

В. ЭММОНС

ОТНОШЕНИЕ МЕТАЛЛОНОСНЫХ ЖИЛЬНЫХ СИСТЕМ К МАССИВАМ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД

Перевод
О. М. КАМИНСКОГО



ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ГЕОЛОГО-
РАЗВЕДОЧНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА

1933

ЛЕНИНГРАД

RELATION
OF
METALLIFEROUS LORE SYSTEMS
TO IGNEOUS INTRUSIUS

(W. H. Emmons. Primary Donward
Changes in Ore Deposits „Trans“.
70, 964-997, 1924)

Отв. редактор проф. И. Ф. Григорьев

Сдано в набор 9/II 1933

Подписано к печати 27/III 1933

Уполномоч. Главлита № В-54061

Стат формат: 62 × 88

Тираж 1700

Техред Г. В. Гельмс

Кол. букв 53800 в п. л.

Объем 3 л.

Изл. № 79

Заказ № 174

Типография Профиздата. Москва, Крутицкий вал, д. 18.

ОТНОШЕНИЕ МЕТАЛЛОНОСНЫХ ЖИЛЬНЫХ СИСТЕМ К МАССИВАМ ИЗВЕРЖЕННЫХ ПОРОД

RELATION OF METALLIFEROUS LODGE SYSTEMS TO IGNEOUS INTRUSIONS¹

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая статья является второй из серии статей, посвященных разбору взаимоотношений между рудными месторождениями и изверженными породами. В первой статье¹ был дан очерк проблемы и вкратце были изложены нормальные изменения металлоносных жил с глубиной, причем были сделаны ссылки на более ранние статьи, посвященные вопросу о зависимости рудных месторождений от глубины их образования.

Настоящая статья рядом примеров иллюстрирует те взаимоотношения, которые были разобраны в первой статье. В качестве примеров взяты главным образом месторождения более крупных округов, так как в них подземные работы достигли наибольшего развития, но те же зависимости выявляются на картах многих десятков неразведанных площадей с примерно подобными же в основных чертах геологическими условиями.

¹ „Trans. Am. Inst. Min. and. Met. Eng.“, 74, 29—70, 1927.

ЖИЛЬНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ И БАТОЛИТЫ

Рудные месторождения делятся на три группы: 1) месторождения, образованные осадочными процессами; 2) месторождения, отложенные метеорными водами, и 3) месторождения, возникшие в связи с магматическими процессами.

Последняя группа наиболее важна. В состав этой группы входят магматические сегрегации, которые представляют собой изверженные породы в тесном смысле слова, а также жилы и связанные с ними месторождения, которые образовались путем осаждения в каналах из растворов, происходящих из охлаждающихся интрузивных тел. Эти месторождения в свою очередь могут быть разделены на две группы: 1) месторождения, связанные с породами такой же степени основности, как диорит, и 2) связанные с интрузивами более кислыми, чем диорит. Вторая группа вероятно обнимает более 95% всех жильных месторождений. Почти все месторождения этой группы связаны с гранитными батолитами, или их расположение позволяет предположить, что батолит, но еще не обнаженный эрозией, залегает на глубине под площадью, вмещающей эти месторождения.

Батолиты представляют собой крупные массы глубоко залегающих изверженных пород. Во время внедрения большинство из них вероятно по степени основности приближается к диориту, а некоторые являются даже более основными. Они становятся более кислыми вследствие дифференциации. Более древние породы батолита например представляют собой перидотиты, габбро и диориты, более же молодые — кварцевые диориты, монцониты, гранодиориты и граниты. Это подтверждается наблюдением. Эта последовательность установлена петрографическими исследованиями во многих районах. Почти все жильообразные залежи руды произошли из растворов, которые выделились из батолита во время или после того как дифференциация достигла стадии кварцевого диорита или монцонита. Значительное большинство таких растворов возможно было выжато из батолита, когда он дошел до состояния гранодиорита или кварц-монцонита.

Большинство батолитов расширяется книзу; это также установлено наблюдением. Их кровля имеет волнистую поверхность и несет на себе много гребней и куполов: эти последние обычно имеют тесную связь с месторождениями, которые во всем мире группируются вокруг батолитов или занимают их краевые части. Рис. 1 представляет собой вертикальный разрез идеального батолита. На рисунке показан только главный интрузив; дайки, интрузивные залежи (sills) и лакколиты опущены.

Много магматически-сегрегационных месторождений, как например руды железа, никеля и хрома, представляют собой части лакколитов, а некоторые ценные месторождения серебряных руд генетически связаны с более крупными интрузивными пла-

стовыми залежами, но мы их здесь не рассматриваем. Много жил в самом батолите или вблизи него связано с дайками. Отложившиеся их растворы поднимались вверх вслед за магмой, образовавшейся дайкой, но в большинстве случаев жилы моложе дайк. Небольшие дайки мощностью менее 30 м вероятно не выносят с собой достаточно металлического материала, чтобы руды скопились в более или менее заметные залежи, и вследствие слишком быстрого охлаждения не дают соответственных продуктов дифференциации.

Наблюдение батолитов земной коры, обнажающихся главным образом в виде гранитных и гранодиоритовых масс, и ассоциирующихся с ними жильных месторождений, обнаруживает между ними постоянную зависимость. Большинство батолитов оказывается связанным с жильными месторождениями. Лишь немногие из крупных батолитов совершенно нерудоносны; также повидимому и некоторые из более мелких батолитов лишены оруденения, но суммарная площадь выходов этих мелких батолитов занимает гораздо меньшее пространство, чем выходы крупных нерудоносных батолитов.

Громадное большинство жил, связанных с гранитными породами, приурочено к их кровле. Они находятся вблизи их контактов или переходят от контактов во вмещающие породы. Внутренние части батолитов обычно безрудны. Эти соотношения, доказанные Линдгреном для Калифорнии, Батлером и Лафлином для Юты и Скофилдом для Берегового хребта Канады, выдерживаются во всем мире.

Практически все значительные месторождения в крупных гранитных массивах находятся у краевых их частей, в остатках вдавленной кровли или вблизи них; в местах, где есть основание предполагать, что эродированная кровля была плоской, или же наконец вблизи и в более поздних изверженных породах, внедрившихся в батолит после его затвердения. Большинство месторождений последнего типа, залегающих в глубоко размытых частях батолитов, тесно связано с повторным, значительно более поздним периодом оруденения. Некоторые месторождения в крупных гранитных массивах могут однако быть связаны с одной из поздних фаз интрузии, но эти примеры сомнительного генезиса очень немногочисленны по сравнению с огромной массой жил, которые явно связаны с кровлей.

ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ МЕТАЛЛОНОСНЫХ ЖИЛ

Возле контактов батолитов месторождения предпочтительно располагаются вблизи или внутри куполов, хребтов или гребней батолита, погружающихся по склону. Это касается не только самих жил, но также и богатых месторождений контактово-метаморфического происхождения. Но это справедливо только для тех месторождений, которые залегают в высоких частях кровли. Таковы месторождения олова, вольфрама, мышьяка, меди, цинка, золота и серебра и некоторых других металлов. Сурьма и ртуть мигрируют на далекое расстояние от гребней и куполов, но обычно находятся в ряду месторождений, связанных с ними.

Часто однако богатые жилы встречаются в таких местах, где ни купола, ни гребни, ни наклонные гребни не наблюдаются.

В более глубоких частях кровли батолита месторождения в большинстве случаев повидимому не обнаруживают никакой связи с гребнями и хребтами, или эта связь незначительна. В остатках вдавленной кровли месторождения залегают в любых положениях. При обзоре всех доступных автору фактов, касающихся большого числа районов, в которых жилы встречаются в остатках вдавленной кровли, он не обнаружил какой бы то ни было постоянной зависимости их от контура кровли.

Хотя все металлы, за исключением таких, как хром, платина и никель, выделяются из высоких частей батолитов в значительных количествах, в жилах, отложенных растворами, выделившимися из глубоких частей батолита, преобладают только золото, медь и вольфрам. Кроме того в отношении зонального распределения медные месторождения обычно располагаются ближе к куполам и высоким точкам батолита, чем месторождения золота; но когда на склонах глубоко эродированного батолита наблюдаются нижние члены жильных систем, медные месторождения оказываются дальше от куполов, чем месторождения золота. Однако в большинстве таких месторождений зональность очень слабо выражена, а в небольших по размерам вдавленных частях кровли какая-либо зональность не распознавалась совсем.

Классификация месторождений в зависимости от условий их расположения

Металлоносные жилы могут быть разделены на шесть групп в зависимости от их положения относительно родоначального батолита. Конечно переходы между ними существуют, но эти шесть классов образуют группы, удобные для сравнения, и все они, за исключением первой, легко распознаются в поле. Относительно формы батолитов во всем мире сделано столько надежных наблюдений, что можно с известной уверенностью конструировать идеальный батолит, как это показано в разрезе на рис. 1 и в горизонталях части его кровли — на рис. 2.

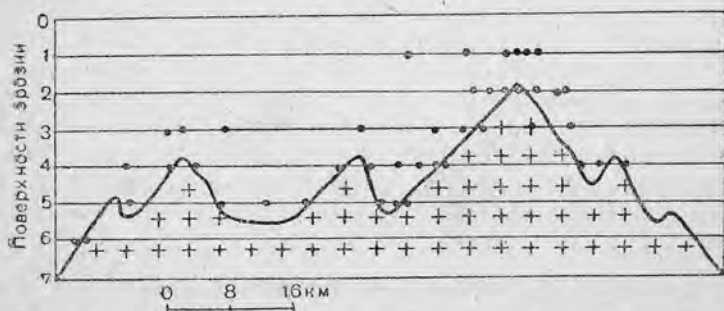


Рис. 1. Поперечный разрез идеального батолита. Точками показаны наиболее благоприятные положения для жильных месторождений. Линии изображают шесть стадий эрозии батолита.

На рис. 1 показаны только месторождения шести поверхностей эрозии, а на рис. 2 — только месторождения, расположенные на контакте или непосредственно близ контакта.

Жильные месторождения концентрируются в значительной степени в куполах и гребнях кровли, вблизи них или над ними, за исключением месторождений золота, которые встречаются в любом положении и весьма обильны и в нижних горизонтах.

Эти шесть групп¹ месторождений следующие:

1. Криптобатолитовая, около скрытых батолитов.

2. Акробатолитовая, в куполах и выступях, или вблизи них.

3. Эпibatолитовая, над батолитами, вблизи их краевых частей, но ниже эродированных куполов или высших точек батолита. В районах, содержащих эту группу месторождений, преобладают вмещающие породы.

4. Эмбатолитовая, среди или между тесно расположенными батолитами. Вмещающие породы преобладают и образуют остов района, содержащего батолит.



Рис. 2. План кровли батолита. Точками показаны наиболее благоприятные положения для жильных месторождений. Последние приурочены к кровле и концентрируются в повышенных участках и во вдавленностях кровли.

5. Эндобатолитовая, внутри и вблизи вдавленностей кровли крупных батолитов. Интрузивные породы преобладают и образуют остов площади, содержащей эти месторождения.

6. Гипобатолитовая, в глубоко эродированных батолитах, где снесены даже остатки вдавленностей кровли.

На рис. 1 сделана попытка показать, как эти различные положения проявляются при шести стадиях эрозии одного и того же батолита. Рис. 3 показывает относительное количество тех или иных металлов, проявляющихся в каждом из этих шести положений. Этот рисунок представлен автором с некоторым колебанием, так как многие рудоносные районы на земле закартированы неточно, но думается, что в основном эта диаграмма правильна и является удобной для изображения тех выводов, которые вытекают из изучения большого количества относящихся сюда фактов, часть которых рассматривается на последующих страницах.

Зональное расположение металлов в жилах

Во многих районах, в которых встречается два или больше видов металлических руд, последние располагаются зонально, часто концентрически последовательными зонами вокруг внедрив-

¹ Для обозначения этих шести групп предложены общеупотребительные греческие префиксы: 1) *сгупто* — скрытый; 2) *асго* — верх, вершина; 3) *ері* — над; 4) *ет* — среди; 5) *endo* — внутри; 6) *нуро* — низ (низкий, глубокий).

шегося интрузивного массива. Изменения в горизонтальном направлении от внешней зоны к центру те же, которые отмечались для отдельной жилы по направлению от поверхности в глубину.

В развитии этой теории в Северной Америке видное участие принял Спёрр. Его первая статья на эту тему появилась в 1907 г. Ценные статьи были написаны также Сэлсом, Кемпом, Батлером, Коллинсом, Линдгреном и Лафлином, Биллингслей и Граймсом, Баутвеллом, Бастиным и Хиллом, Спенсером, Ренсомом и Калкинсом, Умплеби, Томпсоном и Мак-Гонигл и др. В Европе этот вопрос разбирали Расталл, Дыси, Хэтч, Мак-Алистер, Де-Лонэ, Берг и др.; Де-Лонэ в своем *Traité de Gîtes Minéraux etc.* (1913) привел четыре примера площадей, в которых обнаруживается зональность. В Австралии и Тасмании выдающиеся примеры привели Уоллер, Туелвтрис и Эндрюс. В Азии Уонг представил диаграммы, изображающие нормальную зональность вокруг интрузивных гранитов Южного Китая. Зависимость рудных месторождений от физических условий, господствующих в период их образования (что тесно связано с проблемой их зональности), была очерчена Линдгреном в весьма полной форме в 1907 г. В 1908 г. появилась небольшая статья В. Эммонса о генетической классификации минералов.

Глубина эрозии батолита	Au	Sn	W	Cu	Zn	Pb	Ag	Sb	Hg
1. Криптобатолитовая. Батолит не обнажен.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2. Акробатолитовая. Внутри и вблизи куполов.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
3. Эпibatолитовая. Сателлитовые, но ниже эродированные купола	■	■	■	■	■	■	■	■	■
4. Эмбатолитовая. Среди тесно распо- ложенных батолитов.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
5. Эндобатолитовая Внутри или вблизи остатков вдавленностей кровли.	■	■	■	■	■	■	■	■	■
6. Гипобатолитовая. В очень глубоко размывах батолитах.	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Рис. 3. Диаграмма относительных количеств различных металлов, отлагающихся в жилах, при шести различных положениях их относительно родоначального батолита.

Металлы, входящие в каждую зону, поскольку они перечислялись авторами, в основном совпадают, за исключением зон Спёрра¹, который различает три ряда: один связан с основными магмами: хром, платина, никель, медь (серебро), цинк, свинец (серебро); другой ряд связан со средними породами: молибден, вольфрам, золото, медь (серебро), цинк, свинец (серебро); третий связан с кислыми породами: молибден, олово, вольфрам, медь (серебро), цинк, свинец (серебро). Уоллер, Де-Лонэ, Туел-

¹ J. E. Spurr. The Ore Magmas, 2, 611, 1923.

втрис, Расталл, Уонт и большинство других ученых различают в основном следующий ряд: олово, медь, цинк, свинец, серебро, сурьма, хотя в большинстве систем опущены один или несколько металлов.

Трудно ожидать, чтобы зоны вокруг всех интрузивов всегда обнаруживали одну и ту же последовательность, так как отлагающие их растворы не единообразны. Те сульфиды и окислы металлов, которые присутствуют в значительном избытке, должны стремиться осаждаться первыми, если даже они более растворимы, чем другие соли, согласно хорошо известному закону концентрации. Тем не менее обзор карт из районов всего мира, где такие зоны были установлены, обнаруживает поразительное постоянство. В группах 2 и 3 (рис. 7) обратная установленной вертикальная последовательность почти неизвестна, а определенный обратный порядок зон в горизонтальном направлении встречается редко. В группе 4 зоны различимы, но обычно они располагаются в порядке обратном тому, который наблюдается в группах 2 и 3. В группах 5 и 6 зоны встречаются редко или неполно.

Короче говоря, зональное расположение наиболее ясно выражено внутри и вокруг куполов батолитов, внутри и вокруг более низких, но относительно меньших выходов батолитов и в крайних областях крупных батолитов и эмбатолитовых площадей.

Интересным примером последней группы является батолит Айдео. Согласно Томпсону и Мак-Гонигл¹ здесь наблюдается следующий ряд: золото, серебро, свинец, медь; месторождения золота расположены ближе к батолиту. Спёрр² разбирает эти данные и отстаивает ту последовательность, которая была намечена в более ранних статьях: золото, медь, свинец, серебро. Он показывает, как металлы могли отлагаться в такой последовательности в батолите Айдео и вокруг него при изменении температурных условий в течение рудоотложения.

Этот ряд — золото внутри и вблизи интрузивного массива, а медь на большем отдалении от него, выражен в зонах, устанавливаемых как Спёрром, так и Томпсоном и Мак-Гонигл. Этот ряд проявляется, когда батолиты глубоко размыты и занимают крупные площади. Хорошо известным примером является батолит Сиерра-Невады в Калифорнии, где «медный пояс подножий» (Foothill Copper Belt) протягивается параллельно материнской жиле (Mother Lode) на расстоянии 150 км, залегая на большом удалении от интрузивного массива. Однако вокруг куполов золотые месторождения обычно встречаются вокруг и извне площадей медных месторождений, расположение здесь обратное. Примерами таких соотношений являются месторождения Моренси или Бингхем, а также медные и золотые месторождения к северо-западу от Реддинга в Калифорнии.

Для удобства читателей здесь вновь приводится тот ряд, который был установлен автором в более ранней статье. Этот ряд следующий: олово, вольфрам, мышьяк, висмут, золото, медь, цинк, свинец, серебро, золото, сурьма, ртуть. Положение некоторых других металлов определяется менее точно. Они перекрыва-

¹ F. A. Thompson and F. McGonigle. Zonal Distribution of Gold, Silver, Lead and Copper Ores in Idaho. „Eng. a. Min. Jnl.“, 120, 216—218, 1925.

² J. E. Spurr. Ore Zones of Idaho. „Eng. a. Min. Jnl.“, 120, 361—362, 1925.

ют зоны перечисленных металлов, но преобладают в двух или более зонах.

Окислы железа первичного (гипогенного) происхождения появляются главным образом вместе с медью и ниже ее. Сульфиды железа имеют примерно те же пределы и протягиваются вверх, обычно в меньших количествах, до наивысшей зоны. Другие минералы, вошедшие в стойкую группу Линдгрена, равным образом имеют широкие границы в пределах зон. Марганцевые минералы в жилах появляются вместе с медью и протягиваются вверх. Редохрозит протягивается почти до вершины системы; родонит же обычно более ограничен в своем распространении. Никель в жилах редок; он встречается вместе с медью и выше, но для более точной фиксации данных недостаточно. Кобальт встречается вместе с никелем. Платина, в том случае, когда она встречается в жилах, повидимому занимает то же положение, что и более глубокие месторождения. Уран встречается как с золотом, так и с медью, а ванадий в промышленных количествах в Северной Америке почти всегда ограничен зонами меди, цинка и свинца. На рис. 4 сделана попытка выразить эти соотношения.

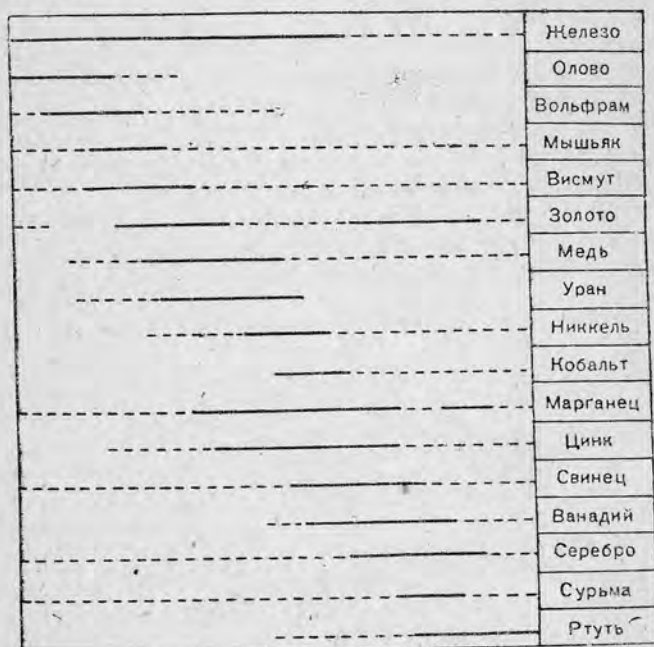


Рис. 4. Диаграмма нормального положения металлов в жильных системах, содержащих два или более металла.

Группа 1: Криптобатолитовые месторождения

Месторождения этой группы типично развиты в зоне третичной складчатости, которая опоясывает Тихий океан¹ и кроме того

¹ В 1905 г. Спёрр обратил внимание на некоторое сходство особенностей месторождений, которые приурочены к тихоокеанскому вулканическому кольцу: G. ology of the Topopah Mining District, „U. S. Geol. Survey Prof. Pap.“, 42, 275—287, 1905.

протягивается от Ост-Индии на запад, через Южную Азию, Южную Европу, северо-запад Африки в Вест-Индию и Мексику. Этот пояс в 60 000 км. длиной представляет собой величайшую в мире рудную провинцию. В число рудных округов этой провинции входят Гольдфильд, Тонопа, жилы Комсток, Апполо, острова Садо, Тайван, Вайхи, частично Анды, Лебонгстрик, Нагиаг и др.

В большинстве этих округов рудные месторождения тесно связаны с андезитами, дацитами и неглубоко залегающими порфирами. Типично развитые зоны встречаются редко, хотя имеется несколько примеров отдельных жил, в которых наблюдается обратный нормальному ряду порядок расположения металлов в глубину. Во многих округах оруденение сконцентрировано на площадях от 7,5 до 10 км². Заключение о том, что эти месторождения залегают над высшими точками необнаженных батолитов, является чистым умозрением, однако оно подкрепляется многими фактами, в особенности их геологическим и географическим окружением¹ и группой гипотез, созданных на основании изучения тех рудных районов, где эрозия продвинулась лишь несколько глубже, чем на площадях, содержащих месторождения группы 1.

В некоторых районах наблюдаются дайки, тесно сгруппированные вокруг некоторых центров, что служит указанием на то, что ниже находятся высшие точки глубоко залегающего интрузивного массива: вокруг площадей таких тесно сгруппированных даек наблюдается грубо зональное расположение металлов в нормальной последовательности.

Примером таких районов является Северный Блэк-Хиллс, округ Пайн-Крик и округ Бэтл Маунтин в Неваде.

Северный Блэк-Хиллс. Месторождения Северного Блэк-Хиллса повидимому образуют криптобатолитовую систему. Рудоносная площадь (рис. 5) сложена докембрийскими сланцами,

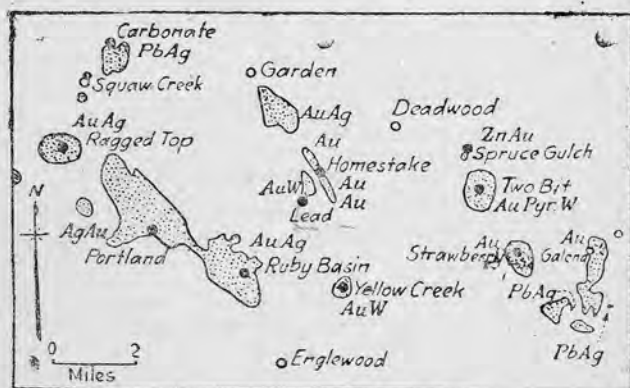


Рис. 5. Карта расположения рудоносных площадей Северного Блэк-Хиллс (пунктирные участки). Наблюдаемые зоны: 1—золото и вольфрам—Лэд, Еллоу-Крик, Ту-Бит; 2—золото и серебро—Гарден, Рэгд-Топ, Портланд, Руби-Бейсин, Струберри; 3—серебро и свинец—Карбонат и Галена (по данным Ирвинга, Пайджа, Райта, Хостеда и др.).

¹ W. H. Emmons. The Major Hinge Zone of Tertiary Deformation and Some of Its Precious Metal Deposits. „Int. Geol. Congr.“, Brussels, 1926.

окруженными осадочными породами, падающими от поля сланцев. Порфиры, вероятно нижнетретичного возраста, прорывают как докембрийские, так и более поздние породы. Наибольшее число месторождений повидимому было образовано в период интрузии порфиров; можно думать, что металлоносные растворы происходят из глубже залегающей магматической массы, которая внедрила также и порфиры¹. Наиболее богатыми месторождениями является рудник Хомстэк; эти месторождения замещают сложенные в складки известковые пласты в докембрийских сланцах. Ирвинг и Пайдж пришли в заключению, что эти месторождения были образованы в докембрийское время; такая теория была принята долгое время, но Хостед и Райт приписали этим месторождениям третичный возраст, доказательства чему они видят в тесной связи месторождений с дайками риолитов и порфиров третичного возраста.

Третичная группа месторождений представляет зонально расположенный ряд. Сюда относятся:

1. Месторождения окварцованных руд с золотом, вольфрамом и мышьяком, куда входят золотые и вольфрамовые месторождения в кембрийских породах в Лэд, сходные с ними месторождения золота и вольфрама Ту Бит-Крика.

2. Окварцованные золотые руды, с некоторой примесью серебра обычно замещающие известняки, куда входят месторождения Гарден, Скво-Крик, Руби-Бейсин, Портланд и Струберри-Галч.

В эту же группу входят месторождения золота и золота со сфалеритом Спрус-Галч в 2 км к юго-востоку от Дэдвуда.

3. Еще дальше от центральной золото-вольфрамовой площади и с наружной стороны золото-серебряного пояса располагаются серебро-свинцовые месторождения округа Карбонат на северо-западном конце и округа Галена на юго-восточном конце рудоносного района.

Месторождения Хомстэка не вошли в указанные зоны. Они содержат золото и арсенопирит, но практически лишены вольфрама. Они однако относятся к высокотемпературному типу, так как жильная масса содержит тяжелые силикаты.

Бэттл-Маунтин в Неваде. Район Бэттл-Маунтин в Неваде, расположенный в нескольких километрах к юго-западу от станции Бэттл-Маунтин Тихоокеанской ж. д., представляет собой площадь палеозойских пород, прорванных дайками и интрузивными залежами гранит-порфира².

Район (рис. 6) повидимому залегает над батолитом, а участок Коппер-Бейсин повидимому находится над его апикальной частью в кровле. Район характеризуется наличием густой сети даек, отмечаемых отложением медных руд. В 3 км к западу от Коппер-Бейсин находятся серебро-свинцовые руды, а еще дальше к западу — месторождения сурьмы.

¹ J. D. Irving, S. F. Emmons and T. A. Jagger. Economic Resources of the Southern Black Hills. "U. S. Geol. Survey Prof. Paper", 26, 1—222, 1904. S. Paige. Central Black Hills Folio. "U. S. Geol. Survey Prof. Paper", 219, 1925. J. O. Hosted and L. B. Wright. Geology of the Homestake Orebodies and the Lead Area of South-Dakota—I. "Eng. & Min. Jnl.", 115, 793—799, 1923.

² J. M. Hill. "U. S. Geol. Survey Bull.", 54, 64—91, 1915.

В другом рудном центре к юго-западу от Коппер-Бейсин медные руды находятся в руднике Вирджин; далее к северу, около Галена, появляются золото-серебряные и свинцовые месторождения. Сурьмяные руды встречаются еще дальше к северу в Анти-мони-Кинг.

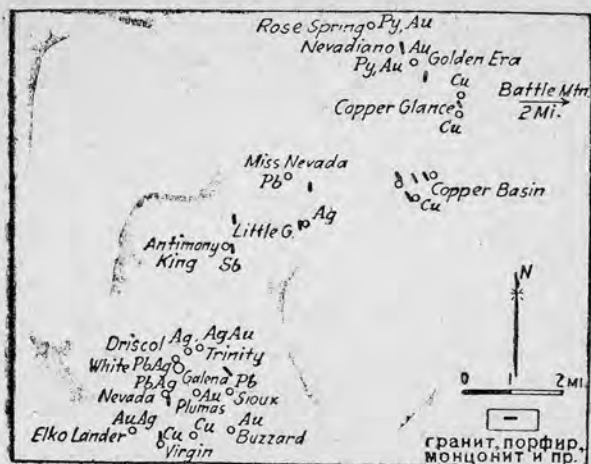


Рис. 6. Эскиз рудоносной площади около Бэттл-Маунтин, Невада. Район вероятно криптобатолитовый и обнаруживает следующий ряд: 1) медь; 2) свинец, серебро; 3) сурьма (по данным Хилла).

Еллоу-Пайн в Неваде. В районе Еллоу-Пайн¹, в Южной Неваде, палеозойские и мезозойские осадочные породы перекрыты эффузивными породами и прорваны дайками кварцмонзонита и гранит-порфира. Порфиры не образуют крупных интрузивов и около них почти не наблюдаются явления контактового метаморфизма. Можно думать, что месторождения (рис. 7) связаны со скрытым батолитом и приурочены к его более высокому участку, проходящему повидимому ниже линии, соединяющей рудники Босс, Кийстон и Ред-Клауд, так как в этом районе дайки тесно сгруппированы. Здесь имеются месторождения золотых и золото-платиновых руд в порфирах и вблизи них: некоторое количество медных, цинковых и серебро-свинцовых месторождений в центральных интрузивных площадях и месторождения свинца, цинка, ванадия и в меньшей степени меди — дальше от центра. Месторождения не разделяются четко по зонам, а медные месторождения очевидно перекрывают несколько зон.

Группа 2. Акробатолитовые месторождения

Как уже указывалось, жильные месторождения большей частью характерны для кровли батолитов. Купол является повышенной точкой кровли. Он обычно больше, чем дайки, и представляет собой место, где магма поднималась к поверхности, об-

¹ J. M. Hill. The Yellow Pine Mining District, Clark County, Nevada. „U. S. Geol. Survey“, 540, 223—274, 1914. A. Knopf. A. Gold-Platinum Lode in Southern Nevada“. U. S. Geol. Survey Bull., 620, 1—18, 1915.

рушая или иным путем перемещая кровлю. Породы в нем либо зернистые, либо представлены гипабиссальными порфирами. Купола, так же как и области вблизи и над ними, повидимому являются наиболее благоприятными из всех других положений для отложения руд кроме золота. Золото является уникалом в том отношении, что оно встречается ниже по стенам батолитов в гораздо более значительных количествах, чем другие металлы.

Купол может рассматриваться как вершина свода в кровле батолита. Металлоносные флюиды, которые поднимаются из охлаждающейся интрузивной массы, стремятся двигаться к высшим точкам так же, как нефть и газ поднимаются к куполам и антиклиналям. Методы сегрегации в обоих случаях схожи, поскольку и те и другие приносятся движением вверх жидкостей и газов, но условия различаются тем, что нефть и газ поднимаются главным образом через почти однородные пустоты и поры, тогда как металлоносные растворы — по строго ограниченным каналам, которые обычно возникают благодаря разломам.

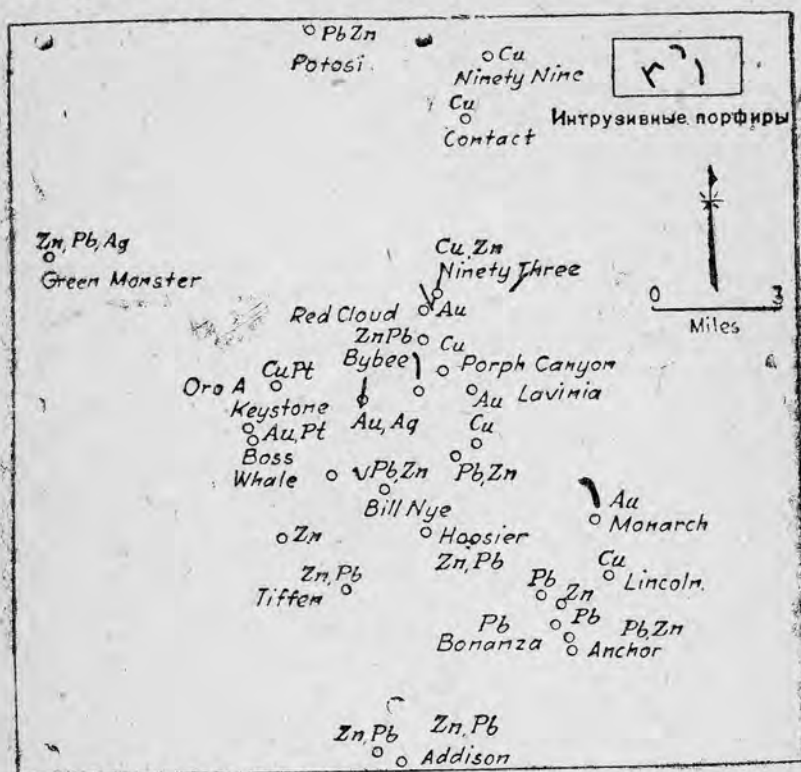


Рис. 7. Эскиз рудоносной площади округа Еллоу-Пайн, Невада. Месторождения группируются вокруг густой сети даек кварц-монцитита и порфира. Зональный ряд: 1) золото, золото-платина; 2) медь, цинк, свинец и серебро; 3) свинец, цинк, ванадий. Наблюдается некоторое взаимное перекрытие зон (по материалам Хилла и Кноуфа).

Имеется еще следующая существенная разница: углеводороды стремятся собираться в наибольших количествах в складках более глубоких отложений бассейна, тогда как металлы повидимому

поднимаются в очень значительных количествах к наиболее высоким куполам, так как во многих главнейших горных районах месторождения сгущены вокруг изолированного штока или группы небольших штоков интрузивных пород.

КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ И ЭКСЦЕНТРИЧНЫЕ РЯДЫ В ЗОНАХ И ИХ ЛИНЕЙНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Вокруг куполов металлы обычно располагаются концентрическими зонами. Часто одна группа металлов располагается ближе других к выходу купола, а другая или другие группы размещаются на большем расстоянии. Возможно однако, что порода, составляющая купол, не является источником оруденения в этих месторождениях, так как обычно она сама разбита трещинами и минерализована. Источник руды находится глубже — это обнажившийся еще массив под куполом; однако купол вероятно является отпрыском того же массива или же частью, которая внедрилась одновременно с ним. Концентрическая зональность вокруг небольших интрузивных тел, которые повидимому представляют собой вершины сводов ниже залегающих более крупных массивов, наблюдается в районах: Или в Неваде, Моренси в Аризоне, Бингхэм в Юта, Бисби в Аризоне, Уайт-Пайн в Неваде, Реддинг в Калифорнии, Клигга-Хэд и Сейнт-Агнесс в Корнуэллсе, Тэвисток в Корнуэллсе и Девоне, Рудные горы в Саксонии и многих других. Такая зональность весьма обычна. Там, где в месторождениях присутствуют два или более металлов, вокруг куполов обычно проявляется зональность в их расположении. Она наблюдается также там, где эрозия продвинулась глубже и обнажила более крупные площади батолитов, но в эндобатолитовых районах вблизи или внутри вдавленностей кровли зональность проявляется лишь в редких случаях.

При обзоре большого количества районов, где наблюдаются концентрические зоны, устанавливается последовательность металлов, которая рассматривается как нормальный ряд. На карте место скопления месторождений тех металлов, которые нормально залегают наиболее глубоко, может рассматриваться как эпицентр или как место, которое отличается тем, что располагается как раз над выступом кровли батолита. В некоторых районах эпицентр находится вне купола или наиболее выдающегося выхода породы, с которой месторождения генетически связаны. в Тинтик, Юта, эпицентр представляет собой линейный участок, протягивающийся на северо-запад от штока Кариза. Оруденение эксцентрично по отношению к штоку Сильвер-Сити. Зоны располагаются в нормальной последовательности, но эксцентрично к северу от главного интрузивного штока. В Бингхэме, Юта, месторождения расположены концентрически по отношению к штоку Бингхэм, но эксцентрично по отношению к интрузиву Ласт-Чэнс. Можно думать, что эпицентр лежит на площади рассеянных медных месторождений Юта Коппер.

В некоторых округах месторождения располагаются вокруг двух куполов или в промежутке между ними. В этих случаях центр, который должен представлять собой высокий участок батолита, повидимому имеет форму гребня, а эпицентр представ-

7



Рис. 8. Эскиз рудоносной площади округа Морени в Аризоне. Медные руды с небольшим количеством цинка находятся внутри и около интрузивной породы, а на большем расстоянии от нее располагаются месторождения цинка, свинца, золота и серебра (по Линдгрону).

Район Клифтон-Моренси в Аризоне. Район Клифтон-Моренси ¹ находится в юго-восточной Аризоне (рис. 8) в 30 км от ж.-д. линии Новой Мексики. Слагающие район породы представлены докембрийскими сланцами и гранитами, палеозойскими и мезозойскими осадочными породами и гранит-порфирами, которые прорывают как мезозойские, так и более древние породы. Район окружен третичными эффузивами. Гранитные интрузивы состоят из гранита и порфиров, обнажающихся в виде пояса в 17 км длиной и от 1,5 до 3 км шириной, простираю-

¹ W. Lindgren, *The Copper Deposits of the Clifton-Morenci District Arizona*. U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 43, 1—364, 1905.

щегося на северо-восток и возможно представляющего собой выхода залегающего на глубине батолита, кровля которого была размыта эрозией. Месторождения представлены обогащенными рассеянными медными рудами в порфирах, контактово-метаморфическими и другими месторождениями замещения во вмещающих породах около порфиридов и жильными месторождениями как в порфирах, так и во вмещающих породах. Медные месторождения находятся в порфирах или вблизи них. В части медных месторождений присутствует цинк. На большем расстоянии от порфиридов находятся месторождения цинка, свинца и драгоценных металлов. В некоторых жилах и системах жил характер оруденения изменяется по простиранию.

Район Меткалф находится у северного конца самого крупного интрузивного массива. Здесь имеются медные месторождения, в число которых входит часть наиболее крупных рудных тел округа Клифтон-Моренси. Рудные тела представляют собой обогащенные рассеянные, халькозиновые руды в порфирах и неправильные массы в сланцах и известняках, частично превращенных в гранатовую породу. Главнейшие первичные рудные минералы суть халькопирит, пирит и сфалерит.

К востоку от Меткалфа медные руды встречаются в главном интрузивном массиве. Примерно в одном километре к северо-востоку от главного порфирического тела система жил простирается на северо-восток от главного интрузива.

В рудниках Маркин-Маунтин единственным ценным металлом является медь, но в 1 км к северо-востоку в Коппер-Кинг руды содержат также золото. Жилы Вирджиния и Трильби к северу от жил Маркин также содержат медь. В жиле Колорадо в 2 км к северо-востоку от Коппер-Кинг золотоносная жила протягивается вдоль порфириковой дайки, сопровождая ее. Рудник Фишер в 2 км к северо-востоку от Колорадо разрабатывает цинковые руды.

Жила Коронадо находится примерно в 3 км к западу от Меткалфа. Жила идет вдоль разлома и имеет длину около 1,5 км. Ее восточный конец содержит только медь, более же западные выходы жилы содержат также свинец и некоторое количество золота.

У г. Моренси главный массив порфира находится в контакте с палеозойскими известняками и сланцами. На этом участке находятся главные месторождения округа Клифтон-Моренси. Эти месторождения представляют собой обогащенные, рассеянные медные руды в порфире, вблизи его контакта с осадочными породами, и контактово-метаморфические и другие месторождения замещения в осадочных породах около порфира.

От главного порфирического тела отделяется сложная система даек: часть этих даек также содержит месторождения рассеянных медных руд. Рудник Гумбольдт Медной компании Аризоны разрабатывал крупные рассеянные месторождения в порфирах, в краевой части главного массива. Месторождения рассеянных медных руд в порфирах и дайках встречаются также в Явапай, Риерсон, Аризоне-Сентраль и других рудниках; крупные месторождения в известняках и сланцах встречаются в Лонг-Феллоу, Детройт, Мангениз-Блу, Джой, Монтезума и других. В неизмененных рудах главными минералами являются халькопирит, пирит и

сфалерит. В месторождениях, залегающих в известняках и сланцах, присутствуют магнетит и гематит. Халькозин является часто встречающимся вторичным минералом, в особенности в порфирах. Эти руды практически не содержат ни золота, ни серебра.

В районе Гольд-Галч, в 3 км к юго-западу от Моренси, около краевой части порфирического массива, в самом порфире и в прилегающих к нему осадочных породах встречаются небольшие золотоносные жилы.

На руднике Хормейер, в 2 км на восток от Моренси, жила, идущая вдоль порфирической дайки в осадочных породах, разрабатывалась на свинцовую руду, которая также содержала небольшое количество золота и меди. В районе Моренси наблюдается следующий ряд: 1) медь, 2) свинец, серебро и золото.

Или в Неваде. В округе Или¹ в Восточной Неваде палеозойские осадочные породы прорваны монзонитом и монзонит-порфиром, протягивающимся в виде пояса в 12 км длиной на запад от Или. Согласно Спенсеру, рассеянные медные руды в порфирах находятся в рудниках Рут, Либерти, Топопа, Морис-Бункер-Хилл и Ветеран. Эти месторождения, показанные на рис. 9 покрытыми пунктиром участками, занимают эпицентральною зону округа. Они содержат много сульфидов железа и небольшие количества золота и серебра.

Площадь медных месторождений почти окружена поясом серебро-свинцовых и серебряно-золотых месторождений, который служил главным объектом добычи в округе Или до того, как были открыты крупные медные месторождения. Во внешнем поясе драгоценные металлы имели меньшее значение, чем свинец. В состав внешней группы входят рудники Матильда и Бостон-Или (Эмма) у западной окраины меднорудного пояса, Кийстон на северной стороне и Баджер, Америкэн, Бриллиант, Сэкстон, Реббит, Аултмэн, Гольден-Гейт, Гольден-Флис и Сентинэл на южной стороне пояса. На площади, окружающей медные месторождения, встречаются также марганцевые руды².

От центральной оси оруденения кнаружи зоны располагаются следующим образом: 1) медные руды с железом и небольшим количеством золота и серебра; 2) серебро, свинец, золото и марганец³.

Район Шаста в Калифорнии. В районе Шаста⁴ в Калифорнии (рис. 10) протягивается медно-золотой пояс в форме грубого полумесяца в 52 км длиной от окрестностей Реддинга до Кеннетта, далее на северо-восток до Булли-Хилл и на восток до

¹ A. C. Spencer. The Geology and Ore Deposits of Ely, Nevada. „U. S. Geol. Survey Prof. Paper“, 16. 1—181, 1917. A. F. Lawson. „Univ. of Calif. Pub. Dept. Geol.“ 4, 287—337, 1906.

² T. Pardel a. E. S. Jones „U. S. Geol. Survey Bull.“, 710, 208—242, 1920.

³ На рис. 9 не показаны некоторые интрузивные залежи. Повидимому с этими залежами какие бы то ни было руды генетически не связаны.

⁴ J. S. Diller. Redding Folio. „Geol. Survey“ 138, 1906. L. C. Graton. The Occurrence of Copper in Shasta County, Calif. „U. S. Geol. Survey Bull.“ 430 b, 71—111, 1910. H. G. Ferguson Gold Lodes of the Weaverwille Quadrangle Calif. „U. S. Geol. Survey Bull.“, 540 a, 22—79, 1914. O. H. Hershey The Geology of Jton Mountaine. „Min. a. Sci Press.“, 111, 633—638 1915. A. C. Boyle. The Geology a. Ore Deposits of the Bully Hill Mining District, „Calif. Trans.“ 48, 67—115, 1914.

Эскиз рудоносной площади округа Или в Неваде. Штоки порфира внедряются в палеозойские известняки и сланцы. Площади рассеянных медных руд и крутые пунтигом. Зональный ряды 1) медь; 2) свинец, серебро, золото и марганец (по материалам Спенсера, Парди, Дженса и отчетам компании).

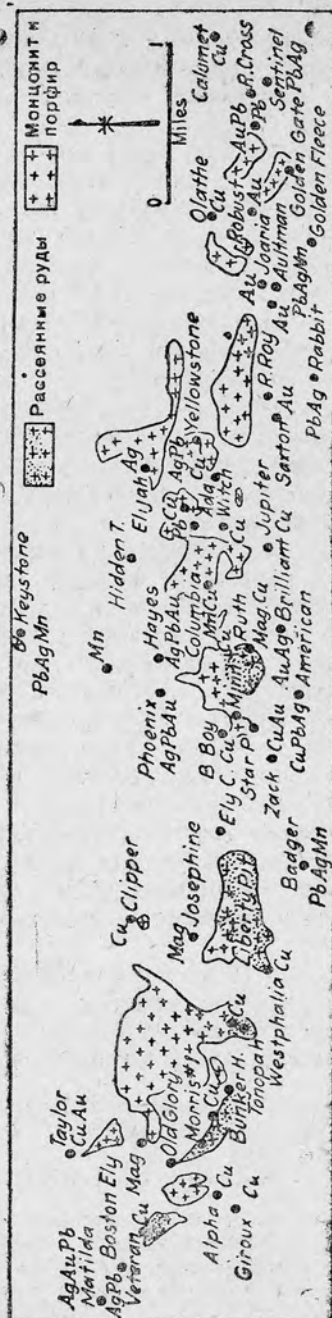


Рис. 9.

рудника Афтертоут. В этом районе мезозойские и более древние осадочные породы и эффузивы были прорваны гранитными породами приблизительно в начале мелового периода.

В состав гранитных пород входят аляскит и кварцевый диорит, которые образуют сложную серию изверженных пород.

В 22 км к северо-востоку от Реддинга вдоль пояса кварцевого диорита встречаются контактово-метаморфические месторождения медных руд и месторождения магнетита. Главные месторождения, однако, представлены жилами и крупными халькопиритовыми месторождениями замещения в зонах разлома в различных породах к западу и востоку от массива кварцевого диорита. Большая площадь тонкозернистых интрузивов, которые раньше считались риолитами (Balaklala), сложена из большого числа различных изверженных пород, которые Грэтон (Graton) классифицирует как аляскиты и аляскитовые порфиры. Херши (Hershey) различает в аляскитовом комплексе семь отдельных интрузий. Этот массив, который лежит к северо-западу от Реддинга, содержит самые крупные медные рудники и много золотоносных жил. Детальные карты имеются только для части площади около рудника Айрон-Маунтин (Маунтин-Коппер), где медные месторождения рудников Айрон-Маунтин и Хорнет заключены в третьей серии аляскитовых порфиров и вблизи них. В аляскитах и в окружающих их других породах к востоку, югу и западу встречаются золотоносные жилы. К северу находятся медные месторождения рудников Коппер-Кинг, Спред-Игл, Балаклала, Шаста-Кинг, Маммот, Голински и Саммит.

К западу от этого пояса медных месторождений встречаются золоторудные жилы, которые особенно густо сконцентрированы в районе Фрэнч-Галч. Медные и золотые месторождения расположены приблизительно концентрически по отношению к части аляскитового комплекса, но эта часть не может быть точно очерчена.

Медные месторождения заключены в главном аляскитовом комплексе, золотые месторождения приурочены к его краю около южного конца и на другой стороне комплекса. Здесь наблюдается нормальный для типа оруденения в куполах ряд: 1) медь, 2) золото.

В округе Булли-Хилл или Коппер-Сити комплекс изверженных пород, которые Диллер обозначил на своей карте, как риолит Булли-Хилл, состоит из различных пород и является одной из позднейших интрузий, которая согласно Бойлю представляет собой серию широких аляскитовых интрузивных тел. Главные медные месторождения представляют собой крупные месторождения замещения вблизи этих интрузивов. Рудники Афтертоут и Донки, в 14 км к юго-востоку от Булли-Хилл, также залегают в комплексе Булли-Хилл. Часть халькопиритовых руд этой площади содержит значительные количества сфалерита, а в некоторых месторождениях цинк является преобладающим металлом.

Бисби в Аризоне. В Бисби массив гранита-порфира внедрился по трещине сброса между сланцами Pinal и палеозойскими известняками. Он образует вершину горы Сакраменто (рис. 11) к востоку от Бисби, и его размытая поверхность на юго-востоке покрыта меловыми осадками.

Крупные тела рассеянных халькозиновых руд в порфировом массиве по южному его краю были разведаны и подготовлены на участке в 0,75 км длины и в два раза меньше ширины. К западу и к югу от массива порфира залегает свита палеозойских известняков, которая падает под небольшими углами на юго-во-

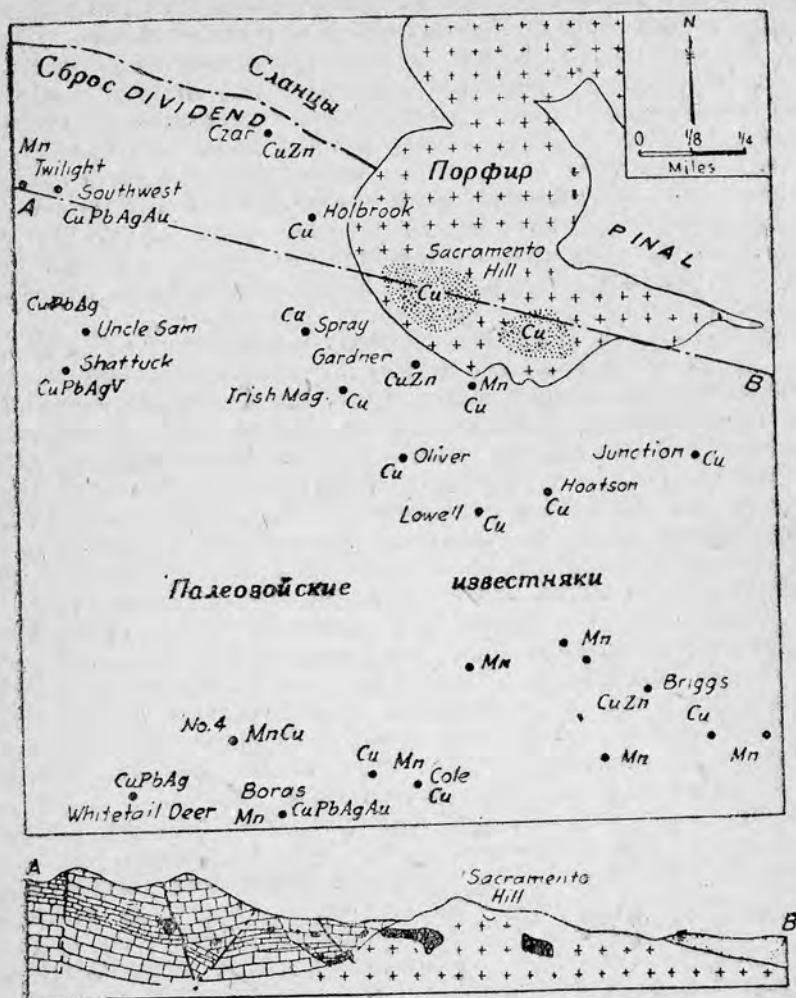


Рис. 11. План и разрез района Бисби в Аризоне. Известняк прорван гранитом-порфиром. Рассеянные медные руды находятся в порфире. Главная медная зона переходит из порфира в известняки на юг и на запад. На большом расстоянии от порфира находится много богатых месторождений меди и несколько месторождений свинца, серебра и марганца. В этой зоне встречаются также ванадиевые руды (по материалам Ренсома, Тенни, Бониллоса, Фишера, Праути, Оллена, Батлера и др.).

сток. Эта свита сильно разбита сбросами и прорвана дайками, которые расходятся лучами от порфирового массива. Большая серия медных месторождений, замещающих известняки, примыкая к порфиру, протягивается от рудника Чзар до Джонкши на

расстоянии около 3 км и образует изогнутую массу, идущую параллельно контакту порфира горы Сакраменто. Минерализация¹ настолько почти непрерывна, что при нанесении на план обнаруживается почти полное тождество руд отдельных месторождений. Эти руды практически не содержат в промышленных количествах никаких других металлов кроме меди, хотя на рудниках Чзар и Айриш-Мэг встречается немного цинка. Рудное тело обычно следует вдоль пластов и приурочено к трем главным горизонтам в известняках. Руда сильно окислена и обогащена халькозином, но на более низких горизонтах халькопирит становится преобладающим. Вне медной зоны, обычно на расстоянии около 1 200 м от штока, располагается другая зона, в которой также преобладает медь, но в которой работали также свинцово-серебряные и марганцевые руды. В состав этой группы входят рудники Саусвестерн, Анкл-Сэм, Шеттук, Уайт-тейл-Дир, Найтоук, Борас и др. В руднике Шеттук встречается ванадий².

Уайт-Пайн в Неваде. Округ Уайт-Пайн* (Гамильтон) (рис. 12), в 45 км к западу от Или, представляет собой площадь палеозойских осадочных пород, прорванных гранодиоритом. В известняке вблизи гранодиорита находятся жилы и неправильные месторождения халькопирита и борнита с гранатовой жильной массой. Несколько месторождений находятся также в гранодиорите. В 2 или 3 км к востоку от медного пояса протягивается параллельный пояс свинцово-серебряных руд. Месторождения представляют собой жилы и неправильной формы замещения. Месторождения этого пояса, согласно Ларшу, дали около 100 тыс. т свинца и на 6 млн. долларов серебра. К востоку от свинцово-серебряного пояса находится следующий пояс с месторождениями серебра, которые выполняют жилы и плоскости напластования в известняке, приподнятом в форме купола. До эрозии, в период образования месторождений, рудоносные известняки были прикрыты сланцами. В этих месторождениях были в изобилии хлориды; пояс дал серебра на 16 млн. долларов.

Бингхэм в Юта. Округ Бингхэм в Юта (рис. 13), расположенный в 30 км к юго-востоку от Города Соленого озера, согласно Баутвеллу и Кейту, сложен карбоновыми кварцитами с пропластками известняка. Породы падают круто на северо-запад. Пласты разбиты сбросами и прорваны мондонитом и мондонит-порфиром. Главными массивами являются шток Бингхэм в Верхнем Бингхэме и шток Ласт-Чэнс к юго-западу от него. От этих массивов отходит много интрузивных залежей; раньше массив Бингхэм рассматривался как лакколит, но бурение до глубины 500 м не обнаружило его подошвы, и кажется вероятным, что бингхэмский интрузив является штоком и вершиной батолита.

¹ F. S. Ransome. The Geology and Ore Deposits of the Bisbee Quadrangle Arizona. "U. S. Geol. Survey Prof. Paper". 21, 1—168, 1904. Y. S. Bonillas, J. B. Tenney a. L. Feuchère. Geology of the Warren Mining District. "Trans.". 55, 284—355. 1916.

² M. A. Allen a. G. M. Butler. "Univ. of Ariz. Bull.", 115, 13, 1921.

³ A. Hague. Descriptive Geology. "Geological Exploration of the 40—th Parallel", 3, 409—443, 1877. W. S. Larch. Mining of Hamilton, Nevada. "Mines a. Min.", 20, 521—523, 1909.

В округе Бингхэм находится часть самых больших медных и свинцово-серебряных месторождений Соединенных штатов. Месторождения представляют собой рассеянные медные руды в порфирах и медные и свинцово-серебряные руды в известняках и кварцитах. Руды образуют один ряд и располагаются концентрически по отношению к бингхэмскому штоку, который вероятно представляет собой вершину глубоко залегающего интрузивного массива, несомненно являющегося источником растворов, из которых отложились руды. По отношению к штоку Ласт-Чэнс руды расположены эксцентрично. Этот шток находится на расстоянии 1,5 км или больше к юго-западу от центра.

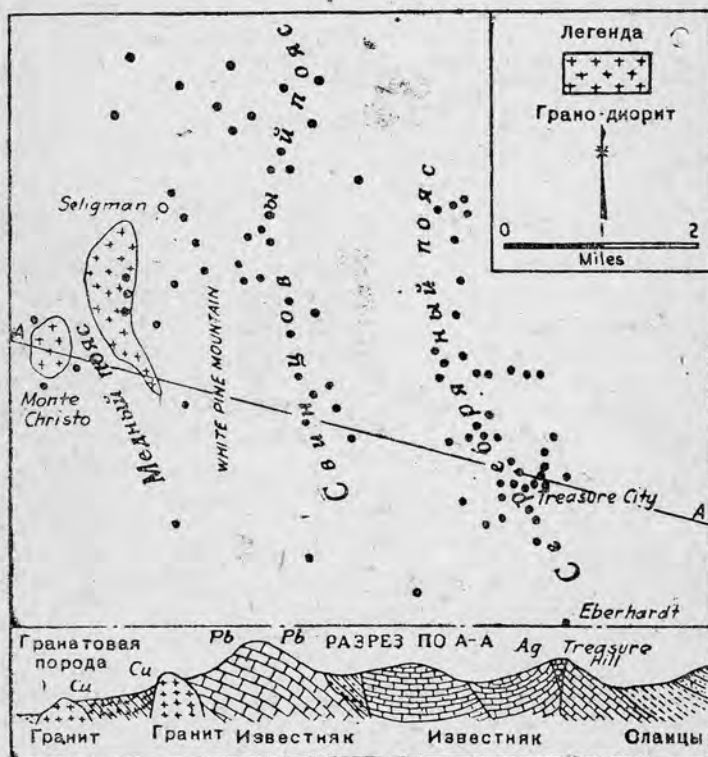


Рис. 12. Эскизы округа Уайт-Пайн (Намильтон) в Неваде. Пояс медных руд располагается в гранатизированном участке вблизи гранодиорита; пояс свинцовых руд с примесью серебра в 3 км к востоку от медного пояса и пояса серебряных руд в 6 км к востоку от медного пояса (по данным Ога, Ларша и др.).

Рассеянные сульфидные медные руды в порфире показаны на рис. 13. Они приурочены к бингхэмскому штоку и протягиваются в среднем до глубины в 180 м. Эти руды находятся в бесчисленных мелких трещинах в порфире и вблизи них, и их ценность обусловлена главным образом халькозиновым обогащением. Вне бингхэмского штока главные месторождения представлены сульфидными медными и свинцовыми рудами с драгоценными металлами, которые замещают линзы известняка в кварцитах.

На восточном краю штока медные руды добываются в трещиноватом кварците на руднике Колумбия и других рудниках компании Огайо-Коппер. Сульфидные руды замещения в известняках, падающих на северо-запад, находятся в ряде месторождений рудников Телеграф и Ниагара к югу от массива. Руды содержат серебро, свинец, золото и медь; последняя становится



Рис. 13. Эскиз округа Бингхэм в Юта. На эскизе видно концентрическое расположение месторождений по отношению к бингхэмскому штоку и эксцентричное относительно массива Ласт-Чэнс. Зональный ряд: 1) медные руды в бингхэмском штоке Юта-Коппер; 2) медные и свинцовые руды около его контакта—Огайо, Коммершиел, Телеграф, Ниагара, Олд-Джордан, Бруклин и др.; 3) свинцово-серебряные руды дальше от штока—Фортуна, Ричмонд, Галена, Куин, Ласт-Чэнс, Юта-Металс, Юта-Апекс, Тьюоки и др. (по материалам Баутвелла, Ханта, Батлера и из отчетов компании).

преобладающей в нижних горизонтах известняков. В Олд-Джордан руды свинца, серебра, меди и золота находятся в известняке. Далее на запад в этом поясе, в рудниках Ашленд и Галена, свинцово-серебряные руды добываются в кварците. Эта зона свинцовых руд протягивается к штоку Ласт-Чэнс и переходит

через него. Таким образом здесь имеется пояс месторождений, протягивающийся от рудника Олд-Телеграф до Альбино, причем месторождения заключены главным образом в известняке Джордан, но местами также в кварците и порфире. Свинцовые и медные руды находятся в этом поясе в больших количествах: при этом медь убывает по направлению от бингхэмского штока, количество же свинца пропорционально возрастает.

К югу от этого пояса жилы свинцовых и серебряных руд встречаются в порфирах или кварцитах. На севере от пояса крупные месторождения медных руд находятся в руднике Коммершиел. Эти руды содержат очень немного или вовсе не содержат свинца и залегают в известняке Коммершиел над известняком Джордан между свинцово-медными месторождениями Джордана и бингхэмским штоком.

На руднике Ласт-Чэнс, в порфирах штока Ласт-Чэнс, пояс свинцово-серебряных руд в трещинах протягивается на юго-запад к шахте Хупер; свинцовые руды находятся в руднике Маунтин-Джем в известняке, включенном в порфир. Рудник Стюарт, к северу от Ласт-Чэнс, разрабатывает золотые и медные руды в известняке. На площади к северу от штока Ласт-Чэнс и к западу от бингхэмского штока большая серия месторождений, заключенных в линзах известняка, залегает в кварците, круто падающем на север. В число этих месторождений, которые недавно были описаны Р. Н. Хантом, входят крупные месторождения компании Юта-Металс, Юта-Консолидейтед и Юта-Апекс; они концентрируются вдоль трещин и в трещиноватых массах известняка Хайлэнд-Бой и Ямпа и в более тонких пластах известняка над Ямпа.

Вблизи крупного языка порфира, протягивающегося на запад от бингхэмского штока, преобладают медные руды. Эти месторождения в наиболее широком масштабе разведаны и подготовлены в рудниках Юта-Консолидейтед (Хайлэнд-Бой) и Ямпа. Далее к юго-западу производилась добыча свинцово-серебряных руд на участках Юта-Металс. Свинцовые месторождения встречаются далее на запад вплоть до рудника Зелнора.

В месторождениях Юта-Металс содержится очень мало меди, несмотря на то, что рудник расположен вдоль края штока Ласт-Чэнс. Крупные скопления медных руд разрабатывались вдоль по падению известняка Хайлэнд-Бой, в руднике Юта-Консолидейтед, расположенном вдоль края бингхэмского массива. К северу, ниже по падению, в тех же пластах, но на большем расстоянии от бингхэмского штока находятся крупные месторождения свинцовых руд. Медь добывалась в значительных количествах в известняке Ямпа близ бингхэмского штока. Ниже по падению того же известняка встречались также и свинцовые руды в больших скоплениях; к северу свинец встречается на участке Юта-Апекс.

Еще далее к северу свинцовые руды с серебром, золотом и небольшим количеством меди были найдены в Иорк-Феникс и Петро. Свинцовые руды встречаются также к северу от Петро. К северо-востоку от бингхэмского штока, в рудниках Фортуна, Конгор и Блейн, находятся свинцовые руды с серебром и некоторым количеством меди в трещинах в кварците или вдоль квар-

цита и некоторых других пород. В руднике Фортуна свинец убывает, а медь увеличивается с глубиной. На рудниках Ричмонд, Дальтон и Ларк находятся свинцово-серебряные руды в известняках.

Коротко говоря, руды округа Бингхэм обнаруживают концентрическое расположение вокруг бингхэмского штока: 1) медные руды находятся в самом штоке (Юта-Коппер) и в ряде мест по его краю (Огайо, Коммершиел, Хайлэнд-Бой); 2) медно-свинцовые руды находятся на некотором расстоянии от штока (Телеграф, Ниагара, Олд-Джордан, Бруклин и др.) и 3) еще дальше от штока располагаются свинцовые руды (Фортуна, Ричмонд, Галена, Куин, Ласт-Чэнс, Юта-Металс, Юта-Апекс, Тьюки и др.). Золото обычно теснее связано с медными рудами, а серебро со свинцовыми, но как золото, так и серебро присутствуют в большинстве месторождений этого округа.

Тинтик в Юта. Округ Тинтик¹ (рис. 14) в Юта, расположенный в 60 км к югу от Бингхэма, является одним из наиболее передовых горнодобывающих центров Соединенных штатов, производящим в порядке убывающей ценности (до 1917 г.) серебро, свинец, золото, медь и цинк.

Основной чертой геологического строения округа является монзонитовый шток Сильвер-Сити в 2 км в диаметре, внедрившийся в палеозойские осадочные и третичные вулканические породы. Главные месторождения находятся в известняке и протягиваются в северном направлении от штока вдоль зон разлома в известняке.

Несколько месторождений, залегающих в самом штоке, разрабатывались на свинец. Руда содержит много пирита со свинцовым блеском, энаргитом, сфалеритом и халькопиритом; главную ценность руды составляют свинец и серебро. Рудник Свонси разрабатывал свинцово-серебряную жилу, залегающую в порфире прямо на запад от штока. Главные месторождения находятся к северу от штока в четырех больших зонах в известняке.

Тинтик — единственный из известных автору крупных свинцово-медных районов, в котором свинцовые месторождения располагаются ближе к центральному массиву, чем медные месторождения. Район представляет собой пример либо эксцентричного, либо обратного ряда. Поскольку медь появляется на глубине в некоторых жилах, которые в верхних горизонтах содержат только свинец², и поскольку ни одно медное месторождение не переходит вниз в свинцовое, кажется вероятным, что оруденение района не обратное, но эксцентричное по отношению к штоку Сильвер-Сити. Медные руды, связанные с мышьяком, а местами с висмутом, нормально относятся к наиболее глубокому типу жильных руд. Они лежат в эксцентричном по отношению к штоку Сильвер-Сити поясе, протягивающемся от массива Кари-

¹ W. Lindgren, G. Loughlin a. V. C. Heikes. *Geology and Ore Deposits of the Tintic Mining District, Utah*. „U. S. Geol. Survey, Prof. Paper“, 107, 1—282, 1919. G. W. Tower a. G. O. Smith. „U. S. Geol. Survey 19-th Ann. Rept“, 3, 601—767, 1898. G. W. Crane. *Geology of the Ore Deposits of the Tintic Mining District*. „Trans“, 54, 341—355, 1916.

² W. Lindgren a. G. F. Loughlin. *The Ore Deposits of Utah—The East Tintic Mountains*. „U. S. Geol. Survey, Prof. Paper“, 111, 414. 1920.

за на северо-запад до рудника Сентениэл-Иурика, и включают медные и медно-свинцовые месторождения рудников Айрон-Блоссом, Кариза, Нортерн-Спай, Голд-Чэн, Маммот, Грэнд-Сентраль и Сентениэл-Иурика.

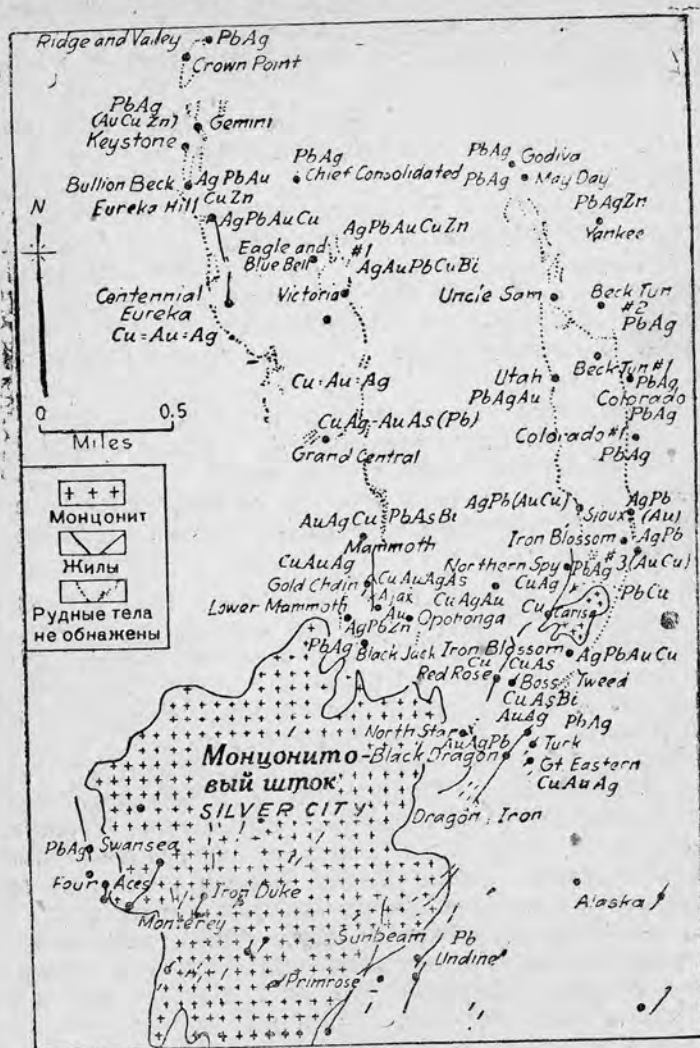


Рис. 14. Эскиз округа Тинтик в Юта. Месторождения эксцентричны относительно штока Сильвер-Сити. Эллипсметр повидимому представляет собой пояс, протягивающийся на северо-запад от штока Кариза. Зональный ряд: 1) медь и мышьяк; 2) медь, свинец, серебро; 3) свинец, серебро (по данным Линдгрена, Лафлина, Тауера, Смит и Крейна).

К северу от этих месторождений в каждой из четырех рудных зон медные руды убывают, а свинцово-серебряные увеличиваются. К югу же от этого пояса медных руд свинец увеличивается в зоне Маммот в известняке и в жильных месторождениях, залегающих в изверженных породах.

Исходя из тех соотношений, которые наблюдаются в некоторых других районах, не кажется невозможным, что в главной своей части скрытый гребень изверженных пород протягивается в северо-западном направлении от массива Кариза до рудника Сентениэл-Иурика и что рудоносные растворы поднимались от этого гребня, распространяясь на север и на юг. Эта теория находит поддержку в густой концентрации даек у концов медно-рудного пояса.

Золотые руды обычно тесно связаны с медными. Медные руды обычно содержат также серебро, свинцовые же руды всегда содержат серебро.

Главные месторождения округа залегают в четырех зонах трещиноватости, которые протягиваются на северо-запад от массива Сильвер-Сити. На южных концах этих зон месторождения представлены обычно круто падающими жилами. К северу преобладают пластовые месторождения. Они преимущественно приурочены к пересечениям трещин или к благоприятным пластам.

Здесь обычно встречаются рудные цилиндры и ленты, и там, где пласты залегают почти горизонтально, как в восточной части рудоносной площади, ленты также почти горизонтальны. Там же, где пласты поставлены круто, как на некоторых из крупных рудников около Иурика, рудные гнезда также почти вертикальны.

Рудная зона Айрон-Блоссом у восточного края округа протягивается от главного монзонитового массива на северо-восток через пласты известняка. На южном конце месторождение представляет собой резко ограниченную трещинную жилу, но около Айрон-Блоссом № 3 оно принимает форму горизонтальной мощной рудной ленты от 1 до 23 м шириной, от 7 до 20 м высотой и 1700 м длиной. Эта часть месторождения находится у пересечения трещиноватой зоны Айрон-Блоссом с благоприятным пластом известняка, который подвергся замещению. Трещина следует вдоль оси синклинали, и линия ее пересечения с пластами почти горизонтальна. Около штока Кариза известняк прорван большим количеством даек, около которых наблюдается слабый метаморфизм. Руды содержат серебро, свинец и золото; около штока Кариза и к югу от него, по направлению к штоку Сильвер-Сити, в руднике Айрон-Блоссом № 1 и к югу от него, руды содержат также медь. В руднике Айрон-Блоссом № 3 и к северу от него жила содержит больше свинца, чем южная ее часть, а также немного меди. Еще дальше к северу в Колорадо и Су (Sioux) содержание свинца повышается до 45%, серебра до 45 унций на 1 т, а содержание золота падает.

Зона Годива лежит почти параллельно зоне Айрон-Блоссом на расстоянии около 0,4 км к западу от нее. Она вскрыта на протяжении 4000 м по простиранию. К югу от Нортерн-Спай руды содержат главным образом медь, золото и серебро. К северу от Нортерн-Спай на протяжении 2400 м прослеживаются серебро-свинцовые руды. Также и в этой зоне медные руды залегают около и к югу от штока Кариза, тогда как свинцово-серебряные руды протягиваются горизонтально залегающей лентой далеко

к северу от него. В нижних горизонтах зоны к югу от Кариза жилы содержат мышьяковистую медную руду.

Зона Маммот, отстоящая на расстояние от 0,75 до 1 км к западу от зоны Годива, имеет около 3500 м длины и состоит из серии густо расположенных жил и пластовых месторождений в известняке, в которых рудные гнезда обычно падают круто. На южном конце зоны, в рудниках Блэк-Джек и Лоуэр-Маммот находятся свинцово-серебряные руды с небольшой примесью золота.

Эджэкс, расположенный к северу, добывает главным образом золото; Голд-Чэн к северу от Эджэкса и Маммот еще далее к северу добывают медь, золото, серебро, мышьяк и висмут и очень небольшое количество свинца. К северу от рудника Грэнд-Сентраль количество свинца увеличивается, а медь падает, и у северного конца зоны, на руднике Чиф-Консолидейтед, месторождения содержат свинцово-серебряные руды с небольшим количеством меди.

Зона Джемини лежит к западу от зоны Маммот и протягивается в северном направлении на 2700 м. Рудные пласты залегают в виде стручкообразных масс вдоль четырех почти вертикальных зон разлома, которые в основном совпадают с северным простиранием доломитовых пластов. На своем южном конце эта зона соединяется с зоной Маммот в руднике Грэнд-Сентраль. Рудник Сентениэл-Иурика, на южном конце зоны Джемини, является наиболее производительным в округе Тинтик. Рудные тела содержат медь, золото и серебро, ценность которых в руде почти одинакова. Свинец присутствует лишь в незначительных количествах. К северу, в руднике Иурика-Хилл, преобладает серебро-свинцовая руда, хотя добывается также немного меди и золота. Далее к северу, в рудниках Иурика-Хилл, Бульон-Бек и Джемини, количество свинца и серебра увеличивается, а медь падает, и в рудниках Ридж и Валли, у северного конца рудной зоны, руды содержат свинец и серебро, преимущественно без меди. В зоне Джемини, вблизи свинцово-серебряных разработок, добываются вторичные цинково-карбонатные руды.

Сейнт-Агнес и Клитга-Хэд в Корнуэллсе, Англия. В некоторых рудных районах, где два или несколько куполов близко расположены один к другому и каждый из них окружен концентрическими зонами оруденения, эти зоны сливаются в промежутках между куполами. Эпицентр лежит вдоль линии, соединяющей оба купола и протягивающейся также за ними. Примерами такого расположения являются месторождения Сейнт-Агнес и Клитга-Хэд в Корнуэллсе (рис. 15) и месторождение около Тэвистока в Девоне и Корнуэллсе.

Граниты Сейнт-Агнес и Клитга-Хэд¹ представляют собой небольшие тела, обнажающиеся вдоль берега почти прямо на север от Кэмборн и Редрут (рис. 16). Они прорывают девонские осадочные породы и возможно являются повышенными участками гребня или выступа ниже залегающего батолита. В самом граните и вблизи него находятся оловоносные жилы и несколько медных

¹ C. Reid a. J. B. Scrivenor. The Geology of the County Near New quaiy. „Mem. Geol. Survey, Great Britain, Explanation of Sheet“, 316, 1—131, 1906.

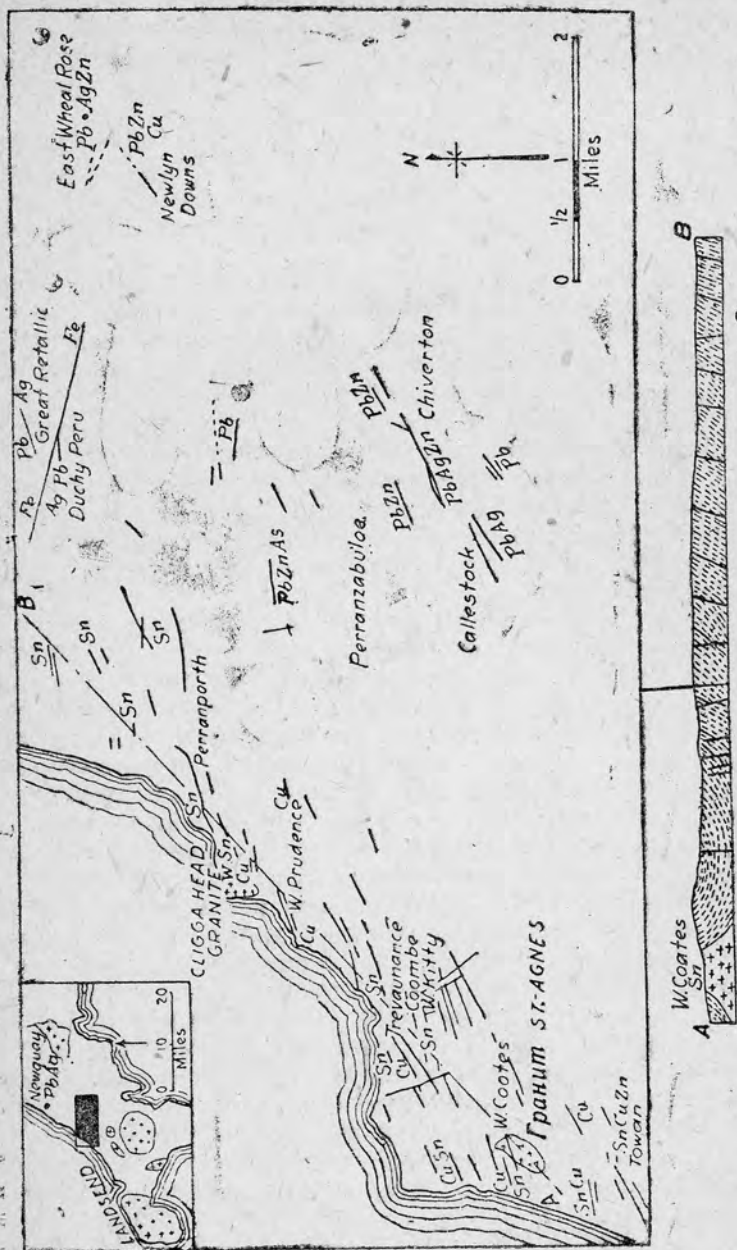


Рис. 16. Карта горного района Сейнт-Агнес и Клинг-Хэд в Корнуэллсе (Англия), с разрезом по АВ на северо-восток, параллельно берегу. Линия разреза совпадает с зоной оловянных, вольфрамовых и медных руд. К востоку располагается зона свинца (по карте Ридла, Скривенора и Мак-Анистер).

жил; оловоносные же зоны протягиваются далеко к северо-востоку и юго-западу от выходов гранита.

К югу от Сейнт-Агнес, в руднике Тауэн, появляются цинковые руды. К юго-востоку, востоку и северу от оловянного пояса разрабатывались крупные месторождения свинцово-серебряных руд. Главные центры находятся в Грейт-Ретталики, Дэчи-Перу, Каллесток и Чильвертон. Еще далее к северу, за площадью, показанной на рис. 16, в Сейнт-Энделлион, находятся месторождения сурьмы и свинца.

Наблюдающийся здесь в направлении от гранита кнаружи ряд, такой же как и во многих других местах Корнуэллса, а именно: олово, медь и немного вольфрама около гранитных выходов и вдоль соединяющей их линии, и цинк, свинец и серебро — далее к востоку.

Тэвисток в Девоне и Корнуэллсе. Горный район Тэвисток¹, расположенный приблизительно на половине расстояния между гранитными массивами Дарт-Мур и Бодлин-Мур, имеет в своей центральной части два небольших гранитных тела (рис. 17). Это массив Гуннслейк или Хингстон-Даун² в 5 км к юго-западу от Тэвисток и массив Кит-Хилл в 3 км к западу от Хингстон-Даун. Эпицентр повидимому обнимает площадь обоих массивов и прилегающий к ним район и протягивается на восток и запад от них. Месторождения олова, меди, вольфрама и арсенирита широко распространены в этом районе. На обоих концах находятся свинцовые месторождения, а во многих местах работают серебряные руды.

Группа 3. Эпибатолитовые месторождения

Термин эпибатолитовый подходит к этой группе месторождений, так как почти все они находятся на краю или вблизи края интрузивного массива, т. е. в самой внедрившейся породе, либо вне массива, во вмещающей породе. Граница между этой группой и группой акробатолитовой — месторождений, приуроченных к куполам (группа 2), несколько произвольна. Купола сложены либо гранитными породами, либо гипабиссальными порфирами. Все массивы, вокруг которых сосредоточены месторождения третьей группы, состоят из зернистых частично или полностью пород.

По своей ширине купола варьируют от менее 1 км до 5 или 6 км. Интрузивные массивы, к которым приурочены месторождения 3-й группы, имеют более 4,5 км ширины, и их центральные части существенно безрудны. Это почти неизменно справедливо для более крупных массивов, хотя некоторые из них все же содержат месторождения вблизи своих центральных частей. Большинство этих последних вероятно имеет плоскую кровлю. Там, где интрузивные массивы средних размеров тесно сгруппированы, этот тип месторождений постепенно переходит в 4-ю эмбатолитовую группу. С глубиной однако месторождения металлов, за исключением золота, падают количественно и качественно.

¹ C. Reid, G. Barrow, R. L. Sherlock, D. A. Mc Alister and H. Dewey. The Geology of the Country Around Tavistock and Launceston. „Mem. Geol. Survey Great Britain, Sheet.“ 337, 1—144, 1911.

² Массив называется Гуннслейк в более ранних материалах Британского геологического комитета, а Хингстон-Даун — в более поздних.

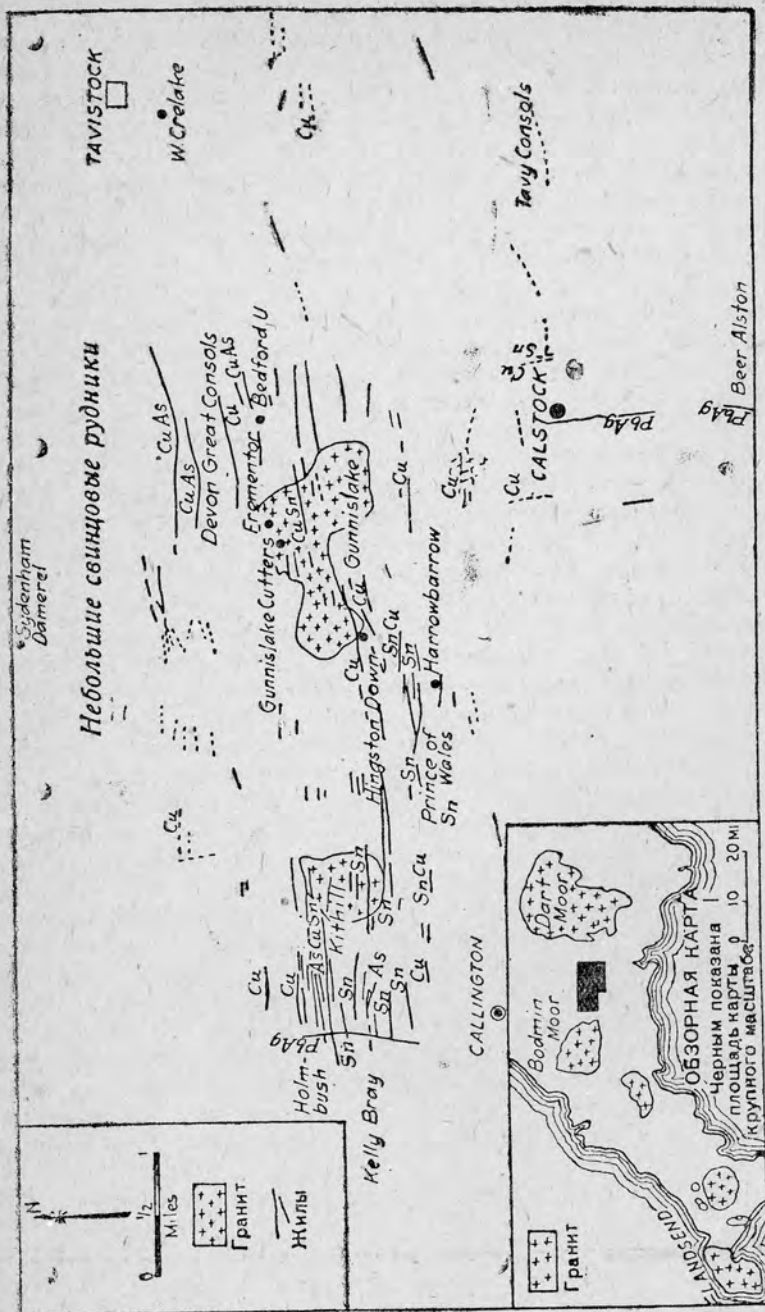


Рис. 17. Карта округа Тэвисток в Корнуэллсе и Девоне. На карте показана эпицентральная площадь с оловом, мышьяком и медью, представляющая собой удлинённый пояс, охватывающий два гранитных массива. По обоим его концам находятся месторождения свинцово-серебряных руд (по картам Риды, Барроу, Ушера, Шерлока, Мак-Алистер и Дьюи).

Жильные месторождения, как уже указывалось, являются отличительной чертой кровли батолитов. Центральные части более крупных интрузивов обычно лишены ценных месторождений, за исключением тел, которые залегают внутри или вблизи вдавленностей кровли. Кроме того имеется очень мало или даже вовсе нет массивов, края которых были бы одинаково минерализованы. Это справедливо вероятно потому, что нет одинаковых трещин, которые создают подходящие каналы для прохождения растворов. В некоторых районах месторождения этой группы сосредоточены около таких мест, где выход изверженной породы выпячивается вонне и образует язык, вдающийся во вмещающую породу, или в тех местах, где меньшие сателлитовые (сопутствующие) купола обнажаются на внешней части более крупного выхода интрузивного массива. Такие внешние купола часто оруденелы, как и другие купола, сериями жил, обнаруживающих зональное расположение. Гранитные массивы Каон-Март и Карн-Бри, вокруг которых расположены многие из крупнейших рудников Корнуэллса, лежат вблизи и к северу от гранита Карн-Менеллис. То, что они являются куполами глубже залегающего более крупного массива, установлено подземными работами. Примером сателлитовых месторождений являются рудники Хорн-Сильвер и Карбонат в Фриско, Юта, что подтверждается наличием языкообразных участков изверженных пород.

Многие из таких языков, ответвляющихся от батолитов, в известную более раннюю стадию эрозии вероятно обнажались в виде меньших сателлитовых куполов. Сателлитовые купола, так же как языки батолитов и прилегающие к ним районы, являются благоприятными местами для рудообразования по одной и той же причине. Они представляют собой относительно высокие участки кровли, и там, где налицо имелись трещины, поднимающиеся растворы стремились двигаться в эти места, так же, как они стремятся передвигаться к высоким куполам группы 2-й. На более глубоких горизонтах, ниже по батолиту, это свойство их минерализации обнаруживает тенденцию к исчезновению, и уже в группе 4-й сателлитовые купола чаще безрудны.

Кэмборн, Корнуэллс, Англия. Район Корнуэллса в Англии, который обнимает главным образом округ Корнуэллс и небольшой участок в Западном Девоне, имеет около 150 км длины и от 15 до 45 км ширины и сложен главным образом палеозойскими осадочными породами¹, прорванными гранитом вероятно пермского возраста. В направлении с запада на восток здесь имеются следующие более крупные гранитные массивы (рис. 15): Лэнд-Энд, Карменеллис, Сейнт-Аустел, Бодлин-Мур и Дарт-Мур. К менее крупным массивам относятся: Годельфин, Мак-Майкел,

¹ H. T. de la Beche. „Ordnance Geol. Survey“, 1—648, London, 1832. W. S. Henwood. „Royal Geol. Soc. Cornwall“, 5, 1—386, 1843. J. H. Collins. „Trans“. 14, 1911. J. B. Hill. D. A. Mc Alister a. J. S. Flatt. „Mem. Geol. Survey Great Britain, Explanation of Sheet“, 352, 1—334, 1906. C. Reid. J. S. Flatt „Mem. Geol. Survey. Great Britain, Explanation of Sheet“, 351a, 358, 1 158, 1907 346, 1—131, 1906. C. Reid, J. B. Scrivenor „Sheet“, 1, 1—144, 1915. H. Dewey. Tungsten a. Manganese. „Mem. Geol. Survey, Great Britain“, 1, 1—14, 1915. H. Dewey. Arsenic and Antimony Ores. „Mem. Geol. Survey Great Britain“, 15, 1920. Lead, Silver and Zinc, 21, 1921; Sekt 337; Tavistock and Launceston, 1—144, 1911.

Карн-Бри, Карн-Март, Сейнт-Агнес, Клигга-Хэд, Кит-Хилл, Хингтон-Даун и др. Имеется также много кварц-порфировых дайк, не показанных на рис. 15, 16, 17 и 18.

Месторождения¹ представлены главным образом жилами. Они содержат олово, вольфрам, висмут, мышьяк, медь, цинк, свинец, серебро и сурьму, перечисленные примерно в порядке их удаленности от гранита.

Жилы находятся главным образом внутри и вокруг меньших штоков, а в гранитах — в краевых частях и вокруг более крупных интрузивов. Центральные части более крупных интрузивов содержат мало месторождений. Самый крупный гранитный массив — гранит Дартмур — существенно безрудный. Вокруг гранита Лэнд-Энд (рис. 15) и в его краевых частях находятся рудники Боталлик, Левант, Пендин, Сейнт-Ивс и др. Они содержат олово, но в некоторых жилах появляется медь по мере их прослеживания дальше от гранита. Главное орудование вокруг гранита Карн-Менеллис сосредоточено вблизи небольших сателлитовых куполов. В этих интрузивах и вокруг них (рис. 18) наблюдаются густые сети жил: этот участок является наиболее интенсивно оруденелой частью района и одним из богатейших рудных центров мира.

Крупные месторождения находятся также вокруг сателлитовых гранитов Годольфин (рис. 15) и к северу вокруг уже упоминавшихся выше массивов Сейнт-Агнес и Клигга-Хэд. Ряд, наблюдающийся по направлению от гранита, как уже отмечалось, следующий: олово, вольфрам, мышьяк, медь, сфалерит, свинец, серебро и сурьма. Этот ряд установлен по расположению жил на поверхности, по изменениям, которые наблюдаются по простиранию отдельных жил, протягивающихся вовне от гранита, и по изменениям на глубину в отдельных жилах.

Это классический район для изучения последовательных зон; именно здесь они были впервые распознаны, и при поисках эти нормальные изменения всегда учитывались. Эти зоны были описаны Хиллом, Ридом, Мак-Алистером и др. в различных приведенных выше работах. Они были наилучшим образом сведены в серии экономических статей Дьюи и в недавних сводных работах Расталлом, Дьюи и Дэвисоном. Благодаря большому количеству интрузивов и разнообразию присутствующих металлов Корнуэллс вероятно является наиболее поучительным из всех известных районов для изучения зон.

Интересно отметить, что в западной Франции находятся граниты того же возраста. Но там эрозия зашла глубже, и хотя там встречаются приблизительно те же металлы, зоны не распознаются, и золото появляется в промышленных количествах.

Район Сан-Франциско в Юта. В округе Сан-Франциско² около Нью-Хауз, Юта, палеозойские осадочные породы

¹ Основную массу продукции составляют олово, медь, свинец и серебро. Д. А. Мак-Алистер (D. A. Mc Alister. *Geological Aspects of the Lodes of Cornwall*, *Econ. Geol.*, 3, 363—380, 1908) оценивает продукцию олова до 1905 г. в 2015 890 т металла и меди за период с 1501 до 1905 гг. в 903 350 т металла. Около 63 600 т свинца и 2930 тыс. унций серебра было добыто за период от 1848 до 1894 гг.

² B. S. Butler. *Geology and Ore Deposits of the San Francisco and Adjacent Districts, Utah*. *U. S. Geol. Survey Prof. Paper*, 80, 1—212, 1913.

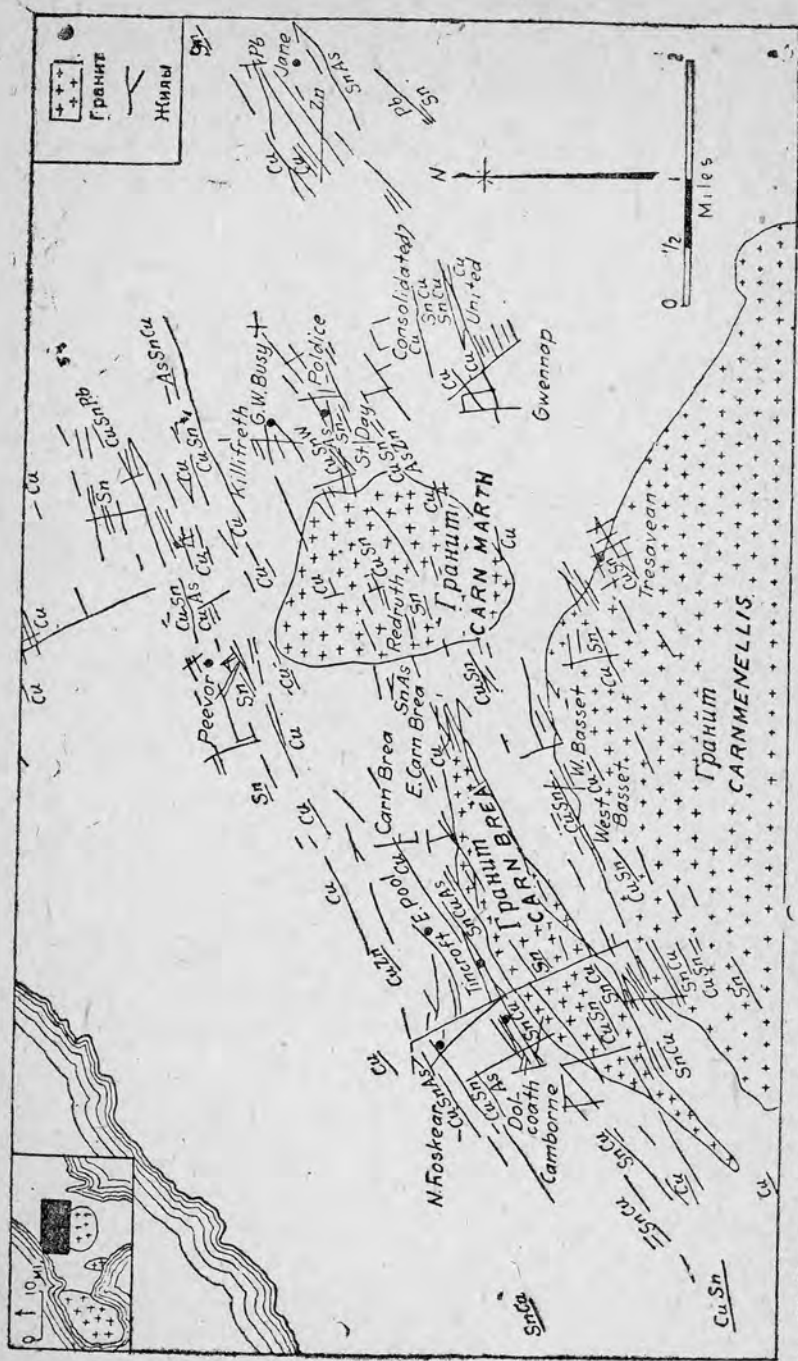


Рис. 18. Карта окрестностей Редрут и Кэмборн — наиболее продуктивной части Корнуоллса в Англии. На карте видно тесное расположение месторождений вокруг двух небольших гранитных тел Карн-Бри и Карн-Март, являющихся сателлитами более крупного гранитного массива — Карн-менеллис. В направлении от гранита наблюдается следующий ряд: олово, вольфрам, мышьяк, медь, цинк, свинец, серебро (по данным Хилла, Мак-Алистера и Флетча).

и третичные лавы прорваны штоком кварцевого монцонита шириной около 4,5 км (рис. 19). Месторождение Кактус, залегающее в монцоните, представляет собой неправильную широкую и короткую жилу или трубу медной руды с халькопиритом, пиритом, гематитом, турмалином и ангидритом, баритом и сидеритом. Руда заполняет промежутки между обломками кварцевого монцонита. На руднике Каприк, расположенном у южного края массива, в известняках разрабатывалась магнетитовая руда, а на востоке в Империиэл находится в небольшом количестве медная руда.

На руднике Хорн-Сильвер в 4,5 км к юго-востоку от рудника Кактус, свинцово-серебряные руды залегают в сбросовой зоне между известняком и третичной эффузивной породой. Месторождение — одно из крупнейших в районе — находится вблизи

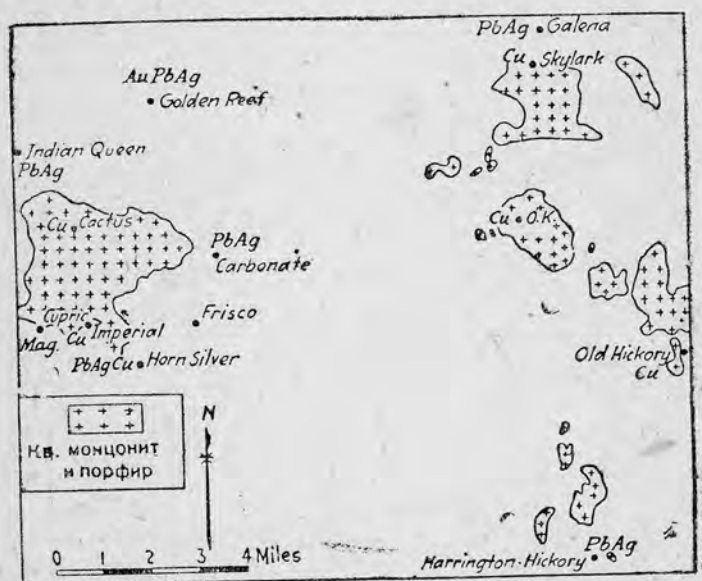


Рис. 19. Эскиз части района Сан-Франциско в Юта. Медные месторождения ахотятся внутри и вблизи интрузивных массивов, а свинцово-серебряные руды вне их, на большем расстоянии. Рудники Хорн-Сильвер и Карбонат расположены вблизи отделяющихся от массива языков (по Батлеру).

южного конца языка интрузива, который, как говорят, был подсечен на II горизонте. Вблизи поверхности преобладают серебро-свинцовые руды, но на глубине преимущественное значение получают вторичные медные сульфиды и сульфиды цинка.

Свинцово-серебряные руды рудника Карбонат, расположенного в 4,5 км от Кактуса, залегают в эффузивных породах также у конца языка монцонита. На руднике Индиан-Куин, в 3 км к северо-западу от Кактуса, добывались свинцово-серебряные руды в известняках. Золотые руды с серебром и свинцом разрабатывались на руднике Голден-Риф, в 4,5 км к северо-востоку от интрузивного массива.

Северо-западная Тасмания. В северо-западной Тасмании¹ сланцы и нижнепалеозойские осадочные породы прорваны змеевиками и гранитными породами (рис. 20). Последние моложе змеевиков, но как те, так и другие вероятно относятся к палеозою.

С змеевиками связаны россыпные месторождения осмистого иридия, которые являются главными источниками мирового производства металла для наконечников вечных перьев. Вдоль за-



Рис. 20. Эскиз главной рудоносной области Северо-западной Тасмании с изображением интрузивных змеевиков и более поздних гранитов. Осмий-иридий и хром связаны с змеевиками. Оловянные руды находятся внутри и вблизи гранита, а свинцовые руды — на большем расстоянии. Зональность выражена в Химскирк, Парсоно-Худ, горе Бишоп и Мойна (по данным Уоллера, Туэлвтрис и Джонстона).

падного берега в нескольких местах находятся оловянные месторождения, которые все связаны с гранит-порфирами, за исключением нескольких небольших месторождений в горе Бальфур, где гранитные породы не обнажаются.

¹ G. A. Waller. Report of the Secretary for Mines, Tasmania, 11—24, 1903. R. M. Johnston. Geology of Tasmania, 1—408, 1838. W. H. Tvelvetrees a. L. K. Wardt. „Geol. Survey Tasmania“. Bull. 8, 1—165, 1910. H. Conder. „Geol. Survey Tasmania“. Bull. 26, 1—96, 1918. L. K. Ward. Report of the Secretary for Mines of Tasmania for 1909, 1910.

В горе Химскирк (рис. 21) в граните находятся месторождения касситерита с примесью вольфрама и висмута; несколько оловянных месторождений находятся также во вмещающих гранитный массив породах. К востоку от горы Химскирк находятся несколько небольших месторождений халькопирита, сфалерита и пирита с примесью касситерита и станнина. Далее к востоку находятся серебро-свинцовые месторождения Зихэн и Дундас. К северо-востоку от Зихэн, в Рэнисон-Бэлл, около большой дайки порфира находятся небольшие оловянные месторождения. Между Туллах и горой Рид находятся свинцовые, цинковые и серебряные месторождения, а в Честер добывается пирит.

К северу, в хребте Меридетс, россыпное месторождение олова встречается около Парсонс-Худ, Кастра-Ривер и горы Кливеленд. К северо-востоку от горы Кливеленд серебро-свинцовые руды разрабатывались в Магнет, а еще далее на северо-восток крупные месторождения олова в порфире разрабатывались на горе

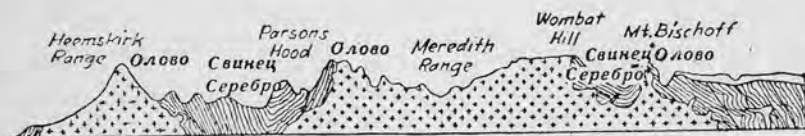


Рис. 21. Обобщенный разрез через главную рудоносную область северо-западной Тасмании (рис. 20), показывающий отношение оловянных и свинцово-серебряных месторождений к гранитным интрузиям. Свинцово-серебряные месторождения между Химскирк и Парсонс-Худ находятся к югу от линии разреза, а месторождения между хребтом Меридетс и горой Бишоп к северо-западу от нее (по разрезу Джонстона).

Бишоп. Одно из последних месторождений замечательно тем, что здесь в одной из оловоносных жил на глубине появляется свинцово-серебряная руда, но согласно Уэстон-Данн¹ эта руда более позднего возраста, чем оловянная руда. В Мойна, к востоку от горы Бишоп, оловянные, вольфрамовые и висмутовые руды находятся в краевой части и вблизи гранитного массива в 3 или 4 км диаметром. Свинцовые руды встречаются к северу от оловянных месторождений.

Группа 4. Эмбатолитовые месторождения

Месторождения эмбатолитовой группы залегают среди тесно расположенных гранитных масс, являющихся повышенными частями интрузивов. Более глубокая эрозия обнажила бы вмещающие породы в виде вдавленностей кровли, окруженной интрузивными породами. В таких условиях почти везде преобладают золотые месторождения, но встречаются также месторождения меди, цинка и других металлов. Гранитные породы обычно безрудны, за исключением их приконтактовых частей. В центральных частях подвергшейся интрузии площади зоны слабо очерчены либо вовсе отсутствуют, но в периферических частях, где

¹ J. G. Weston-Dunn. „Econ. Geol.“, 17, 153—193, 1922.

гранитные выхода уменьшаются численно, либо в размерах, или где они совсем исчезают, месторождения повидимому проявляются в виде широких зон. Эти зоны не везде хорошо выражены, но местами они могут быть распознаны, когда месторождения наносятся на карты относительно мелкого масштаба, охватывающие большие площади. Эмбатолитовый тип оруденения обнаруживается в юго-западном Орегоне, в северо-западной Калифорнии и в калифорнийской части Сиерра-Невады, в южной части Аппалачских гор, в главных золотоносных районах Сибири, в Египте и в Виктории.

В юго-западном Орегоне (рис. 22) золотоносные жилы залегают между гранитными выходами во вмещающих последние породах; небольшое число месторождений встречается и в изверженных породах в их краевых частях. Местами развиты ртутные месторождения, но они вероятно значительно более позднего возраста, чем золотые месторождения. Тот же тип оруденения протягивается к югу, в районе Клэмпс-Маунтин в Калифорнии. В этом районе преобладают золотые месторождения за исключением округа Реддинг и Шаста-Каунти, где развиты медные и цинковые месторождения. Этот округ (рис. 10) находится у края главной золотоносной эмбатолитовой площади, и его месторождения повидимому следует рассматривать как акробатолитовую группу на краю более крупной площади эмбатолитовых месторождений. Здесь повидимому наблюдается ряд: 1) медь, 2) золото.

В округе Сиерра-Невада также проявляется эмбатолитовый тип оруденения. Главные месторождения содержат золото и медь. Почти все они залегают во вмещающих батолит породах, хотя некоторые встречаются также в интрузивном грано-диорите у его контакта. Зоны выражены слабо, за исключением западной окраины района, где медный пояс подножья протягивается параллельно золотым месторождениям материнской жилы (Mother Lode) на большем расстоянии от главного батолита Сиерра.

В Калифорнии, к югу от площади, показанной на рис. 22, батолит Сиерры-Невады содержит много остатков вдавленной кровли с характерными золотыми месторождениями во вмещающих батолит породах. Однако к востоку от главного интрузива имеется много меньших гранитных массивов, с которыми связаны месторождения куполов или акробатолитового типа.

В южной части Аппалачских гор наблюдается тип оруденения, который в известных отношениях схож с типом оруденения Сиерра-Невады. Золотые месторождения преобладают среди тесно расположенных батолитов, но к западу от этой густо насыщенной интрузиями площади большое значение приобретают другие металлы. Они располагаются зонами в следующем порядке: 1) золото с некоторым количеством олова, 2) медь, 3) марганец, 4) цинк и свинец, 5) барит.

Хотя некоторые месторождения находятся вне своего нормального положения, господствующее направление оруденения ясно. Нахождение всех этих месторождений приблизительно в нормальном порядке в породах каменноугольного возраста внутри и вокруг каменноугольного гранита ясно указывает, что они генетически связаны с каменноугольным гранитом. В южных Ап-

палачах, как и в Калифорнии, более крупные гранитные массивы безрудны, за исключением их контактовых частей.

Крупные площади эмбатолитовых месторождений находятся в

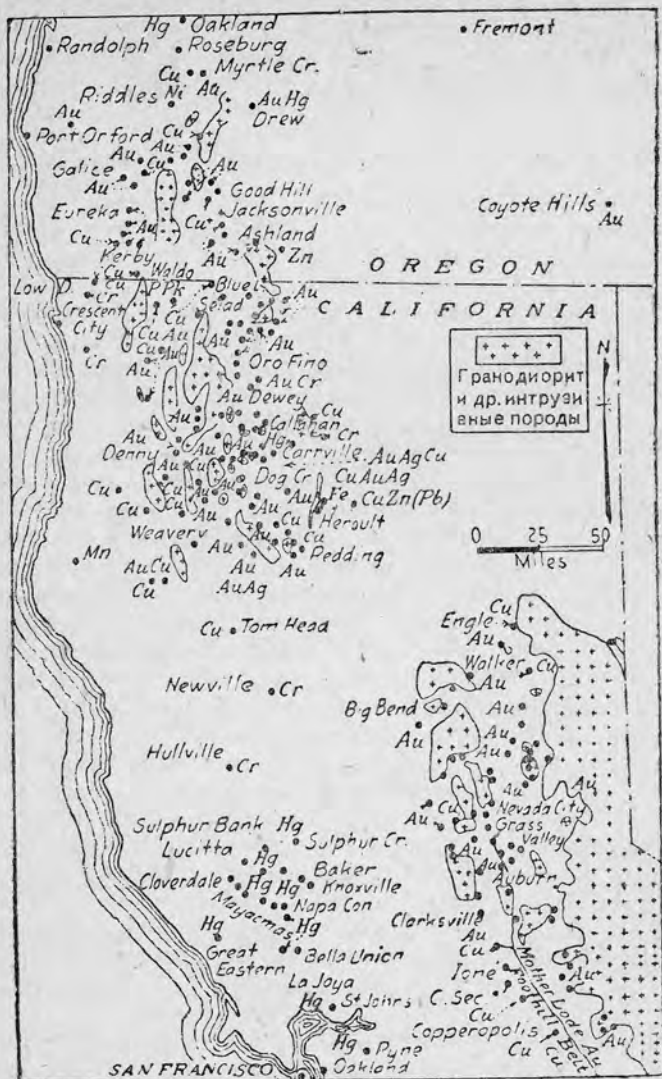


Рис. 22. Карта юго-западной части Оргона и Северной Калифорнии. На карте показано отношение главных рудных месторождений к гранитным массивам (эм атолитовый тип оруденения). Значительно преобладают золотые месторождения, хотя встречаются также промышленные медные месторождения. Месторождения находятся во вмещающих интрузивы породах, в небольших телах интрузивных пород (по данным Диллера, Кэй, Винчелла, Мак-Дональда, Брэдли, Грелтона, Херли, Линдгрена, Рэнсом, Торнера).

Египте, в главных золотоносных районах Сибири и в Виктории. За исключением Алтая, в Сибири значительно преобладает золото. Хотя во всех этих районах эрозия обнажила крупные пло-

шади гранитных батолитов, она все же не достигла той степени, когда сохраняются только небольшие остатки оболочки. Практически все эти золотые месторождения находятся во вмещающих батолит породах, хотя некоторые из них заключены в интрузивных породах вблизи их контактов, а некоторые россыпные месторождения, повидимому местного происхождения, накопились на площадях гранита в золотоносных речках в Минусинском округе Сибири.

Группа 5. Эндобатолитовые месторождения

Повидимому все крупные гранитные батолиты имеют волнистую поверхность кровли. В известной стадии эрозии сохраняются крупные остатки вдавленной кровли, окруженные гранитными интрузиями, погруженные в них.

Остов эндобатолитового района составляют интродуцировавшие породы, тогда как остовом эмбатолитового района являются вмещающие батолит породы. Почти все месторождения районов, в которых наблюдаются остатки оболочки, залегают в этих последних либо в интрузивной породе вблизи этих остатков. Доминирующее значение принадлежит месторождениям золота, но наряду с этим встречаются в небольшом количестве промышленные месторождения меди и в еще меньшем количестве промышленные месторождения свинца, серебра, цинка и других металлов. Это вероятно наиболее продуктивный тип золотоносного оруденения. Он обнимает главные золотые месторождения Онтарио, Западного Квебека и Восточной Манитобы, золотые месторождения Южной Родезии и Западной Австралии. В высшей степени вероятно, что крупные месторождения конгломератов Ранда образовались из месторождений этого типа в Южной Родезии и других подобных месторождений поблизости.

Рис. 23, представляющий собой карту главных золотоносных площадей Западной Австралии, иллюстрирует этот тип оруденения. Карты Родезии и Канады весьма сходны с этой картой в том отношении, что обнаруживают те же геологические условия и аналогичное распределение месторождений. Во всех этих районах золото значительно преобладает.

В Южной Калифорнии и в северной части Нижней Калифорнии наблюдается подобное же оруденение, хотя интрузивы здесь значительно меньших размеров, чем в перечисленных районах.

Группа 6. Гипобатолитовые месторождения

Месторождения гипобатолитовой группы залегают в глубоко эродированных гранитных массивах. Кровля таких массивов смыта и от нее сохранились ничтожные остатки.

Очень глубоко размытые гранитные массивы в главной своей массе лишены крупных промышленных месторождений, хотя они обычно содержат жилы кварца и пирита, а в некоторых из них встречаются золотые жилы обычно с низким содержанием.

Из известных нам гранитных массивов одним из крупнейших является массив, слагающий Кольский полуостров между Белым морем и Ледовитым океаном и протягивающийся на юг до Онежского озера. Он занимает значительную часть Северо-западной России и Северной Финляндии на площади свыше 250 тыс. км².

Этот массив повидимому существенно безрудный, за исключением его южных и западных окраин, где он прорван более поздними гранитами.

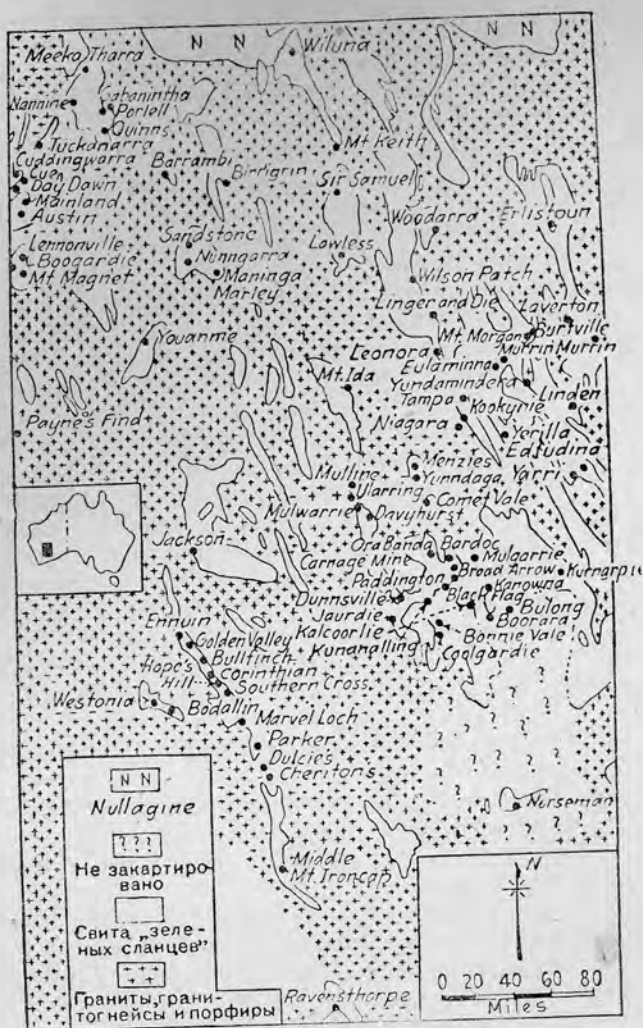


Рис. 23. Карта наиболее продуктивной части Западной Австралии. Точками на карте показаны горные округа с месторождениями золота и несомненными количествами других металлов. Золото составляет около 97% суммарной продукции. Все месторождения залегают в остатках вдавненностей кровли из вмещающих пород или вблизи их краев; интрузивные породы преимущественно безрудны (по данным Мэйгланда, Кларка, Табота, Сейнт-Смита, Монтгоммери, Симпсона, Фельдмана, Хоншана, Блэчфорда, Джибсона, Ричарда, Джексона, Джатсона, Вулворда, Кембэлла и др.).

Южная часть гранитной площади Великого канадского щита, который повидимому содержит больше остатков кровли и более

крупных размеров, чем северная часть щита, содержит также больше промышленных металлоносных жил.

Если глубоко эродированные гранитные массивы прорваны более поздними породами, они конечно могут содержать жилы, относящиеся к металлогенической эпохе более поздней, чем древние граниты. Замечательно тем не менее, что такие огромные площади глубоко эродированных гранитов лишены оруденения. Мы не знаем других площадей безрудных изверженных пород такого же размера, за исключением разве обширных площадей лавовых излияний последнего периода.

РЕЗЮМЕ

Огромное большинство металлоносных жил связано с батолитами. Последние представляют собой крупные массивы изверженных пород, расширяющиеся с глубиной. Они вероятно внедряются преимущественно в виде масс среднего или более основного состава, но дифференцируются, давая следующий ряд: диорит, кварцевый диорит, кварцевый монзонит, grano-диорит, гранит. Рудные жилы проявляются главным образом после того, как батолит в процессе дифференциации прошел стадию диорита; большинство жильных месторождений генетически связаны с породами более кислыми, чем кварцевый диорит.

Жильные месторождения, связанные с батолитами, могут быть разделены на шесть групп в зависимости от их положения по отношению к родоначальному батолиту (рис. 1 и 2).

В 1-й группе родоначальный батолит скрыт, но имеются веские основания допустить, что он существует на глубине ниже месторождений.

Во 2-й группе эрозией вскрыта вершина батолита. Эта группа высоко продуктивна.

В 3-й группе эрозия зашла дальше и обнажила более крупные массивы, окруженные вмещающими породами. Эта группа также высоко продуктивна, но, как правило, внутренние части гранитных массивов безрудны.

4-я группа характеризуется дальнейшим развитием эрозии, вскрывшей большие массы гранита. Интрузии крупнее по своим размерам и гуще расположены: месторождения большей частью залегают во вмещающих граниты породах, в небольших периферических куполах и в более крупных массивах изверженных пород близ их краевых частей.

В 5-й группе эрозия зашла еще глубже и обнажила огромные площади интрузивных пород и небольшие остатки оболочек, зажатые среди интрузивов.

В 6-й группе эрозией снесены даже остатки оболочек. Месторождения в значительной степени сконцентрированы по краям и вне края батолита.

Рис. 3 показывает относительные количества металлов, находящихся в шести перечисленных положениях. Наиболее поразительной чертой этого рисунка является концентрация золота в 1-й и 5-й группах. Шестая группа — наиболее убогая. В 1-й группе зональное расположение металлов обычно наблюдается, но

чаще оно не очевидно. Эта зональность очень распространена в 1-й и 3-й группах, причем и в той и в другой металлы или группы металлов большей частью располагаются в одинаковой последовательности. Эта последовательность соответствует вертикальным зонам, установленным в нормальной жильной системе (рис. 4). Зоны менее ясно выражены в группе 4-й, причем золото и медь здесь часто находятся в обратном порядке. В группах 1-й и 6-й зоны не наблюдались.

Изложенные выше выводы базируются на соотношениях, наблюдающихся на приблизительно трех сотнях карт рудных районов, девятнадцать из которых здесь приведены. На большинстве этих карт изображены месторождения 1-й и 3-й групп. Карты площадей с изображением месторождений 1-й, 4-й, 5-й и 6-й групп будут приведены в другой статье.

В заключение автор с признательностью отмечает исключительную любезность, проявленную к нему Г. Дююи из Геологического комитета Великобритании и Р. Г. Дэвисоном в Кембрене во время его короткого посещения Корнуэллса и изучения литературы по этому району в учреждениях Британского комитета в Лондоне.

Автор выражает также благодарность И. С. Элисон, К. Е. Эрдман, У. К. Лоусон, Р. М. Туслей, К. Х. Ритц и К. Г. Сэнг за помощь, оказанную ими в изготовлении некоторых карт для настоящей статьи.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Введение	3
Жильные месторождения и батолиты	5
Предпочтительное расположение металлоносных жил	6
Классификация месторождений в зависимости от условий их расположения	7
Зональное расположение мегаллов в жилах	8
Концентрические и эксцентричные ряды в зонах и их линейное распространение	17
Резюме	46
