенной вулканоструктурой и ограниченные по масштабам. Напротив, обнаружив выходы лиственитов, мы обязаны будем главное внимание обратить на изучение их перспектив на глубину, так как именно для ртутных месторождений лиственитового типа установлены наиболее выдержанные по вертикали рудные столбы (прослеживаются на глубину 800–1200 м и более). Сказанного, думается, достаточно для подтверждения положения о решающей оценочной роли фактора, отражающего характер околорудного изменения вмещающих пород. Именно этот признак и положен автором в основу геолого-промышленной типизации ртутных месторождений (см. табл. 2–5).

Выявление структурно-морфогенетического типа. Морфология месторождений и слагающих их рудных тел — основной фактор, определяющий выбор методики разведки и методов обработки месторождений, особенно таких сложных как ртутные. Существенную роль этот фактор играет и при оценке выявленных рудопроявлений и месторождений ртуты. Далеко не безразлично, например, имеем ли мы дело с пластовыми или жильными месторождениями кварц-диккитового и карбонатного типов — в первом случае (пластовые залежи) оценка перспектив, при прочих равных условиях, должна быть гораздо более оптимистической, чем во втором.

Необходимо очень четко разграничивать понятия о структуре рудо-вмещающих горизонтов (зон, блоков) гидротермально измененных пород и структуре собственно рудных тел. Их структурные планы, а следовательно и морфология, как правило, не совпадают. Отсюда — частая путаница в определении структурно-морфогенетического типа ртутных месторождений. Например, на одном фланге длинного ряда ртутных проявлений джаспероидного типа располагаются месторождения и рудные участки, для которых понятия "джаспероид" и "руда" практически совпадают (Главное поле Хайдаркана), и поэтому в качестве рудных тел в этом случае можно рассматривать выдержанные пластообразные межформационные залежи джаспероидов (пластовый структурный тип), а на противоположном конце ряда, слагающегося многочисленными переходными

формами, можно поместить гнездообразные тела в подстилающих известняках, связанные с зонами дробления в лежачем боку толщи карбонатных пород (участок Шивали).

Однако для всех членов описываемого ряда ведущим структурным фактором рудолокализации остается экранирование рудоносных растворов надрудными сланцами. По мере удаления от этой главной рудоконтролирующей и рудолокализирующей поверхности значение фактора экранирования уменьшается, но проявляется оно во всех случаях, определяя общую структуру месторождения. Последнее обстоятельство играет основную роль при оценке перспектив всего рудного поля (района) в процессе прогнозирования скрытого оруденения. При предварительной же разведке объектов детального изучения и оценки является обычно тело рудовмещающих метасоматитов, а при детальной и эксплуатационной — непосредственно рудные тела, характеризующиеся специфической морфологией, определяемой структурными факторами более локального значения (пересечение малоамплитудных трещин и пр.).

Важна не только качественная, но и количественная характеристика структурных факторов локализации: масштабы месторождения во многом определяются размерами рудоконтролирующей структуры, в первую очередь складчатой. Эту особенность также следует учитывать при оценке перспектив изучаемого пункта ртутной минерализации.

Большое значение имеет и степень проявления каждого из рудоконтролирующих структурных факторов: при чрезмерном развитии он из благоприятного превращается в отрицательный. Так, при описании Хайдарканского рудного поля отмечалось, что существенную роль при локализации рудных залежей, связанных с антиклинальными складками, играет радиус их изгиба, но до строго определенных пределов. При равенстве радиуса изгиба складки и мощности толщи компетентных известняков дроблению подвергаются все породы в ядре антиклинали, и поэтому вместо выдержанного межформационного горизонта джаспероидов образуется блок относительно слабо минерализованных известняков. При еще большем изгибе дробление пород становится настолько интенсивным, что рудоносные растворы проходят сквозь них, почти не задерживаясь и не откладывая в них, естественно, своего полезного груза.

Установление типа геологического разреза толщи рудовмещающих пород — одна из важнейших операций при геологической оценке обнаруженного ртутного рудопроявления. Именно геологический разрез во многом определяет характер, форму и размеры рудоконтролирующих складчатых и разрывных структур. С другой стороны, первостепенное значение имеет степень неоднородности разреза. Выделяются два оптимальных варианта: трехчленный разрез с мощным опорным горизонтом компетентных пород (известняков, песчаников, эффузивов) в средней его части и более пластичными породами (преимущественно сланцами) в основании и кровле; однородный (терригенный или карбонатный) разрез. Все промежуточные варианты, характеризующиеся сложным чередованием в разрезе разнородных пород различной мощности, представляются гораздо менее благоприятными для формирования сколько-нибудь крупных ртутнорудных полей и месторождений.

Оценка возможных масштабов проявления рудогенеза. Важнейший показатель степени интенсивности этого процесса с точки зрения автора – масштаб развития околорудного изменения вмещающих пород и особенно формирования непосредственно рудолокализирующих метасоматитов. В процессе образования метасоматитов в наиболее крупных рудных полях кварц-диккитового, джаспероидного и карбонатного типов воздействию гидротерм подвергались колоссальные объемы рудовмещающих толщ (многие кубические километры), в соответствии с этим и объемы минеральных новообразований (в той или иной степени гидротермально измененных пород) достигали многих миллионов и десятков миллионов кубических метров. Наряду с этим известны и многочисленные проявления ртутной минерализации этих же геолого-промышленных типов, в которых вмещающие породы практически не затронуты гидротермальными изменениями, вследствие чего их масштабы были незначительными: лишь в редких случаях они переходили в ранг небольших месторождений.

Таким образом, наблюдается прямая зависимость между масштабами развития пред- и внутрирудного гидротермального метасоматоза и размерами месторождений. Возможны, однако, и исключения. Первое – в случае чрезмерно интенсивного проявления процесса *предрудного изменения* вмещающих пород, когда уже "не остается места" для локализации в метасоматитах еще и рудных тел сколько-нибудь значительных масштабов (мощные залежи алунит-опалитовых образований), и второе – в случае особо концентрированных рудоносных растворов, при участии которых образуются некоторые вулканогенные месторождения с богатыми и сверхбогатыми рудами (Северо-Нумидийская зона), формировавшиеся в течение кратковременного импульса в отрыве от слабо проявившегося процесса предрудного метасоматоза.

Определение тектоно-металлогенической позиции. Проявления ртутной минерализации образуют в совокупности протяженные зоны и пояса, входящие в состав соответствующих рудных провинций. В случае ртутной металлогенической (геохимической) специализации последних перспективы обнаруженного в их пределах ртутного рудопроявления должны оцениваться гораздо более высоко, чем если бы оно размещалось в зоне с "нертутным" профилем (геохимическим фоном). С другой стороны, каждое выявленное ртутное рудопроявление – независимо от его размеров (пусть это будет даже единичная вкрапленность киновари) – заслуживает детального рассмотрения с точки зрения определения его металлогенической (геохимической) роли в региональном плане. Ведь почти все ртутнорудные провинции, оконтуренные на территории Советского Союза, начинались с "малого": с единичных галек киновари в аллювии рек Дальнего Востока и Приморья, с попутной шлиховой киновари в золотых россыпях Колымы, с небольших ртутных геохимических аномалий в Якутии. Обнаружение новых коренных проявлений ртутной минерализации на стыках различных рудоносных зон и на их флангах позволяло часто совершенно по-новому трактовать многие вопросы генезиса (например, более обоснованное определение возраста ртутного оруденения в Средней

Азии) и закономерностей размещения ртутных месторождений (например, уточнение конфигураций рудных поясов в Южном Тянь-Шане).

Установление индикаторной роли ртутных рудопроявлений. Можно выделить три основные группы ртутных рудопроявлений с точки зрения их роли как возможных индикаторов скрытого оруденения: 1) представляющие интерес в качестве самостоятельных рудных объектов; 2) рассматривающиеся в виде "корней" рудных залежей, сохранившихся от эрозии; 3) играющие роль индикаторов, свидетельствующих о возможном наличии на глубине, в иной геолого-структурной обстановке, более крупных скрытых рудных залежей. В отличие от проявлений подавляющего большинства других видов полезных ископаемых, где основную долю составляют первые две категории, применительно к ртути это соотношение выглядит совершенно иначе: из каждых ста обнаруживаемых проявлений ртутной минерализации к промышленно интересным, заслуживающим сразу же постановки геологоразведочных работ, относятся не более двух-трех, еще пять-восемь можно более или менее обоснованно считать эрозионными останцами, а вся же остальная масса (90, иногда до 95 %), должна рассматриваться в качестве возможных индикаторов рудных залежей, локализующихся в нижних структурно-литологических ярусах.

Объясняется это специфическими особенностями ртутного рудообразования: значительным вертикальным размахом рудоотложения (до 5 тыс. м) и многоярусным его характером (в разрезе отдельных ртутносных районов выделяется иногда 15–20 литологически благоприятных горизонтов и 3–4 тектонические чешуи). Поэтому одна из главнейших задач при геологической оценке обнаруженных рудопроявлений – всесторонний анализ геолого-структурной позиции таких проявлений для выяснения их индикаторной роли. Именно здесь заложен основной резерв дальнейшего расширения сырьевой базы ртутнорудной промышленности.

Анализ особенностей вещественного состава, структурных условий рудолокализации и геолого-структурной позиции выявленного рудопроявления, проведенный по указанной примерной схеме, позволяет дать достаточно обоснованную геологическую оценку его возможных перспектив и наметить пути их реализации в процессе последующих, более детальных геологических, тематических и разведочных работ. В ходе последних, помимо геологической, осуществляется систематически и экономическая оценка разведываемого объекта. Методические приемы такой оценки достаточно детально отработаны при составлении многочисленных проектов технико-экономического обоснования кондиций – предварительных и подсчетных – и проектов освоения разведанных месторождений и новых участков на уже эксплуатирующихся рудных полях. Однако эти приемы и методы касаются только объектов с уже разведанными и утвержденными запасами, достоверность которых принимается 100 %. Между тем необходимость периодической геолого-экономической оценки изучаемого месторождения возникает на всех стадиях геологоразведочного процесса для более оперативного управления геологоразведочными работами, особенно учитывая необходимость ускоренной

разведки наиболее перспективных объектов с целью их своевременного промышленного освоения.

Не касаясь общепринятой методики определения кондиций и выбора экономически наиболее эффективного варианта освоения разведанного месторождения, отраженной в соответствующих инструкциях и методических руководствах, остановимся лишь на некоторых специфических особенностях экономической оценки месторождений ртути.

Возможные масштабы ртутных месторождений. Это очень сложный вопрос, так как количество разведанных запасов, даже для ртутного месторождения, переданного в эксплуатацию, ни в коей мере не отражает его масштабов, а тем более потенциальных возможностей рудного поля в целом. Дело в том что из-за исключительной сложности ртутнорудных полей их разведка может осуществляться лишь последовательно — участок за участком. Только по мере накопления новых данных об условиях рудокализации возможно расширение фронта поисково-разведочных работ. За рубежом на действующих рудниках (Альмаден, Монте-Амиата и др.) разведывается детально лишь минимум запасов — в количестве, обеспечивающем горнорудное предприятие на три-пять лет, редко больше. Поэтому истинные масштабы крупного месторождения, даже детально разведанного, всегда неизмеримо больше подсчитанных на момент передачи его для промышленного освоения. Этот вывод подтверждается данными многолетней эксплуатации всех ведущих ртутных месторождений мира.

Для небольших месторождений картина, как правило, совершенно иная: здесь при эксплуатации значительная часть запасов не подтверждается. Причин этого много, но главная, по-видимому, заключается в том, что разведочно-эксплуатационные выработки проходят мимо мелких рудных гнезд, из суммы запасов которых и складывается рудный потенциал месторождения.

Объективное представление об общих масштабах ртутного месторождения могут дать только кумулятивные данные о добытом на нем металле. Материалы по эксплуатации основных ртутных месторождений мира, статистически обработанные О.В. Маториной (1976 г.), позволили ей построить кривую частоты встречаемости месторождений, различных по количеству добытого металла. На этой кривой четко выделяются "площадки", характеризующие семь групп месторождений по крупности. Эта градация, в общем соответствует ранее предлагавшимся группировкам, хотя и с некоторыми отклонениями. Выделяются: 1) уникальные по масштабам месторождения (к этой группе относится только один объект — Альмаден, кумулятивная добыча на котором оценивается в 300–500 тыс. т металла); 2) очень крупные — 100–200 тыс. т (Идриа, Монте-Амиата — всего два объекта); 3) крупные — 20–50 тыс. т (Хуанкавелика, Нью-Альмаден, возможно Ваньшань и др. — черыте—пять объектов); 4) средние — первые сотни — первые тысячи тонн (Сульфур-Бэнк, Кордеро и др.) — всего не менее 10 объектов; 5) небольшие — до первых сотен тонн (примерно 50 объектов, спорадически разрабатывавшихся в различные годы); 6) мелкие — до первых десятков тонн (около

100 объектов, подвергавшихся разработке лишь от случая к случаю); 7) очень мелкие — 0—1 т (рудопроявления, служившие объектом лишь эксплуатационного опробования; всего их насчитывается, по-видимому, около 200).

Лишь среди телетермальных месторождений кварц-диккитового типа известны объекты всех семи групп, объекты последних шести групп отмечаются среди вулканогенных месторождений кварц-карбонат-аргиллитового и карбонат-аргиллитового типов; телетермальные месторождения лиственитового, джаспероидного и карбонатного типов встречаются во второй—седьмой группах, а все остальные типы вулканогенного и плутоногенного классов не поднимаются обычно выше четвертой группы. И еще одна характерная особенность: среди месторождений, например, кварц-диккитового, лиственитового и некоторых других типов выявлены объекты практически в каждой из групп присущего им диапазона оценочной шкалы, тогда как для других типов на всю соответствующую им шкалу приходится, как правило, всего лишь по одному, максимум по два промышленно интересных объекта (Макдермит в опалит-аргиллитовом типе, Терлингва и Сульфур-Бэнк в травертиновом и т.п.). Это свидетельствует об уникальности подобных месторождений — для их образования необходимо было очень редко встречающееся в природе благоприятное сочетание целого ряда геологических и физико-химических условий рудолокализации.

Общие масштабы месторождения — очень важный показатель, но далеко еще недостаточный для проведения объективной экономической его оценки. Необходимо обязательно определить также предел **возможной годовой добычи**, а он для месторождений различных типов изменяется в широких пределах, и даже для одного и того же типа, одной и той же группы по крупности этот показатель может быть совершенно различным. Напомним данные о максимальных размерах годовой добычи для Идрии и Монте-Амиаты — месторождений, относящихся к одному геолого-промышленному типу, входящих в одну группу по крупности, но резко отличающихся по условиям отработки. В первом случае оптимальный предел годовой добычи металла составил 300—500 т, во втором 2000—2500 т.

Рассматриваемый показатель обуславливается рядом факторов: морфологией рудных тел, возможностью их отработки открытым или подземным способом, фронтом очистных работ (количество одновременно действующих эксплуатационных забоев), компактностью или, наоборот, рассредоточенностью рудных тел и их размерами и пр. По этим критериям можно выделить семь групп месторождений и рудопроявлений ртуты, характеризующихся различным "потолком" годовой добычи: 1) более 2 тыс. т (2)*, 2) около 1 тыс. т (2—3), 3) 300—600 т (5—7), 4) около 100 т (10—20), 5) первые десятки тонн (около 500), 6) сотни килограммов — первые тонны (многие сотни объектов), 7) с полностью неподт-

*В скобках — число месторождений, относящихся к данной группе.

вердившимися запасами. Отметим, что в последних трех группах имеются в виду не столько самостоятельные месторождения, сколько отдельные их участки и группы рудных тел.

С этим показателем прямой зависимостью связан другой — продолжительность периода эксплуатации месторождения. Есть месторождения, которые можно отработать буквально за один прием, и такой опыт имеется в отношении небольших приповерхностных плаще- и грибообразных залежей опалитового типа. Открытым способом в течение нескольких месяцев на небольшом месторождении этого типа можно добыть до 100 тыс. т руды, что эквивалентно 50–100 т металла, то есть всем его запасам.

Другой пример — жилные месторождения Итомука в Японии и Ред-Дэвл на Аляске: несмотря на относительное богатство руд (в среднем около 1 %, то есть на целый порядок, выше, чем в предыдущем случае) годовой уровень добычи на них определился в несколько десятков тонн, и лишь в отдельные, наиболее благоприятные периоды достигал 200 т, что при общих запасах каждого из этих месторождений в 1–1,5 тыс. т обеспечивало работу рудников в течение нескольких десятилетий.

По продолжительности эксплуатации можно выделить пять групп ртутных месторождений, разрабатывавшихся непрерывно или с небольшими интервалами в течение: 1) 0,5–2 тыс. лет (2)*; 2) 100–200 лет (5–6); 3) 20–50 лет (10–15); 4) 3–7 лет (50); 5) до 3 лет — все остальные месторождения, небольшие по размерам и со сложным распределением оруденения. Подчеркнем, однако, что приведенная градация сугубо приближенная, так как на многих месторождениях после их временной консервации работы возобновляются в результате обнаружения новых рудных участков, обычно скрытых.

Следующий оценочный критерий — качество руд. Е.Х. Бейли (1980 г.) доказал, что на подавляющем большинстве крупнейших ртутных рудников мира закономерно снижаются средние содержания металла: от нескольких десятков до первых процентов, затем десятых долей процента и иногда даже до 0,06–0,03 %. Так, по всем ртутным рудникам США среднее содержание металла с 1850 по 1970 гг. снизилось с 31,42 до 0,25 % (кумулятивное 0,71 %), в том числе по месторождению Нью-Альмаден — с 32,62 до 0,27 % (в 1975 г. 0,06 %, кумулятивное 2,21 %). На месторождении Идриа в 1979 г. добывались руды с содержанием 9,68 %, а в 1970 г. — 0,19 % (кумулятивное 0,94 %); на Альмадене в 1880 г. среднее содержание было 9,67 %, в 1975 г. — 2,12 % (кумулятивное 7,60 %). На месторождении Монте-Амиата цифры несколько иные: в 1850 г. 0,63 %, в 1880 г. 4,51 %, в 1970 г. 0,5 % (кумулятивное 0,86 %).

Такая общая закономерность объясняется как более высоким содержанием ртути на верхних горизонтах большинства месторождений, так и выборочной выемкой на первых этапах их освоения лишь наиболее богатых рудных гнезд. Некоторые отклонения от общего правила (напри-

*В скобках — число месторождений, относящихся к данной группе.

мер, рудники группы Монте-Амиата) обусловлены вводом в эксплуатацию новых рудных участков с крупными запасами богатых руд.

На многих современных ртутных рудниках отмечается систематическое и часто довольно значительное расхождение между средними содержаниями металла в разведанных запасах руды и в добываемых товарных рудах, причем обычно в сторону понижения. Это объясняется все более широким внедрением массовых систем отработки ртутных месторождений. В результате значительного (иногда в полтора—два раза) разубоживания среднее содержание ртути в отбываемой горной массе снижается до 0,3, а иногда и до 0,1 % и менее. Таким образом, прогрессивные системы отработки месторождений нередко вступают сейчас в противоречие с традиционными методами подсчета запасов ртутных руд, при которых происходит завышение средних содержаний, а рудные тела оказываются представленными разобщенными гнездами сложной конфигурации.

В свете сказанного трудно дать единую группировку ртутных руд по их качеству. Тем не менее, определенные градации, как следует из разрозненного материала, приводившегося при описании конкретных месторождений, все же существуют, и для отдельных объектов довольно отчетливые. Можно выделить по этому признаку следующие группы монометалльных ртутных месторождений и отдельных их участков: 1) месторождения с крупными блоками аномально богатых (десятки процентов ртути) киноварных руд массивной текстуры; они характерны для кварц-диккитового (верхние горизонты Альмадена), листовитового (контактные залежи "печеночных" руд на Нью-Альмадене) и карбонат-аргиллитового (Мра С'Ма) типов; 2) месторождения этих же типов, а также плутоногенного кварц-карбонатного, телетермальных джаспероидного и карбонатного, вулканогенного кварц-аргиллитового типов, но характеризующихся наличием лишь спорадически выявляемых при эксплуатации богатых (многие проценты ртути) рудных тел, небольших по размерам, однако обеспечивающих до 30—40 % общего количества добываемого металла; 3) месторождения с крупными блоками относительно богатых (0,5—1 % ртути) руд, отработка которых возможна на массу; 4) такие же месторождения, но с небольшими участками руд указанного выше качества; 5) месторождения с крупными залежами средних по качеству (0,2—0,3 % ртути) руд; 6) аналогичные месторождения, но с небольшими телами средних по качеству руд; 7) месторождения с относительно крупными и средними по масштабам залежами бедных (0,1—0,2 % ртути) и убогих (менее 0,1 % ртути) руд.

В комплексных рудах содержание ртути, как правило, не превышает первых десятых долей процента (исключение — месторождение ливингстонитовых руд Гуитцку), обычно же оно значительно ниже — до первых сотых и даже тысячных долей процента. Так как технологическая схема переработки комплексных и ртутьсодержащих руд принципиально отличается от методов прямой возгонки ртути из монометалльных ртутных руд, то и оценка этого показателя (качество руд, выражающееся в среднем содержании металла) будет иной: для комплексных руд важно знать

не столько содержание в них ртути, сколько общие их запасы, которые должны обеспечивать полную амортизацию капитальных вложений на строительство дорогостоящих обогатительной фабрики и металлургического завода по переработке получаемых концентратов.

Географо-экономическое положение оцениваемого месторождения в значительной степени определяет объем затрат, необходимых для его освоения. С этих позиций предпочтительнее, конечно, вкладывать средства в расширение производственных мощностей уже действующих, особенно крупных ртутнорудных предприятий. Это решение в большинстве случаев будет оправданным и исходя из общегеологических соображений: ведь именно крупные месторождения (рудные поля) имеют наиболее значительный потенциал скрытых рудоносных структур. Кроме того, как показывает опыт, вблизи крупного месторождения ртути могут быть выявлены промышленные месторождения не только этого же (новые месторождения в районе Альмадена), но часто и других, иногда совершенно неожиданных (Макдермит) генетических типов.

Тем не менее, коренное расширение сырьевой базы ртутнорудной промышленности может быть обеспечено обычно только за счет принципиально новых открытий в районах, ранее недостаточно изученных, но по общегеологическим предпосылкам перспективных на ртуть (Северо-Нумидийская зона). Поэтому широкие поисковые и поисково-ревизионные работы должны осуществляться и за пределами уже установленных ртутнорудных зон и поясов. Проведение таких работ облегчается наличием высокоэффективных и широко апробированных поисковых методов — шлихового, лито- и атмортуногеохимического и др. А с экономических позиций эти работы могут быть дополнительно обоснованы тем, что в случае обнаружения нового промышленного месторождения ртути его освоение потребует гораздо меньшего объема затрат, чем строительство рудника на месторождении подавляющего числа других видов полезных ископаемых.

Конъюнктура мирового ртутного рынка [5] подвержена значительным колебаниям, что связано как с общей международной обстановкой (экономические депрессии и пр.), так и с изменениями в области научно-технического прогресса. В частности, "ртутный бум" конца 60-х — начала 70-х годов, когда цены на ртуть на мировом рынке в течение короткого периода времени выросли чуть ли не в десять раз, был вызван строительством в ряде развитых капиталистических стран большого числа заводов по выпуску химически чистых хлора и каустической соды, используемых при производстве пластических масс. Последовавший сразу же за этим резкий спад был обусловлен уже другими причинами: поднявшейся во всем мире кампанией по борьбе с загрязнением окружающей среды, в том числе и чрезвычайно токсичным соединением ртути — метиловой ртутью. Сейчас вновь намечается расширение областей применения ртути — этого совершенно необычного по своим свойствам металла, не имеющего аналогов среди других элементов периодической системы Менделеева.

Для того чтобы своевременно реагировать на очередной рост спроса на ртуть, необходимо создать резерв в виде предварительно геологически

и экономически оцененных месторождений. Этим предопределяется гибкая политика в отношении проведения поисково-ревизионных и геолого-разведочных работ на ртуть. Она должна выражаться в создании в основных ртутнорудных провинциях групп опытных геологов-ртутчиков, задача которых в периоды пониженной конъюнктуры будет заключаться в углубленном изучении закономерностей размещения оруденения, а во время очередного ртутного бума – в разворачивании поисково-ревизионных и разведочных работ на заранее намеченных перспективных площадях и промышленно интересных объектах.

ПРИМЕРЫ ЭКСПЕРТНОЙ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРОЯВЛЕНИЙ РТУТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

В предыдущих разделах главы была дана лишь самая общая схема методики геолого-экономической оценки обнаруживаемых ртутных проявлений и разведываемых месторождений. В силу исключительной структурно-морфологической сложности рудных тел, а также ввиду крайнего разнообразия генетических и геолого-промышленных типов ртутных и особенно ртутьсодержащих месторождений, необходим строго индивидуальный подход к каждому изучаемому (оцениваемому) объекту. Широко используя в этих целях метод аналогии, эксперт, оценивающий соответствующее проявление (месторождение) ртути, руководствуется и собственным опытом изучения рудных месторождений вообще; не последнюю роль при этом играет и интуиция, позволяющая в особо сложных случаях сделать определенный вывод в отношении возможных перспектив изучаемого объекта. Сказанное иллюстрируется приводимыми примерами экспертной геолого-экономической оценки конкретных проявлений ртутного оруденения.

ОЦЕНКА ВНЕМАШТАБНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ РТУТНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

В отличие от большинства внемасштабных проявлений медно-полиметаллического, редкометального, золото-серебряного и другого оруденения, которые в региональном плане только в крайне редких случаях можно рассматривать в качестве индикаторов более крупных концентраций соответствующих видов полезных ископаемых, наличие даже "точечных" – иногда всего лишь в виде единичной вкрапленности – выделений ртутной минерализации является залогом возможного обнаружения промышленно интересных объектов. Примером может служить Южно-Ферганский ртутно-сурьмяный пояс, намеченный в начале 30-х годов А.Е. Ферсманом и Д.И. Щербачевым. Первоначально его границы определялись сурьмяным рудопроявлением Турук на востоке и ртутными месторождениями Бирксу и Ашат на западе (рис. 67). В пределах установленного тогда 250-километрового интервала рудного пояса располагались линейно ориентированные Хайдарканское и Чаувайское ртутно-сурьмяные рудные поля, а также обособленные месторождения и проявления – сурьмяное Кадамджай и ртутные Сымап, Охна и Котур-Булак, выявленные в основном в ре-

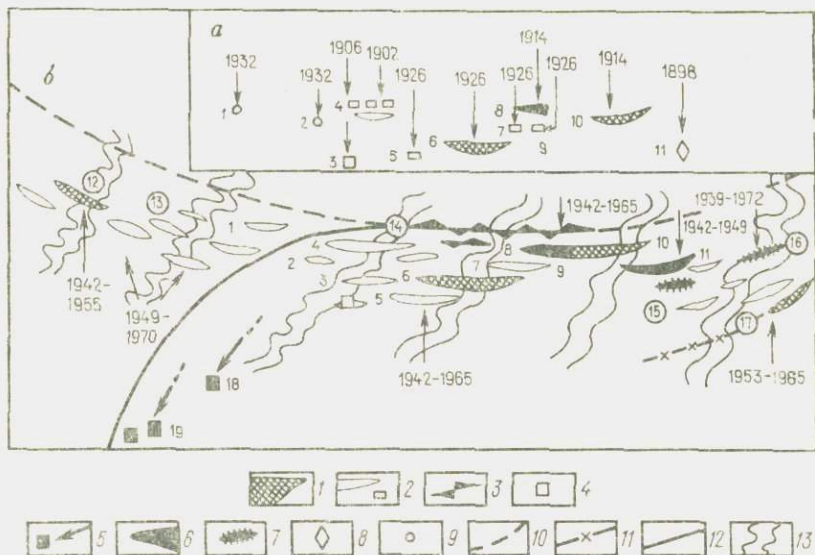


Рис. 67. Последовательность обнаружения и оценки рудных проявлений в пределах Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса (обобщенный план).

a – схема расположения месторождений и проявлений ртутного и сурьмяного оруденения к началу 40-х годов, *б* – то же к началу 80-х годов.

1–8 – рудопроявления, месторождения, рудные поля и кулисы различных геолого-промышленных типов: 1 – джаспероидного ртутно-сурьмяные, 2 – карбонатно-ртутные, 3 – листовинитового ртутные, 4 – баритового ртутные, 5 – карбонатно-аргиллитового ртутные, 6 – джаспероидного сурьмяные, 7 – жильные комплексные сурьмяные, 8 – жильные сурьмяные; 9 – единичные находки киновари в шлихах; 10–11 – глубинные красные разломы варисского возраста, определяющие границы Южно-Ферганского рудного пояса; 10 – северную, 11 – юго-восточную; 12 – область сопряжения зон поздневарисского и альпийского ртутного оруденения (по В.И. Смирнову, 1947 г.); 13 – тектонически ослабленные поперечные зоны, определяющие позицию рудных узлов (по Р.Р. Исанову, 1983 г.).

Рудопроявления и месторождения, открытые до 1939 г. (для основных рудопоявлений и околтурнивания): 1 – Мальгузар, 2 – Алмалы, 3 – Ашаг, 4 – Бирксу, 5 – Сымап, 6 – Хайдаркан, 7 – Охна, 8 – Кадамджай, 9 – Котур-Булак, 10 – Чаувай, 11 – Турук. Рудные кулисы и их группы, выявленные и околтурнированы после 1941 г. (цифры в кружках): 12 – Кокпатасская, 13 – остальные рудные кулисы на территории Западного Узбекистана, 14 – Улутгауская, 15 – Мурдаши-Комсомольская группа рудных кулис, 16 – Иркеш-Савоярднская, 17 – Сарытанская. Месторождения киммерийско-альпийского возраста, расположенные: 18 – в горах Кушитангтау (Таза-Чарвинское), 19 – в горах Коветдага (Куршурли и Кара-Елчи)

зультате работ Таджикско-Памирской экспедиции. В отчетах этой же экспедиции были отмечены кроме того находки единичных знаков киновари в шлихах, отобранных к западу от ртутного месторождения Бирксу. Эти, хотя и крайне отрывочные и неопределенные данные, послужили, тем не менее, основой для постановки в 1942 г., в период Великой Отечественной войны и в связи с временной потерей Никитовки – детальных поисковых



Рис. 68. Принципиальная схема обнаружения ртутного рудопроявления Алмалы в Южно-Ферганском ртутно-сурьмяном поясе (обобщенный план).

1 – массивные мраморизованные известняки, обнажающиеся в виде обрывистой гряды в северной части района; 2 – ороговикованные сланцы; 3 – монзонитовый интрузив; 4–6 – зоны высокотемпературной ртутьсодержащей минерализации: 4 – шеелит-арсенопирит-полисульфидной, 5 – пирит-пирротиновой, 6 – сульфосоляно-арсенопиритовой; 7, 8 – ртутное оруденение: 7 – гнезда и жилы крупнокристаллической киновари (с пиритом), 8 – рассеянная вкрапленность киновари (с кальцитом); 9 – русло сая Алмалы с пересыхающими притоками; 10 – первоначально отобранный шликс с единственным знаком киновари; 11 – отобранные позже шликсы: а – рудные, б – пустые

работ на ртуть на западном фланге Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса. Под руководством В.Э. Пояркова и при участии Е.Л. Абрамович, Н.А. Беляевского, Г.К. Глотова, А.А. Данильянца, Р.А. Мусина, К.Т. Мустафина, А.Б. Натальина, И.В. Прасловой, Г.А. Тереховой, А.С. Чальяна и других исследователей здесь в короткий срок на северных склонах Туркестанского хребта был найден ряд новых проявлений ртутного оруденения в известняках. Примечательна история обнаружения рудопроявления Алмалы, открытого на основании всего лишь одного знака киновари, идентифицированного в одном из шликсов, отобранных более десяти лет назад в устье одноименного сая (рис. 68). В процессе детального шликсового опробования в пределах монзонитового интрузива, прорезающегося долиной указанного сая, удалось оконтурить протяженный ореол вторичного рассеяния киновари, а затем уже выявить коренные обнажения ртутных руд в мраморизованных известняках.

На восточном фланге Южно-Ферганского пояса косвенным указанием на возможное продолжение его в этом направлении служило лишь наличие двух "внезональных" сурьмяных проявлений – Иркеш и Талгый, описанных в 1939 г. Н.М. Синицыным. Тем не менее и здесь в результате детальных поисковых

работ, проведенных в годы Великой Отечественной войны под руководством И.Л. Ворожжина, Е.А. Митрофанова и других исследователей, было открыто большое число ртутных проявлений в известняках (Мурдаши и др.) и сурьмяных в терригенных и терригенно-карбонатных породах (Абшир, Чалкильдак и др.).

Не менее результативными оказались и поиски, осуществлявшиеся в пределах уже оконтуренного отрезка Южно-Ферганского ртутно-сурьмяного пояса: Д.П. Резвым, Г.И. Биличевой, Е.В. Свешниковой и другими

геологами на восточном продолжении Сымапской структуры были найдены проявления Адыракоуской группы, а Н.М. Синицыным, Г.С. Поршняковым и другими специалистами к северу от Чаувайского и Кадамджайского рудных полей выявлен ряд принципиально новых объектов ртутного оруденения — Улугтау, Сарыташ и другие (позже они были отнесены к листовитовому типу). Особое значение имело обнаружение новых рудопроявлений на флангах уже известных рудных полей (Богашин и Шивали), расположенных соответственно к западу и востоку от месторождения Хайдаркан и между обособленными месторождениями (Алыш и другие между Кадамджайским и Чаувайским рудными полями), что позже дало В.И. Смирнову основание для объединения их в рудные кулисы.

Совершенно необычную геолого-тектоническую позицию занимало выявленное в эти годы Таза-Чарвинское ртутное рудопроявление, локализующееся в мезозойских отложениях хр. Кугитангтау. В.И. Смирнов рассматривал его в качестве связующего звена между описанными рудоносными зонами Южно-Ферганского пояса, контролирующимися структурами палеозойского возраста, и месторождениями Копетдага (Куршурли, Кара-Елчи), приуроченными к областям развития пород юры — мела. В 50–60-е годы Ю.В. Финкельштейном, И.Е. Гамалеевым, Ш.С. Султанмуратовым и другими исследователями в Западном Узбекистане — в горах Мальгузур, Зирабулак, Нуратау, Мурунтау и других — было найдено несколько десятков проявлений ртутного оруденения в карбонатных породах. Это позволило “протянуть” Южно-Ферганский ртутно-сурьмяный пояс в западно-северо-западном направлении еще более, чем на 600 км. Одновременно Э.С. Денисовым и другими геологами, а позже П.В. Зайдом, Ю.В. Караевым и их коллегами, было доказано продолжение пояса и в восточно-северо-восточном направлении еще как минимум на 400 км (месторождения Сарыташ, Савоярды и др.). Таким образом, в нынешнем выражении Южно-Ферганский пояс, в составе которого насчитывается несколько сотен месторождений и рудопроявлений, получивших самостоятельные названия, имеют общую протяженность почти 1200 км.

Добавим еще один интересный факт: в 1942 г. К.Л. Бабаев, проводя в Кызылкумах (Западный Узбекистан) поисковые работы на россыпное золото, обнаружил обломок джаспероида с киноварью и антимонитом, визуально не отличимый от типичной хайдарканской руды. Эта находка была встречена с большим недоверием, однако спустя много лет в указанном районе Х.Р. Рахматуллаевым было открыто Кокпатасское сурьмяное месторождение, относящееся именно к джаспероидному типу.

Опыт последовательного изучения Южно-Ферганского рудного пояса с большой убедительностью свидетельствует о плодотворности основной металлогенической концепции, сформулированной еще первыми его исследователями, а именно — о первостепенной рудоконтролирующей роли согласных глубинных (в понимании Н.М. Синицына — и краевых) разломов. Впоследствии, однако, было обращено внимание и на рудолокализирующее значение поперечных (секущих) структур — скрытых разломов фундамента (В.И. Смирнов), систем малоамплитудных нарушений и ос-

лабленных зон (Р.И. Павлов, В.А. Воронич, Р.Р. Исанов). Приведенных примеров, как представляется, вполне достаточно для подтверждения положения о необходимости скрупулезного учета всех без исключения проявлений ртутной минерализации, в том числе немасштабных и внезональных, и определения их индикаторной роли. Об этом же свидетельствует опыт изучения других ртутнорудных провинций СССР: Северо-Кавказской, история исследования которой началась с нескольких шликсов с киноварью, отобранных съемщиками-нефтяниками в пределах областей развития мезо-кайнозойских отложений Краснодарского края; Якутской, Северо-Восточной, Приморской, где первоначально были обнаружены только обломки измененных пород с киноварью, и др.

Отметим, что оценка на ртуть трех последних регионов во многом облегчалась тем обстоятельством, что для них ранее уже были выявлены основные закономерности размещения минерализации, типоморфной для указанных рудных провинций – в первую очередь золото-олово-вольфрамоворудной. Авторы соответствующих прогнозно-металлогенических карт (М.А. Галкин, Н.В. Климов, В.Г. Владимиров, Э.Я. Прушинская и др. для Якутии, П.В. Бабкин, В.И. Копытин и др. для Северо-Востока СССР, Ю.Б. Сазанов, В.В. Онихимовский, В.С. Сушеннов и др. для Приморья и Хабаровского края), ориентируясь на концепцию (не всеми принимаемую) о тесной генетической связи ртутного оруденения с более высокотемпературным золото-олово-вольфрамовым, "привязали" обнаруженные новые проявления и месторождения ртути к структурам, контролирующим размещение уже известного оруденения, и, тем самым, резко ускорили работы по выделению, обоснованию и оценке новых площадей, перспективных на ртуть. В Средне-Азиатской рудной провинции, где, наоборот, относительно более детально изученными оказались региональные закономерности распределения ртутного оруденения, именно структуры, контролирующие его локализацию, с успехом использовались для прогнозирования генетически ассоциирующей с ним, в том числе и весьма отдаленно, редкометальной, полиметаллической, золото-серебряной и другой минерализации.

Сошлемся также на данные И.И. Гинзбурга, который в 30-х годах впервые установил наличие спорадических выделений порошковой киновари в зоне окисления некоторых медно-колчеданных месторождений Урала. Позже разобщенные проявления эндогенной ртутной минерализации – в виде гнездообразных скоплений киновари – были установлены на ряде участков Центрального, Северного и Южного Урала, однако самостоятельного промышленного значения они не имеют. Что же касается вторичной порошковой киновари, образовавшейся при окислении ртутьсодержащих блеклых руд, то она может рассматриваться в качестве индикатора повышенной ртутоносности медно-колчеданных залежей. По подсчетам Н.А. Озеровой, количество заключенной в них ртути эквивалентно запасам средних по размерам собственно ртутных месторождений. Ее попутное извлечение в процессе переработки медно-колчеданных руд не только экономически оправданно, но и совершенно необходимо с точки

зрения охраны окружающей среды. Это – еще один яркий пример геолого-экономической оценки немасштабного, казалось бы, проявления ртутной минерализации.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЯВЛЕНИЙ ГЕНЕТИЧЕСКИ ОДНОТИПНОГО РТУТНОГО ОРУДЕНЕНИЯ

Долгое время в СССР практически единственным представителем ртутных месторождений кварц-диккитового геолого-промышленного типа, если не считать мелких месторождений Хлек и Тибское на Северном Кавказе, была Никитовка в Донбассе. Однако с конца 50-х годов в связи с развитием широких поисковых работ на ртуть в новых районах многочисленные (десятки и сотни) проявления этого типа почти одновременно были обнаружены на Северо-Западном Кавказе, в Якутии и на Чукотке. Для всех этих регионов характерно преобладание в разрезе мощных толщ терригенных пород, преимущественно глинистых сланцев, что является неизменным и, пожалуй, самым главным условием возможности формирования ртутных месторождений кварц-диккитового типа. Это создало определенные трудности в выборе объектов для более детального изучения, так как однотипность геолого-тектонической обстановки, практически полная идентичность вещественного состава руд и характера околорудных изменений вмещающих пород, а также однообразие структурно-морфологических форм рудных тел обуславливали большие сложности при экспертной геолого-экономической оценке новых проявлений. В этом отношении примечательна история сравнительной оценки Перевального месторождения на Западном Кавказе (изучалось Д.В. Абуевым, А.С. Кандауровым, А.В. Нетребой, Н.А. Терентенко, В.А. Терентьевым, М.Г. Шишкуновым и др.) и Западно-Палянского на Чукотке (разведывалось и изучалось П.В. Бабкиным, Е.Г. Дубининым, Е.П. Кимом, В.И. Копытиным, В.Ф. Кузьминым, А.А. Сыромятниковым и др.).

Перевальное месторождение в момент его обнаружения представляло собой почти изометричное в плане тело плотных богато минерализованных крупнообломочных конглобрекчий, четко выделявшихся в рельефе среди сплошной массы рыхлых флишеподобных аргиллитов и мергелистых сланцев. Киноварь входила в состав цемента конглобрекчий, образуя иногда скопления почти сплошных массивных руд. На Западно-Палянском месторождении канавами были вскрыты маломощные зонки рудной минерализации, располагавшиеся столь же изолированно, как и в первом случае, хотя и достаточно компактно, в слабо метаморфизованных глинистых сланцах. Площадь рудных выходов на обоих месторождениях была примерно равной. Первоначально при распределении ассигнований на геологоразведочные работы по отрасли "ртуть" предпочтение было оказано Перевальному месторождению, так как руды здесь представлялись более богатыми, а географо-экономическая обстановка была весьма благоприятной. Позже однако эта оценка была пересмотрена. При повторной сравнительной экспертизе этих двух объектов учитывались в первую очередь

геологические факторы, а они свидетельствовали в пользу Западно-Палянского месторождения, несмотря на тяжелые природно-климатические условия региона (экономически месторождение расположено в достаточно хорошо освоенном горнорудном районе). Эти факторы следующие.

1. Более благоприятный разрез. В районе Перевального месторождения песчаники образуют лишь маломощные прослои и линзы, а в непосредственной близости от Западно-Палянского месторождения был выявлен мощный горизонт мелко- и грубообломочных пород, аналогичных тем, что являются рудолокализирующими на Альмадене и в Никитовке, да и сами вмещающие сланцы здесь литологически более благоприятны, будучи менее пластичными, чем на Перевальном месторождении.

2. Лучшая геолого-структурная позиция. На Перевальном нет четко выраженных складчатых и разрывных структур, тогда как Западно-Палянское месторождение приурочено к крупной антиклинальной складке, осложненной системой протяженных разломов, и, что самое главное, здесь, судя по присутствию перетертых брекчий с обломками дайковых пород, было вероятным наличие глубинной структуры "взрывного" типа (аналогия с Альмаденом, с его "монашескими" брекчиями), игравшей роль выводного канала для концентрированных гидротермальных растворов.

3. Большая гидротермальная проработка рудовмещающих пород. На Перевальном месторождении главный и иногда единственный жильный минерал — диккит, выделяющийся обычно только вдоль трещин, а на Западно-Палянском, кроме диккита, широким развитием пользуются также кварц, пирит и железистые карбонаты, отлагавшиеся не только в виде прожилков, но и метасоматически замещавшие глинистые сланцы, особенно брекчированные, что свидетельствует о повышенной интенсивности проявления рудообразующих процессов; большая "метасоматичность" здесь присуща и киновари, выделявшейся преимущественно в виде плотных скрытокристаллических масс, — это опять-таки, доказательство большей концентрации рудоносных растворов и более высокой степени интенсивности рудогенеза.

Последующие детальные геологоразведочные работы подтвердили это заключение: при некоторой структурной общности Перевального и Западно-Палянского месторождений, выразившейся в рудоконтролирующей роли локальных структур "точечного" типа (связь с жерловой частью грязевого вулкана в первом случае и крутопадающим телом субэруптивных брекчий — во втором), масштабы их оказались несопоставимыми: запасы Западно-Палянского месторождения были почти на порядок большими, чем на Перевальном, да и содержание металла в его рудах в конечном счете оказалось более высоким.

Два других сопоставлявшихся ртутных месторождения кварц-диккитового типа — Запорожское и Сахалинское на Северо-Западном Кавказе. И геолого-тектоническая обстановка, и вмещающие породы здесь практически идентичны: в обоих случаях ртутное оруденение локализуется в умеренно дислоцированных и практически не метаморфизованных глинистых породах. Основная разница заключается лишь в степени интенсивности пред- и внутрирудного гидротермального изменения вмещающих

пород: на Сахалинском месторождении рудовмещающие алевролиты местами почти нацело аргиллизированы, а в участках максимального проявления процесса диккитизации еще и окварцованы – вплоть до образования своеобразных “белых”, почти биминеральных (кварц-диккитовых) брекчий, тогда как на Запорожском месторождении диккитизация развита значительно слабее – диккит обычно выполняет пустоты, а жильный кварц и вовсе отсутствует. Это позволило при экспертной оценке указанных объектов сделать вывод о большей перспективности Сахалинского месторождения, несмотря на то, что литологический фактор в более предпочтительной форме проявился на Запорожском месторождении (оруденение на нем связано с горизонтом песчаников, правда маломощным). Этот вывод также подтвердился в процессе последующих разведочных и эксплуатационных работ.

Значительным распространением в ряде ртутнорудных провинций мира пользуются месторождения карбонатного типа. Представлены они обычно довольно компактными гнездо-, линзо-, жило- и штокообразными телами довольно богатых руд, визуально легко обнаруживаемых на поверхностных выходах (красная или чернеющая киноварь на фоне осветленных известняков и доломитов), что делало их доступными для древних рудокопов. Однако в современных условиях большая часть такого типа месторождений попадает в разряд непромышленных, главным образом из-за сложной морфологии и малых размеров рудных тел.

Экспертная сравнительная геолого-экономическая оценка большого числа ртутных месторождений карбонатного типа позволила установить главные факторы, предопределяющие относительную перспективность некоторых из подобных образований. Это следующие факторы: 1) литологические особенности рудовмещающей толщи карбонатных пород – наиболее благоприятными являются доломиты, а среди них – тонкослоистые глинистые разности (в силу более низкой, чем у известняков, “залечиваемости” пустот); 2) структурная обстановка – возникновение зон внутрiformационного расслоения в местах небольших перегибов моноклинально полого залегающих толщ доломитов; 3) интенсивность проявления гидротермального процесса – при прочих равных условиях предпочтение должно отдаваться рудоносным зонам, характеризующимся наличием особо мощных горизонтов полосчатых доломитов. Такой методический подход оправдал себя при экспертной оценке большого числа проявлений ртутного оруденения в толщах карбонатных пород.

В течение многих лет не удавалось преодолеть трудности, связанные с геолого-экономической оценкой ртутных месторождений как собственно лиственитового (апосерпентинитового) типа, так и многочисленных проявлений, локализующихся в зонах интенсивно карбонатизированных терригенно-эффузивных пород (некоторыми исследователями они относились к кальцит-анкеритовому, карбонатно-кварцевому и другим минеральным типам), структурно и генетически ассоциирующихся с глубинными разломами, служившими путями проникновения гипербазитовой магмы, и потому рассматривающихся сейчас в большинстве случаев в качестве представителей того же – лиственитового – типа. Месторождения этого типа наиболее широко развиты в Горном Алтае, где они были впервые

найлены в конце 30-х годов; они также выявлены в Средней Азии, Центральном Казахстане, на Южном Урале, Кавказе и Чукотке.

Вследствие структурно-морфологической сложности рудных тел и малых, в общем, размеров, несмотря на высокие, как правило, содержания металла, разведывавшиеся месторождения лиственитового типа долгое время не поддавались геолого-структурной расшифровке. Так, месторождение Чаган-Узун в Горном Алтае изучается и разведывается с небольшими перерывами уже более 40 лет, но до сих пор окончательной оценки так и не получило. Улугтауское рудное поле в Южной Фергане лишь спустя почти два десятилетия после его обнаружения в 1942 г. было впервые оценено как промышленно интересный объект. Столь же длительное время исследовались и другие проявления ртутного оруденения лиственитового типа. И лишь сравнительно недавно были разработаны четкие критерии геолого-экономической оценки этих месторождений. Они основываются на следующих исходных положениях:

1. Ртутные месторождения лиственитового типа характеризуются ведущей ролью столбообразных рудных тел, локализующихся в зоне контакта штоков и силлов серпентинизированных гипербазитов, осложненных крутопадающими разломами глубокого заложения и повторяющих изгибы последних как по простиранию, так и по падению; при небольшом, в большинстве случаев, поперечном сечении такие рудные столбы прослеживаются на глубину многих сотен метров, причем нередко наблюдается кулисообразная смена по падению одних рудных столбов другими, столь же протяженными.

2. Месторождениям лиственитового типа присуща обычно монометалльность, являющаяся следствием значительного вертикального размаха рудоотложения (первые тысячи метров), чем предопределяется особая надежность этих месторождений на глубину: выявив обогащенный рудный столб и установив его склонение, все дальнейшие разведочные работы следует ориентировать именно в этом направлении, имея однако в виду и возможность обнаружения субпараллельных, кулисообразно располагающихся скрытых рудных столбов.

3. Масштабы рудных столбов, как и в случае ртутных месторождений других геолого-промышленных типов, в значительной мере обусловлены степенью интенсивности гидротермальной проработки рудовмещающих пород – степенью их лиственитизации; интенсивность определяется не столько объемом метасоматически измененных пород (визуально на поверхности они четко фиксируются по бурой окраске, возникающей при разложении железистых карбонатов), сколько соотношением кварцевой и карбонатной составляющей лиственитов: чем первая выше, тем перспективнее будет обнаруженное рудопроявление.

4. Ртутные и ртутьсодержащие проявления лиственитового типа делятся на две четко выраженные группы: собственно рудные тела (месторождения) и их индикаторы; последние обычно представлены "ожелезненными" выходами метасоматически интенсивно карбонатизированных пород, особенно эффузивов, жилами, иногда довольно мощными и протяженными, выполненными анкеритом, кальцитом и железистыми карбо-

натами, зонами оталькования и другими продуктами гидротермальной лиственитизации, обусловленной привнесом больших масс углекислоты — главной составляющей рудогенерирующих растворов. Изучая такие проявления лиственитов и лиственитоподобных образований, необходимо в первую очередь иметь в виду их индикаторную роль, для чего следует структурно увязать найденные проявления с зонами потенциально рудоконтролирующих глубинных разломов (устанавливаются по данным геохимического опробования), а затем перейти к поискам локализующихся вдоль них лиственитовых зон существенно кварцевого состава, ассоциирующих с телами серпентинизированных гипербазитов (выявляются с помощью геофизических и геохимических методов). В дальнейшем решающее значение будет принадлежать уже глубокой буровой разведке — на наиболее перспективных объектах глубина поисково-структурных и разведочных скважин должна достигать, как минимум, 1200–1500 м. Как уже отмечалось при характеристике месторождений лиственитового типа, глубина отработки отдельных объектов (Нью-Альмаден в США) превышала 800 м, а в Южной Фергане отдельные рудные столбы на месторождениях этого типа были прослежены скважинами до 1200 м по вертикали без изменения качества руд.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СКРЫТОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА ФЛАНГАХ И ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ РАЗВЕДУЮЩИХСЯ И ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Пути решения этой задачи на примере ртутных месторождений лиственитового типа были намечены в предыдущем разделе — имеются в виду поиски рудных столбов, с глубиной кулисообразно сменяющих друг друга, что объясняется приуроченностью их к волнообразным изгибам рудолокализирующей поверхности контакта серпентинизированных гипербазитов, осложненного рудоподводящими разрывными нарушениями. Морфология последних лучше всего может быть отражена на структурно-прогнозных картах. Учитывая крутопадающий характер рудолокализирующих поверхностей, прогнозирование скрытых рудных столбов на месторождениях лиственитового типа следует осуществлять на вертикальных проекциях, отстраиваемых в изолонгах — линия равных расстояний указанной поверхности до субпараллельной ей вертикальной плоскости.

Прогнозирование скрытого оруденения с наибольшим успехом может проводиться на месторождениях джаспероидного типа, контролирующихся структурами экранирования. Последние легко поддаются структурному картированию из-за их относительно простой диагностики: это обычно поверхности раздела между толщами рудовмещающих известняков и перекрывающих их — экранирующих — глинистых, слабопроницаемых для гидротермальных растворов и паров ртути сланцев, а также плоскости пологих надвигов, сопровождающихся пакетами милонитизированных сланцевых брекчий. Их морфология получает отражение на детальных геолого-структурных картах, отстраиваемых обычно в изогипсах рудолокализирующей (экранирующей) или иной (рудоконтролирующей, маркирующей

щей) поверхности. Наиболее перспективные участки связаны преимущественно с положительными формами рельефа картируемой поверхности, осложненными системами рудоподводящих разрывных нарушений.

Для успешного прогнозирования скрытого оруденения применительно к месторождениям джаспероидного, равно как и других геолого-промышленных типов, необходимо учитывать следующие основные факторы.

1. Рассредоточенный характер ртутной минерализации. Как уже неоднократно подчеркивалось ранее, изолированные ртутные месторождения — явление исключительно редкое (примеры — Западно-Палаянское и Перевальное месторождения, да и то их "изолированность" объясняется, скорее всего, недостаточной изученностью прилегающих к ним районов): чаще всего объекты ртутной минерализации образуют рудные поля, в составе которых иногда насчитываются десятки самостоятельных в промышленном отношении рудных участков и месторождений (Хайдаркан, Чаувай и др.). Это обуславливает высокую степень перспективности фланговых частей практически любого изучаемого месторождения ртути.

2. Значительный вертикальный размах ртутного рудоотложения. Для месторождений джаспероидного типа он превышает 2000 м, что позволяет смело прогнозировать поиски скрытого оруденения на практически любую технически допустимую глубину.

3. Многоярусный характер распределения ртутного оруденения, обусловленный наличием в разрезе не одного, а как правило, нескольких литологически благоприятных горизонтов, нередко, к тому же, сдвоенных по поверхности пологих чешуйчатых надвигов.

4. Высокую проникающую способность рудогенерирующих растворов, что способствует формированию вокруг ртутнорудных залежей обширных ореолов первичного рассеяния элементов-индикаторов.

Ограничимся двумя примерами прогнозирования скрытого оруденения применительно к отдельным участкам Хайдарканского рудного поля. До 1943 г. здесь основным и единственным рудоносным горизонтом считалась межформационная залежь массивных джаспероидов, образовавшихся в результате метасоматического замещения пачки тонкослоистых известняков. Наиболее типичным участком в этом отношении является Главное поле, представляющее собой плащеобразную залежь, приуроченную к сводовой части куполовидной складки. В 1943 г. на примере Южного поля было доказано, что промышленное ртутное оруденение может локализоваться и в очень слабо окварцованных слоистых известняках указанного горизонта.

В 1946 г. к северу от Главного поля было пробурено несколько поисково-структурных скважин с целью проверки предположения о наличии здесь подобного же горизонта слоистых известняков. В одном из профилей самая южная скважина оказалась практически безрудной, соседняя вскрыла мощный интервал с исключительно богатыми рудами, а северная подсекла оруденение в подстилающих массивных известняках (рис. 69, а).

Первоначальная трактовка данных бурения этих скважин исходила из предположения о бесперспективности приконтактной зоны и о наличии

выдержанного внутрiformационного рудоносного горизонта в толще подстилающих массивных известняков. Последующая разведка этого участка, названного Промежуточным полем (из-за положения между Главным полем на юге и Кара-Арчой на севере), позволила, однако, подтвердить и здесь ведущую роль структур экранирования, как основного рудолокализирующего фактора для месторождений джаспероидного типа: более половины выявленных рудных тел оказались приуроченными к приконтактной зоне мощностью 20–40 м, характеризующейся развитием процессов осветления и перекристаллизации массивных известняков и спорадическим их окварцеванием.

Примечательно при этом то, как были расшифрованы данные проходки двух южных скважин: первая (самая южная) из них попала в безрудное "окно" площадью всего лишь 0,5x0,6 м, выделяющееся в теле крупной приконтактной рудной залежи в измененных сланцах, почти на 70 % сложенной самородной ртутью с подчиненным количеством киновари. Соседняя же скважина, наоборот, практически целиком "вобрала" в себя короткий крутопадающий прожилок крупнокристаллической киновари. Этот пример наглядно иллюстрирует то положение, что единичные разведочные пересечения не дают объективной картины о рудоносности вскрытой структуры — полноценные данные могут быть получены только по группе из трех-пяти разведочных скважин, а для ориентировочной оценки масштабов всего рудного участка необходимо располагать данными, как минимум, девяти-двенадцати разведочных пересечений.

Что касается третьей поисково-структурной скважины, вскрывшей

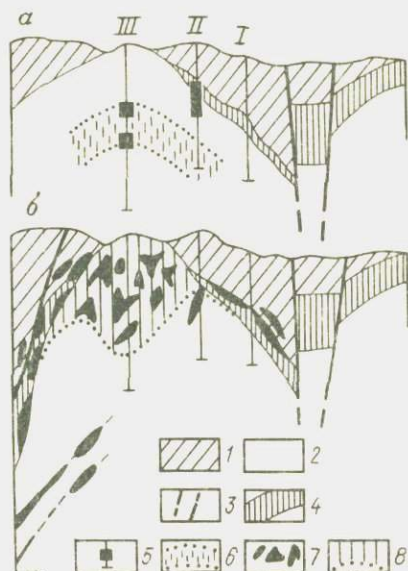


Рис. 69. Пример прогнозирования скрытых рудных тел в подстилающих известняках на ртутном месторождении джаспероидного типа (схематизированные поперечные разрезы).

a — разрез, построенный по результатам бурения первых трех структурно-поисковых скважин, *б* — тот же разрез по данным последующей детальной буровой и эксплуатационной разведки участка. I — надрудные (экранирующие) сланцы; 2 — подстилающие массивные известняки; 3 — рудоподводящие разломы; 4 — выдержанный горизонт межформационных джаспероидов; 5 — поисково-структурные скважины: I — безрудная, II — с богатым оруденением в зоне контакта известняков и сланцев, III — с рудными интервалами в подстилающих известняках; 6 — предполагавшийся внутрiformационный горизонт рудоносных слоистых известняков; 7 — гнездо- и линзообразные рудные тела; 8 — рудоносный штокверк в известняках с кондиционным оруденением на всю массу породы

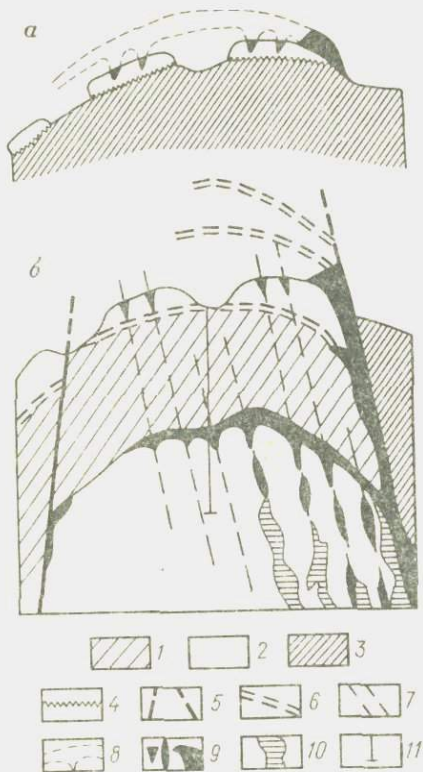


Рис. 70. Пример прогнозирования скрытых многоярусных ртутнорудных залежей джаспероидного типа, связанных с пологими чешуйчатыми надвигами (схематизированные поперечные разрезы).

a – первоначальный вариант; *б* – вариант, уточненный на основании фаунистических определений и подтвержденный данными буровой и эксплуатационной разведки.

1 – надрудные (экранирующие) сланцы; 2 – рудовмещающие массивные известняки; 3 – подстилающие сланцы; 4 – предполагаемая поверхность стратиграфического несогласия; 5 – рудоконтролирующие разломы; 6 – пологие чешуйчатые надвиги; 7 – рудоподводящие и рудолокализирующие сбросы; 8 – предполагавшаяся, ныне эродированная, межформационная залежь рудоносных джаспероидов; 9 – тела рудоносных джаспероидов; 10 – карстовые полости; 11 – структурно-поисковая скважина

на Промежуточном поле оруденение в подстилающих известняках, то ею, как впоследствии оказалось, был впервые установлен принципиально новый для Хайдаркана тип скрытого оруденения – крупный штокверк, приуроченный к ядерной части сжатой куполовидной антиклинали. Секущие рудные тела подсечены здесь глубокими поисково-структурными скважинами и на более значительном – многие сотни метров – удалении от экранирующей поверхности; тяготеют они, однако, уже к линейным зонам дробления в нижней части толщи рудовмещающих известняков, сменяющихся еще глубже доломитами, где, судя по аналогии с рудопроявлением Шивали, можно ожидать наличия и согласных рудных залежей, контролирующихся структурами внутриформационного расчленения. Еще один новый для Хайдаркана структурно-морфологический тип скрытых рудных тел был установлен на северном крыле рудолокализирующей антиклинали Промежуточного поля, осложненной зоной субширотного рудоподводящего разлома – имеются в виду крутопадающие зоны комплексной ртутно-сурьмяно-флюоритово-мышьяковой минерализации, связанные с указанным разломом (см. рис. 69, б).

При разведке выявляемых рудных участков, учитывая опыт изучения Промежуточного поля, можно было уже уверенно ориентироваться на поиски рудных тел пересеченных неизвестных ранее структурно-морфологических типов. И, действительно, такие рудные тела были обнаружены в пределах целого ряда рудоносных структур. При этом были установлены и новые

типы рудных тел: штокверки с исключительно богатым ртутным оруденением в сланцах в сводовых частях очень сжатых антиклинальных складок (Юго-Западное поле), линейные зоны дробления с богатым оруденением гнездобразного типа, "уходящим" в подстилающие известняки на несколько десятков метров от экраняющих сланцев (Северо-Восточное поле и Плави́ковая гора – южная), маломощные субсогласные внутриформационные зоны минерализации, развивающиеся на расстоянии 10–20 м от контакта со сланцами в местах пологих перегибов крыла рудолокализирующей антиклинали (Заводской участок), и др.

Второй пример относится к участку Плави́ковая гора – южная, расположенному на западном фланге Хайдарканского рудного поля. На схематизированном разрезе (рис. 70, а) показана первоначальная трактовка структуры этого участка: несколько выходов – останцов массивных известняков нижнего карбона (визе), маркирующих сводовую часть куполовидной брахиантиклинали, сложенной метаморфизованными глинисто-углистыми сланцами силура–девона, небольшие "нашепки" и клинья рудоносных джаспероидов – остатки и "корни" их эродированного горизонта, и, как следствие – полная бесперспективность участка с точки зрения возможного прогнозирования скрытого оруденения. Однако одно единственное геологическое наблюдение позволило нацело разрушить это давно сложившееся представление: А.Д. Миклухо-Маклаю, Г.С. Поршнякову и Н.М. Синицину в ходе детальных стратиграфо-палеонтологических исследований удалось в одном из сланцевых "окон" обнаружить фораминиферовую фауну среднего карбона. Этим была доказана надвиговая природа известняков визе, что дало основания для предположения о наличии под сланцами среднего карбона основного рудоносного горизонта – тех же известняков визе, венчающихся маломощной пачкой слоистых известняков среднего карбона. И, действительно, первая же поисково-структурная скважина, пробуренная в сланцевом "окне", полностью подтвердила высказанное предположение, что и нашло отражение на вновь откорректированном разрезе (см. рис. 70, б). Сейчас при изучении любого месторождения Южной Ферганы учитывается возможность обнаружения скрытых многоярусных рудных залежей, связанных с системами пологих чешуйчатых надвигов. Эта концепция была подтверждена и в ряде других ртутнорудных провинций, например, в Средиземноморской (месторождения Идриа в Югославии, Мра С'Ма в Северном Алжире и др.).

Пожалуй, наиболее четко многоярусность оруденения проявилась в ртутных месторождениях доломитового подтипа карбонатного типа. Ранее уже указывалось, что в разрезе некоторых рудных полей этого типа можно выделить до 16 горизонтов, литологически благоприятных для локализации ртутного оруденения. Глубоким структурно-поисковым бурением доказано, что признаки эндогенной минерализации устанавливаются практически во всех потенциально рудоносных горизонтах. Это, однако, не означает, что и промышленное оруденение должно присутствовать во всех выделенных стратиграфических ярусах и, тем более, распространяться в разрезе строго по вертикали. Условия локализации кондиционных руд определяются при прочих равных условиях – наличии литологически бла-

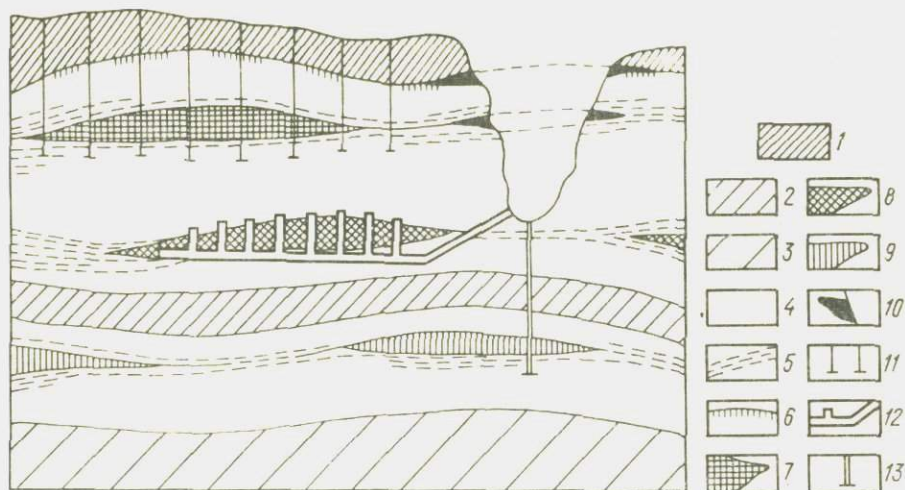


Рис. 71. Пример поисков и разведки скрытых многоярусных ртутнорудных залежей, контролирующихся структурами внутриформационного расслоения в доломитах (схематизированный продольный разрез).

1–3 – сланцы: 1 – надрудные (экранирующие), 2 – внутриформационные, 3 – подстилающие; 4 – рудовмещающие доломиты; 5 – зоны внутриформационного расслоения в доломитах; 6–9 – рудные залежи, локализующиеся: 6 – под сланцевым экраном, 7–9 – в зонах внутриформационного расслоения (7 – в верхней, 8 – в средней, 9 – в нижней); 10 – древние выработки; 11 – скважины, предназначенные для детальной буровой разведки верхнего рудного горизонта, частично вскрывшего эрозией; 12 – горные выработки, пройденные с целью детальной разведки скрытой рудной залежи в средней зоне; 13 – структурно-поисковая скважина, вскрывшая нижний рудоносный горизонт

гоприятных пород – преимущественно структурным фактором.

Главный фактор локализации руд для ртутных месторождений карбонатного типа – развитие структур внутриформационного расслоения. Последние, как это было показано ранее, чаще всего проявляются в пологозалегающих толщах тонкослоистых глинистых доломитов. При этом совершенно не обязательно наличие на каждом месторождении или даже рудном поле крупных (глубинных) разломов, играющих обычно на месторождениях других типов роль рудоподводящих каналов: функции последних с успехом исполняют ослабленные зоны внутриформационного расслоения, протяженность которых нередко измеряется десятками тысяч метров. Циркуляция рудоносных растворов вдоль таких зон могла осуществляться в палеоартезианских бассейнах под большим давлением в субгоризонтальном направлении и даже иногда вниз по разрезу на весьма значительные расстояния. Этим обстоятельством объясняется и массовое – объемное – “пропаривание” гидротермами большой толщи перекрывающих пород, чем создаются особо благоприятные предпосылки для

широкого развития ореолов первичного рассеяния основных и сопутствующих элементов-индикаторов – фактор, во многом облегчающий прогнозирование скрытого оруденения на месторождениях описываемого типа. Вторая особенность, которую необходимо иметь в виду при проведении глубинных поисков скрытых залежей в месторождениях карбонатного типа, – кулисообразное смещение рудолокализирующих зон расслоения друг относительно друга, причем не только по вертикали, но и в плане.

На обобщенном разрезе (рис. 71) отражена история поисков, обнаружения и разведки скрытых многоярусных залежей на одном из наиболее характерных месторождений карбонатного типа. Первоначально здесь были известны только вскрытые эрозией рудные залежи, развитые на верхних стратиграфо-литологических ярусах. Они в свое время были отработаны древними рудокопами; пройденные ими выработки послужили впоследствии надежным поисковым признаком для выявления рудных залежей, расположенных по простиранию рудоносных зон – на продолжении структур экранирования и внутриформационного расслоения.

Отметим, что в отличие от месторождений джаспероидного типа, где экранирование – ведущий фактор рудолокализации, на месторождениях карбонатного типа этот фактор проявляется очень слабо – в условиях субгоризонтального залегания толщи рудовмещающих пород под сланцевым экраном формируются лишь маломощные прерывистые линзообразные тела, не представляющие обычно серьезного промышленного интереса, – в лучшем случае их можно рассматривать только в качестве достаточно надежных макроиндикаторов скрытого на глубине более значительного по масштабам оруденения.

Долгое время основным рудоносным горизонтом считался пласт расслоенных – полосчатых, интенсивно проработанных гидротермальными растворами – доломитов, выделяющийся в верхней части разреза рудовмещающей толщи карбонатных пород. Связанные с ним рудные залежи были детально разведаны густой сетью буровых скважин. Позже, однако, не менее богатые рудные залежи были вскрыты и на более глубоком горизонте – в пределах следующей зоны внутриформационного расслоения. Относились они уже к полностью скрытым структурам, и разведывать их пришлось, чтобы не дублировать ранее пробуренные скважины, с помощью наклонной штольни и протяженного штрека, из которого была пройдена серия восстающих. Еще позже аналогичные залежи, также контролирующиеся структурами внутриформационного расслоения, были выявлены поисково-структурными скважинами и на еще более глубоких горизонтах этого месторождения.

Таким образом, пришлось, по-существу, трижды возобновлять разведку одного и того же рудного участка, каждый раз углубляясь на очередной горизонт единой многоярусной рудной системы. Этот опыт, однако, был затем использован при прогнозировании скрытых рудных залежей на других месторождениях описываемого типа – параллельно с разведкой верхних рудных горизонтов разбуривались профили из нескольких структурно-поисковых скважин с целью подсечения максимально большего числа перспективных структур внутриформационного расслоения. Места

заложения таких профилей выбирались по данным детальной геолого-структурной карты. Последняя отстраивалась для основной рудоконтролирующей поверхности, роль которой играла зона контакта толщи карбонатных пород с перекрывающими ее глинистыми сланцами.

Оконтуривание конкретных рудных залежей, выявляемых в процессе буровой разведки, осложнялось тем обстоятельством, что в некоторых местах достаточно выдержанные согласные внутрiformационные залежи, контролирующиеся структурами расслоения, испытывали воздействие систем малоамплитудных разрывных нарушений, служивших иногда рудоподводящими каналами; это приводило, с одной стороны, к локальным раздувам рудных тел, а с другой — к их внутрирудным деформациям, происходившим под воздействием карстовых процессов. Последние в условиях платообразного бессточного рельефа развивались весьма интенсивно на всех стадиях формирования месторождений карбонатного типа — пред-, внутри- и пострудной. Как показали специально проведенные исследования, роль подобных процессов в становлении ртутных месторождений весьма значительна, ранее она должным образом не учитывалась.

Еще один пример многоярусного характера распределения ртутного оруденения относится к вулканогенным месторождениям полиаргиллитового типа, которые в течение продолжительного времени рассматривались в качестве ярко выраженных приповерхностных образований, и потому вопрос о прогнозировании скрытого оруденения на их глубоких горизонтах обычно даже и не ставился. Действительно, практически почти все поствулканические месторождения, связанные с современными или недавно действовавшими термальными источниками, с глубиной быстро выклиниваются — иногда буквально на протяжении нескольких десятков метров. Однако в ряде случаев было установлено, что после выклинивания собственно приповерхностных залежей, таких как, например, опалитовые и травертиновые, им на смену нередко приходят рудные тела более глубинного облика — телетермальноподобные, отличающиеся иной морфологией и другим — более стабильным — минеральным составом.

Это наблюдение послужило основой для более уверенного прогнозирования скрытого оруденения и применительно к вулканогенным месторождениям. Тем более, что сейчас уже известны случаи, правда пока достаточно редкие, значительного вертикального размаха рудной минерализации и в месторождениях этого генетического класса. Напомним о сурьмяном месторождении Хаммам Н'Байль в Северном Алжире, первичные руды которого сложены надоритом — оксихлоридом сурьмы и свинца. На этом месторождении вертикальный размах рудоотложения составляет многие сотни метров.

Второй пример — группа вулканогенных месторождений Опалит — Кордеро—Макдермит в США, относящихся, несмотря на генетическую и структурную их общность, к трем совершенно различным геолого-промышленным типам — соответственно опалитовому, диккитовому и полиаргиллитовому. Если Опалит с его порошковатой киноварью и Макдермит с рудами, сложеными в основном оксихлоридами ртути, с полным основанием можно отнести к действительно приповерхностным образованиям,

похожим на Сульфур-Бэнк, то более глубоко располагавшимся рудным залежам месторождения Кордеро присущи уже многие черты телетермальных месторождений, которым, как известно, свойствен максимальный вертикальный размах рудоотложения.

К подобного типа месторождениям относится, по-видимому, и Идриа в Югославии, главные рудные залежи на котором отработаны на глубину более 400 м. Для Идрии, как показали результаты последних исследований И. Млакара и др., характерно многоярусное строение, обусловленное рудолокализирующей ролью системы пологих чешуйчатых надвигов. Геолого-структурная интерпретация рудных выходов, изображенных на рис. 72, а, исходит из сформулированных выше положений о возможности прогнозирования вулканогенного ртутного оруденения на более значительную, чем обычно считается, глубину и о вероятной многоярусности оруденения, предопределенной как стратиграфо-литологическими (наличие в разрезе нескольких литологически благоприятных горизонтов), так и структурными (ведущая роль пологих чешуйчатых надвигов) факторами. Решающее значение и в данном случае имела высокая степень интенсивности проявления процесса рудообразования, выразившаяся в формировании под сланцевым экраном, усиленным пакетами милолитовых глинок трения, уникально богатых руд, сложенных тонкозернистой массивной киноварью, ассоциирующей иногда с метациннабаритом. Залежи этих руд были выявлены по рудным индикаторам – мало-мощным крутопадающим баритовым жилам, содержащим выделения порошокватой киновари, связанной с гнездами галенита, сфалерита и блеклых руд как тетраэдритового, так и теннантитового ряда. Разведочными работами были подтверждены сделанные прогнозы: обнаруженные в их ходе богатые поднадвиговые залежи успешно отрабатываются. На разрезе (см. рис. 72, б) показаны также рудные тела согласного и секущего типов, наличие которых на флангах и глубоких горизонтах эксплуатируемых месторождений предполагается на основании высказанных выше общих соображений.

Приведенные примеры успешного прогнозирования скрытого ртутного оруденения и сравнительной геолого-экономической оценки выявляемых новых рудопроявлений и месторождений свидетельствуют о том, что применительно к ртутнорудным объектам, как наиболее сложным образованиям, приоритет должен принадлежать геологическим методам. Собственно экономические методы играют обычно подчиненную роль – их использование необходимо в первую очередь при сравнительной оценке более или менее равнозначных проявлений и месторождений – с целью выбора главных направлений для планирования ассигнований на разведочные работы, а также для определения наиболее оптимальных параметров “эталонных” объектов – месторождений, возможная эксплуатация которых в данных условиях должна быть экономически оправданной.

Одна из наиболее специфических особенностей большинства ртутных месторождений – невозможность в процессе разведки, даже детальной, точной геометризации рудных тел, подлежащих выемке при последующей эксплуатации. По этой причине запасы руды и металла подсчитываются

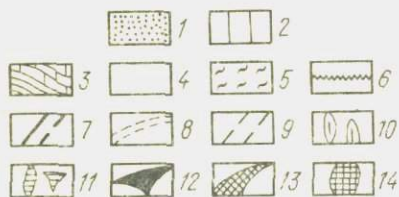
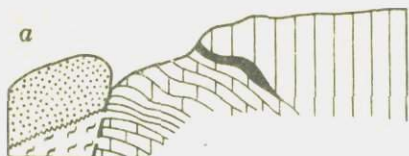


Рис. 72. Пример прогнозирования скрытых рудных тел вулканогенных рудных месторождений полиаргиллитового типа (обобщенные поперечные разрезы).
а – ранее отработанный рудный участок.
б – выявленное новое месторождение.

1 – толща грубозернистых песчаников верхней части разреза; 2 – глинистые породы того же возраста (надрудный – экранирующий горизонт); 3 – мергелисто-известково-глинистые породы подстилающей толщи; 4 – толщи карбонатных пород, определяющие форму рудолокализирующих складчатых структур; 5 – метаморфизованные глинистые сланцы наиболее древней толщи; 6 – поверхность стратиграфического несогласия; 7 – краевой глубинный рудоконтролирующий разлом, разделяющий зоны развития полных и сокращенных разрезов; 8 – поверхности пологих чешуйчатых надвигов – основные рудолокализирующие структуры; 9 – рудоподводящие и рудолокализирующие сбросы; 10–11 – макроиндикаторы скрытого оруденения: 10 – баритовые жилы с галенитом, сфалеритом и порошокватой киноварью, 11 – жило- и гнездообразные киноварные тела в надрудных песчаниках; 12 – основная рудная залежь, сложенная массивной киноварью; 13–14 – прогнозируемые рудные тела: 13 – согласные межформационные под сланцевым экраном, усиленным чешуйчатыми надвигами, 14 – жильно-секущие в карбонатных породах

обычно с использованием коэффициентов рудоносности, значения которых варьируют в широких пределах – от 0,1 до 1 для площадного коэффициента и от 0,003 до 0,3 – для объемного. В этих условиях только детальными многовариантными экономическими расчетами можно обосновать выбор наиболее оптимального способа отработки таких месторождений. В одних случаях это будут поиски обогащенных рудных гнезд, заключенных в общем объеме блока слабо минерализованных рудовмещающих пород, в других – переход к отработке на массу всего подсчетного блока, оконтуренного по данным опробования, часто без учета геологических границ.

При первом варианте необходимо экономическое обоснование максимально допустимого объема эксплуатационно-разведочных выработок, направленных на поиски и оконтуривание конкретных рудных тел с кондиционным содержанием металла при предельных запасах каждого из устанавливаемых рудных гнезд. В зависимости от сложности распределения оруденения в контурах подсчетного блока удельные затраты на эксплуата-

ционную разведку могут составлять 20–40 м горных выработок и 50–100 м малометражных подземных скважин на каждую точку извлекаемого из недр металла. В отдельных случаях приходится учитывать также удаленность прогнозируемых рудных тел от основных подходов выработок: вблизи последних с успехом могут отрабатываться рудные гнезда с запасами несколько сотен килограммов металла, а при необходимости вести поиски скрытых тел на расстоянии нескольких десятков метров от капитальных штреков кондиционный минимум для такого типа рудных тел будет уже на целый порядок выше (несколько тонн металла, а иногда и десятки тонн).

При варианте отработки подсчетного блока на массу – подземным или, предпочтительнее, открытым способом – содержание ртути в добываемой руде может быть в 5–10 раз ниже, чем в описанном выше случае: для отдельных месторождений оно нередко значительно меньше 0,1 %. При расчете бортового содержания для блоков, предназначенных для отработки на массу, сейчас приходится учитывать также роль фактора, ранее не имевшего решающего значения, – речь идет о стоимости горючего и электроэнергии, затрачиваемых на добычу и переработку горнорудной массы. В последнее время их стоимость возросла, что не могло не сказаться на экономических показателях горнорудной промышленности, и, в частности, ртутной.

Первостепенное значение при геолого-экономической оценке ртутных месторождений на всех стадиях их изучения имеет вопрос о степени достоверности геологоразведочных данных и, что особенно важно, подсчитываемых на их основе запасов руды и металла. Из-за исключительной морфологической сложности рудных тел запасы большей части ртутных месторождений определяются с применением коэффициента рудоносности, причем лишь по категориям C_1 и C_2 . Точность подсчета последних, а следовательно и подтверждаемость запасов в процессе эксплуатации, по мнению ряда исследователей не превышает соответственно ± 30 и ± 50 %. Специальные геолого-статистические исследования, проведенные на разработывавшихся месторождениях Е.А. Павлюкович, М.А. Симоняном, В.В. Стефановичем, Н.А. Никифоровым, В.Я. Зималиной, И.Л. Никольским и др., показали, что единого ответа на вопрос о степени достоверности разведанных запасов ртутных руд получить нельзя: для каждого геолого-промышленного типа, с одной стороны, и для каждой группы месторождений по крупности – с другой, устанавливаются свои количественные пределы этого показателя. Сформулируем поэтому лишь несколько общих положений, вытекающих из опыта проведенных исследований.

1. В подавляющем большинстве случаев промышленные концентрации ртутного оруденения сосредоточены в пределах не обособленных рудных участков (месторождений), а в контурах довольно протяженных рудных полей, поэтому и оценка степени достоверности разведанных запасов должна относиться в конечном счете к рудному полю в целом. Во всех без исключения случаях общие запасы рудных полей с рудными участками (месторождениями), эксплуатирующимися длительное время, оказывались выше первоначальных оценок, что объясняется, при прочих равных

условиях, наличием значительного фонда скрытых, в том числе и многоярусных рудных залежей – это специфическая особенность, наиболее характерная именно для ртутных месторождений.

2. Для каждого геолого-промышленного типа ртутных месторождений, как это было показано ранее, устанавливается свой верхний предел количества возможных запасов: чем с более надежным типом в этом отношении приходится иметь дело, тем более достоверна общая оценка масштабов изучаемого конкретного объекта.

3. Условия локализации ртутного оруденения определяются в первую очередь структурными, а затем литологическими факторами. Этим обуславливается и степень надежности разведочных данных для обособленных рудных участков и месторождений. Градация таких факторов по степени относительной благоприятности позволяет заранее ранжировать изучаемые объекты по вероятной достоверности разведываемых запасов.

4. Ведущий фактор, определяющий возможные масштабы отдельно взятого месторождения, – интенсивность проявления рудного процесса. Последняя устанавливается, с одной стороны, по степени гидротермальной пред- и внутрирудной проработки рудовмещающих пород, а с другой – по текстурно-структурным особенностям руд и содержанию в них полезного компонента. Чем крупнее масштабы развития процесса гидротерматоза, чем более четкие контуры имеют тела рудовмещающих метасоматитов, и чем более массивными являются ртутные воды, тем с большей степенью надежности можно определить запасы таких ртутнорудных объектов. Отсюда следует и вывод о наличии прямой, практически корреляционной зависимости между размерами месторождения и степенью подтверждаемости разведанных на нем запасов.

5. Ртутным месторождениям свойственна максимально четко выраженная, по сравнению с рудными полезными ископаемыми других видов, дискретность распределения оруденения, проявляющаяся как в региональном плане, так и в масштабе разведочных объектов, в том числе и конкретных рудных тел, подлежащих выемке в процессе эксплуатации. Поэтому именно при отработке отдельных рудных тел приходится наиболее часто сталкиваться с проблемой неподтверждения разведанных запасов. Снижения риска такого неподтверждения можно добиться, идя по пути более строгой геологической увязки разведочных пересечений, увеличения числа последних и одновременного вовлечения в эксплуатацию оптимального числа объектов. Это требует расширения фронта детальной эксплуатационной разведки с особым вниманием к выявлению и последующему оконтуриванию скрытых рудных гнезд, подлежащих или селективной выемке, или же отработке на "массу" – в границах всего подсчетного блока (в зависимости от большей экономической целесообразности первого или второго варианта).

6. Из всех подсчетных параметров и факторов, учитываемых при блокировке запасов разведываемых месторождений ртути, наибольшей изменчивостью характеризуется содержание основного полезного компонента. Поэтому главное внимание при разведке следует уделять мероприятиям, обеспечивающим максимально объективное определение именно

этого параметра, решающим образом влияющего на степень достоверности подсчитываемых запасов. Его роль еще более возрастает в случае, если мы имеем дело с рудами, находящимися на грани балансовых и забалансовых: здесь особая осторожность необходима при учете проб, и в первую очередь единичных, с аномально высокими ("ураганными") содержаниями ртути.

Выполнение перечисленных выше условий требует, с одной стороны, более тесной увязки деятельности геологоразведочных организаций и эксплуатационных предприятий, а с другой — значительного укрепления рудничной службы последних и повышения уровня ее правовой ответственности.

В последние годы намечается еще одно направление исследований по сравнительной геолого-экономической оценке ртутных и, особенно, ртутьсодержащих месторождений — это работы, связанные с природоохранными мероприятиями, защитой окружающей среды от вредного воздействия паров ртути и ее особо токсичных соединений, в первую очередь метиловой ртути (по сообщениям печати, общее число пострадавших в результате отравления метиловой ртутью только в районе залива Минимата в Японии превышает уже 11,5 тысяч человек). Необходимо рекомендовать массовое опробование на ртуть — с использованием максимально чувствительных (нижекларковых) методов — всех видов добываемого минерального сырья и промпродуктов их переработки. Детальные экономические расчеты позволят установить ущерб, наносимый токсичными соединениями ртути, и подсчитать минимум затрат, необходимых для предотвращения их вредного воздействия как на окружающую природную среду в целом, так и на здоровье человека — в особенности. Естественно, что наиболее кардинальным решением этой проблемы было бы полное извлечение всей ртути, заключенной в ртутьсодержащем минеральном сырье. Как показывают специальные расчеты, количество такой попутно извлекаемой ртути может быть соизмеримо с тем ее количеством, какое добывается из собственно ртутных месторождений.

Заключение

Фактический материал по геологии ртути, систематизированный в настоящей книге, может быть использован в качестве основы при выборе аналогов изучаемых ртутнорудных проявлений различных генетических, структурно-морфологических и геолого-промышленных типов. С другой стороны, опыт прогнозирования, поисков, разведки, геолого-экономической оценки и промышленного освоения месторождений ртути, обобщенный в отдельных разделах работы, может способствовать более углубленному пониманию особенностей исследуемых рудных проявлений. Конечная цель таких работ – геолого-экономическая оценка выявляемых рудопроявлений и месторождений, и в этом, как надеется автор, изложенный в книге материал может оказаться полезным более широкому кругу геологов-рудников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бабкин П.В.* Ртутное оруденение Северо-Востока СССР. М., Наука, 1969 (Труды Северо-Восточного комплексного НИИ. Вып. 28).
2. *Демидова Н.Г.* Геологические закономерности размещения ртутной минерализации на территории Большого Кавказа. – В кн.: Закономерности размещения полезных ископаемых, т. 7. М., 1964, с. 235–256.
3. *Детальные* структурно-прогнозные карты гидротермальных месторождений / П.А. Шехтман, В.А. Королев, Н.А. Никифоров и др. / М., Недра, 1979.
4. *Диксон Ф., Таннелл Дж.* Ртутные и сурьмяные месторождения западного побережья США, связанные с термальными минеральными источниками. – В кн.: Рудные месторождения США, т. 2. М., 1973, с. 380–418.
5. *Запасы и добыча* важнейших видов минерального сырья промышленно развитых капиталистических и развивающихся стран. М., изд. Союзгеолфонд, 1981.
6. *Захаров Е.Е., Королев Н.И.* Структура рудного поля, минералогический состав и генезис Никитовского ртутного месторождения в Донецком бассейне. М.-Л., Изд-во АН СССР, 1940.
7. *Зималина В.Я., Нехода Н.И., Тилляева Г.С.* Достоверность разведки ртутно-сурьмяных месторождений согласного типа (Средняя Азия). Ташкент, Фан, 1981.
8. *Карасик М.А., Дворников А.Г.* Ртутоносность углей Донецкого бассейна и продуктов их переработки. М., 1968. (ОНТИ ВИЭМС. Серия: Геология месторождений полезных ископаемых, региональная геология, № 6).
9. *Кузнецов В.А.* Центрально-Азиатский ртутный пояс. – Геология и геофизика, 1974, № 5, с. 68–73.
10. *Кузнецов В.А., Оболенский А.А., Васильев В.И.* Опыт систематики рудных месторождений Сибири и Дальнего Востока на формационной основе. – В кн.: Эндеогенные рудные формации Сибири и Дальнего Востока. М., 1966, с. 197–202.
11. *Методические* рекомендации по литохимическим методам при поисках и разведке ртутных месторождений. М., изд. ИМГРЭ, 1979.
12. *Невский В.А.* Тектонические брекчи и структуры расслаивания сурьмяных и сурьмяно-ртутных месторождений Средней Азии. – Докл. АН СССР, т. 61, 1948, № 6, с. 1079–1081.
13. *Никифоров Н.А.* Ртутно-сурьмяное оруденение Южного Тянь-Шаня. Условия размещения и вопросы методики прогнозирования. Фрунзе, Илим, 1969.
14. *Никольский И.Л.* Геология ртутных месторождений Центрального района Донецкого бассейна. Донецк, 1959.
15. *Оболенский А.А., Борисенко А.С., Васильев В.И.* Физико-химические условия и некоторые факторы рудоотложения при формировании ртутных месторождений. – В кн.: Термобарогеохимия процессов минералообразования. Ростов-на-Дону, 1974, с. 28–43.
16. *Озерова Н.А.* Первичные ореолы рассеяния ртути. М., 1962, (Труды ИГЕМ, АН СССР, вып. 72).
17. *Поярков В.Э.* Ртуть и сурьма. М., Госгеолтехиздат, 1955 (Оценка месторождений при поисках и разведке. Вып. 15).
18. *Поярков В.Э.* Классификация геологических типов ртутных и сурьмяных месторождений. – Разведка и охрана недр, 1962, № 11, с. 5–14.
19. *Ртутно-сурьмяно-мышьяковое* оруденение Большого Кавказа / А.В. Нетреба, В.И. Радько, В.Б. Черницын, В.И. Зубов. М., Недра, 1980.
20. *Сауков А.А.* Геохимия ртути. М., 1946. (Труды ИГЕМ АН СССР. Вып. 78).
21. *Сауков А.А., Айдиньян Н.Х., Озерова Н.А.* Очерки геохимии ртути. М., Наука, 1972.
22. *Смирнов В.И.* Геология ртутных месторождений Средней Азии. М., Госгеолтехиздат, 1947.
23. *Смирнов В.И.* Геология полезных ископаемых. Изд. 3-е. М., Недра, 1976.
24. *Сулейманов С., Баба-Заде В.М.* Геология ртутных месторождений Малого Кавказа. Баку, 1974.

25. *Твалчрелидзе Г.А.* Рудные провинции мира (Средиземноморский пояс). М., Недра, 1972.
26. *Терехова Г.А.* Жильные породы ртутно-сурьмяных полей Южной Ферганы. — Уч. зап. САИГИМС, 1961, вып. 5, с. 23–28.
27. *Уайт Д.* Месторождения ртути и цветных металлов, связанные с термальными минеральными источниками. — В кн.: Геохимия гидротермальных рудных месторождений. М., 1970, с. 479–528.
28. *Федорчук В.П.* Методика поисков и разведки скрытого ртутно-сурьмяного оруденения. М., Недра, 1964.
29. *Федорчук В.П.* Методические указания по разведке и оценке ртутных месторождений. М., изд. ИМГРЭ, 1975.
30. *Церцвадзе З.Я.* Условия формирования и геохимические поисковые признаки ртутных, мышьяковых и сурьмяных месторождений. М., Недра, 1972.
31. *Черницын В.Б., Кирикилиця С.И.* Крупномасштабное прогнозирование ртутных месторождений. Киев, Наукова думка, 1981.
32. *Юсунов Х.М.* Основные закономерности размещения ртутно-сурьмяного оруденения в Зеравшано-Гиссарском рудном поле. Душанбе, Дониш, 1978.
33. *Bailey E.H., Everhart D.L.* Geology and Quicksilver Deposits of the New Almaden District, Santa Clara County, California, Washington, 1964, US Geol. Survey, Prof. paper, 360.
34. *Cargill S.M., Root D.H., Bailey E.H.* Resource estimation from historical data: mercury, a test case. — *Mathematical Geology*, vol. 12, 1980, N 5, p. 489–522.
35. *I Congreso Internacional del Mercurio*. T. 1, 2. Barcelona, 1974.
36. *Dreyer G., Emmermann K.H., Réé Chr.* Uran-Quecksilbervererzungen in Eruptivgesteinen des pfälzischen Rotliegenden. Ein Beitrag zur Uranogenese im Saar-Nahe Gebiet. — *N. Jahrbuch f. Mineralogie. Abhandlungen*, Bd. 115, 1971, s. 1–30.
37. *Höll R.* Genese und Altersstellung von Vorkommen der Sb-W-Hg-Formation in der Türkei und auf Chios (Griechenland). München, 1966.
38. *Kožely A.* Rudnik živega srebra Jdrija in njegovi problemi. Beograd, 1958 (Rudarsko-metalurski zbornik, št. 1).
39. *Maniliči V., Giuscă D., Stiopol V.* Studiul zăcămintului de la Baia Sprie (reg. Baia Mare) Bucuresti, 1965, (Memoru, v. VII).
40. *Maucher A.* Die Antimon-Wolfram-Quecksilber-Formation und ihre Beziehungen zu Magmatismus und Geotektonik. — *Freiberger Forschungs*, Bd. 186, 1965, s. 173–188.
41. *Mrakar I., Drovenik M.* Strukture in genetske posebnosti Idrijskega rudisca. *Geologija*, 14 kn., 1971.
42. *Radtake A.S., Rye R.O., Dickson.* Geology and stable isotope studies of the Carlin gold deposit, Nevada. — *Econ. Geol.*, vol. 75, 1980, N 5, p. 641–672.
43. *Sainsbury C.L., McKeveit E.M.* Quicksilver deposits of Southwestern Alaska. Washington, 1965 (US Geol. Survey Bull, 1187).
44. *Saupé F.* La géologie du gisement de mercure d'Almadén (province de Ciudad Real, Espagne). *Sciences de la Terre, Mémoire N 29*, 1973.
45. *Tegengren F.P.* The quicksilver deposits of China. Peking, 1920.
46. *Tunell G., Learned R.E., Lawrens E.F.* On the Origin of the Livingstonite Deposits at Huitzoco, Guerrero, Mexico. — *Mineral. Deposita (Berl)* 1976, N 11, p. 71–82.
47. *Yates R.G., Kent D.F., Fernandez Concha J.* Geology of the Huancavelica Quicksilver District, Peru. Washington, 1951 (US Geol. Survey Bull., 957–A).
48. *Yates R.G., Thompson G.A.* Geology and Quicksilver Deposits of the Terlingua District, Texas, Washington, 1959 (US Geol. Survey Prof. paper, 312).
49. *Yildiz Mehmet and Bailey H.E.* Mercury deposits in Turkey. Washington, 1978 (US Geol. Survey Bull., 1456).
50. *White D.E., Roberson C.E.* Sulfur Bank, California a Major Hof-Spring Quicksilver Deposit: A Volume to honor A.F. Buddington, USA, 1962.

УКАЗАТЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- Аббадиа-Сан-Сальваторе 172, 173, 174
 Абцир 129, 244
 Авадхара 63, 67, 92, 94
 Агкаиное 159
 Агятаг 159
 Адыракоу 63, 111, 142, 146, 245
 Айн-Керма 131, 196
 Акелинджа 93
 Аксагата 166, 194, 195
 Акташ (Алтай) 155, 156, 216
 Акташ (Узбекистан) 195
 Актерек 157, 158
 Алмалы 212, 243, 244
 Альмаден 5, 35, 63, 65, 67, 78–82, 84, 96, 105, 182, 205, 211, 213, 227, 232, 237, 239–241, 248
 Альш 245
 Апапель 166, 209
 Араван 158
 Арчман 166, 185, 186
 Ахейское 89, 90, 94
 Ашат 58, 59, 103, 104, 242, 243
 Байя Маре 165, 166, 168
 Байя Спрые 168, 169
 Бала-Балды-Брек 38, 59
 Барун-Шивея 36, 38, 42
 Белокаменное 88
 Береговое 91, 218
 Береговско-Беганьковская группа 196
 Бешбулак 157
 Бир-Бени-Салах 37, 38, 39, 43, 47, 48
 Бирксу 5, 19, 63, 103, 134, 147, 148, 149, 183, 211, 242, 243
 Богашин 111, 117, 245
 Большой Шаян 168, 171
 Боркут 165, 166, 168, 169, 170, 171, 184, 190, 225
 Бретц 197, 198, 200
 Бушвельд 25, 26, 219
 Бэймадун 138, 225
 Ваньшань 19, 63, 135–141, 225, 237
 Веровский 76
 Воти 38, 40, 42
 Воти-Сиань-Таоань 37, 39, 55
 Восточная Вершина 106, 117, 122
 Восточное поле 106
 Вышково 15, 168, 171
 Гал-Хая 142
 Гвадалкакар 130
 Гениша 181, 182
 Главное поле 18, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 118, 233, 252, 253
 Гордрам 38, 56, 57, 231
 Гравелотт 42, 161
 Грендеш 166, 168, 169
 Гуитцуко 129, 130, 131, 132, 240
 Гушсай 195
 Даньчжай 63, 143, 144, 205, 206, 227, 232
 Джебель-Аджа 166, 190, 191
 Джебель-Ишмуль 38, 59
 Джижикрут 127, 128, 129, 130, 131, 132
 Долинный участок 109
 Доломитовый карьер 141
 Дружковско-Константиновское 76
 Есконго 216
 Заводской участок 109, 118, 119, 133, 255
 Западное-Паляное 16, 65, 67, 82, 83, 84, 247, 248, 252
 Запорожское 88, 248, 249
 Зархар 106, 126
 Зархок 213
 Звездочка 14, 15, 85, 142
 Зругское 87
 Идря 141, 165, 166, 174, 175, 177–180, 182, 205, 209, 227, 232, 237–239, 255, 259
 Иркеш 244
 Исмаил 166, 175, 180–183, 211
 Итомука 28, 166, 203, 204, 227, 239
 Кавнок 29
 Кадамджай 99, 102, 108, 124, 129, 131, 242, 243
 Казы-Бекташ 111
 Кара-Арча 106, 120, 122, 123, 253
 Кара-Елчи 185, 186, 243, 245
 Карарекс 54
 Карасу 29, 143, 203, 211, 212, 224
 Карлин 146, 147
 Келянское 63, 99, 142
 Кимрик 154, 225
 Клаймакс 82
 Клин (участок) 18, 111, 113, 133
 Кloverдейл 189
 Кокпатасское 245
 Кон-Чоч 38, 50–53, 84, 127, 130

- Кордеро 174, 198–200, 227, 230, 231, 237, 258, 259
 Котур-Булак 104, 242, 245
 Красноаульское (Хатышское) 87, 96
 Кудиат-С'Ма 181
 Куршурли 185, 243, 245
 Кызыл-Кияк 111
 Кыштау 126, 133

 Ламучан 92
 Левское 159
 Левчай 38
 Лево-Сакынджинское 14, 142
 Лонгбан 26, 219
 Лухуми 38, 60

 Макдермит 28, 34, 165, 166, 174, 185, 198–200, 209, 211, 227, 230, 238, 241, 258
 Малати-Стоур 161, 163
 Малый Шаян 171
 Мальгузар 243
 Маффуда 38, 49
 Медная гора 105–109, 122, 123
 Монте-Амиата 141, 166, 171–174, 182, 237–239
 Монарх 160, 161, 163
 Мра С'Ма 177, 180–184, 211, 232, 240, 255
 Мурдаши 244
 Мыкское 92

 Нагольный кряж 76
 Надир 107
 Никитовка 15, 19, 63, 65, 66, 68–70, 72, 74, 77, 89, 105, 213, 225, 230, 243, 247, 248
 Новое 122
 Норильское 25, 26
 Нью-Альмаден 62, 64, 150–154, 157, 182, 214, 217, 218, 225, 237, 239, 240, 251
 Нью-Идрия 64, 150, 153, 154, 157, 182

 Олюторское 231
 Опалит 165, 166, 174, 196–200, 230, 258
 Охна 104, 242, 243

 Палатское 187
 Перевальное 16, 91, 92, 166, 192, 193, 214, 218, 247, 248, 252
 Пламенное 29, 166, 201–203, 214, 216
 Плавиновая гора 104, 105, 106, 118, 120–122, 126, 129, 133, 255
 Порту 73
 Промежуточное поле 99, 109, 113–116, 118, 121, 133, 205, 253, 254
 Птоу 107, 155

 Рас-Эль-Ма 175, 180, 181
 Ред-Дэвл 63, 67, 93, 94, 214, 216, 239
 Рудняны 38, 57, 58, 59

 Савоярды 245
 Сарт-Истаган 126, 133
 Сарыбулак 157
 Сарыташ 64, 245
 Сахалинское 63, 67, 90, 91, 248, 249
 Северо-Восточное поле 109, 118, 119, 133, 255
 Сеиняйоки 26
 Сенатор 131
 Садбери 25, 219
 Сигуаньшань 82, 97, 98, 131
 Скальное 53, 130
 Славянское 75, 76, 223
 Сокольское 223
 Софиевский участок 65, 76
 Сульфур-Бэнк 34, 165, 166, 194, 206, 208, 209, 237, 238, 259
 Сымап 104, 111, 134, 144–146, 211, 242, 243

 Тагит 38, 39, 43, 45–48, 231
 Таза-Чарвинское 243, 245
 Талгый 244
 Талнах 26
 Тамватней 55, 153, 159, 217, 225
 Тепар 36, 38, 57
 Терлигхая 63, 95
 Терлингуа 130, 166, 206, 207, 238
 Тибское 87, 247
 Толубай 126, 133
 Турук 242, 243

 Улугтау 21, 157, 158, 245
 Уэд-Маден 191

 Фариш 188

 Хайдаркан 5, 16, 18, 19, 28, 53, 61, 63, 93, 99, 101, 103, 106, 110, 114, 120, 123, 124, 126, 129, 131, 133, 139, 180, 183, 211, 225, 229, 234, 243, 245, 252, 254
 Хаммам Н'Байль 185, 200, 227, 258
 Хаммимат 131
 Хёликей 54
 Хоуцзыпин 141
 Хпек 87, 247
 Хуанкавелика 149, 150, 237
 Хуан-Хуа 38, 60
 Хуацзянь 214

 Цзепэюй 138

Цзяоли 63, 144

Чаган-Узун 155, 156, 250

Чалкильдак 244

Чапка 223

Чаркайшан 166, 185, 186

Чатмазар 127

Чаувай 16, 19, 63, 102–104, 124–127,
131, 133, 180, 243, 252

Чемпура 166, 194, 201

Чжешуйцзин 188

Чильтан 127

Чипровцы 27, 38, 39, 48

Чонкой 21, 62, 64, 107, 151, 157, 158

Шивали 111, 133, 234, 245, 254

Шорбулак 107, 123

Шорбулах 159

Шунк 107, 155

Шура (участок) 89

Энза 93, 94

Юго-Западное поле 109, 118, 119, 133,
255

Южное поле 109, 111–113, 118, 139, 252

Юнайтед-Джек 161, 163

Янгуз-Булак 105, 123

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Проявления ртутного оруденения и их таксонометрия	5
Глава II. Генетические и геолого-промышленные типы ртутных и ртутьсодержащих месторождений	23
Геохимическая история ртути и формы ее выделения	23
Схемы группировки ртутных месторождений	30
Эндогенные месторождения	35
Плутоногенные ртутные и ртутьсодержащие месторождения	35
Телетермальные ртутные месторождения	61
Ртутные месторождения кварц-диккитового типа	65
Ртутные (ртутно-сурьмяные, сурьмяные) месторождения джаспероидного типа	97
Ртутные месторождения карбонатного типа	132
Ртутные месторождения листовитового типа	150
Вулканогенные ртутные и ртутьсодержащие месторождения	164
Экзогенные месторождения	211
Гетерогенные ртутьсодержащие месторождения	219
Глава III. Геолого-экономическая оценка ртутных проявлений и месторождений	229
Заключение	264
Список литературы	265
Указатель месторождений	267

ВИКТОР ПАРФЕНТЬЕВИЧ ФЕДОРЧУК

ГЕОЛОГИЯ РТУТИ

Редактор издательства Т.П. Мыскина
Переплет художника В.У. Полякова
Художественный редактор Е.Л. Юрковская
Технический редактор Л.С. Гладкова
Корректор Р.А. Слобоженко
Оператор Л.А. Миронова

ИБ № 4094

Подписано в печать 16.08.83. Т-12998. Формат 60 x 90 1/16. Бумага офсетная № 1.
Набор выполнен на наборно-пишущей машине типа ИБМ "Композер". Печать
офсетная. Усл. печ. л. 17,0. Усл. кр.-отт. 17,0. Уч.-изд. л. 19,91.
Тираж 1180 экз. Заказ 431. /8151-4. Цена 3 р. 40 к.

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра", 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ

УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!
В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ "НЕДРА"
ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ НОВЫЕ КНИГИ

БУРМИН Ю.А. Геология металлоносных кор выветривания. 20 л. 1 р. 40 к.

Рассмотрены геология и геохимия элювиальных россыпей и остаточных месторождений, их вещественный состав, условия формирования и распространения. Показана роль элювиальных россыпей и остаточных месторождений в мировом балансе запасов и добыче черных, цветных, редких, малых и благородных металлов, алмазов, полудрагоценных камней и дан обзор минерально-сырьевой базы континентов. Типы месторождений кор выветривания классифицированы по ведущим рудным минералам, даны характеристики каждого типа. Материалом для книги послужили исследования металлоносных кор выветривания в различных регионах СССР (Урал, Казахстан, Сибирь, Русская платформа и др.).

Для геологов, занимающихся поисками, разведкой и оценкой россыпных месторождений.

ЧЕРЕПОВСКИЙ В.Ф. Угольные бассейны региона Байкало-Амурской магистрали. 12 л. 65 к.

Обобщен большой фактический материал геологоразведочных и научно-исследовательских работ по геологическому строению и угленосности сопредельных территорий Байкало-Амурской магистрали. Выделены угленосные районы, даны характеристики всех известных в них бассейнов и месторождений угля, установлены основные закономерности их размещения. Охарактеризованы стратиграфия и тектоника угленосных отложений, приведены петрографический и химический составы углей, их технологические свойства. Даны прогнозная оценка угленосных площадей и рекомендации для постановки дальнейших геологоразведочных и научно-исследовательских работ на твердые горючие ископаемые в рассматриваемом регионе.

Для геологов, занимающихся поисками и разведкой полезных ископаемых в регионе Байкало-Амурской магистрали и сопредельных территорий.

Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу, или заказать через отдел "Книга—почтой" магазинов:

№ 17—199178, Ленинград, В.О., Средний проспект, 61;

№ 59—127412, Москва, Коровинское шоссе, 20

Изд-во "Недра"

Sp. 406

103
2

4068

ESTPA