

Е.М. Некрасов

**ЗАРУБЕЖНЫЕ  
ЭНДОГЕННЫЕ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
ЗОЛОТА**

---



Е.М. Некрасов

# ЗАРУБЕЖНЫЕ ЭНДОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА

4989



МОСКВА «НЕДРА» 1988



ББК 26.325.1

Н48

УДК 553.411.062/067 (-87)

Рецензент д-р геол.минер.наук Ю.Г.САФОНОВ

**Некрасов Е.М.**

Н48 Зарубежные эндогенные месторождения золота. — М.: Недра, 1988. — 286 с.: ил.  
ISBN 5-247-00119-2

Рассмотрена группировка геолого-промышленных типов месторождений золота, их промышленная оценка. Проанализированы геолого-структурные особенности крупнейших золоторудных объектов не социалистического мира. Установлена возможность прогнозирования запасов объектов на начальных стадиях их оценки и разведки. Приведены признаки проявления зональности для рудных объектов, вовлекаемых в разведку.

Для геологов, минералогов, геохимиков, изучающих месторождения золота.

Н 1904050000-065 107--88  
043 (01) - 88

ББК 26.325.1

ISBN 5-247-00119-2

© Издательство "Недра", 1988

В настоящей книге автор обобщил и развил представления зарубежных исследователей о структуре и геологии эндогенных месторождений золота. Рассматриваемые месторождения распространены повсеместно на территории капиталистических и развивающихся стран и для большинства из них составляют основу золотодобывающей промышленности. Они представляют собой интереснейшие рудные объекты. Это обусловлено многообразием типов, различающихся составом, степенью метаморфизма и деформированностью рудовмещающей среды, типом и внутренним строением как трещинных, так и складчатых рудовмещающих нарушений, морфологией рудных тел, составом руд и околорудных метасоматитов. Среди месторождений, однотипных по всем геологическим характеристикам и параметрам, в одном рудном районе и даже узле наряду с единичными крупнейшими развиты многочисленные рудные объекты небольшого масштаба.

На примерах зарубежных месторождений показывается, что локализация таких крупных скоплений руд во многом объясняется пространственным совмещением наиболее благоприятных литолого-структурных особенностей. В книге решается задача типизации и промышленной оценки золоторудных месторождений эндогенной серии, расположенных на территории несоциалистических стран. Выделяются также признаки, характеризующие специфику геологического строения каждого типа месторождений и геолого-структурные особенности, отличающие рудные объекты одного типа от другого. Автор надеется, что намеченные типы месторождений достаточно объективно отражают существующие в природе реальности.

В процессе подготовки рукописи к изданию Ф.И.Вольфсон, А.В. Дружинин, А.А.Гармаш, М.М.Константинов и М.С.Сахарова ознакомились с проблематикой исследования и дали ряд ценных советов.

## СИСТЕМАТИКА ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ ТИПОВ ЗАРУБЕЖНЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Выделение важных промышленных типов месторождений — одна из главных задач рудной геологии. В настоящей главе сделана попытка решить ее на примере зарубежных золоторудных месторождений эндогенной серии. Как известно, отнесение золоторудного объекта к промышленно важному типу указывает на то, что он может потенциально иметь крупные запасы благородного металла. Помимо значительной доли мировых запасов и ежегодной добычи<sup>1</sup>, приходящихся на такие месторождения, они лучше геологически изучены и освоены горноперерабатывающей промышленностью. Поиски и разведка, осуществляемые за рубежом в районах развития комплекса пород и структур, благоприятных для проявления месторождений промышленно важных типов, проводятся на ограниченных территориях в условиях концентрации сил и средств на главных изучаемых рудных объектах.

Наиболее целесообразна такая группировка, которая, с одной стороны, опиралась бы на картируемые геологические элементы и образования, а с другой — учитывала бы объективные параметры, характеризующие зарубежные месторождения, в частности так называемые суммарные запасы<sup>2</sup> и текущую добычу золота. Систематике подверглись месторождения золота эндогенной серии, под которыми автор понимает пригодное для промышленного освоения одно рудное тело или систему тел эндогенного происхождения, в рудах которых заключена масса золота, по стоимости превышающая стоимость всех остальных компонентов, вместе взятых.

В.М.Крейтер в 1940 г. при первой попытке выделения промышленных типов месторождений золота наметил месторождения двух промышленно важных типов: 1) разнообразные по размерам золото-кварцевые жилы, жильные рассланцованные зоны, штокверки в различных породах, 2) мелкие жилообразные и сложные по форме золото-серебряные месторождения, иногда с теллуридами, в молодых эффузивных породах. Каждый тип был оценен существенной долей мировых запасов и текущей добычи, что и придало им промышленное значение. Из-за недостаточности информации принципы выделения типов не могли быть всеобъемлющими, однозначными и строго корректными. Это в одном случае была морфология рудных тел, в другом — тип вмещающих пород. В результате первый, но необходимый шаг, предпринятый В.М.Крейтером, наме-

<sup>1</sup> Здесь и далее под понятием мировых запасов, мировой добычи, запасов месторождений всегда понимаются запасы, добыча и запасы месторождений несоциалистического мира.

<sup>2</sup> Включающие извлеченный металл.

тил, скорее, крупные группы месторождений, чем типы. По ряду причин систематика В.М.Крейтера не получила должного развития после 40-х годов.

За прошедшее время были обнаружены месторождения новых типов, изменилось соотношение запасов и добычи. В основу новых классификаций месторождений положены особенности генезиса, условия кристаллизации руд, минеральный состав и количественные соотношения рудных и жильных минералов, принадлежность к той или иной рудной формации, генетическая связь с магматизмом и различными этапами формирования складчатых поясов, а также других геотектонических построек земной коры. Были выделены группировки, в основе которых была морфология рудных тел. Однако ни одна из этих систематик не выявляла из общей массы месторождения промышленно важных типов.

Среди генетических группировок, увязывающих золоторудные объекты с геологическими процессами, приводящими к их образованию, выделяются группировки, предложенные И.С.Рожковым в 1968 г. и А.А.Сидоровым [8]. И.С.Рожков произвел деление на магматические, скарновые, плутоно- и вулканогенные классы золоторудных месторождений эндогенной серии. Классы соотносились с тектоническими этапами формирования платформ, щитов, геосинклиналей, областей активизации, а также с типом "материнского" магматизма—гранитоидным или базальтоидным. В месторождениях разных классов выделялись рудные формации — золото-кварцевая (количество сульфидов до 1%), золото-кварц-сульфидная и золото-сульфидная (2—10 и 10—30% сульфидов соответственно), золото-серебряная и серебро-золотая с малым количеством сульфидов, золото-медная (крайне мало распространенная). В группировке И.С.Рожкова сосредоточены "опознавательные" критерии не только генетических, но отчасти и геотектонических, магматических, рудно-формационных и минералогических систематик. В результате для эндогенных золоторудных месторождений классификация И.С.Рожкова и более поздняя А.А.Сидорова намечают связь рудных объектов с определенным этапом развития структур земной коры, с гипотетическим магматическим очагом, учитывают условия транспортировки, состояние и глубину разгрузки рудоносных растворов. Однако можно отметить ее громоздкость, попытку всеобъемлемости. Выделение типов месторождений было проведено исходя из самых различных (в основе гипотетических) генетических условий формирования руд, а также наблюдаемого минерального вещества, которое рассматривается с качественной и количественной сторон. Естественно, что в такой систематике несколько "теряется", затушевывается главный генетический принцип.

С помощью группировок, основанных на условиях образования руд в зоне рудоотложения, решались задачи разбраковки эндогенных рудных объектов по различию температур кристаллизации минерального вещества (выделялись высоко-, средне- и низкотемпературные месторождения), по глубине возникновения руд (намечались близповерхностные типы месторождений, малых, средних и больших глубин формирования) и особенностям их минерального состава. Подобные группи-

ровки представляли собой развитие прогрессивных концепций В.Линдгрена, В.А.Обручева, А.Г.Бетехтина, С.С.Смирнова о возможности расшифровки процесса кристаллизации руд, исходя из их состава и геологической обстановки рудоотложения.

В известной классификации В.Линдгрена выделены типы месторождений золота, каждый из которых охарактеризован специфическими условиями формирования руд: температурой, глубиной кристаллизации и давлением на уровне рудоотложения. Этим исследователем были намечены следующие типы месторождений: 1) эпитермальные (отложенные на малой глубине при температуре 50–200 °С и среднем давлении), 2) мезотермальные (образованные на средних глубинах, из растворов с температурой 200–300 °С в условиях высокого давления), 3) гипотермальные (большие глубины, 300–500 °С, очень высокое давление), 4) контакто-метаморфические (кристаллизующиеся при 500–800 °С и очень высоком давлении). По минеральному составу руд каждый тип месторождения подразделялся на несколько подтипов. В последнее время группировка, основанная на изложенных и значительно уточненных принципах, приведена в трудах К.Л.Бабаева, Ф.И.Вольфсона, А.В.Дружинина, опубликованных в 1977 и 1984 гг. Ф.И.Вольфсон и А.В.Дружинин выдвинули на первый план температурные условия отложения золотых руд и наметили среди низко-, средне- и высокотемпературных месторождений их характерные рудные формации.

Группировки золоторудных объектов, основанные на различии состава руд или состава слагающих их минеральных ассоциаций, менее удачны. Большинство их применимо к рудным объектам, локализованным только в пределах ограниченных рудоносных территорий. Используемые в планетарных масштабах, они намечали месторождения всего нескольких групп, не охватывая остальные (например, с рудами только кварцевого, сульфидно-кварцевого и существенно сульфидного состава).

Наибольшее распространение в последнее время получили рудно-формационные группировки месторождений. Как и среди рудных объектов других металлов, месторождения золота разделяются в них исходя из условий кристаллизации руд в области рудоотложения и возникающим различным комплексам минеральных ассоциаций [1]. В одной из наиболее удачных классификаций С.Д.Шер [10], например, выделяет месторождения, принадлежащие восьми рудно-формационным типам: золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой, золото-сульфидной, золото-халцедон-кварцевой, золото-сульфидно-халцедон-кварцевой, золото-карбонатно-сульфидной, золото-баритовой и золото-сульфидно-баритовой, золото-силикатной (скарновой) формациям.

Менее применимы для промышленных систематик месторождений геотектонические принципы, в частности выделение объектов, образующихся в разные этапы формирования, например, складчатых систем (в ранние, средние, конечные и т.д.), как это было предложено Ю.А.Библиным. Еще в 1955 г. он писал, что для одного такого этапа в пределах подвижных поясов образуются месторождения, объединенные общ-

ностью родоначального магматического очага, общностью рудоконтролирующих структур, близостью времени формирования. Он считал возможным вычленить рудные объекты, связанные с эффузивным процессом, с внедрением малых гранитоидных интрузивов, батолитов и формированием скарнов вдоль контактов гранитных дифференциатов базальтовых магм. В настоящее время выяснилось, что разнообразные и повторяющиеся условия образования объектов в каждый этап развития порождают чуть ли не всю гамму эндогенных золоторудных месторождений.

В сугубо морфологических группировках, наоборот, локальные геологические обстановки не учитываются. В одной из наиболее удачных группировок подобного рода, опубликованных Н.И.Бородаевским и И.И.Четырбоцкой в 1977 г., сделана попытка выделить морфологические типы важных в промышленном отношении собственно золоторудных и золотосодержащих месторождений. Однако основной вывод этих геологов — важность месторождений, представленных штокверками, зонами дробления, рассланцевания и милонитизации пород с вкрапленным золото-сульфидным оруденением — не учитывал в зарубежном мире крупнейшие рудные объекты, локализованные в зеленокаменно-измененных вулканитах архейских зеленосланцевых поясов (например, крупнейших месторождений жильных и прожилковых руд в Канаде — Холлинджер, Мак-Интайр, Доум и др., Мазер-Лод в США, Колар в Индии, Ашанти в Гане и т.д.).

В 1953 г. в сложно построенной систематике Е.Е.Захаров попытался увязать постмагматические месторождения золота с комплексами вмещающих пород. В частности, им были выделены группы месторождений, локализованные: 1) в интрузивных массивах, 2) в телах жильных магматических пород, 3) на контактах гранитных и иных интрузивов, 4) в окварцованных и серицитизированных осадочных и изверженных породах, смятых в складки, 5) в вулканических аппаратах и связанных с ними вулканитах. Эта группировка также оказалась недостаточно полной. Например, в ней не был учтен вышеуказанный тип месторождений в зеленокаменно-измененных вулканитах, а также рудные объекты, локализованные в углеродистых терригенно-карбонатных толщах, объекты в глубокометаморфизованных породах и т.п. Вместе с тем это была одна из немногих систематик, пытавшихся поставить тип месторождения в зависимость от конкретных условий локализации руд и состава вмещающих пород, т.е. среды рудообразования.

Приведенный краткий обзор систематик эндогенных золоторудных месторождений свидетельствует, что только в некоторых из них ставилась задача промышленной оценки классифицируемых объектов. Главное внимание уделялось генетическим принципам. Наиболее близко к принципам промышленной группировки месторождений подошел в 1960 г. Н.И.Бородаевский. Используя большой личный опыт геологического картирования месторождений золота, он подытожил знания, касающиеся рудовмещающего значения структур для развития процесса рудообразования и возникновения рудных тел. Н.И.Бородаевский счи-

тает, что месторождения золота в подавляющем большинстве случаев трещинные. При этом образование линейно вытянутых зон метасоматических вкрапленных руд и пластовых жильных (в том числе седловидных) залежей обусловлено поступлением золотоносного раствора по трещинным каналам. По представлению Н.И.Бородаевского, тип рудовмещающего разрыва находится в прямой зависимости, в первую очередь, от среды и геологических условий, в которых происходит кристаллизация руд. В однородной (с точки зрения литологии и прочностных свойств) среде рудовмещающие разрывы закладываются и развиваются, подчиняясь типу деформаций (сколовых и отрывных) и интенсивности внутрирудных перемещений. Соответственно в однородной среде месторождения подчиняются структурным элементам. В неоднородной (гетерогенной) среде рудовмещающие разрывы, рудные тела и месторождения тяготеют к сравнительно хрупким (или реакционноспособным) геологическим образованиям, нарушающим монотонность, однородность среды, — к штокам интрузивных и субвулканических пород, сериям даек, жерлам вулканических аппаратов, к прослоям резко отличных по составу пород и т.д.

Н.И.Бородаевский наметил основные типы рудовмещающей среды, благоприятной для возникновения золоторудных объектов. В числе однородных сред он указал на толщи зеленокаменно-измененных вулканитов и песчанико-сланцевые толщи. Для неоднородных сред названы геологические образования, нарушающие ее монотонность, — штоки, дайки, жерла, вулканические купола и депрессионные структуры (кальдеры, мульды, грабены и т.д.).

Выводы Н.И.Бородаевского подтвердились практикой разведочных работ последних лет. Выяснилось, что неоднородная среда, как правило, обуславливает сложную геологическую структуру и обстановку. Обстановка представляет собой совокупность всех геологических элементов, определяющих возможность проявления рудного процесса — это и тип геотектонической постройки, и более локальные, в том числе рудовмещающие структуры, складки и разрывы, различные магматические образования и геологические экраны, это и верхний и нижний уровни развития рудовмещающих разрывов, глубина формирования оруденения, инертность или реакционность вмещающих пород, проницаемость и насыщенность их амагматическими растворами, т.е. геологической обстановкой предопределяется локализация руд. Геологическая обстановка — это внешние факторы рудообразования по отношению к внутренним, генетическим, присущим золотоносным растворам и флюидам, характеризующимся определенной температурой, составом, концентрацией соединений металлов и т.д.

Геологическая обстановка и условия локализации руд во многом определяются структурой среды рудообразования. Под структурой среды, под пространственным сочетанием на одном участке слоистых и прорывающих их магматических пород, складок и разрывов обычно понимается структура того или иного (в том числе рудоносного) участка. Таким образом, различные пространственные сочетания трех элементов земной

коры — среды или пород, складок и разрывов — создают все геологическое разнообразие и весь фон, на котором происходит процесс минералообразования. По сути дела, структура, среда и в целом геологическая обстановка настолько взаимно дополняют друг друга, что четкое разграничение их "работы" в период минерализации провести иногда затруднительно. Для систематики необходим учет одновременно как среды рудоотложения, так и условий локализации руд.

Группировки В.М.Крейтера, Н.И.Бородаевского, отчасти Е.Е. Захарова и других геологов наметили направление, по которому должны проводиться исследования, задача которых состоит в выделении промышленных типов месторождений. По мнению автора, важнейшее промышленное значение принадлежит тем типам зарубежных месторождений золота, для которых известны рудные объекты, обладающие крупнейшими запасами металла<sup>1</sup>. Учитывая, что большинство зарубежных месторождений трещинные, наличие значительных запасов определяется либо крупным масштабом рудовмещающих разрывов, либо развитием многочисленных сравнительно мелких трещинных нарушений, связанных в единую протяженную рудоносную систему. Для небольшого числа месторождений запасы которых заключены в согласных со слоистостью рудных телах, такой рудоносной системой могут рассматриваться ярусы послонных и седловидных разрывов и рудных тел. Связующим элементом рудоносных систем трещин служат рудоконтролирующие разломы, а для пластовых месторождений — рудоконтролирующие складки. Изредка ими являются пласты хрупких пород, их контакты и контакты магматических массивов и штоков, поля и зоны даек, вулканотектонические постройки и их элементы. Все эти рудоконтролирующие образования и рудовмещающие структуры предопределяют место рудоотложения. Таким образом, заложение и развитие их отвечает на вопрос — где происходило образование руд.

Рассмотренные выше генетические, рудноформационные, минералогические и иные группировки золоторудных месторождений, основанные на особенностях рудогенерирующих процессов, на расположении и поведении глубинных источников металла, на термодинамических условиях кристаллизации руд, не отвечают на вопрос, где, в какой геологической обстановке следует искать крупные и крупнейшие скопления руд. Эти систематики отвечают на другой вопрос — как происходило образование того или иного типа месторождений. Этими различиями систематик снимается то противоречие, противоборство двух направлений в изучении и классификации месторождений — эмпирического, по представлению Н.В.Петровской, Ю.Г.Сафонова, С.Д.Шера [6], опирающегося на картируемые геологические образования, и генетического, вскрывающего специфику условий рудообразования для месторождений каждого типа.

---

<sup>1</sup> Под крупнейшими и крупными для стран несоциалистического мира понимают эндогенные рудные объекты с запасами золота, составляющими более 300 и от 100 до 300 т соответственно (включая извлеченный благородный металл).

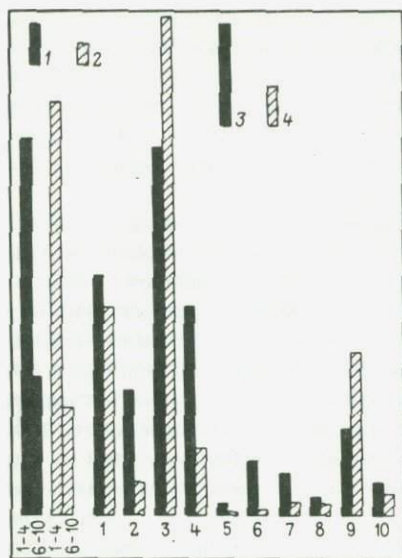


Рис. 1. Доля запасов и добычи золота, приходящихся в несоциалистическом мире на каждый геолого-промышленный тип эндогенных месторождений (в %). По материалам Г. Глинна.

Типы месторождений (1–10) приведены в табл. 1. Единицы запасов: 1 — для месторождений типов 1–4 и 6–10; 3 — то же, по каждому из типов 1–10. Единицы добычи: 2 — для месторождений типов 1–4 и 6–10; 4 — то же, по каждому из типов 1–10

месторождений соответственно могли бы быть названы геологическими. Поскольку каждый из них сопоставляется с другими типами, исходя из доли приходящихся на него мировых несоциалистических запасов и добычи (рис. 1.), а также наличия крупнейших рудных объектов, типы месторождений приобретают значение геолого-промышленных. В табл. представлена подобная группировка геолого-промышленных типов эндогенных месторождений золота несоциалистического мира. При разработке ее учтен материал более 500 зарубежных объектов, имеющих (или имевших) запасы золота не менее 10 т. Статистическая обработка показала, что промышленная важность геологического типа определяется долей мировых общих запасов, составляющей не менее 2 %, и долей годовой мировой добычи не менее 1 %.

Согласно сведениям Г. Глинна [27]; такие, казалось бы, малые доли запасов и добычи объясняются тем, что почти 2/3 запасов (58 %) и добычи (58,7 %) приходится на месторождения золотоносных конгломератов — уникальное Витватерсранд (ЮАР) и крупнейшие — Тарква (Гана) и Жакобина (Бразилия). Они принадлежат к объектам метаморфогенной серии и здесь не рассматриваются. Кроме того, запасы золота в россыпях, золотоносных зонах окисления и в золотосодержащих месторождениях несоциалистического мира составляют соответственно 7,5; 0,9 и 13,2 %. Из собственно эндогенных месторождений благородный металл извлекается почти в 50 странах несоциалистического мира (за исключением ЮАР, Папуа — Новой Гвинее, частично Бразилии, Филиппин, Доминиканской Республики и Колумбии), доля добычи эндогенного золота достигает 23,1 % добычи несоциалистического мира. При этом стабильность золотодобывающей промышленности надежно обес-

Таблица

**Геолого-промышленные типы зарубежных золоторудных месторождений  
эндогенной серии**

№ п/п	Тип месторождений	Доля в %		Примеры крупнейших рудных полей и месторождений золота (их суммарные запасы в т)
		мировых запасов	текущей добычи	
<b>Группа А — важные типы</b>				
<i>Гидротермальные (и гидротермально-осадочные) месторождения</i>				
1	В вулканотектонических постройках, характеризующиеся золото-серебряными, золото-теллуридными и золотыми рудами близповерхностного и малоглубинного генезиса	4,3	4,7	Крипл-Крик, США (594), Багио, Филиппины (350); Пуэбло-Вьехо, Доминиканская Республика (320)
2	В хрупких геологических образованиях (штоках и связанных с ними роговиках, в дайках, субвулканических телах, силлах, прослоях кварцитов)	2,1	1,0	Керкленд-Лейк, Канада (750); Сигма-Ламак, Канада (310)
3	В зеленокаменно-измененных и амфиболизованных терригенно-вулканогенных породах, слагающих архейские зеленосланцевые пояса щитов	6,4	10,4	Калгурли, Австралия (1300); Поркьюпайн, Канада (980); Колар, Индия (900); Хемло, Канада (750); Морроу-Велью, Бразилия (450); Доум, Канада (400); Керр-Эдисон, Канада (340)
4	В линейных складках углестых вулканогенно-сланцевых и песчанико-сланцевых пород	3,4	2,4	Хомстейк, США (1200); Ашанти, Гана (530); Мазер-Лод, США (520)
<b>Группа Б — второстепенные типы</b>				
<i>Контактово-метасоматические месторождения</i>				
5	Скарново-золоторудные, на контактах карбонатных и алюмосиликатных пород	0,2	0,05	Не известны
<i>Гидротермальные (и гидротермально-осадочные) месторождения</i>				
6	В деформированных эндо- и экзоконтактовых зонах гранитоидных и гранито-гнейсовых массивов	0,9	0,1	— —
7	В зеленокаменно-измененных вулканитах протерозойских и фанерозойских складчатых эвгеосинклинальных зон	0,8	0,25	— —

№ п/п	Тип месторождений	Доля в %		Примеры крупней- ших рудных полей и месторождений золота (их суммар- ные запасы в т)
		миро- вых запа- сов	теку- щей добы- чи	
8	В глубокометаморфизован- ных кристаллических поро- дах	0,3	0,3	Не известны
9	В углеродистых вулканоген- но-карбонатных и терригенно- карбонатных породах	1,4	3,2	—"
10	В толщах переслаивающихся терригенных пород, пред- ставленные седловидными рудными телами	0,5	0,7	Бендиго, Австралия (700) — представляет исключение
	Итого	20,4	23,1	
	Месторождения прочих типов	79,6	76,9	
	В том числе:			
	золотоносные конгломераты	58,0	58,7	
	золотосодержащие месторожде- ния различного генезиса	13,2	10,3	

печивается запасами длительно разрабатывающихся рудных объектов, как правило, принадлежащих к важным геолого-промышленным типам и являющихся крупными и крупнейшими месторождениями.

В предлагаемой систематике они объединены в группу А (гидротермальные, гидротермально-осадочные месторождения, имеющие важное промышленное значение). В группу входят месторождения четырех геолого-промышленных типов. К группе Б отнесены гидротермальные месторождения, имеющие второстепенное промышленное значение. К ней принадлежат рудные объекты шести типов. Выделение каждого типа велось по главным, определяющим его появление специфическим условиям залегания руд. Для разных типов такими равнозначными условиями могут служить характерные рудовмещающие породы, локализирующие оруденение (в результате избирательного проявления в них трещин, или интенсивного метасоматического преобразования, или осаждающего влияния органических остатков и т.д.), или локальные геологические постройки и элементы структуры, наличие которых обуславливает возможность возникновения рудных скоплений.

Группу А, как и группу Б, открывают геолого-промышленные типы месторождений, наиболее тесно связанные с магматическими образованиями. Так, например, отнесение месторождения к типу близповерхностных или малоглубинных объектов золотых, золото-теллуридных и золото-серебряных руд (группа А) определяется локализацией его в вулканотектонической постройке. Группу Б возглавляют геолого-промышленные типы скарново-золоторудных и золоторудных месторождений, приуроченных к тектонически деформированным эндо- и экзоконтактовым зонам гранитоидных и гранито-гнейсовых массивов. Завершается каждая группа типами, характеризующимися наиболее отдаленной связью с магматическими проявлениями или отсутствием такой связи.

Помимо доли мировых запасов и добычи золота, промышленное значение типа определялось принадлежностью к нему зарубежных объектов с крупнейшими суммарными запасами металла, превышающими 300 т. Как правило, они обеспечивают до 70 % добычи золота, приходящейся на данный тип. Такие запасы отмечаются только на 17 эндогенных месторождениях золота в капиталистических и развивающихся странах. Месторождений меньшего масштаба (100–300 т) – 42. Годовая добыча металла почти на каждом из них не превышает 2–5 т. Таким образом, в отличие от крупнейших месторождений, они не являются признанными “лидерами” в доле текущей добычи, приходящейся на данный тип. В отличие от месторождений группы Б, любой объект группы А потенциально может заключать крупнейшие скопления руд и золота. Необходимо помнить, что месторождения группы А лучше геологически изучены, а руды их освоены горно-обогатительными комбинатами.

Среди месторождений любого типа, в том числе и промышленно-важного, значительно преобладают мелкие и средние месторождения. Лишь в наиболее благоприятной структурной обстановке при условии пространственного совмещения на одном участке различных элементов геологической структуры, наиболее оптимальных для локализации руд, возможно возникновение крупнейших или крупных запасов золота. При этом для каждого из четырех типов группы А к настоящему времени выявлено от 4 до 16 крупных и от 2 до 8 крупнейших объектов (см.рис.1). Для каждых из шести типов месторождений группы Б известны только единичные крупные месторождения.

Следует отметить, что не во всех случаях можно четко отнести некоторые месторождения зарубежного мира к определенному геолого-промышленному типу. Это, очевидно, связано с многообразием вмещающих сред и геологических условий локализации руд, имеющих в природе взаимные переходы. Это не усложняет возможностей использования группировки. Например, если какое-либо месторождение локализовалось в геологической обстановке и рудовмещающей среде, присущей, в частности, как третьему, так и четвертому типам группы А, то и в том и в другом случае рудный объект должен быть отнесен к типу, имеющему важное промышленное значение. Проявление для рудного объекта геологических черт, присущих одновременно типам месторождений груп-

пы А и Б, существенно снижает его промышленную ценность. Наиболее низка она для месторождений, характеризующихся чертами различных промышленно-второстепенных типов.

В зарубежных изданиях автор не нашел пример группировки золоторудных месторождений, аналогичной рассматриваемой. Однако ряд закономерностей, подтверждающих выдвигаемые автором принципы типизации, уже давно используются геологами США, Канады, Австралии и других стран. Это позволило зарубежным геологам :1) существенно сократить площади, намечавшиеся для опробования (так как поиски проводились более целенаправленно и только на первоочередных ограниченных площадях, где в связи с проявлением определенной геологической среды и структур можно было обнаружить рудные объекты важных геолого-промышленных типов, например размещающиеся в метаморфически-измененных терригенно-вулканогенных породах зеленосланцевых поясов в Канадском, Бразильском и Индостанском щитах, в щите Йилгарн в Австралии, или месторождения, локализующиеся в вулканотектонических постройках и т.д.); 2) проводить объективную разбраковку выявленных рудопроявлений, выделять среди них объекты, потенциально относящиеся к промышленно важным типам и только их вовлекать в промышленную оценку, а затем разведку; 3) прогнозировать уже на первых стадиях разведки вертикальный размах оруденения, основные структурные черты изучающихся месторождений, запасы руд, золота и даже содержания благородных металлов, исходя из принадлежности изучаемого участка к тому или иному геолого-промышленному типу (для которых ко времени разведки были установлены основные геологические характеристики и параметры). В свою очередь, это облегчило зарубежным геологам планирование направлений и объемов геологоразведочных работ.

Основное значение предлагаемой систематики автор как раз и видит в возможности распознавания типов зарубежных золоторудных месторождений и выделении комплекса специфических геологических характеристик и параметров, присущих каждому из них.

## ГЛАВА II

### **БЛИЗПОВЕРХНОСТНЫЕ И МАЛОГЛУБИННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПРОСТРАНСТВЕННО СВЯЗАННЫЕ С ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКИМИ ПОСТРОЙКАМИ**

К месторождениям рассматриваемого типа относятся объекты, которые формировались вблизи или на малой глубине (до 1500 м) от древней поверхности в условиях активной плутоно-вулканической и тектонической деятельности и поэтому — из порций рудоносных растворов существенно различного состава, на фоне резко меняющейся термоди-

намической обстановки [1,5]. Рудоотложение происходило на уровне становления покровов и потоков вулканитов чаще различного состава, чередующихся с субвулканическими, жерловыми телами и телами эксплозивных брекчий, а также дайками. На малоглубинных месторождениях проявляются гипабиссальные интрузивные штоки, нередко занимающие позиции центральных жерл.

Рудные тела характеризуются золото-кварцевым и золото-сульфидно-карбонатно-кварцевым составом. Исходя из набора рудных минералов выделяют золотые, золото-теллуридные и золото-серебряные руды. Среди эндогенных месторождений золота доля запасов рассматриваемого типа составляет 20,2 % (см.рис.1). Крупнейшие запасы имеют три рудных объекта — Крипл-Крик (США), Багио (Филиппины) и Пуэбло-Вьехо (Доминиканская Республика). Крупными запасами характеризуются 17 рудных полей и месторождений — Комшток, Раунд-Маунтин, Сильвертон-Теллурид, Голдфилд, Мак-Лафлин и Голд-Кворри (США), Тайольтита (или Сан-Луис, Сан-Димас), Пачука, Гуанахуато, Эль-Оро и Окампо (Мексика), Рошиа Монтанэ (СРР), Хишикари (Япония), Эмперор (Фиджи), Уайхи (Новая Зеландия), Эль-Индия (Чили), Поргера и, возможно, Лихир (Папуа—Новая Гвинея). Месторождения размещаются в молодых вулканогенных поясах островных дуг (Япония, о-в Тайвань, Филиппины, о-ва Индонезии, Папуа—Новая Гвинея, Фиджи, п-ов Коромандел в Новой Зеландии, Антильские о-ва и т.д.), в эвгеосинклинальных зонах окраинно-континентальных складчатых систем альпийского возраста (Юго-Восточная Испания, Восточные Карпаты СРР, Кордильеры Мексики и Центральной Америки, Анды Колумбии, Перу и Чили), мезозойского возраста — Кордильеры Канады и США, а также во внутриконтинентальных вулканогенных поясах альпийской (Южная Корея и пояс Колорадо, США) и позднемезозойской активизации участков платформ (Восточная Азия).

Месторождения островных дуг формируются на фоне образования вулканитов трахибазальт- и андезит-кератофировой, реже андезит-риодацитово-формаций К — Na серии [5]. Оруденение обычно протекает в конечные стадии магматизма и лишь иногда вслед за ним возникают потоки и экструзии андезитов или риолитов. Локализуются месторождения преимущественно в кальдерных, реже в линейных антиклинальных постройках и вулканокуполах. Месторождения внутриконтинентальных вулканогенных поясов формируются в активизированных зонах платформ, отличающихся мощной континентальной корой. Образуются они в тектонически погруженных участках — кальдерах, значительно реже в грабенах. Рудовмещающими служат плутоно-вулканические породы трахибазальт- и трахиандезит-риолитовой (или трахириолитовой) формаций, характеризующихся преобладанием калия над натрием [5]. Промежуточное положение занимают месторождения окраинно-континентальных поясов. Они ассоциируются с породами андезит-липаритовой и андезитовой формаций, локализуясь в постройках как положительного, так и отрицательного типа — в вулканокупольных и вулкано-антиклинальных структурах, в горстах, кальдерах, мульдах

и грабенах. В послерудное время образуются покровы и потоки базальтов. Наиболее близки к рудообразованию трубо- и дайкообразные тела эксплозивных брекчий.

Рудоносные вулканотектонические постройки почти всегда размещаются на перегибах или пересечениях древних разломов двух направлений, проявленных соответственно и в породах "рамы", вмещающих постройку [5]. Руды локализуются в их зонах и оперяющих трещинах, а также в радиальных и концентрических разрывах. Динамическая тектоническая обстановка в до- и внутрирудное время обуславливает кратковременное существование трещинных полостей и "отсечение" от неширокого фронта растворов их многочисленных порций, ведет к пересыщению и переохлаждению их. Все это способствует возникновению рудной брекчии, цементации их скрытокристаллическими агрегатами кварца, халцедона, различных карбонатов и оксидов, в том числе Fe и Mn чередованию их с полосами рудных минералов, а также образованию кокардовых, крустификационных и полосчатых текстур руд и многообразию минеральных видов.

Отсутствие в районах развития малоглубинных месторождений вулканитов или рудовмещающих вулканотектонических построек, а также типоморфных признаков активной до- и внутрирудной тектонической жизни не позволяет причислять подобные рудные объекты к представителям рассматриваемого типа.

#### **МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ В ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПОСТРОЙКАХ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТИПА**

*Месторождение Крипл-Крик.* Эксплуатация его была завершена в 1962 г. и лишь после доразведки некоторых жил в начале 80-х годов вновь была начата добыча (несколько сотен килограмм золота в год). Геология месторождения описана в ранних публикациях В.Линдгрена, Ф.Л.Рэнсона, Т.С.Ловеринга и Е.Н.Годдарда и др., а также в материалах, обобщенных в последнее время С.Д.Шером [10] и Ж.-Ж.Баше [12]. По подсчетам А.Г.Кошмана и М.Г.Бергендела, выполненным в 1968 г., из руд за период 1891–1962 гг. извлечено 594 т Au (по данным Т.Б.Томпсона, опубликованным в 1985 г., – 653 т.).

Месторождение расположено в пределах рудного пояса Колорадо (США), принадлежащего к типу внутриконтинентальных вулканогенных построек. Оруденение почти целиком локализовано внутри кальдеры. Оно развилось на фундаменте гранитоидов и кристаллических сланцев  $PR_2$ . Кальдера сформировалась, скорее всего, на пересечении глубокопроникающих разломов северо-западного и северо-восточного простирания, о чем свидетельствуют крутопадающие зоны рассланцевания этих направлений, проведенные по геологическим, геоморфологическим и геофизическим данным (рис.2). Это подтверждается ступенчатыми (в плане) границами кальдеры, а также "заливами" терригенно-вулканогенных пород, вдающимися по обоим направлениям в ее борта. Более

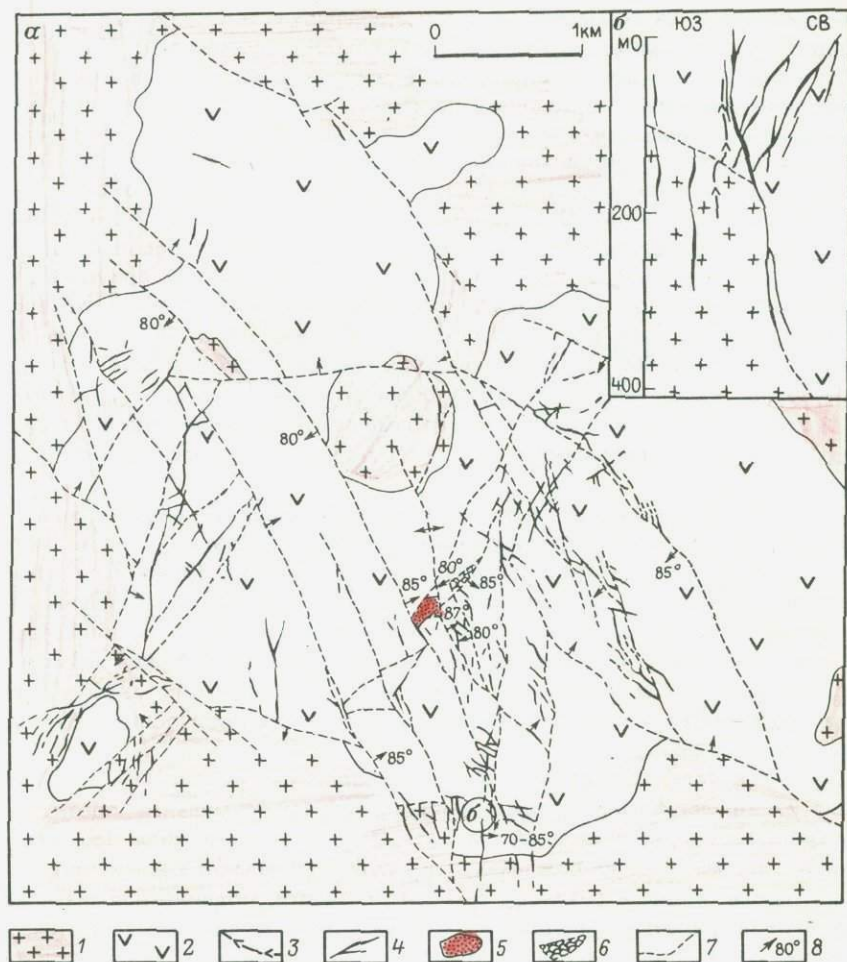


Рис. 2. Геологическая схема месторождения Крипл-Крик (а) и разрез через один из его участков (б). По Г.Ф.Лафлину и А.Г.Кошману, с некоторыми изменениями.

1 — граниты (рС); 2 — обломочные феолитовые породы (Р); 3 — дайка базальтов; 4 — рудные жилы; 5 — тело золотоносных базальтовых брекчий ("Крессонов раздв"); 6 — участок тектонической брекчий; 7 — зоны расщепления, намеченные по геолого-морфологическим данным; 8 — направления падений разрывов и жил

того, в центральной части постройки среди вулканогенных пород обнаруживаются крупные "останцы" гранитоидного фундамента с крутопадающими на ЮЗ и С тектоническими границами, а в юго-западной — воронкообразное тело эксплозивной брекчий. Оба геологических элемента приурочены в узлам пересечения разрывов указанных простираций.

Кальдера как бы распадается на северную, заполненную вулканита-

ми мощностью не более 400 м, слабо оруденелую, и южную рудоносную постройку, основание которой более глубоко погружено. Мощность вулканитов в ней достигает 800 м. В основании южной кальдеры залегают конгломераты, аркозовые песчаники и алевролиты. Выше они сменяются обломочными вулканитами фанолитового состава, образовавшимися в связи с эксплозивной деятельностью. Все эти породы рассеяны многостадийной системой даек, субвулканических штоков и тел эксплозивной брекчии. Они начинаются латит-фанолитами и сиенитами и завершаются базальтами. В центре южной кальдеры обособлен шток базальтовой брекчии — Крессонов раздув (см.рис.2). Он приурочен к узлу пересечения зон рассланцевания северо-восточного и северо-западного простирания. Тело достигает размеров в плане 100 x 200 м и прослежено на глубину 600 м. Очевидно, вулканическая деятельность протекала на фоне тектонической. В целом формирование кальдерной постройки происходило в результате крупных перемещений по зонам пересекающихся разломов и грабенообразного погружения значительных участков фундамента.

Размещение золоторудных тел в южной кальдере также определяется каркасом рудоконтролирующих зон рассланцевания, но уже трех систем. В западной части кальдеры главное значение имеют нарушения северо-восточного и ограничивающие их (более древние) разрывы северо-западного направления. В центральной и южной части кальдеры, кроме названных в качестве рудоконтролирующих зафиксированы субмеридиональные нарушения. Они являются связующим звеном первых двух систем и, таким образом, оживление их произошло перед самой минерализацией.

Рудные тела относятся к трем морфологическим типам. Большинство их представлено жилами выполнения (максимальная протяженность до 1500 м, мощность около 1 м). Это ветвящиеся жилы (со "стволовой" частью и сопровождающей их субпараллельной серией прожилков), достигающие в раздувах 7—13 м мощности. Подчиненное значение имеют неправильные жилообразные залежи вкрапленных метасоматических руд, развившиеся по трассирующим бортам кальдеры тектоническим контактам вулканитов и гранитоидов, а также линзо-трубообразные тела вкрапленно-прожилковых руд. Последние приурочены к пересечениям и сопряжениям жил (и рудовмещающих разрывов) различного направления.

К третьему типу принадлежат также мелкие скопления трубообразной формы и крупное штокообразное тело — Крессонов раздув, представляющие тектонически нарушенные и минерализованные (прожилками и вкрапленностью) тела эксплозивных брекчий [45]. На приводимом разрезе (см.рис.2) хорошо видно, что протяженные жилы в верхней части сопровождаются апофизами. Апофизы висячего бока сочленяются с жилой. В лежачем боку ее распространены сравнительно короткие жильные тела, субпараллельные главному. В свою очередь, апофизы висячего и жильные тела лежачего боков сопровождаются сочленяющимися с ними боковыми, а также субпараллельными прожилками.

В западной части месторождения главное рудоконтролирующее значение имеет пучок сближенных зон рассланцевания северо-восточного простирания. Он проникает в гранитоиды юго-западного борта кальдеры и контролирует воронкообразное тело взрывной брекчии латитового состава. Следуя пучку разрывов, рудные тела протягиваются в виде зоны почти на 3 км. Однако главные рудные жилы прослеживаются максимально на 1000 м. Они выполняют субмеридиональные сколы, оперяющие рудоконтролирующее нарушение. В гранитоидах фундамента наиболее протяженные рудные жилы имеют иное — субширотное простирание. Они приурочены к сколам, оперяющим прибортовые зоны рассланцевания северо-западного направления. В центральной части месторождения рудные тела подчиняются трем рудоконтролирующим пучкам сближенных зон рассланцевания. Первый пучок северо-восточного направления, прослеживающийся через Крессонов раздвиг, отделяет сравнительно слабо минерализованную северную часть месторождения от южной, насыщенной рудными телами.

В южной части месторождения проявился широкий пучок разрывов северо-западной системы, продолжающихся далеко за пределы месторождения. Оба пучка контролируют зоны (протяженностью до 3 км), в которых наряду с рудными телами, вытягивающимися на 200—400 м, "согласными" с направлением пучка, локализованы поперечные жилы. В узлах пересечения разрывов размещаются рудные тела нескольких направлений, вплоть до широтного, которые развились в сколах, оперяющих зоны северо-западного простирания.

Рудные тела имеют большее распространение по вертикали, чем в плане. Некоторые из жил уже через 30 лет эксплуатации разрабатывались на глубине 1 км, где они, очевидно, были расположены среди гранитоидов фундамента. Добывались, как правило, богатые руды, слагающие обогащенные участки в более протяженных рудных телах. Среднее содержание было не ниже 12 г/т, но при разработке верхних частей рудных тел оно обычно удерживалось на уровне 27—35 г/т.

Интересной особенностью является проявление оруденелого трубообразного тела базальтовой брекчии взрывного типа — "Крессонов раздвиг". Локализовано оно на пересечении двух сближенных "парных" разломов северо-восточного и северо-западного направлений. Главные швы этих нарушений, а также оперяющие их субширотные сколы определяют границы тела. В связи с этим штокообразное тело "раздува" характеризуется поверхностями, преломляющимися на пересечениях и сопряжениях разрывов. Брекчия интенсивно изменена. Вдоль западной и южной границы тела прослеживались контактовые рудные жилы с обильными апофизами. Но и на удалении от жил в брекчии развита беспорядочная сеть тонких рудных прожилков, а также вкрапленность сульфидов, в меньшей степени теллуридов [45]. Прямолинейность границ кальдерной постройки, развитие даек, тел взрывной брекчии, а затем руд в зонах одних и тех же нарушений свидетельствуют о заложении разрывов в период вулканической деятельности и их неоднократном последующем подновлении.

Как свидетельствует В.Линдгрэн, главными компонентами руды был кварц, в меньшей степени халцедон (60 %); флюорит (20 %), в большей части рудных тел — доломит и анкерит (до 20 %). Кроме того, в рудах часто присутствуют кальцит, адуляр, целестин, роскоэлит. Доли процента составляют в руде пирит, сфалерит, тетраэдрит, антимонит, молибденит, гюбнерит, иногда присутствует киноварь. Золото представлено преимущественно теллуридами. Главное значение имеет калаверит. Менее распространены сильванит, креннерит, петцит и теллурид Au и Cu, установлен также гессит —  $Ag_2Te$ . Текстуры руд — друзовые, крустификационные. Агрегаты новообразованных кварца, адулара, темно-пурпурного флюорита и грубозернистого пирита, а также тонкозернистого кварца и адулара развиты в последовательно сменяющихся зонах измененных пород.

Подводя итоги изучения рудоносности и трещинной структуры месторождения, необходимо подчеркнуть, что оруденелые кольцевые и радиальные разрывы, обычные для рудных объектов, локализованных в кальдерах или вулканокупольных постройках, могут быть намечены с большой долей условности. Так, для южного фланга месторождения можно предположить, что субмеридиональные и субширотные жилы фиксировали разрывы радиальной и концентрической системы. На северо-восточном фланге к радиальной системе относятся некоторые рудовмещающие трещины северо-восточного простирания. Однако широкое развитие рудных жил указанных трех направлений вдоль западной и юго-западной границы кальдеры подтверждает скорее "наложенность" этих систем нарушений на структуру постройки. Таким образом, особенно примечательна для месторождения сосредоточенность оруденения в наиболее погруженном (и, видимо, наиболее тектонически осложненном) южном секторе кальдеры, оживление в период оруденения систем трещин, главным образом наложенных на ее структуру, формирование протяженных рудных зон, следующих от одного борта постройки до другого.

*Месторождение Пуэбло-Вьехо.* Рассмотрено Н.Расселом и др. [25], по материалам которых и приводится его описание. Общие запасы золота, по данным Ж.-Ж.Баше [12], достигают 320 т (с учетом извлеченных к 1.1.1987 г. 128 т металла). Расположено на о-ве Гаити, в центральной части Доминиканской Республики. Локализовано оно внутри кальдеры.

Размещается месторождение в пределах островодужного вулкано-генного пояса. Основанием вулканотектонической постройки служат кератофиры (pK), а также залегающие на них конгломераты (в основании) и породы спилитовой формации: агломераты, туфы и другие вулканокластические образования ( $K_1$ ). Постройка небольшая (2 x 4 км), эллиптической формы, вытянутая в северо-западном направлении (рис.3). Ее западный, северный и восточный борты сложены пирокластическими образованиями спилитовой формации, погружающимися под углом 20—30 ° к центру. Возраст их по K—Ar методу составляет не менее 125 млн.лет. Центральная часть выполнена углеродсодержащими конгломератами, песчаниками и углисто-глинистыми сланцами, заполнявшими, видимо, кальдеру обрушения. Осадочные породы осложнены прорываю-

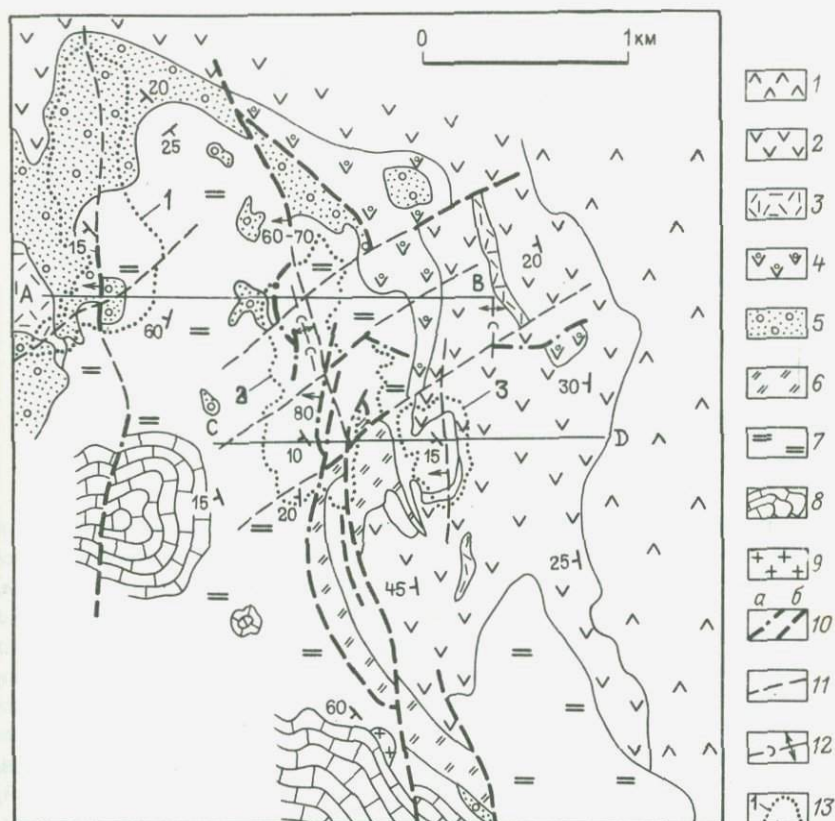


Рис. 3. Схема месторождения Пузбло-Выехо. По С.Е.Кеслеру и др., с некоторыми изменениями.

Золотоносные залежи: 1—Монте-Негро, 2—Мур, 3—Ист-Меджита. 1—7— породы ( $K_1$ ): 1 — агломераты и туфы спилитов, подчиненные конгломераты; 2 — спилитовые брекчии, туфы, ванчающиеся линзами известняков; 3 — линзы спилитовых лав; 4 — агломератовый ("бомбовый") горизонт спилитов; 5 — конгломераты; 6 — агломераты кварцевого порфира; 7 — алевролиты, песчаники, конгломераты, содержащие углерод; 8 — известняки Гатилло ( $K_2 - P_1$ ); 9 — диориты; 10 — дорудные разрывы: прослеженные — а, предполагаемые — б; 11 — разрывы, скрытые под углистыми породами; 12 — оси приразломных антиклиналей; 13 — границы окисленных рудных залежей

щами и перекрывающими их субвулканическими штоками и потоками дорудных спилитов и кварц-порфировых агломератов. Южный борт кальдеры скрыт под послерудными ( $K_2 - P_1$ ) известняками Гатилло. В центральной части ее на поверхности установлены три разобнесенных тела окисленных руд — Ист-Меджита, Мур и Монте-Негро, сменяющихся с глубиной первичными. Они вытянуты в меридиональном направлении и морфологически представляют собой мощные субгоризонтальные залежи с волнообразным и клиновидным дном (рис.4). Оруде-

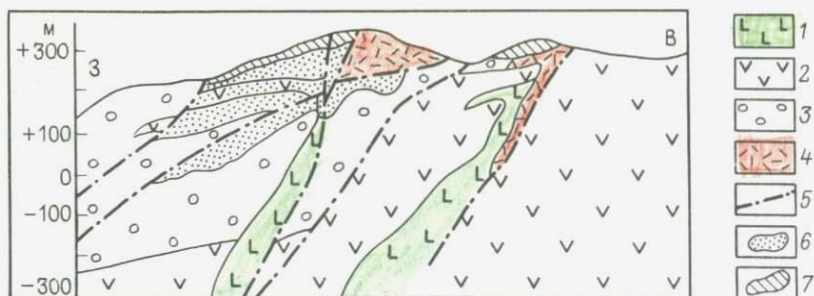


Рис. 4. Разрез через месторождение Пузбло-Выехо. По С.Е.Кеслеру и др., упрощен автором.

1 — субвулканические диабазы; 2 — спилиты; 3 — кварцевые конгломераты, песчаники и глинистые сланцы, содержащие углерод; 4 — субвулканические кварцевые порфиры и их агломераты; 5 — дорудные разрывы; 6 — контур первичных руд золота; 7 — контур окисленных руд

нение развилось в слоях кварцевых конгломератов, песчаников и глинистых сланцев, содержащих углерод, а также в телах субвулканических спилитов. Залежи сложены прожилково-вкрапленными рудами. В них резко преобладает пирит. Он слабо золотосодержащ и содержит Au 8,9 г/т и Ag 72 г/т. Прожилки имеют различную ориентировку, резко меняющуюся мощность (от долей до 10 см), прихотливо изогнуты, сливаются и, наоборот, веерообразно ветвятся. Наряду с секущими устанавливаются подчиненные им согласные прожилки. Золотосодержащие прожилки главным образом в слоях углистых конгломератов и сланцев. Прожилки характеризуются симметрично-крустификационной текстурой, сложены каймами кварца и пирита или кварца, пирита, сфалерита, барита и пиррофиллита. В пирите в виде микропросечек (0,5–10 мкм) проявлены электрум, аргентит, блеклая руда, колусит, галенит. Устанавливаются теллуриды Au, Ag, Cu. Они резко преобладают в верхних частях рудных тел над электрумом, который, наоборот, преимущественно развит в донной части залежей. Пирит прожилков содержит Au 72 г/т и Ag 230 г/т.

В углистых песчаниках и сланцах, кроме того, обнаружены небольшие линзы массивного пирита мощностью от 1 до 10 м, преимущественно приуроченные к северному флангу рудной залежи Мур. В пирите, видимо, в форме микропросечек установлены сфалерит, энаргит, блеклые руды. Содержание Au в этих линзах достигает 4,6 г/т, Ag 280 г/т, Zn — 0,01%, Cu — 0,05%. В целом для руд месторождения отношение Au : Ag равно 1 : 7. В кровле рудных залежей локально проявлено окварцевание, более широко — пиррофиллит и новообразованный кальцит. В подошве залежей распространен алунит. По сведениям С.Е.Кеслера и др., опубликованным в 1981 г., руды откладывались в температурном интервале от 130 до 190 °С, видимо, в нескольких сотнях метров от древней поверхности. Возраст оруденения С.Е.Кеслер и др. определили в 62–68 млн. лет, т.е. границей К–Р.

На примере залежи Мур четко устанавливается неравномерность распределения в ней золота. Оно сконцентрировано в центральной части залежи в виде сравнительно узкого столба линзообразной формы, вытянутого в северо-восточном направлении. На северном и южном флангах ее установлены два других рудных столба значительно меньшего размера, также имеющие северо-восточную ориентировку. Приведенные материалы свидетельствуют о формировании оруденения в узлах пересечения разрывов субмеридионального и северо-восточного простирания. Субгоризонтальное залегание залежей объясняется возможными послынными смещениями пород в период оруденения.

*Месторождение Эмперор.* Геология его рассмотрена в работах Л.С.Денхолма и Д.Л.Форсайта, опубликованных в 1967 и 1971 гг. а также С.Д.Шера [10], которыми и воспользовался автор. К 1.1.1987 г. на месторождении добыто 119 т Au (к 1982 г. — 114,8 т, по данным Mining Annual Review, 1983). Месторождение иллюстрирует пример локализации оруденения за границами кальдеры, но в непосредственной близости от нее. В отличие от ранее проанализированной рудоносной кальдеры Крипл-Крик, постройка Ватукоула сформировалась в пределах островодужного вулканогенного пояса, на базальтовом основании. Видимая мощность базальтов, сменяющихся выше по разрезу трахибазальтами, составляет, согласно публикации Л.С.Денхолма в 1967 г., около 3 км.

Кальдера сложена мощными слоями базальтов, перемежающихся с подчиненными пластами туфов и осадочных пород и внедренными в них коническими телами, видимо, субвулканических андезитов и их пирокластов. Вдоль западной бортовой части кальдеры внедрилось концентрическое тело андезитовых агломератов. В центральной части располагаются покровные фации биотитовых андезитов, которые, как полагает Л.С.Денхолм, с глубиной сменяются центральным жерловым телом. Вулканыты и конические тела андезитов круто погружаются в глубокие ярусы вулканической постройки. Это послужило основанием для Л.С.Денхолма предположить, что на глубине более 3 км находится магматический очаг. Однако последний видимо является промежуточным. Кроме конических, в пределах кальдеры и к западу от нее проявились секущие интрузивные дайки андезитовых порфиритов, частично использовавшие также крутопадающие радиальные (субширотные) и кольцевые (субмеридиональные) нарушения.

Вулканическая постройка осложнена пересекающими ее разломами двух региональных направлений — северо-западного и субширотного. Некоторые из них унаследуют контакты секущих даек. Одному из широтных разломов (Хоумворд Баунд) принадлежит главная рудоконтролирующая роль; вдоль него размещаются почти все золото-теллуридные месторождения кальдеры, включая Эмперор.

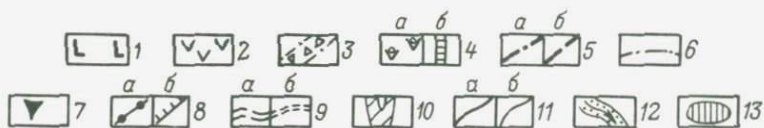
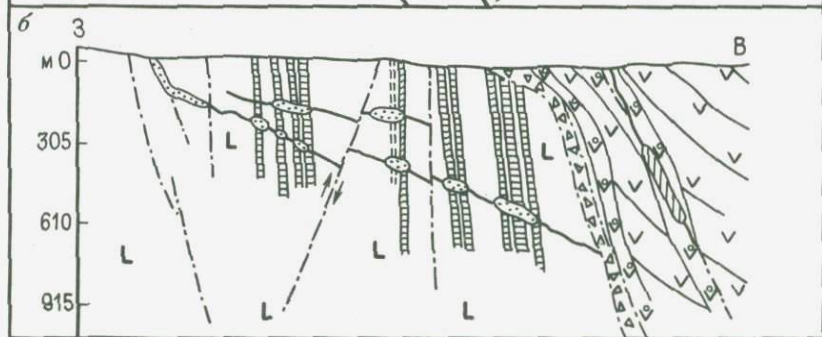
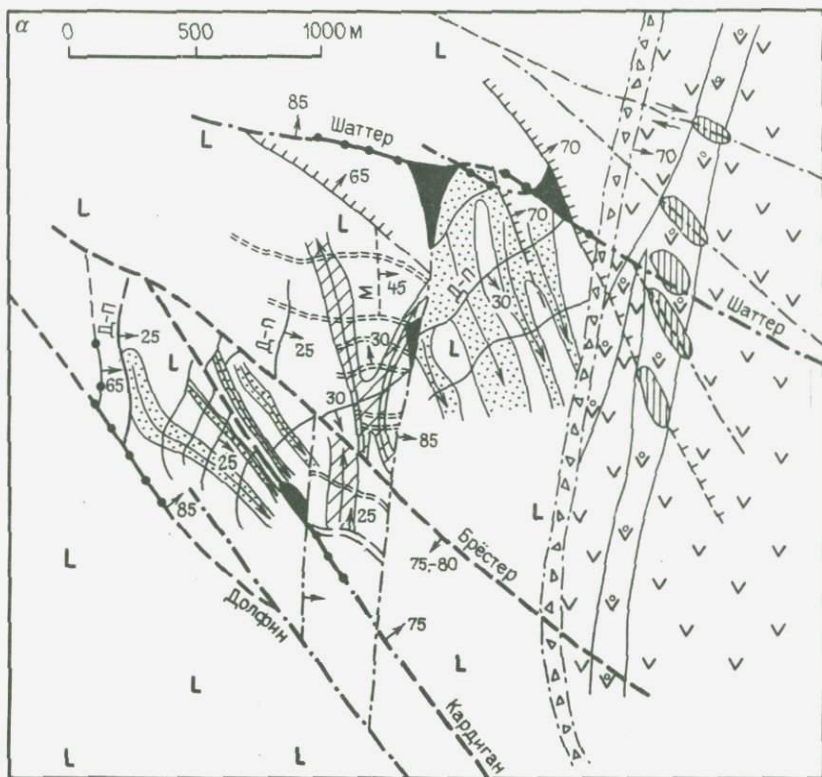
Этот крупный рудный объект по масштабам оруденения в десятки раз превосходит другие месторождения кальдеры. Месторождение истощено, запасы его на 1.1.1987 г. составляли около 15 т Au. Рудные тела размещаются вблизи западной тектонически осложненной грани-

цы кальдеры и приурочены к пучку разломов северо-западного простирания, осложненному несколькими крутопадающими разрывами кольцевой (субмеридиональной) и зонами дробления радиальной (субширотной) системы, которые сопровождаются серией пологопадающих оперяющих сколов (рис.5). Таким образом, оруденению подвергся, скорее всего, наиболее мобильный тектонический блок. Он заключен между пограничным кольцевым сбросом кальдеры, рудоконтролирующим разломом Хоумворд Баунд и отделяющимся от него пучком оперяющих локальных разломов. Протяженные участки крутопадающих разломов и особенно узлы сочленения их (структурные ловушки), а также узлы пересечения пологопадающими сколами крутых даек андезитов (литолого-структурные ловушки) подверглись оруденению. В результате месторождение представляет собой комбинацию крутопадающих рудных тел столбообразной формы штокверкового строения и круто- и пологопадающих жил и прожилковых зон (приуроченных исключительно к дайкам андезитовых порфиритов).

Видимо, в связи с размещением месторождения вблизи границы кальдеры, главными рудовмещающими разрывами выступают нарушения радиальной (в частности, широтный разлом Шаттер) и кольцевой субмеридиональной системы (зоны расщепления Хангин Уолл, Долерит Майн и др.). Так, два крутопогружающихся столбообразных тела оказались локализованными в узлах пересечения с разломом Шаттер кольцевого сброса Хангин Уолл (рудное тело Эмперор) и наложенного разлома северо-западного простирания Кроун (рудное тело "1030 западное"). Третье тело аналогичной формы — Кардиган локализовано в узле пересечения одноименного разлома (наложенной системы трещин северо-западного простирания) и безымянного маломощного сброса кольцевой системы (см.рис.5). Наложённые разломы сопровождаются жилами. Наиболее протяженная из них — Кроун-Кресент, не выходящая на поверхность, прослежена в плане на 750 м, а по вертикали — более чем на 550 м (при этом с промышленными рудами "верхний" интервал—380 м). Мощность жил непостоянна и изменяется от 0,1 до 1,5 м (в раздувах 6 м и более). Как правило, золото в них содержится в количестве 4—6 г/т.

Рис. 5. Схема месторождения Эмперор и разрез. По Л.С.Денхольму, Д.Л.Форсайту, с некоторыми изменениями.

1 — базальты; 2 — покровные биотитовые андезиты с прослоями осадочных пород; 3-4 — субвулканические породы; 3 — андезитовые агломераты; 4 — андезиты: а — концентрические штоки, б — дайки; 5 — локальные рудоконтролирующие зоны расщепления: а — прослеженные, б — скрытые; 6 — мелкие разрывы; 7 — мощные трубообразные залежи штокверковых руд; 8 — жильные золотоносные тела: а — выходящие на поверхность, б — слепые; 9 — ориентировка: а — жильного рудного тела 608 м на поверхности, б — на средних и нижних горизонтах; 10 — границы рудных столбов жилы 608 м и направление их склонения; 11 — ориентировка: а — рудного тела Долфин Прайс на горизонте 150 м, б — на более низких уровнях; 12 — контур золоторудных столбов жилы Долфин Прайс и направление их склонения; 13 — рудные столбы в субвулканических андезитах



Столбообразные штокверковые тела вытягиваются по падению обычно на 100—150 м (Эмперор — на 250 м). Ниже штокверковая сеть прожилков как бы стягивается и довольно резко сменяется серией сближенных жильных тел, объединяющихся в ветвящуюся жилу сложного строения. Таким образом, столбообразные тела размещаются на "головах" жил, фиксируя проявляющуюся вертикальную зональность.

Между рудоносными кольцевыми сбросами на месторождении развились отделяющиеся от этих нарушений оперяющие сколы, полого, под углом 24—40° падающие на восток, а вблизи с границей кальдеры постепенно приобретающие юго-восточное падение. Принадлежность этих сколов к кольцевой системе подтверждается не только ориентировкой, но и унаследованием (при пересечении) крутых кольцевых сбросов. Так, сколы рудного тела Принс-Долфин перегибаются, используя трещины крутого кольцевого сброса Хангин Уолл, следуют на некотором расстоянии вдоль него, а затем, проникнув из лежащего висячий бок этого нарушения, вновь характеризуются пологим падением.

К пологим сколам приурочены рудные тела жильной формы. Большинство из них слепые. Наибольшую протяженность (по падению) имеет жила Принс-Долфин (до 1600 м). Установлена она в интервале глубин от 100 до 750 м от современной поверхности. Пологие жилы размещаются ярусами. Наиболее глубоко располагается (под жилой Принс-Долфин) жила "2000 север" (на уровне 500—800 м от поверхности). Кроме субмеридиональной, обнаружены пологопогружающиеся сколы другой системы, падающие на север под углом около 25—30° (см.рис. 5). Они заключены в тектоническом блоке, ограниченном кольцевым сбросом Хангин Уолл и наложенным разломом Кардиган. Эта система пологих трещин не укладывается в "рамки" концентрических и радиальных нарушений. В узлах пересечения пологими рудными телами крутопадающих даек андезитовых порфириров северо-западного и субмеридионального простирания, жилы интенсивно разветвляются. Здесь в дайках они преобразуются в мощные (максимально до 70 м) зоны прожилкового оруденения. Они представляют собой золоторудные столбы, так как среднее содержание золота возрастает в дайках до 17 г/т. В жилах оно составляло около 6—8 г/т, а в 1983—1984 гг. снизилось до 4 г/т. Кроме того, рудные столбы аналогичного строения установлены в пограничной части кальдеры. Они локализируются в участках пересечения конических субвулканических тел андезитов проникающими сюда крутопадающими зонами расланцевания северо-западной (наложенной) системы.

Маломощные прожилки на месторождении преимущественно сложены гребенчатыми агрегатами кварца, сменяющимися кальцитом, манган-кальцитом или родохрозитом. Между щетками кристаллов в более мощных прожилках и жилах располагаются сульфиды (пирит, марказит, арсенопирит, менее распространенные пирротин, халькопирит, тетраэдрит, борнит, сфалерит, галенит), теллуриды (сильванит, гессит, очень редко — колорадоит и мелонит), самородный теллур. Руды в жилах чаще характеризуются массивной, брекчиевой, крустификационной и

кокардовой текстурой. Золото представлено самородной формой, тонкими включениями (заполнениями микротрещинок) в самородном теллуре (иногда до 1000 г/т в минерале), пирите и арсенопирите, а также перечисленными выше теллуридами золота. Последние, самородные Те и Ау образуют главную продуктивную ассоциацию минералов. Из новообразованных минералов околорудно-измененных зон отмечают проявление кварца, карбонатов, пирита, арсенопирита. Согласно Ф.Л.Стилвеллу, формирование руд происходило на фоне значительного перепада температур от 600 до 100 °С. Для месторождения отмечена интересная вертикальная минеральная зональность (отложения). Так, например, в 525 м ниже поверхности в жиле Кроун продуктивная ассоциация теллуридов золота сменяется теллуридами серебра и сульфидами, содержание золота в рудах резко падает и они становятся непромышленными.

*Рудное поле Сильвертон-Теллурид.* Геология его изложена в многочисленных трудах Ж.-Ж.Баше [12], а также М.М.Константинова [5] и Дж.Ф.Слэка, П.В.Липмана и др., Т.Касадзвелла, У.С.Бербенка, Р.Дж. Людке и др., опубликованных в 1980, 1976 и 1972 гг. Начиная с 1873 по 1977 г. из руд поля было получено, по данным Ж.-Ж.Баше, 245 т Ау. Месторождения рудного поля в значительной степени выработаны. Большинство их приурочено к разрывам, расположенным за границами кальдеры (к так называемым "закальдерным" разрывам). Кальдера Сильвертон и грабен Юрика, вмещающие оруденение поля, а также кальдера Лейк-Сити представляют собой элементы более крупной вулканической депрессии Сан-Хуан. Эта депрессия, как и кальдера Крипл-Крик, локализована в пределах внутриконтинентального вулканического пояса, приуроченного к зоне тектономагматической активизации окраины Северо-Американской платформы. Активизация датируется концом МЗ. Наряду с другими вулканотектоническими постройками, депрессия сформировалась на мощном основании рЕ, представленном гранитами, кристаллическими сланцами, амфиболитами, гнейсами, конгломератами, аргиллитами. Они перекрыты смятым в пологие складки чехлом осадочных образований PZ и MZ (общей мощностью более 5 км). Они покрывают обширное пространство к северу, западу и югу от депрессии Сан-Хуан. Только небольшой выход гранитов рЕ закартирован вдоль южной границы кальдеры Сильвертон.

Формирование кальдерных построек началось с погружения занимаемой ими территории в начале олигоцена и отложения конгломератов, песчаников и сланцев. Оно сменилось накоплением согласно перекрывающих их риолит-дацитовых лав, туфобрекчий и туфов с абс.возрастом 35—30 млн.лет (снизу вверх: формации Лейк-Форк и Сан-Хуан). Вулканиды риолит-дацитового состава слагают внешнее обрамление основной вулканической депрессии Сан-Хуан, а непосредственно окружают ее риолито-дацитовые и андезитовые лавы, брекчий и туфы, а также кварц-латитовые туфолавы (формации Хенсон и Бёрнс). Накопление вулканидов закончилось внедрением субвулканических и гипабиссальных тел более кислого, как правило, риолитового состава. Продолжающееся формирование вулканической депрессии ( в период с 30 до 26

млн.лет) привело к заполнению ее кварц-латит-риолитовыми игнимбритами, пепловыми туфами и подчиненными им лавами. Образование более мелких вулcano-тектонических сооружений, осложняющих вулканическую депрессию, началось на ее юго-западном фланге 28,4 млн.лет назад, видимо, на пересечении крупных разломов восточно-северо-восточной и северо-западной системы и распространялось в северо-восточном направлении. Первоначально закладывалась кальдера Сильвертон, а затем в северо-восточном секторе — грабен Юрика. Обе постройки также выполнялись кварц-латит-риолитовыми вулканитами (преимущественно пепловыми туфами). Еще позднее на северо-восточном продолжении грабена Юрика возникает и формируется (26,5—22,5 млн.лет назад) кальдера Лейк-Сити, заполняющаяся кварц-латитовыми туфами. Образование их завершилось внедрением гипабиссальных риолитов, кварцевых латит-порфириров и трубообразных тел эруптивной брекчии того же состава, обособившихся в виде трех цепочек мелких штоков вдоль северо-западной границы вулканической депрессии Сан-Хуан (северная полоса штоков), юго-западного фланга кальдеры Сильвертон и юго-восточной границы этой постройки и кальдеры Лейк-Сити. Штоки, по-видимому, зафиксировали глубокопроникающие разломы восточно-северо-восточного простирания, перекрытые покровами вулканитов. Вдоль западной границы кальдеры Сильвертон, кроме того сформировалась полоса маломощных кварц-порфировых даек меридионального простирания (рис.6).

В связи с формированием кальдер Сильвертон, Лейк-Сити, грабена Юрика и внедрением гипабиссальных интрузивов и даек проявилось оруденение  $Au - Ag - Pb - Zn$ . После значительного перерыва вновь оживилась вулканическая деятельность (18—14 млн.лет). Она проявилась потоками послерудных базальтов и подчиненных им риолитовых туфов. В пределах кальдеры и ее ближайшего обрамления У.С.Бербанк и Р.Дж.Людке выделяют восемь месторождений руд  $Au - Ag - Pb - Zn$ . Три из них, менее значительные по масштабу, располагаются внутри кальдеры, в ее восточном секторе — Голд Кинг, Американ-Таннел и Терри-Таннел. За пределами восточного сектора размещаются: в грабене Юрика — Саннисайд, северо-западного и, отчасти, западного сектора: Кэмп-Бёрд и Идарадо и, наконец, за юго-восточной границей кальдеры—Шенандо и Сильвер-Пик. Некоторые рудные тела без какой-либо геологической границы сменяются рудными телами другого объекта и, по сути дела, принадлежат одному месторождению.<sup>1</sup> Разные названия рудоносных участков сложились исторически, в связи с тем, что они, видимо, принадлежали ( и в настоящее время принадлежат) различным горнорудным фирмам. Проявление рудовмещающих разрывов и рудных тел

<sup>1</sup> Здесь и далее, как принято в учении о рудных месторождениях, под понятием "месторождение" будет рассматриваться пригодное для промышленного освоения скопление минерального вещества (представленное одним или системой рудных тел), локализованное на ограниченной территории и приуроченное к одному общему или сочетанию одинаковых по типу геологических элементов — пластов пород, складок, трещин, магматических тел, их контактов и т.п.

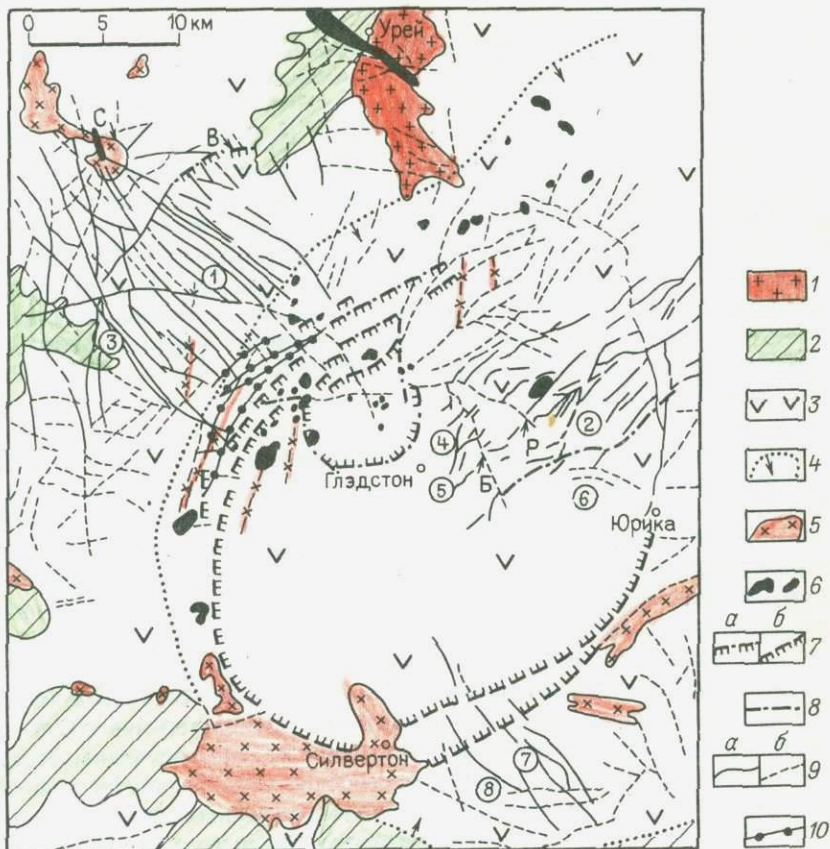


Рис. 6. Рудное поле Сильвертон-Теллурид.

Цифры в кружках — месторождения: 1 — Кемп-Берд, 2 — Саннисайд, 3 — Идарадо, 4 — Голд Кинг, 5 — Американ-Таннел и 6 — Терри-Таннел, 7 — Шенандо, 8 — Сильвер-Пик. Сбросы: Бонита (Б), Росс-Бейсин (Р), Вил-оф-Форчун (В); купольное поднятие — Снеффелс (С). 1 — граниты (ре); 2 — древние кристаллические породы (рС); 3 — молодые лавы и пирокласты андезитовой, дацит-риолитовой и кварц-латитовой формаций; 4 — граница распространения вулканитов кварц-латит-риолитовой формации; 5 — субвулканические тела риолитов; 6 — штоки и дайки кварцевых порфиров; 7 — кольцевые разломы: а — прослеженные, б — предполагаемые; 8 — некоторые рудоконтролирующие радиальные разломы; 9 — радиальные золоторудные жилы и разрывы: а — главные, б — второстепенные; 10 — кольцевые разломы с трубообразными золоторудными телами

того или иного типа зависит от положения месторождения в пределах кальдерной постройки или локализации его за границами кальдеры (в "закальдерных" разрывах). На месторождениях Голд Кинг и Американ-Таннел резко перегибающиеся и морфологически сложные ветвящиеся жилы развились в нескольких субпараллельных разрывах радиальной системы. Разрывы отстоят на 600–1200 м один от другого и вме-

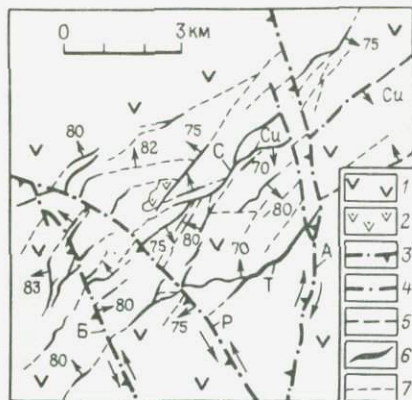


Рис. 7. Схема месторождения Саннисайд. По У.С.Бербанку и Р.Дж. Людке.

Буквами обозначены разломы: Б — Бонита, Р — Росс-Бейсин, А — Энимос, жилы: С — Саннисайд, Си — Синнемон, Т — Толтек, стрелками — направления внутрирудных перемещений: 1 — вулканы; 2 — шток риолитов; 3 — разломы кольцевой системы, рудоконтролирующие, 4 — прочие разломы; 5 — фланги разломов; 6 — золоторудные жилы; 7 — жилы и фланги жил с бедными рудами

щают жилы, которые прослеживаются на сотни и многие сотни метров (см.рис.6). Для разрывов и жил характерно проявление резких перегибов, поэтому эти образования представляют как бы сочетание тел северо-восточного и субмеридионального направлений. Если отрезки разрывов первого направления могут трактоваться как нарушения, унаследованные радиальную систему трещин, то ориентировка субмеридиональных интервалов разрывов не позволяет отнести их к системе концентрических трещин. Рудовмещающие разрывы месторождений Голд Кинг и Американ-Таннел отделяются от поверхности сброса Бонита (см.рис. 6 и 7) и характеризуются северо-восточным простираем. Субмеридиональные отрезки их как бы соединяют в единое нарушение радиальные разрывы северо-восточного направления. Это позволяет говорить, с одной стороны, о наложенности субмеридиональных трещин на структуру кальдерной постройки, а с другой — об унаследованности рудовмещающими разрывами трещин радиальной и наложенной системы. Необходимо отметить, что помимо упомянутых месторождений может быть прослежен другой пучок разобщенных разрывов и рудных жил, приуроченный к наложенной субмеридиональной системе трещин. Он протягивается от северного сектора кальдеры Сильвертон через г.Урей (см.рис.6), пересекая кольцевые разрывы. Заложение разрывов, вытянутых с севера на юг, относится к завершению стадии внедрения гипабиссальных и субвулканических интрузий и эруптивных брекчий. Именно в конце этой стадии в упомянутых трещинах обособились наиболее поздние дайки кварцевых порфиров. Наиболее сложная морфология рудных тел и структура месторождений Кемп-Бёрд и Идарадо. Эти месторождения представляют собой пучок многочисленных ветвящихся жил сложной формы, приуроченных к субпараллельным трещинам радиальной системы. Прослеживаются они в северо-западном направлении. Пучок трещин и жил заключен между серией сбросов кольцевой системы, проявленных на юго-восточном фланге месторождений, и трещинными структурами, связанными с локальным купольным поднятием Снеффелс, расположенным на северо-западном фланге указанных руд-

ных объектов (см.рис.6). В центральной части месторождений ветвящиеся жилы достигают максимальной протяженности 3000 м (обычно около 1000 м) и мощности в раздувах до 15 м (как правило, 1–2 м). Жилы и рудовмещающие разрывы отстоят на расстоянии 100–600 м один от другого при ширине пучка до 6 км. Некоторые из жил непрерывно эксплуатировались на глубину более 1100 м (например, жила Вирджиния), а отдельные рудные столбы — до глубины 1400 м.

Центральная часть месторождения Идарадо осложнена субширотным разрывным нарушением, вмещающим секущую жилу Пандора. Нарушение смещает систему радиальных “закальдерных” трещин по правую сторону сдвига в плане. Субширотные трещины (подвергшиеся слабой минерализации) смещают на юго-восточном фланге месторождений сбросы кольцевой системы. Таким образом, не остается никакого сомнения в наложенности широтных разрывов на трещинную структуру кальдерной постройки Сильвертон.

Жилы сложены рудами выполнения. В них наряду с полосчатыми, жильными и массивными агрегатами широко развиты брекчиевые, кордаровые и друзовые образования. В рудах преобладает крупнозернистый кварц. Из рудных минералов основное значение принадлежит пириту (наряду с которым иногда присутствует арсенопирит), в меньшей степени сфалериту, галениту, халькопириту и теннантиту. Содержание рудных минералов изменяется от первых до 20 % (обычно около 10 %). В серебряных рудах развиты, кроме того, сереброносные блеклые руды, сульфосоли Ag, прустит, аргентит. Отношение Au : Ag для руд кальдеры — 1 : 125, но для руд обоих месторождений оно, видимо, выше (около 1 : 50). Золото представлено самородной формой, заключенной в кварце и сульфидах, особенно в блеклых рудах. Кроме кварца, в рудах очень часто проявлены другие жильные минералы — родонит и родохрозит, анкерит и кальцит, барит, флюорит, адуляр.

На северо-западном фланге месторождения Кемп-Бёрд пучок рудосносных разрывов радиальной системы ограничивается сбросом (и жилой) Вил-оф-Форчун, который принадлежит к кольцевым нарушениям. Северо-западнее последнего оруденение наблюдается в радиальных разрывах, связанных с гипабиссальным телом риолитов Снеффелс. Сброс, как и другие кольцевые нарушения, на протяжении почти 5 км представлен прямолинейным разрывом (см.рис.6).

Вдоль юго-западной границы месторождения Идарадо проявлены разрывы, разветвляющиеся и перегибающиеся на коротких интервалах. От главных нарушений отделяются оперяющие сколы западно-северо-западного направления. К некоторым из них приурочены протяженные жилы сложной морфологии (например, Блэк Бир). На северо-западном фланге разрывы радиальной системы осложняются пересекающими их субмеридиональными зонами дробления. Последние, возможно, были сопряжены с наложенной широтной системой трещин. Граница кальдеры Сильвертон фиксируется на юго-западном фланге месторождений Кемп-Бёрд и Идарадо зоной кольцевых сбросов. Они ограничивают основную часть оруденелых радиальных трещин. Лишь некоторые из них пере-

секают сбросы. Узлы пересечений (или ограничений), как правило, приурочены к мелким штокам риолит-порфиров и вулканическим трубкам эруптивных брекчий. С последними образованиями, локализованными вдоль северо-западной границы кальдеры и зоны кольцевых сбросов, связана полоса трубообразных рудных тел, разветвляющихся вверх по восставию. Сложены они метасоматическими рудами меди — вкрапленностью пирита, халькопирита, энаргита, галенита, сульфосолей Cu и Ag. В очень небольших количествах установлены кварц, барит, флюорит, встречающиеся в виде мелких гнездообразных скоплений. Рудные тела сопровождаются широкими ореолами сильно осветленных аргиллизированных пород. Они содержат кварц и глинистые минералы — диккит, пирофиллит, зунит, диаспор, алунит. Местами над кровлей разветвляющихся трубообразных рудных тел были обнаружены шапки низкотемпературного халцедона или халцедоновидного кварца, напоминающие залежи вторичных кварцитов. Предполагается, что образование рудных труб происходило недалеко от поверхности, на уровне фумарольной деятельности.

Несмотря на то, что в зарубежных источниках не указывается глубина развития промышленных вкрапленных руд в телах эруптивных брекчий, есть основания полагать, что максимально она составляет сотни метров. В частности, указывается, что корневые части рудных труб залегают не только в вулканической брекчии, но и проникают во вмещающие их глинистые сланцы, известняки, песчаники или конгломераты. Наряду с ними, в осадочных породах были установлены крутые секущие и пологие пластовые линзообразные залежи метасоматической вкрапленности.

*Месторождение Саннисайд* приурочено к пучку закальдерных разрывов радиальной системы северо-восточного простирания, вытягивающихся вдоль грабена Юрика между сравнительно крупными сбросами (ограничивающими эту структуру). В отличие от месторождений Кемп-Бёрд и Идарато, радиальные разрывы характеризуются резкими перегибами. Разрывы унаследовали протяженные интервалы ранних трещин северо-северо-восточного и восточно-северо-восточного направлений. Нарушения имеют коленчатую форму. Наиболее обычны такие нарушения на юго-западном фланге месторождения, где они сочленяются с кольцевым сбросом Росс Бейсин (см.рис.7), ориентированным поперечно к простиранию грабена. Очевидно, сброс выступает в роли главного нарушения по отношению к сочленяющимся оперяющим сколам. Почти все они вблизи сброса унаследовали ранние трещины северо-северо-восточного простирания.

Сложная морфология и строение рудоносных сколов предопределили развитие резко изгибающихся и разветвляющихся жил, которые на перегибах сменяются прожилковым и штокверковым оруденением. Руды кварц-галенит-сфалеритовые. Кварц преобладает над рудными минералами, в сумме составляющими 15–20 %. В 1974 г. руды содержали :  $Fu$  5,1 г/т,  $Au$  48,8 г/т,  $Pb$  2,02 %,  $Zn$  3% и  $Cu$  0,24 %. Отношение  $Au : Ag$  составляло 1 : 9,6, однако за период отработки, с 1902 по 1974 г.,

оно было меньшим 1 : 26,4 и примерно таким же для оставшихся руд 1 : 24,7. Таким образом, в отличие от месторождений Кемп-Бёрд и Ида-радо, на Саннисайде руды более "золотистые", скорее всего, за счет интенсивного проявления продуктивной золото-теллуридно-кварцевой ассоциации. Кроме преобладающих пирита, сфалерита, галенита, в рудах распространены халькопирит, борнит, а на верхних горизонтах — гематит. Золото наблюдается в кварце в ассоциации с петцитом и калаверитом. В кварце золотишки имеют размер 10–50 мкм, а в интерстициях и трещинках — 0,5–1 мм. Из сульфидов главный минерал-носитель — сфалерит, в котором размер микротрещинных выделений золота составляет не менее 100 мкм. В рудах в обилии развиты также поздние родохрозит, анкерит, кальцит, флюорит.

Наиболее сложная морфология у жилы Саннисайд, которая протягивается в центральной части месторождения. Вмещающее ее нарушение прослеживается на 3 км от кольцевого сброса Росс Бейсин. В северо-восточном направлении оно переходит в ветвь Синнемон, продолжающуюся еще на 4 км, но вмещающую только мелкие рудные скопления. Жила Саннисайд сопровождается широтными апофизами, развитыми в оперяющих сколах лежащего бока (см.рис.7). К висящему боку примыкают разрывы, унаследующие ранние трещины северо-восточного простирания. Они отделяются от сброса Росс Бейсин и как бы заключены между ним и основным разрывом и жилой Саннисайд.

Подводя итог краткому рассмотрению месторождений кальдеры Сильвертон, приходим к следующим выводам: 1) одними из первых в кальдере заложилась нарушения кольцевой системы, подчеркнувшие ее границу. Они контролируют редкие трубообразные рудные тела вкрапленных руд с запасами от нескольких до 10 т металла; 2) преобладающие разрывы радиальной системы заложилась позднее и преимущественно за границами постройки (так называемые трещины закальдерной радиальной системы); они вмещают наиболее протяженные ветвящиеся жилы, в рудах которых заключено до нескольких десятков тонн металла; 3) внутрикальдерные наименее протяженные и разобщенные разрывы и жилы радиальной системы заключают руды с запасами не более первых тонн золота; 4) наиболее поздними рудовмещающими нарушениями выступают сопряженные широтные и меридиональные разрывы, расположенные за границами кальдеры; они наложены на кольцевые и радиальные трещины и соответственно осложняют структуру месторождения.

*Месторождение Репаблик* (штат Вашингтон, США). Оно может служить примером рудных объектов, сформировавшихся в линейных отрицательных структурах. Локализовано оно в осадочно-вулканогенных породах, выполняющих одноименный грабен. Геология месторождения излагается по материалам, опубликованным В.П.Фуллом и Р.М.Грантеном в 1973 г., а также ранее, в 1960 и 1914 гг., М.Г.Стаатцем и В.Линдгреном, Г.Банкрофтом. В районе месторождения с 1899 по 30-е гг. XX столетия добыто более 60 т Au, большая часть — из руд месторождения Репаблик.

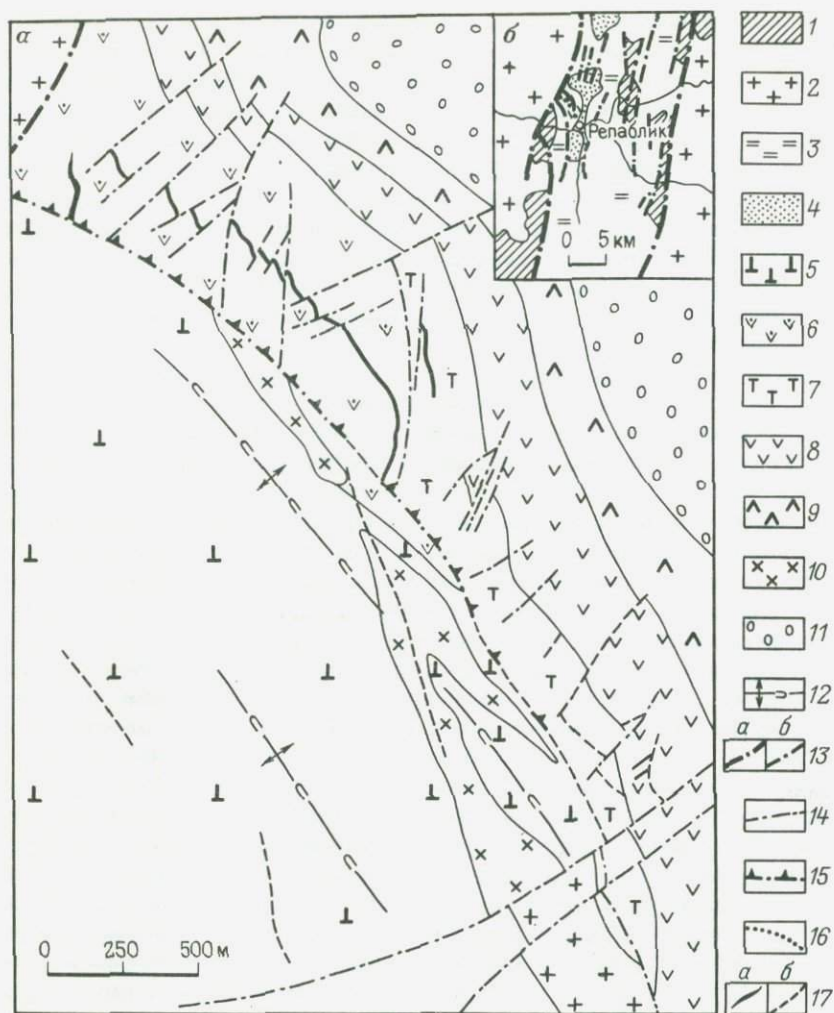


Рис. 8. Схема центральной части грабена Репаблик (а) и одноименного месторождения (б). По В.П.Фуллу и Р.М.Грантему, с некоторыми изменениями.

1 — осадочные породы — PZ и MZ; 2 — гранитоиды (К—Р); 3 — комплекс осадочных и преобладающих вулканических пород ( $P_2 - P_3$ ), выполняющих грабен; 4 — лавы и пирокласты андезит-базальтовой формации; 5 — андезитовые порфириды; 6 — гранодиориты; 7 — "нижние" андезиты; 8 — пирокласты андезитов; 9 — "верхние" андезиты; 10 — субвулканические зеленые андезитовые порфириды; 11 — конгломераты; 12 — антиклинали; 13 — разломы: а — региональные, б — локальные; 14 — прочие разрывы; 15 — рудоконтролирующие разломы; 16 — разлом, контролирующий положение месторождения Репаблик; 17 — золотоносные кальцит-кварцевые жилы: а — выходящие на поверхность, б — слепые

Расположено оно в пределах окраинно-континентального вулкано-генного пояса, который входит в мезозойскую складчатую систему Канадских Кордильер (в Аляскинско-Канадский сегмент системы, по публикации Ф.Б.Кинга в 1969 г.). Грабен Репаблик, протяженностью более 70 км и шириной 8–10 км, вытягивается в северо-восточном направлении. Развился он среди гранитоидов К — P<sub>2</sub>. В последних установлены крупные останцы (5 x 12 км) более древних пород. Границами грабена служат: на северо-западе — разломы Скаттер-Крик и Бакон-Крик, на юго-востоке — Шерман с системами сопровождающих его сбросов.

Месторождение размещается в средней части грабена, тяготея к сочленению разломов Бакон-Крик и Скаттер-Крик (рис.8). Грабен выполнен туфами и туфобрекчиями дацитов (формация О'Брайен-Крик, мощность более 1 км), лавами и подчиненными им туфами риодацитов и кварцевых латитов (формация Санпойл, мощность 300–400 м), ассоциирующимися с ними дайкообразными штоками экструзивных риодацитов Скаттер-Крик и породами озерного происхождения. Перечисленные породы датируются палеоценом и эоценом.

Золото-серебряное оруденение локализовано преимущественно в риодацитах Скаттер-Крик и породах формации Санпойл, но встречается и в подстилающих туфах дацитов и в перекрывающих озерных отложениях. Общий вертикальный размах оруденения невелик и только на отдельных участках месторождения достигал 650 м. Рудные тела представлены преимущественно жилами выполнения обычно мощностью около 1 м, но в раздувах, где наблюдаются явные признаки метасоматоза, мощность достигала 15 м. Тела образуют зону северо-западного простирания. Вытягивается она почти на 3 км. Приурочена к локальному разлому Юрика (см.рис. 8,а) того же направления и сопряженным с ним оперяющим трещинам скалывания. Некоторые из них, изгибаясь и приобретая субмеридиональное направление, сочленяются с разломом. Напомним, что возникновение таких изогнутых оперяющих сколов (так называемой второй системы) экспериментально воспроизводилось М.В.Гзовским при правосторонних сдвигах по главному нарушению.

Жилы сложены чередующимися каймами тонкозернистого и халцедоновидного кварца и кальцита, которые слагают полосчатые агрегаты, а также цементируют тектоническую брекчию или реликты ее. В кварце развита тонкая вкрапленность сульфидов — пирита, халькопирита, тетраэдрита, видимо, серебряные или серебро-медные сульфосоли мышьяка ( в концентрате 0,35 % металла) в меньшей степени Sb ( в концентрате 0,03 % Sb), стефанит, селениды ( в основном науманнит), серебро самородное и электрум. Отношение Au : Ag близко к 1 : 3. Жилы сопровождаются зонами окварцевания, более локально хлоритизацией и отчасти серицитизацией пород. С глубиной в метасоматитах появляется и все более увеличивается количество адуляра.

Жилы обычно имеют плитообразную форму. Большая часть их размещается в висячем боку разлома Юрика, который круто падает на северо-восток (см.рис.8,б). На отдельных интервалах разлом вмещает рудные жилы (Трейд-Доллар, Ков, Сюрпрайз, Куилп). Северо-западный

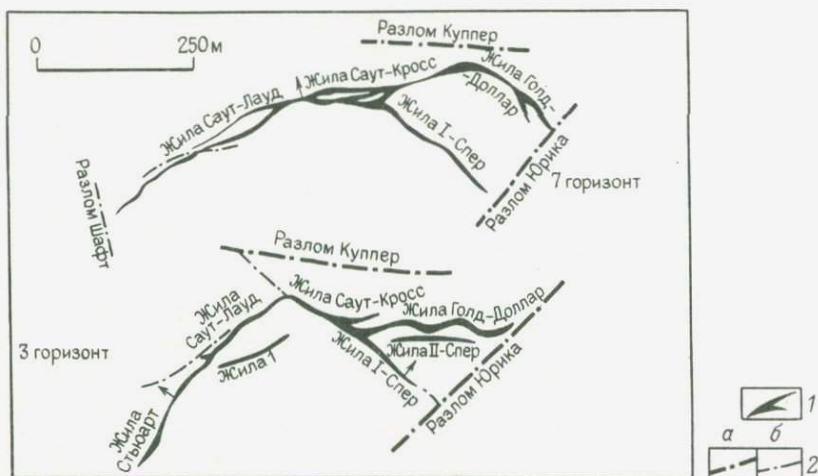


Рис. 9. Унаследование жилами трещин северо-восточного и западно-северо-западного направлений (7 горизонт) и ложное смещение жилой 1-Спёр жилы Голд-Доллар (3 горизонт).

1 — золоторудные жилы; 2 — зоны дробления: а — мощные, б — маломощные

фланг нарушения сочленяется с разломом Бакон-Крик. В лежачем боку нарушения установлено несколько разобщенных жил субмеридионального, северо-западного, а на удалении — даже северо-восточного простирания. Жилы всякого бока, как указывали Р.П.Фулл и Р.М.Грантем в 1973 г., на первый взгляд кажутся как бы левосторонне смещенными (в плане) многочисленными разрывами восточно-северо-восточного простирания. Отдельные отрезки жил, заключенные между поперечными разрывами, прослеживаются иногда на 5—10 м. Однако, как отмечают геологи, многие из поперечных разрывов выполнены золотоносным кварцем, с которым "сливается" жильное выполнение ложно смещенных рудных тел (рис.9). Приведенные факты свидетельствуют о дорудном или синрудном смещении еще неминерализованной северо-западной системы сколов. Наблюдающееся брекчирование кварца, заключенного в поперечных разрывах, фиксирует лишь послерудное оживление минерализованных поперечных нарушений. Существование дорудных разрывов северо-западного простирания подтверждается структурой участка Ноб-Хилл месторождения Репаблик. На этом участке рудные жилы использовали рудоносные разрывы, унаследовавшие ранние трещины сразу трех направлений — северо-западного, меридионального и северо-восточного, что обусловило возникновение коленчатой резко перегибающейся и разветвляющейся жилы, состоящей из отрезков разного направления (Стьюарт—Саут-Лауд, Саут-Кросс, Голд-Доллар—I Спёр). Юго-восточнее участка Ноб-Хилл (в 900—1400 м) разрывы поперечного (северо-восточного) простирания вмещают рудоносные жилы Перл, Лон-Пайн, Эйленс и др.

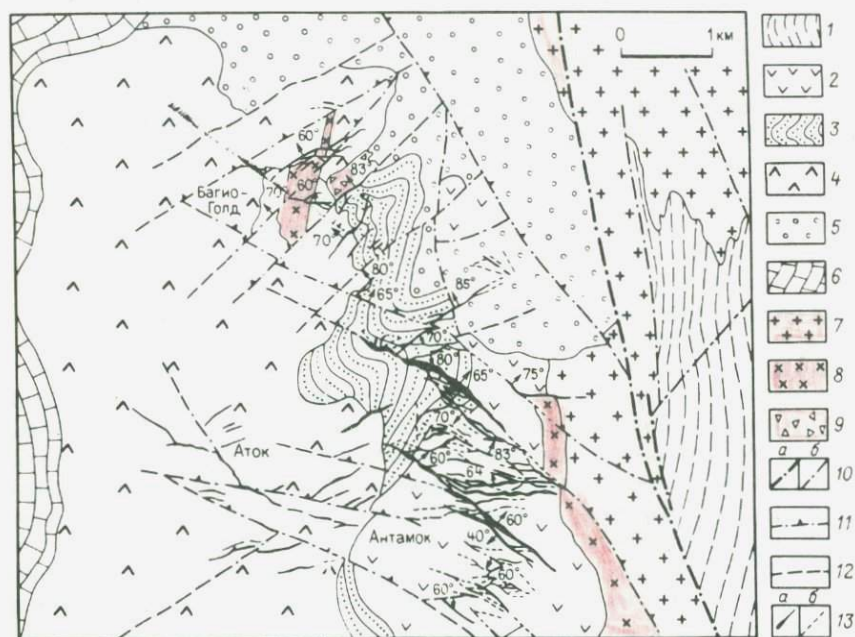
Таким образом, месторождение Репаблик характеризуется развитием руд золота и серебра в сколах, связанных с локальными рудоконтролирующими разломами, пересекающими в диагональном направлении структуру грабена. Сколы в отдельных участках унаследуют системы ранних трещин, в том числе поперечного направления (по отношению к ориентировке рудной зоны и рудоносных сколов). Вырисовывается связь рудоносных сколов с локальными и крупными региональными разломами (в частности, с разломом Бакон-Крик). Проведя анализ структуры месторождений, размещающихся в депрессионных вулканотектонических постройках, можно сделать следующие выводы: 1) крупнейшие и крупные месторождения локализуются внутри небольших локально развитых кальдер, приуроченных к разрывам, наложенным на их структуру; 2) рядовые месторождения локализованы внутри кальдер и соотносятся с системами кольцевых и радиальных разрывов; 3) рудовмещающие разрывы многочисленны, унаследуют несколько систем ранних трещин, характеризуются резкими перегибами, разветвленностью вверх по восстанию и вмещают коленообразно изгибающиеся жилы с раздувами на перегибах и сериями апофиз; 4) в осадочных (видимо, пористых) породах, перекрывающих вулканиты, проявляются пологозалегающие залежи вкрапленно-прожилковых руд; они контролируются крутопадающими нарушениями, наложенными на структуру кальдер; возможно, в контроле их участвуют согласные разрывы.

#### **МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ В ВУЛКАНОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПОСТРОЙКАХ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ТИПА**

Вторая группа, в основном золото-серебряных и золото-теллуридных месторождений, как по числу крупнейших и крупных рудных объектов и суммарных запасов золота в них (около 2100 т металла, извлеченного и заключенного в недрах), преобладает над рассмотренной выше группой месторождений (около 1500 т золота). Крупные месторождения, принадлежащие ко второй группе, чаще локализуются в вулканокупольных постройках, реже в антиклиналях, купол-антиклиналях или вулкано-антиклиналях и до сих пор не обнаружены в горстах. Лишь на некоторых рудоносных участках установлены гипабиссальные интрузивные тела. Зато почти на каждом объекте в вулканокупольной постройке выявлены жерловые тела субвулканических пород, иногда последовательно сменяющиеся вверх по разрезу покровными образованиями. Месторождения обнаружены в вулканогенных поясах островных дуг и поясах окраинно-континентального типа. Несмотря на приуроченность к различным структурным элементам поясов, оруденение во всех случаях локализуется в разрывных нарушениях двух типов — либо в системах протяженных субпараллельных разрывов, либо в одиночных или группе рудоносных разломов, наложенных на вулканическую или складчатую постройку. Месторождения группы проявляют более четкую пространственную связь с рудоконтролирующими разломами (сравнительно

с рудными объектами в депрессионных структурах). Практически все крупные рудоносные участки тяготеют к зонам региональных или сочленяющихся с ними локальных рудоконтролирующих разломов, в ряде случаев оруденение локализуется непосредственно в зонах этих нарушений.

**Месторождения рудного поля Багио.** Приурочены они к островодужному вулканогенному поясу, пространственно совпадающему с западной частью Филиппинского архипелага. Геология месторождений детально рассмотрена в трудах Ж.-М.Буара, Ж.-Ф.Стефана [16], а также Е.Фернандеза и др., К.Дж.Каллоу, Б.В.Варлея, К.В.Ливингстона и А.Лейтцема, опубликованных в 1979, 1965, 1939 и 1938 гг., которыми и воспользовался автор.



**Рис. 10.** Северная часть рудного поля Багио. Составлено автором по материалам Г.Е.Фернандеза, Ж.Ф.Стефана, К.Дж.Каллоу и Б.В.Варлея.

1 — кварц-полевошпатовые сланцы и кварциты ( $PZ$ ); 2 — вулканиты нижней андезит-кератофировой формации ( $P_{1-2}$ ); 3 — аргиллит-песчаниковые породы с подчиненными известняками ( $P_2$ ); 4 — вулканиты верхней диабаз-андезит-дацитово-формации ( $P_{2-3}$ ), 5 — конгломераты ( $P_3$ ); 6 — известняки, известняковые песчаники, подчиненные конгломераты ( $N_1$ ); 7 — гипабиссальные гранодиориты ( $N_1$ ); 8 — экстрезивные гранодиориты и кварцевые диориты ( $N_1$ ); 9 — эксплозивные брекчи андезито-дацитов ( $N_2$ ); 10 — разломы: а — региональные, б — локальные; 11 — рудоконтролирующие разломы; 12 — предполагаемые разломы; 13 — золоторудные сульфидно-кварцевые жилы: а — прослеженные, б — слабо проявленные

Месторождения прослеживаются в пределах субмеридиональной полосы протяженностью около 12 км и шириной 3–5 км, расположенной в 4–8 км к востоку и юго-востоку от г.Багио (Филиппины, о-в Лусон). С севера на юг в этой полосе разрабатываются находящиеся на расстоянии 0,5–2,5 км друг от друга месторождения Багио Голд, Аток-Антамок и Акупан-Итогон. Суммарные запасы золота в их недрах (включая извлеченное) превышают 350 т [16]. Оруденение размещается на западном крыле субмеридиональной горст-антиклинальной вулканоструктуры. В ядерной части ее среди молодых интрузивных пород размещаются останцы кристаллических и кварц-полевошпатовых сланцев и кварцитов  $PZ_3$ , перекрытые породами спилит-кератофировой формации (К). Западное (рудовмещающее) крыло структуры опущено по крупному продольному разлому (рис.10,11). В этом крыле развиты в основном пирокласты, реже лавы контрастно дифференцированной нижней андезит-кератофировой и верхней андезит-дацитовый формаций ( $P_{1-2}$ ), с которыми ассоциируют карбонатно-терригенные породы эоцен–олигоцена и конгломераты олигоцен–миоцена. Западное крыло структуры перекрывается миоценовыми конгломератами, известковыми песчаниками и известняками (формации Зиг-Заг и Мирадор). Главный субмеридиональный разлом контролирует размещение дайкообразных штоков гипабиссальных и гибридных экструзивных кварцевых диоритов и гранодиоритов ( $N_1 - N_2$ ), тесно связанных с породами нижней андезит-кератофировой формации. Наиболее поздние (возможно, плиоценовые) магматические образования – крупные и мелкие трубки эксплозивных брекчий, апофизы которых пересекают диориты. Главное

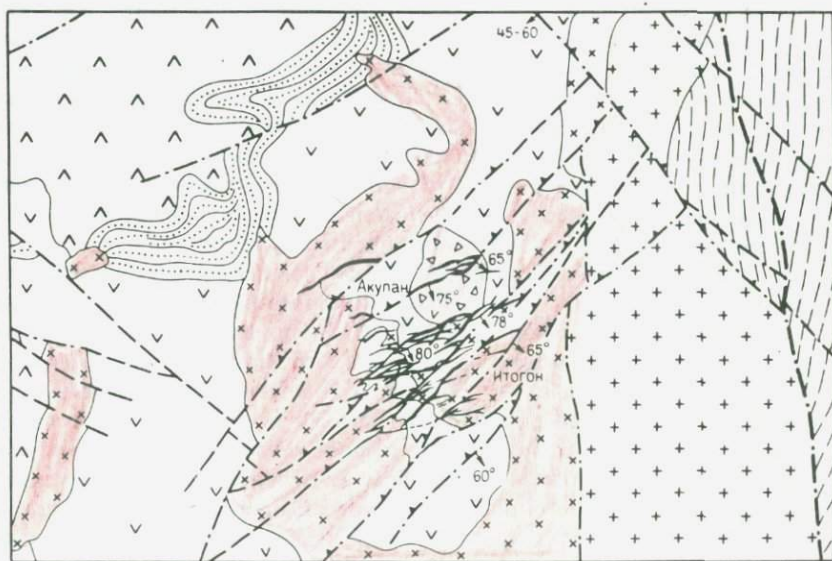


Рис. 11. Южная часть рудного поля Багио. Усл.обозн. см.на рис.10

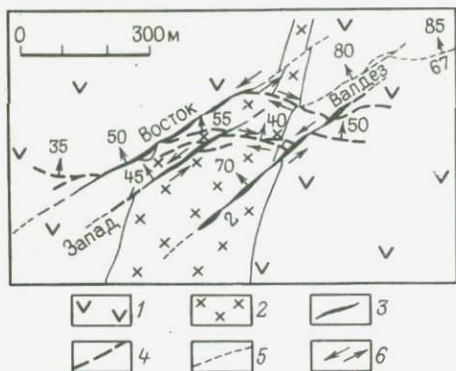


Рис. 12. Восточный фланг месторождения Багио-Голд, план. По К.Дж.Каллоду и Б.В.Варлею.

1 — субвулканические андезиты; 2 — диориты; 3—5 — жилы различных стадий образования; 3 — ранней, 4 — средней, 5 — поздней; 6 — направления внутрирудных движений

брекчиевое тело — некк Балаток имеет почти изометричное сечение (около 750 x 1000 м) и прослежено на глубину более 600 м от поверхности.

Рудное поле и месторождения в его пределах контролируются двумя системами локальных разломов северо-западного и северо-восточного простирания (см.рис.10,11). При этом первые (с крутым северо-восточным падением) сочленяются с главным субмеридиональным разломом, а вторые (с падением на СЗ в северной части поля и на ЮВ — в южной) с разломами северо-западного простирания. Эти взаимоотношения и направления суммарных перемещений вдоль локальных разломов косвенно свидетельствуют о их сопряженности с горст-антиклинальной вулканоструктурой, а развитие золотого оруденения вдоль отдельных участков рассматриваемых разрывов — о сопряженности их в период минерализации. Рудоносные площади очень четко пространственно совпадают с пучками локальных разломов, особенно с выклинивающимися флангами таких пучков. В этих участках между сближенными разломами и выполняющими их главными жилами проявляются соединяющие их серии многочисленных субпараллельных жил-апофиз восточно-северо-восточного или субширотного простирания. Если главные жилы сравнительно выдержаны, то жилы-апофизы имеют коленообразные перегибы. Они унаследуют направления ранних разрывов северо-восточного и западно-северо-западного простирания.

На примере крайней северной рудной зоны месторождения Багио Голд можно проследить постепенное "наращивание" флангов системы рудовмещающих нарушений (рис.12). Судя по взаимоотношениям отдельных ее элементов, можно представить, что первоначально сформировались только два разрыва — "Восток" и 2. В дальнейшем тектонически разрастались только северо-восточные фланги этих нарушений: от первого отделялась серия субширотных трещин и наподобие системы "конского хвоста" сочленялась с разрывом 2. Вслед за этим от разрывов отщеплялись оперяющие сколы, также унаследовавшие ранние трещины северо-восточного и субширотного простирания. Возникшая сложная система нарушений подвергалась оруденению.

На месторождении Акупан-Итогон рудные тела представляют собой

сеть жил северо-восточного и восточно-северо-восточного направления. При этом фланги маломощных (обычно около 1 м) линзующихся жил северо-восточной системы как бы соединяются второй системой золоторудных тел другой морфологии — жилами и прожилковыми зонами большой мощности (от нескольких до 20 м) с более высокими содержаниями Au (в среднем 7,5 г/т). Жилы, как правило, сопровождаются ореолом сульфидной вкрапленности, которая существенно усиливается в узлах сочленения жильных тел или отщепления апофиз.

*На месторождении Аток-Антамок* выдержанные протяженные жилы северо-западного направления (440, Амиго-Кемот, Кейстон и др.) имеют мощность в раздувах до 20 м. Мощность жилы 440 достигает 50 м, причем она отмечается на протяжении 600 м (см.рис.10). Содержание Au изменяется в пределах 4—5 г/т. На месторождении большая часть субширотных жил-апофиз заключена между главными золоторудными жилами 440 и Кейстон. Жилы-апофизы характеризуются наиболее сложной морфологией. Они резко, коленообразно перегибаются, используя ранние трещины широтного, западно-северо-западного и восточно-северо-восточного направлений, причем максимальная мощность устанавливается для широтных и восточно-северо-восточных отрезков. Изложенные факты, видимо, свидетельствуют о проявлении правосторонних (в плане) внутрирудных движений по главным трещинным нарушениям и левосторонних — по оперяющим сколам (вмещающим жилы-апофизы). Вертикальный размах оруденения около 200—300 м, для наиболее протяженных жил он возрастает до 600 м. В целом на рудном поле, как указывали в 1979 г. Г.Е.Фернандез и др., оруденение наблюдается в вертикальном интервале более 1000 м, минимальный размах его на юге (месторождение Акупан) и максимальный — на севере (месторождение Антамок и Багио Голд).

Специфичен минеральный состав рудных тел. Более 90 % минерального вещества приходится на кварц и карбонаты — кальцит, родохрозит, а также родонит и барит. Количество рудных минералов в жильном веществе изменяется от первых процентов на южных месторождениях до 10 % на северных. Среди рудных минералов резко преобладает пирит. В отдельных частях жил ему сопутствуют марказит и арсенопирит. Не более доли процента составляют сфалерит, галенит, халькопирит, тетраэдрит, борнит, фаматинит, антимонит, циннобарит, минералы серебра (пираргирит, прустит, самородное серебро), самородное золото и электрум, теллуриды Pb (алтаит), Ag (гессит), Au (петцит, сильванит, калаверит), Hg (колорадоит).

*Месторождение Эль-Оро* (Мексика). Это крупное золото-серебряное месторождение, описанное Э.Уиссером в 1964 г., по структуре и геологической позиции во многом аналогично объектам рудного поля Багио, хотя геотектоническая позиция его совершенно иная — сформировалось оно в структурах окраинно-континентального вулканогенного пояса. Размещается месторождение в купольно-антиклинальном поднятии северо-западного простирания с очень пологими крыльями. Поднятие сложено толщей углистых глинисто-сланцев (К) с лин-

зами известняков. Они перекрыты, скорее всего, послерудными андезитами (Р). В толщу сланцев внедрен мощный силл кварцевых диоритов, "корень" которого, видимо, погружается вдоль лежащего бока Главного разлома восточно-северо-восточного простирания. Оруденение приурочивается к узлу сопряжения с Главным разломом оперяющих нарушений — Южного разлома и Эсперанса. Все три нарушения выступают рудо-контролирующими элементами структуры — от их поверхностей в северо-северо-западном направлении отделяется система субпараллельных рудовмещающих зон дробления. Они падают круто на запад в шарнирной части поднятия и на восток в западном его крыле (рис.13). Главное промышленное значение имеет система зон дробления в шарнирной части поднятия. Зоны вмещают жилы-лидеры плитообразной формы. Они сопровождаются висячем боку параллельными второстепенными жилами, а на верхних горизонтах — сериями апофиз (см.рис.13). Главное значение среди жил-лидеров имеют две — Сан-Рафаэль и Вета-Верде, протяженность их 2—2,5 км. Прослеживаются они по падению на 700—900 м, мощность в раздувах — от первых десятков метров (жила Вета-Верде) до 70 м (Сан-Рафаэль). С глубиной мощность жил падает до долей метра — 3 м. Увеличение мощности жил до максимальной закономерно наблюдается вблизи лежащих боков многочисленных поперечных разрывов дорудного заложения. Некоторые из них обуславливают блоковое строение рудоносного участка. В разделяемых таким разрывом тектонических блоках возникает разное число жил одной системы (например три и шесть в двух смежных блоках, примыкающих к лежащему боку Главного разлома или одна и четыре в блоках, расположенных к северу от разлома Эсперанса, и т.д.).

Жилы возникли вслед за внедрением даек риолитов и риолит-порфиров в некоторые из зон дробления, в частности в зоны, вмещающие жилы Вета-Верде и Коронас. Они характеризуются брекчиевыми и кокардовыми текстурами руд (развитием кайм минералов вокруг угловатых обломков измененных сланцев и диоритов), проявлением в центральных частях полостей, высланных кристаллами позднего кварца. Кроме того, рудное вещество, отложенное в раздувах жил, отличается проявлением полосчатых агрегатов кварца, крупнозернистого кальцита, сульфидов, в меньшей степени сульфосолей. В пережимах проводники жил представлены преимущественно ранним (мелкозернистым) серым кварцем. Считается, что ранняя продуктивная стадия минерализации существенно золотая. Среди рудных минералов, количество которых не превышает 1—2 %, главное значение имеют пирит и сфалерит, им подчинены халькопирит, галенит, аргентит, серебро самородное. Золото тонкое, заключено в кварце. В среднем содержание его изменялось от 7 до 10 г/т, Ag от 60 до 90 г/т (отношение Au : Ag = 1 : 9). В жилах-апофизах висячего бока руда была более сульфидной и содержание Au преимущественно составляло выше 40 г/т, а Ag — около 450 г/т. Поздняя продуктивная стадия существенно серебряная. Она преимущественно проявлена в жилах, расположенных по периферии месторождения. Агрегаты стадии представлены кальцитом и доминирующим квар-

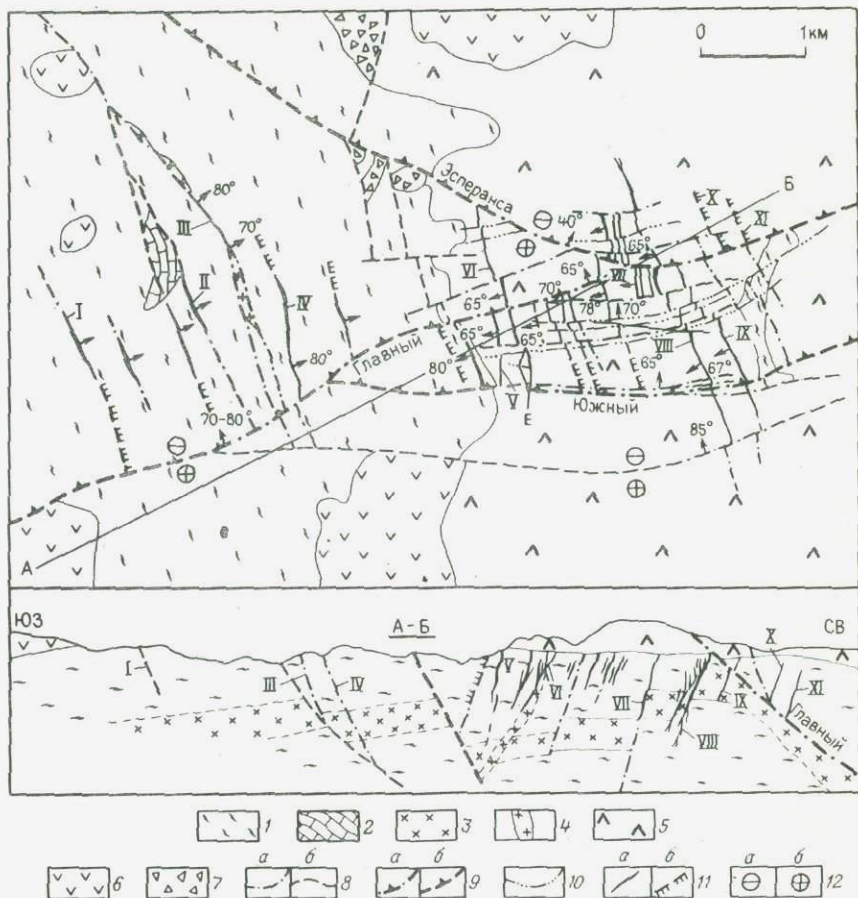


Рис. 13. Геологическая схема и разрез по линии А-Б месторождения Эль-Оро. По Э.Уиссеру. В восточной части месторождения следы жил под перекрывающими андезитами нанесены автором.

1 — углистые глинисто-сланцевые сланцы (К); 2 — линзы известняков (К); 3 — силлы кварцевых диоритов (К-Р); 4 — дайки риолит-порфиров (К-Р); 5 — роговообманковые андезиты (Р); 6 — авгитовые андезиты (Р); 7 — трубообразные тела взрывных андезитовых брекчий; 8 — дорудные разрывы: а — прослеженные, б — предполагаемые; 9 — то же, локальные рудоконтролирующие; 10 — послерудные разрывы; 11 — золоторудные жилы: а — промышленные, б — с бедными рудами; 12 — суммарные перемещения тектонических блоков: а — погружение, б — вздымание

цем, содержащим аргентит, стефанит, пираргирит. Рудные жилы сопровождаются зонами окolorудно окварцованных, хлоритизированных и пиритизированных пород. Рудовмещающие разрывы жил Сан-Рафаэль и Вета-Верде — главные нарушения в рудоносной системе трещин. Суммарное смещение по первому (сброс) оценивается в 280 м, в плане предполагается правостороннее смещение.

*Рудное поле Пачука—Реаль-дель-Монте.* Оно рассмотрено Зд. Крзовски [34], Дж. Е.Дрейером [20], а ранее А.Р.Гейном и др., К.Л.Тронбургом и Е.Уиссером в 1963 и 1956, 1952, 1948 гг. Перечисленные публикации легли в основу описания рудного поля. По сведениям Ж.-Ж. Баше [12], к концу 1977 г. из руд было добыто 130 т и в недрах осталось 78 т Au.

Приурочено оруденение к лавам и редким прослоям пирокластов последовательно дифференцированной риолит-андезитовой формации ( $N_{1-2}$ ). Они имеют пологое ( $5-10^\circ$ ) падение на север и северо-запад. В южной части площади закартировано жерловое тело риодацитов, фиксирующих, по представлению Е.Уиссера, вулканический центр. Севернее его проявлено поле даек кварцевых порфиров (риолитов), реже дацитовых порфиритов ( $N_1^1 - N_1^2$ ). Вытягиваются они в западно-северо-западном, а в северо-западном секторе поля — восточно-северо-восточном направлении (рис.14). Изменение ориентировки их, возможно, отражает перегиб кольцевых додайковых нарушений. Таким образом, рудное поле локализовалось, скорее всего, в северном и северо-западном секторах вулканокупольной постройки. Трещинные элементы месторождения, возможно, унаследуют отдельные отрезки нарушений кольцевой и радиальной систем. Действительно, восточный и западный фланги месторождения как бы заключены между двумя пучками локальных рудоконтролирующих разломов крутого падения, вытягивающихся соответственно на СЗ и СВ. Между ними расположена одна из систем рудовмещающих разрывов, унаследовавших направление даек западно-северо-западного простирания, часто приуроченных к их контактам. В целом отдельные элементы рудоконтролирующих пучков и системы рудовмещающих разрывов как бы окружают с северной стороны вулканический центр. Возможно, использованием отдельных отрезков кольцевых нарушений объясняется проявление на западном фланге месторождения серии жил, вытягивающихся широтно и на восток-северо-восток. Они приурочены к сколам, оперяющим главные рудовмещающие разрывы. "Рисунок" рудоносных трещин в этом секторе месторождения напоминает в крупном плане структуру "конского хвоста". Рудовмещающие разрывы характеризуются достаточно резкими перегибами в связи с унаследованием их протяженными отрезками ранних трещин широтного и северо-западного направления.

Другая система крутопадающих рудовмещающих разрывов субмеридионального направления, возможно, использует радиальные разрывы. Эти нарушения имеют поперечную ориентировку и возникли позже первой системы. Они начинаются от одного из рудоносных широтных нарушений и распространяются в северном направлении почти на 5 км. Меридиональные разрывы последовательно ограничиваются разломами Визцейна, Транкомпана, Сан-Эстебан, Омпакус и Санчес. Если между первыми из названных пар разломов разрабатывалось от трех до девяти меридиональных жил, то к северу от разлома Сан-Эстебан их число сократилось до двух, а севернее Санчес были установлены лишь слабо-минерализованные нарушения. Субмеридиональные рудоносные разрывы

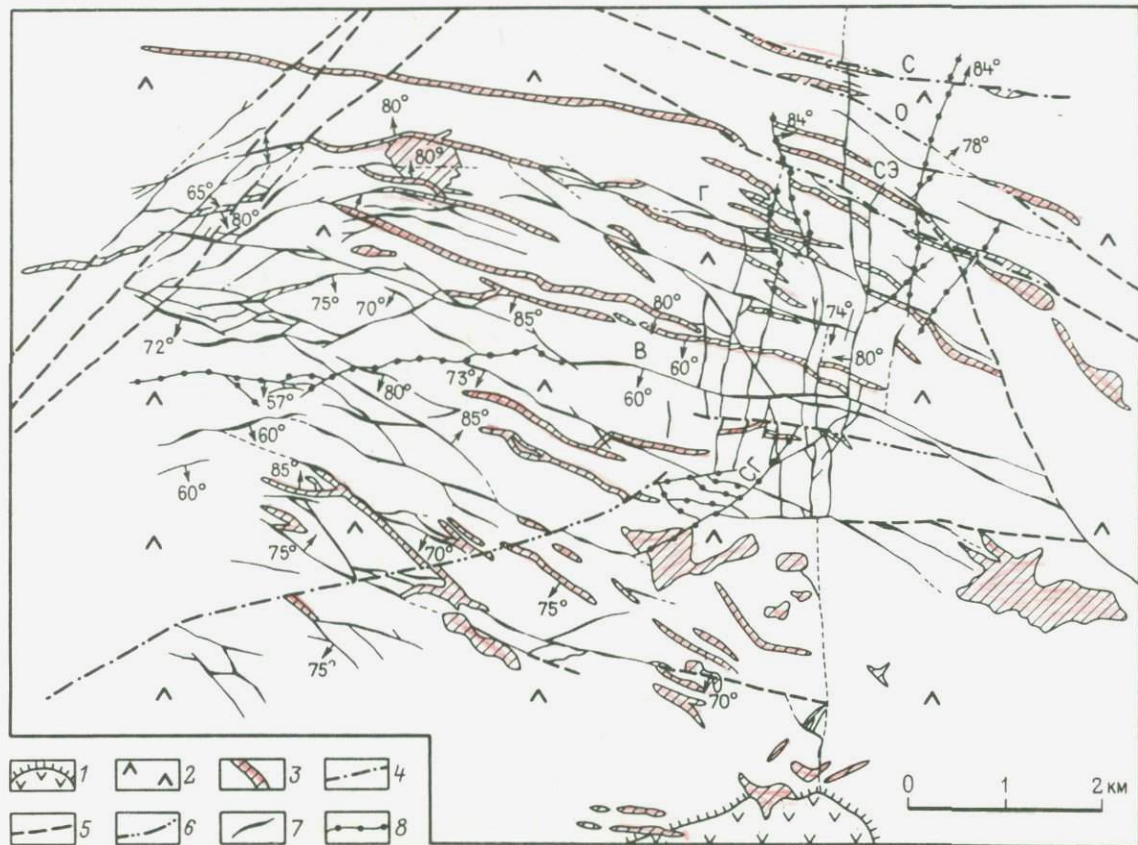


Рис.14. Структурная схема рудного поля Пачука—Реаль-дель-Монте. По Э. Уиссеру и А.Р.Гейне, дополненная материалами Зд.Крзовски и Дж.Е.Дрейера.

Разломы: С — Санчес, О — Омпакус, СЭ — Сан-Эстебан, Г — Гранкомпана, В — Вазейна, СГ — Санта Гертруда.

1 — дациты и риолиты южного жерлового тела; 2 — лавы и подчиненные пирокласты риолит-андезитовой формации ( $N_1$ ); 3 — дайки кварцевых порфиров и подчиненных дацитовых порфиритов ( $N_{1-2}$ ); 4 — дорудные разломы; 5 — их предполагаемые фланги; 6 — послерудные разломы; 7 — золоторудные жилы с ранним зернистым кварцем; 8 — золоторудные жилы с поздним халцедоно-видным кварцем

вы, в отличие от трещин первой системы, прямолинейны. Это различие наложило отпечаток на морфологию рудных жил. Субмеридиональные жилы имеют плитообразную форму, значительную мощность (до 10 м) и сложены брекчиевыми рудами.

Жилы, приуроченные к первой системе разрывов, характеризуются резкими перегибами. Широкие отрезки их достигают максимальной (до 10 м) мощности, а интервалы ЗСЗ направления — минимальной (около 1 м). Иногда последние сменяются проводниками. Руды чаще крустификационной, друзовой или полосчатой текстуры. Характерны довольно многочисленные жилы-апофизы, наиболее часто отделяющиеся от перегибающихся участков главных жил. Среди них установлены жилы простого и сложного строения, когда наряду с более мощной "стволовой" частью жилы проявляются сопровождающие ее субпараллельные прожилки, боковые и соединительные апофизы. Блоки пород, заключенные между прожилками и апофизами, содержат вкрапленность золотосодержащих сульфидов, в связи с чем мощность рудных тел подобного типа нередко достигает максимальной. Основное количество Au и Ag в жилах субмеридиональной и западно-северо-западной системы заключено в рудных столбах. Вытягиваются они почти горизонтально на 200—1000 м. Общий вертикальный размах оруденения не превышает 750 м. Преимущественно развиты рудные столбы трех типов, локализованные: 1) в субширотных изгибах первой и северо-северо-восточных перегибах сопряженной второй системы рудовмещающих сколов, вытягивающихся с севера на юг; 2) на сочленениях с главными нарушениями серий боковых оперяющих сколов, 3) на ограничениях рудовмещающих разрывов более ранними дизъюнктивами, в том числе — трещинами первой системы.

Рудные жилы сложены двумя генерациями кварца, в том числе ранним мелкозернистым, с которым в тесном парагенезисе проявлены сульфиды цветных металлов и золота. Кроме кварца локально установлены кальцит и родонит, а также подчиненные им родохрозит, доломит, бустамит и барит. Ранние сульфиды представлены пиритом, сфалеритом, галенитом, в меньшей степени — халькопиритом. Поздние рудные минералы, ассоциирующие с аметистовидным кварцем второй генерации, марганецсодержащими карбонатами представлены аргентит-акантитом, стефанитом, полибазитом. Золото проявлено в виде электрума в мелкозернистом кварце, пирите, в меньшей степени — в галените. Отношение Au : Ag — около 1 : 200.

*Месторождение Голдфилд.* К 1925 г. на нем было добыто 145 т Au и 45 т Ag [10]. По сведениям Ч.Дж.Виталино, опубликованным в 1965 г., месторождение залегает в овальной, открытой на восток вулканической постройке палеогенового возраста. В центре она сложена породами кварц-латит-риолитовой формации, которые окаймляются андезитами, дацитами и туфогенно-терригенными озерными отложениями ( $P_3$ ). Рудными телами служили мощные золотосодержащие зоны гидротермально измененных андезитов, отчасти дацитов. Зоны развились вдоль трещинных нарушений западно-северо-западного простирания на восточном фланге,

в центральной части поля и на его западном фланге, где они приобретают северо-северо-западное направление и выполаживаются. Наиболее золотосодержательны выположенные зоны алунит-кварцевых пород. Они содержали вкрапленность пирита (до 7%), марказита, висмутина, а также фаматинит, сульфосоли Ag, теллуриды, голдфиллит —  $Cu_{12}(TeSb)_4S_{13}$ . Золото высокопробное, ассоциирует с минералами Bi и Ag. Содержания Au были чрезвычайно богатыми в зонах алунит-кварцевых пород (до 2000 г/т на высоких горизонтах). Вертикальный размах оруденения превышал 800 м. По мнению Р.Д.Харви, Ч.Дж.Виталино, С.Д.Шера и др., алунит-кварцевые зоны и золотое оруденение образовались на глубине не более 300 м от древней поверхности.

*Месторождение Уайхи.* Это месторождение расположено на п-ове Коромандел (Новая Зеландия). Для месторождения характерны большие мощности главной жилы и проявление ограниченного количества жил-апофиз, приближающихся к главной по рудно-геологическим параметрам. Кратко оно рассмотрено Г.Дж.Вильямсом в 1965 г. Месторождение эксплуатировалось с 1878 по 1951 г. За этот период [10] на месторождении было добыто не менее 270 т Au и 835 т Ag. Разведочные работы, проведенные в начале 80-х гг. на восточном фланге месторождения (участок Марта-Хилл), показали наличие Au от 24 до 47 т. Месторождение приурочено к породам андезитовой формации, слагающим, видимо, крупную вулканокупольную постройку. К югу от месторождения в 6–8 км развиты андезиты так называемых первого и андезиодациты второго периодов внедрения ( $N_{1-2}$ ). Они окружены полукольцом (незамкнутым на запад) пород послерудной риолитовой формации (третьего периода внедрения). Месторождение размещается на северной границе этого полукольца. Рудные тела его в центральной и восточной части перекрываются послерудными риолитами и не выходят на поверхность. Представлено оно мощной жилой Марта (или Марта-Хилл)<sup>1</sup>, круто падающей на юго-восток, и соединяющимися с ней на большой глубине<sup>2</sup> от поверхности (более 400 м) жилами Эмпайр и Ройэл с обратным падением (рис.15). Последние сопровождаются рядом мелких жил-апофиз. Протяженность главных жил 1000–1500 м, мощность в раздувах на верхних горизонтах от 10 до 30 м, с глубиной постепенно сокращается.

Характерная особенность трех главных жил — приуроченность их к разрывам, унаследующим трещины двух крутопадающих систем северо-северо-восточного и восточно-северо-восточного простирания. Это обуславливает резкие коленообразные перегибы жил, проявление в таких узлах серий многочисленных апофиз вплоть до появления широких зон прожилкового или штокверкового оруденения. Унаследование жилами трещин раннего заложения фиксируется наличием на восточном фланге месторождения зоны дробления северо-северо-восточного простирания, которая ограничивает все главные жилы и отделяющиеся от них апофизы (см.рис.15).

<sup>1</sup> Западный фланг называется Эдвард.

<sup>2</sup> Разрез см. [10, с.262].

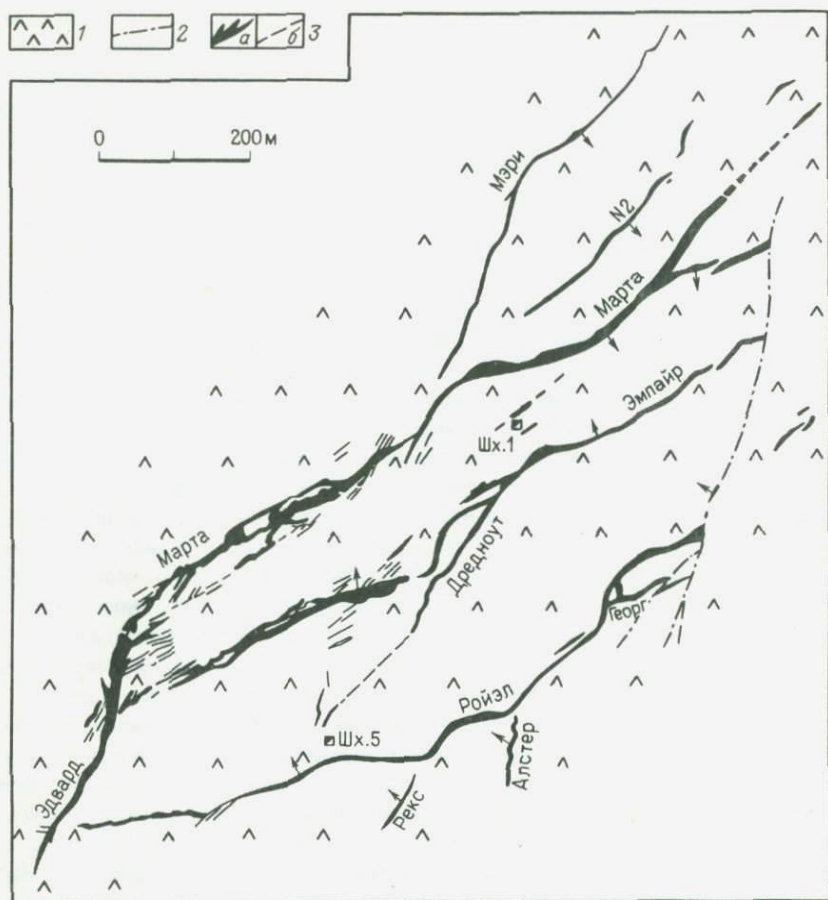


Рис.15. Схема месторождения Уайхи, горизонт 295 м. По Дж.Хендерсону и Г.Дж. Вильямсу.

1 — кварцевые андезито-дациты ( $N_2$ ); 2 — дорудные разрывы, прослеженные; 3 — золоторудные карбонатно-кварцевые жилы и жильные зоны: а — прослеженные, б — предполагаемые

Руда характеризуется брекчиевой и полосчатой текстурами. Обломки в руде сложены сильно окварцованными андезито-дацитами, полосчатость создается чередованием кайм жильных и рудных минералов, цементирующих брекчию. Представлена руда кварцем, кальцитом, родохрозитом, адуляром и содержит до 3 % сульфидов. Главные из них пирит, сфалерит, галенит и аргентит. Золото (электрум с пробой 600–700) мелкое и заключено почти исключительно в пирите. В 1917 г. содержания составляли: Au около 10 г/т, Ag 31 г/т (отношение Au : Ag = 1 : 3–4); в последующее время они сильно снизились. Формирование руд про-

исходило, видимо, на фоне многократных внутрирудных перемещений, в процессе которых мощность жилы постепенно наращивалась от висячего бока к лежачему. Так, в большинстве участков жилы Марта полосчатые агрегаты сульфидно-кварцевых руд тяготеют к ее лежачему боку. Висячий бок жилы, сложенный одним кварцем, залечивающим брекчию андезито-дацитов, как правило, не содержит золота. В околорудноизмененных породах проявлены новообразованные серицит, пирит, карбонаты. Местами непосредственно у зальбанд жил породы сильно окварцованы.

*Месторождение Комшток.* Оно является ярким примером крупных месторождений, представленных в вулканотектонических постройках рудными телами, сосредоточенными в одиночных, но мощных рудоносных разломах или в группах таких нарушений. Материалы по месторождению (Невада, США) опубликованы автором в 1987 г., С.Д.Шером [10], Дж.А.Альберсом и Ф.Дж.Клейнхемлом в 1970 г., а ранее Д.Г.Вайтбредом и Д.Б.Гувером, В.П.Жианелли и Г. А. Томпсоном в 1968, 1959 и 1956 гг. Все они использованы в настоящем очерке. Начиная с 1862 г. за более чем 60-летнюю историю разработки на месторождении добыто 266 т Au и почти 5000 т Ag (Au : Ag = 1 : 19). Локализовано оно в вулканотектонических структурах окраинно-континентального вулканогенного пояса.

Месторождение представлено жильной зоной, приуроченной к одноименному сбросу, который пересекает в субмеридиональном направлении западный сектор вулканокупольной постройки. Она развилась на основании домеловых и эоценовых вулканитов и гранитоидов. Сложена постройкой лавами и брекчиями формации андезитов Альта, лавами, агломератами и брекчиями контрастной риолит-андезитовой формации Кейт-Пик, переслаивающимися с последними вулканогенно-озерными отложениями, а также послерудными лавами андезито-базальтовой формации ( $N_2$ ). Суммарная мощность дорудных пород достигает 3 км. На участке месторождения андезиты формации Альта прорваны несколькими штоками диорит-гранодиоритов Дэвидсон. В восточной части месторождения, среди пород риолит-андезитовой формации Кейт-Пик проявлены рвущие их субвулканические трубки и неkki риолитовых порфиров. Предполагается, что здесь расположен вулканический центр.

Рудоносный разлом Комшток представлен зоной дробления, заключенной между граничными тектоническими швами висячего и лежачего бока. Разлом прослеживается на большом протяжении среди околорудноизмененных андезитов Альта, а местами вдоль контакта их со штоками диорит-гранодиоритов Дэвидсон, залегающих в лежащем боку нарушения, или риолитов Кейт-Пик (рис.16). Амплитуда многократных перемещений по разлому оценивается — для дорудного этапа в 720 м и послерудного — в 480 м. Вблизи современной поверхности от шва висячего бока разлома отделяется несколько пучков оперяющих сколов субвертикального падения, представленных сближенными, почти параллельными и нередко множеством соединяющих их трещин. К ним приурочены линейные зоны прожилкового и штокверкового,

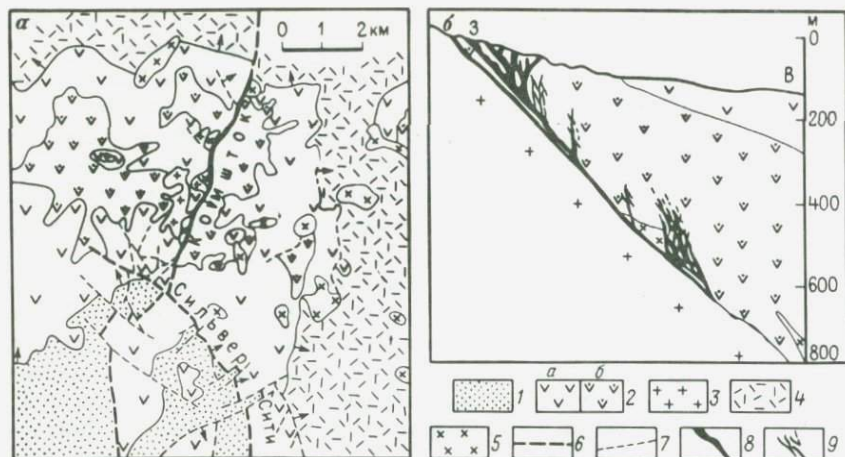


Рис.16. Геологическая схема месторождения Комшток (а) и идеализированный разрез через него. По Дж.П.Алберсу и Ф.Д.Клейнхемплу, с некоторыми изменениями

1 — породы "рамы": риолиты, метаосадки, гранодиориты ( $MZ - P_2$ ); 2 — андезиты и их брекчии формации Альта ( $N_1$ ); 3 — диориты и гранодиориты Дэвидсон ( $N_1$ ); 4 — лавы и пирокласты риолит-андезитовой формации Кейт-Пик ( $N_1 - N_2$ ); 5 — некки и субвулканические тела риолитов формации Кейт-Пик; 6 — рудоносные разломы; 7 — прочие разрывы; 8 — золоторудные сульфидно-кальцит-кварцевые жилы; 9 — золоторудные прожилковые зоны-апофизы

необычайно богатого оруденения — так называемые "камеры". Содержание Au в них достигали 500 г/т, а Ag — 16 кг/т при мощности тел до 30 м. Штокверки меньшей мощности были обнаружены в висячем боку разлома и на более глубоких горизонтах, вплоть до 650 м ниже поверхности. Протяженность их по восстанию 100—180 м.

Главная жила в сбросе характеризуется брекчиевой текстурой руд, кокардовыми и крустификационными каймами кварца, сульфидов, нередко адуляра и кальцита в "межбрекчиевых" участках. Из рудных минералов главное значение имеют пирит, халькопирит, галенит, сфалерит. Серебро заключено в аргентите, полибазите и электруме. Руды размещались среди пропилитизированных пород. Пропилитизация существенно возрастает вблизи рудоносного разлома, прожилковых и штокверковых зон-апофиз. В размещении ее четко проявляются элементы вертикальной минеральной зональности — с глубины 160—175 м в пропилитах появляются эпидот, альбит, еще глубже — актинолит, но вместе с тем исчезают адуляр, глинистые минералы и пирит.

Сравнительно богатые руды были прослежены в зоне разлома (с перерывами) почти на 1 км по падению. Здесь зона была минерализована только в отдельных разобщенных участках, а в жильном веществе существенно преобладали метасоматический кварц, ранний пирит и халькопирит. Содержания благородных металлов уменьшились в несколько

раз. На глубине 900 м от поверхности в разведочные выработки ворвались горячие (75 °С) сульфатные воды, которыми в конце 20-х годов рудник был затоплен.

*Рудное поле Гуанахуато.* Описано Вассало Моралес и др. [2], Ж. Баше [12], Д.В.Г.Гроссом в 1975 г. в обзоре мексиканских серебряных месторождений (Mining magazine, 1979, vol. 140, № 2, с.110–123). К концу 1977 г. на нем было добыто около 230 т Au и 32 тыс.т. Ag, а оставшиеся запасы Au оценивались в 65 т. Как и другие золото-серебряные рудные объекты Мексики, оно размещается в окраинно-континентальном вулканогенном поясе альпийского возраста. Рудное поле расположено частично в шарнире, а в основном на северо-восточном крыле крупной антиклинали Оксиденталь, осложненном мелкими складками. Шарнир ее погружается полого на юго-восток. В соответствии с этим погружением северную часть поля слагают меловые кварц-серицитовые и серицит-хлоритовые сланцы, филлиты и известковистые сланцы с прослоями и линзами известняка и песчаника. К юго-востоку, примерно в средней части поля, они перекрываются толщей конгломератов и песчаников Гуанахуато ( $P_2$ ) мощностью до 1400 м. Восточная часть его сложена лавами и пирокластами контрастной андезит-липаритовой (риолитовой) формации ( $N_1^{1-2}$ ) мощностью до 900 м. Они вмещают (не показаны на рис. 17) дайки и штоки субвулканических андезитовых порфиритов и гипабиссальных монзонит-порфириров. Предполагается, что они фиксируют вулканический центр, расположенный к востоку от рудоносных разрывов. Золото-серебряной минерализации подверглись два протяженных разлома, падающих под углом 45–65° на ЮЗ (Вета-Мадре и Сьерра), и серия сравнительно локальных нарушений Ла-Лус в северо-западном секторе рудного поля (преимущественное падение на северо-восток и восток, угол 65–80°). Главным рудоносным нарушением является разлом Вета-Мадре, сопровождающийся промышленными рудами (перемежающимися со слабооруденелыми участками) на протяжении 18 км. Разломы Вета-Мадре и серия разрывов Ла-Лус унаследовали трещины двух ранних направлений – северо-западного и субмеридионального, которые и использованы их протяженными отрезками. К субмеридиональному направлению, кроме того, приспособились оруденелые оперяющие сколы разлома Вета-Мадре (например, Мегули). Оруденелые сколы рудоносного разлома Сьерра, наоборот, использовали ранние трещины субширотного простирания. Рудоносные разломы Вета-Мадре и Сьерра – древние (по заложению) нарушения, что фиксируется приуроченностью к их зонам контактов гранитного интрузива и даек. Суммарная амплитуда вертикальных перемещений оценивается в 1400 м по разлому Вета-Мадре и более 50 м – по разлому Сьерра.

Руды в разломах Вета-Мадре и Сьерра дали соответственно 2/3 и 1/5 всей добычи Au. Основная часть руд оказалась заключенной в пятикилометровом отрезке разлома Вета-Мадре, расположенном от поперечного разлома Эскобас до рудника Валенсиана (см.рис.17). Рудные тела представлены двумя типами: 1) преобладающими жилами плитообразной формы мощностью 1–20 м с брекчиевой текстурой руд, 2) нес-

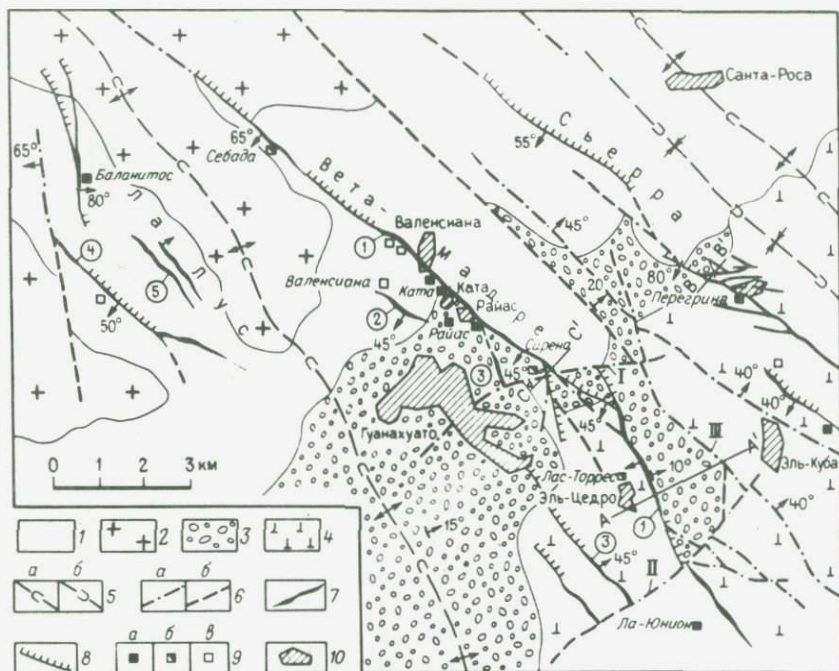


Рис. 17. Геологическая схема рудного поля Гуанахуато. По данным В.Г.Грасса и других источников.

Дорудные разломы: I — Эскобас, II — Констанция, III — Ла-Леон. Главные жилы и оруденелые разломы: 1 — Вета-Мадре, 2 — Нопэл, 3 — Мегули, 4 — Ла-Лус, 5 — Ла-Лоб.

1 — андезиты и подчиненные известняки, известняковые сланцы и песчаники ( $K_1$ ); 2 — гранодиориты и граниты ( $K_2$ ); 3 — конгломераты и песчаники ( $P_2$ ); 3-4 — агломераты и туфы андезитов, потоки андезито-риолитов ( $P_1^{1-2}$ ); 5 — оси складок: а — антиклиналей, б — синклиналей; б — дорудные разломы: а — прослеженные; б — предполагаемые; 7 — жилы с богатыми рудами; 8 — жилы с бедными рудами (эксплуатировавшиеся мало); 9 — шахты: а — действующие, б — строящиеся, в — заброшенные; 10 — населенные пункты

колькими штокверками протяженностью 100–300 м (максимальная мощность 20–90 м). Последние представляют собой систему прожилков, заполненных крустификационными агрегатами минералов. Жилы в разломе Вета-Мадре размещаются между четко выраженными тектоническими швами, прослеживающимися вдоль их висячего и лежащего бока. Как правило, при увеличении угла падения шва лежащего бока и образовании раздува зоны дробления возрастает и мощность плитообразных жил. Штокверки, наоборот, отделяются от шва висячего бока и тех участков зон дробления, которые характеризуются минимальной мощностью (и соответственно выступами лежащего бока разлома). Вертикальный размах оруденения достигает 750 м. До 70-х гг. содер-

жания Au и Ag в штокверках и жилах составляли соответственно около 2,5–3,5 и 300–450 г/т. В настоящее время они снизились до 2,1 и 300 г/т.

Руды кварц-карбонат-адулярового состава содержат несколько процентов рудных минералов – пирита, халькопирита, галенита, сфалерита, полибазита. Серебро заключено в основном в аргентит-акантите, агвила-рите ( $Ag_4S\ Se$ ), науманите ( $Ag_2\ Se$ ). Золото представлено самородной формой и электрумом в позднем халцедоновидном кварце и пирите. Отношение Au : Ag около 1 : 145. С глубиной устанавливаются признаки минеральной зональности – среди сульфидов начинает преобладать пирит и халькопирит и почти полностью исчезают карбонаты. Руды становятся кварцевыми. По датировкам адуляра сформировались они в верхнем олигоцене (абс.возраст  $28,3 \pm 5,0 - 30,7 \pm 3,0$  млн.лет) при температуре 350–250 °С с температурным градиентом 8–10 °С/100 м.

## ВЫВОДЫ

1. Зарубежные месторождения близповерхностных и малоглубинных золотых, золото-теллуридных и золото-серебряных руд формируются в различных вулканотектонических постройках отрицательного (кальдерах, мульдах, грабенах) и положительного типов (вулканокуполах, вулкано-антиклиналях, антиклиналях).

2. При скоротечном накоплении вулканитов, близодновременном проявлении гипабиссальных интрузивных, жерловых и субвулканических тел на фоне складчатой и разрывной тектоники в пределах формирующихся вулканотектонических построек возникают преимущественно сопряженные с ними разрывы кольцевой и радиальной системы. Они используются рудоносными растворами и вмещают основную часть рудных тел. Рудообразование происходит в период завершения формирования построек; вслед за ним нередко накапливаются маломощные покровы вулканитов и возникают мелкие субвулканические тела.

При сравнительно длительном формировании вулканотектонических построек, наряду с сопряженными концентрическими и радиальными трещинами, образуются наложенные дизъюнктивные нарушения. Они рассекают структурные элементы построек и проникают в породы "рамы" (основания).

3. Наложенные нарушения используют несколько систем ранних трещин, унаследуют их и отдельные элементы радиальных и реже кольцевых разрывов. Подобные нарушения отличаются многократностью подновления, крупными амплитудами перемещений (многие десятки и сотни метров), локализацией в отдельных интервалах зон субвулканических и жерловых тел, а также интрузивных даек. Эти особенности формирования обуславливают резкие коленообразные перегибы и сочлененность разрывов друг с другом, нередкое проявление их в виде пучков сближенных многочисленных трещин, развитие большого числа субпараллельных и боковых оперяющих сколов, разветвленность нарушений на флангах и вверх по восстанию. В вулканотектонических постройках такие разрывы выполняют двоякую роль. Нижние части их служат

рудоподводящими каналами, и нарушения выступают как рудоконтролирующие по отношению к оруденению, проявленному в пределах вулканической постройки и на ее периферии. Верхние части разрывов — рудовмещающие и локализуют основную массу золотого и серебряного оруденения. Указанные особенности обуславливают преимущественное проявление в зонах наложенных разрывов протяженных и мощных ветвящихся жил сложного строения, прожилковых и штокверковых зон с многочисленными апофизами, а в местах сочленения разрывов — трубообразных тел, зон и залежей прожилково-вкрапленных и вкрапленных сульфидных руд. Эти тела характеризуются в ряде случаев максимальной (для типа) мощностью и протяженностью в плане и на глубину.

4. Зарубежные месторождения достигают крупнейших и крупных масштабов: а) при локализации внутри длительно формировавшихся (обычно изолированных) кальдер небольшого размера, в пределах небольших вулканокуполов или в ограниченных участках тектонически интенсивно нарушенных вулкано-антиклиналей и антиклиналей; б) при проявлении оруденения четко выраженного сосредоточенного типа — т.е. при концентрации основной массы руд в разрывах двух структурных типов — в протяженных и мощных единичных рудоносных разломах (нередко в пучках, представленных несколькими разломами) или в протяженных и широких системах многочисленных сменяющих друг друга рудоносных сколов; в) при отсутствии четко выраженных элементов вертикальной минеральной зональности, сохранении на всем вертикальном интервале оруденения степени сульфидности руд, всех (или большей части) продуктивных минеральных ассоциаций, сравнительно постепенном и равномерном снижении содержания золотa с глубиной, сокращении оксидов и карбонатов Fe и Mn, барита и флюорита. Вертикальный размах руд составляет 700—1000 м.

5. Оруденение достигает значительного масштаба на тех зарубежных месторождениях рассматриваемого типа, которые длительно формируются в мульдах и грабенах. Рудоносные площади при этом расчленяются на блоки разломами, которые в процессе последующей минерализации приобретают рудоконтролирующую роль. Они сопровождаются пучками и широкими протяженными системами оперяющих рудовмещающих сколов.

Таким образом, при всем многообразии геологической обстановки и типов построек главный фактор, определяющий локализацию крупных скоплений руд золотa, — формирование проницаемых масштабных разрывов и систем многочисленных трещин, "подготовленных" к проникновению рудоносных растворов.

6. В большинстве случаев отсутствие промышленных руд в рудоконтролирующих разломах служит неблагоприятным признаком для обнаружения крупных запасов золотa на зарубежных месторождениях. Как правило, локализация руд в "закальдерных" кольцевых и радиальных структурах или на периферии куполов и антиклиналей, на периферии мульд, в бортах грабенов при отсутствии четко выраженных рудоконтролирующих разломов, наличии скачкообразно проявляющейся минеральной

зональности, телескопировании разновозрастных минеральных парагенезисов свидетельствует об умеренных масштабах рудных объектов.

7. Для большинства зарубежных объектов выявлено, что 1/2 или 3/4 и более запасов благородных металлов сосредоточены в пределах верхней трети вертикального рудоносного интервала. Для слабо эродированных объектов этот интервал составляет преимущественно 500–700 м. Известно всего четыре месторождения с вертикальным размахом оруденения около 1 км или более – Крипл-Крик, Сильвертон-Теллурид, Шуор и Бая-Маре (СРР). Максимальный вертикальный размах оруденения характерен для рудных объектов, формирующихся в кальдерных постройках, и особенно для тех из них, которые размещаются во внутриконтинентальных вулканогенных поясах. Наименьший размах (первые сотни – 500 м) отличает месторождения, возникающие в мульдах и грабенах окраинно-континентальных поясов.

8. Среди рудных тел на месторождениях резко преобладают жильные образования – сложные ветвящиеся жилы, жилы плитообразной формы, прожилковые и штокверковые зоны. Подчиненные им залежи вкрапленных метасоматических руд, а также трубообразные тела прожилковых и вкрапленных руд, приуроченные к эруптивным брекчиям, так или иначе связаны с трещинными каналами, трещиноватостью, тектонически нарушенными контактами брекчиевых тел. В свою очередь, все эти элементы являются результатом проявления узлов пересечения разрывных “добрекчиевых” нарушений.

Помечено, что в кальдерных постройках образуются преимущественно концентрические и радиальные, а в вулканокупольных – радиальные разрывы, тяготеющие к жерловым телам. В линейных вулканотектонических нарушениях (мульдах, грабенах, антиклиналях и т.д.) возникают разрывы, сопряженные с этими структурами и наложенные на них.

9. Золотые и золото-теллуридные руды, как правило, мало- и убогосульфидные образования, золото-серебряные – разнообразны по степени сульфидности; в некоторых из них устанавливается до 20 % рудных минералов. Золото-кварц-сульфидные руды относятся к трем типам: 1) серебряным, 2) свинцово-цинково-серебряным, 3) медно-серебряным. Руды многостадийны, сравнительно обогащены оксидами и карбонатами Fe и Mn, флюоритом, баритом. Разнообразны сульфидные и сульфосолевые соединения Sb, As, Bi, Ag. Широко проявлены халцедоновидный кварц и халцедон, опал, минералы Mn, адуляр. Типична резкая изменчивость состава и текстур руд, крайняя неравномерность распределения в них благородных металлов, телескопированное размещение разновозрастных минеральных ассоциаций.

Для руд обычно наличие электрума и нередко кюстелита. Наиболее высокопробное золото характерно для малоглубинных золотых и золото-теллуридных руд внутриконтинентальных, наиболее низкопробное – для золото-серебряных руд окраинно-континентальных вулканогенных поясов.

10. Формирование верхних частей рудных тел происходит под “пок-

рышкой” пород мощностью от первых сотен метров до 1,5 км, при этом максимальные глубины формирования более свойственны месторождениям, локализующимся в антиклиналях, и минимальные — при локализации в кальдерах островных дуг, где они сопровождаются алунидами и каолинитами. Рассматриваемые месторождения формируются сравнительно быстро, на фоне интенсивной внутрирудной тектоники.

### ГЛАВА III

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ХРУПКИХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАЗОВАНИЯХ

Появление рассматриваемых месторождений обусловлено избирательным возникновением трещин в породе, являющейся более хрупким образованием по сравнению с вмещающей ее средой. Такая избирательность связана с резким различием, контрастностью прочностных свойств контактирующих пород различного состава. Как правило, хрупко деформируются геологические образования, имеющие ограниченный объем. В этих телах, расположенных внутри крупной массы породы, происходит интенсивное формирование трещин, например в единичных штоках (любого состава), заключенных среди мощной и протяженной толщи рассланцованных кварц-хлоритовых или алевролитовых сланцев, в дайках, залегающих в слоистых терригенных породах, либо в отдельных слоях кварцитов или в редких силлах, расположенных в толщах умеренно-метаморфизованных и рассланцованных вулканитов или в толщах осадочных пород.

Следует заметить, что размеры и масса сравнительно хрупких штоков, даек, силлов или пластов малы по сравнению с заключающими их терригенными толщами или рассланцованными вулканитами, а способность к разрушению и образованию трещин проявляется опережающе, при меньших величинах деформирующих напряжений (т.е. опережающе сравнительно с вмещающей средой). Соответственно пласт, дайка или шток разрушаются разрывами еще до того момента, когда начнется трещинообразование в заключающей их породе. Как известно, это ведет к спаду напряжений в ней и соответственно к сохранению ею сплошности.

Во всех случаях сравнительно маломощные хрупкие тела деформируются целиком, как единое целое, наподобие образца, испытываемого на сжатие. Трещины образуются во всем его объеме. Порода, заключающая такое тело, выступает лишь как среда, передающая напряжение. При ориентировке сжимающих напряжений в направлении, близком к горизонтальному, в крутопадающем штоке, в дайке, в пласте кварцита (расположенных примерно поперечно к действующей силе) возникают

две системы сколов, подвергающиеся оруденению. Поскольку одна из них преобладает, разрывы и золоторудные тела, принадлежащие к такой системе, располагаются последовательно друг за другом или одно под другим. Подобные образования, устанавливаемые в пределах золотоносных районов и зон, являются концентраторами руд золота и образуют месторождения второго типа, имеющего важное промышленное значение. Следует заметить, что развитие месторождений зависит от проявления мощных толщ сравнительно пластичных пород терригенных и карбонатно-терригенных формаций, сланцевых и филлитовых формаций, умеренно-метаморфизованных и рассланцованных вулканитов (преимущественно базальтового, базальт-андезит-дацитового, андезитового состава), а также от проявления мелких магматических тел и образований (штоков, даек, силлов и т.д.).

Во всех перечисленных сочетаниях пород фактором, определяющим локализацию руд, выступает не геотектоническая обстановка, а в первую очередь условия залегания оруденения, его геологическая позиция. С другой стороны, важное значение имеет размер деформирующегося хрупкого тела. Целиком, как единое тело, деформируются штоки, имеющие в поперечнике не более 0,5–1 км. При больших размерах интрузивов трещины появляются преимущественно лишь в их приконтактовой зоне.

Поскольку такие условия залегания руд достаточно обычны в складчатых геотектонических постройках различного типа и возраста, рассматриваемые месторождения установлены во многих архейских зеленосланцевых поясах щитов (например, месторождения Керкленд-Лейк, Сигма-Ламак, Бидгуду Керкленд, Кемфло и др. в Канаде; месторождения в Танзанийско-Зимбабвийском и Бразильском щитах — Биндура, Принс Олаф, Вубачикве; Коннемара и др. в Зимбабве; Гейта в Танзании; Пассажем, Рапосос и др. в Бразилии и т.д.), в терригенных и сланцевых зонах некоторых складчатых систем ( $PR_1$ , например, в Бирримской — месторождение Калана, Мали, в Западно-Красноморской зоне в Египте, в Ахагарской, Алжир, месторождение Ин-Дарсет и др.), а также в складчатых системах других возрастов ( $PZ$  в Тасманийско-Австралийском складчатом поясе, Австралия, месторождения узла Вудс Пойнт: Морнинг Стар, Шамрок, Уолхалла и др.,  $MZ$  — в Орегоно-Монтанском секторе Центральных Кордильер США, месторождение Мессенджер и др., в Канадских Кордильерах, Канада, Брелорн-Пайонири и др.,  $KZ$  — в складчатых вулканогенных дугах Японии, месторождение Ани и др.).

Месторождения, размещающиеся в архейских зеленосланцевых поясах, преобладают, что косвенно свидетельствует о накоплении и формировании слоистых толщ, по составу контрастно отличающихся от прорывающих их магматических тел. Нередко и вмещающие их толщи характеризуются контрастным составом слагающих пластов. В связи с достаточно строгой приуроченностью оруденения к магматическим телам и размещением руд внутри последних, эти образования целесообразно именовать рудоносными. В большинстве случаев рудоносные штоки имеют гранодиоритовый, диоритовый и диорит-сиенитовый, монзонитовый сос-

тав. Среди слоистых пород, характеризующихся существенной хрупкостью и развитием руд золота, в качестве рудоносных преобладают кварциты и их железистые разновидности. В большинстве случаев мощность рудовмещающих интервалов кварцитовых слоев изменяется от нескольких метров до 20 м, протяженность — 100—200 м. Масштаб месторождения возрастает по мере увеличения протяженности участка пласта, подвергшегося оруденению.

Сланцевая, песчанико-сланцевая, сланцево-вулканогенная или какая-либо иная среда, вмещающая рудоносные образования, как правило, смята в систему протяженных линейных складок. Степень сжатости складок преимущественно средняя и высокая. Прорывающие рудовмещающую толщу интрузивные (иногда субвулканические) штоки, силлы, как правило, размещаются в наиболее проницаемых участках антиклиналей — на перегибах сводов, на замыканиях их, в осевых частях сравнительно прямолинейных складок, а также в тектонически осложненных интервалах и узлах рудоконтролирующих разломов — на перегибах, пересечениях и сочленениях с разрывами другого направления, на разветвлениях разломов. Наряду с нарушениями регионального типа, рудоносные штоки и дайки также широко используют тектонически осложненные интервалы и узлы локальных рудоконтролирующих разрывов, особенно те из них, которые пространственно совпадают с деформированными элементами складок. Рудоносные штоки выступают преимущественно в роли трещинных тел и имеют чаще дайкообразную форму. Таким образом, размещение рудоносных магматических образований, как правило, обуславливается пространственным сочетанием благоприятной складчатой и разрывной структуры. Расположенные, казалось бы, изолированно рудоносные штоки и дайки, на самом деле имеют контакты, тектонически нарушенные дорудными разрывами, которые и служили каналами для поступавших золотосодержащих растворов.

Исходя из генезиса и морфологии хрупкого геологического образования, подвергшегося оруденению, а также промышленного значения рудоносных магматических тел и кварцитов, целесообразно последовательно рассмотреть месторождения (и в том числе с крупнейшими запасами золота), приуроченные к хрупким интрузивным штокам, затем, как правило, средние и промышленно менее значительные месторождения, локализованные в дайках и силлах, и, наконец, рудные объекты небольшого масштаба, заключенные в согласных геологических телах — в силлах и пластах кварцитов.

## **МЕСТОРОЖДЕНИЯ, РАЗВИТИЕ В ШТОКАХ**

Наиболее крупные рудные объекты, принадлежащие к рассматриваемому типу, приурочены к сравнительно хрупким интрузивным штокам различных пород — от гранитоидов до габбро и сиенитов, прорывающих многокилометровые толщи рассланцованных вулканитов и терригенных пород. И те, и другие являются элементами разреза архейских зеленосланцевых поясов, в частности, для участков крупнейших мес-

торождений Керкленд-Лейк и Сигма-Ламак, проявленных среди кристаллических пород Канадского щита. Наряду с такими гигантами в той же геологической позиции установлены рудоносные штоки, затронутые трещинообразованием только в отдельных небольших по объему участках, что обусловило и локализацию руд в небольшом масштабе. Наряду с жилами, в магматических штоках установлены залежи и зоны вкрапленности золотоносных сульфидов, нередко сочетающейся с прожилками. Мощные линзообразные залежи как бы последовательно "нанизаны" на рудоносный разрыв, проявленный внутри магматического штока, или приурочены к цепочкам почти целиком измененных мелких штоков. Такие тела концентрируют крупные и средние запасы руд и благородного металла. Поэтому среди месторождений, приуроченных к штокам магматических пород, целесообразно рассмотреть группу рудных объектов с жильными, а затем вкрапленными рудами.

*Месторождение Керкленд-Лейк.* Расположено в провинции Онтарио, Канада. Начиная с 1912 по 1986 г., по данным К.Г.Бертони [14] и ежегодным публикациям *Canad. min. journal*, № 2 за 1983–1987 гг., из руд его получено 721 т Au. По различным зарубежным оценкам в недрах месторождения заключено еще около 20–30 т Au. В 1984 г. было извлечено 124 144 т руды с содержанием 17,11 г/т Au и 2043 кг металла \*. Геология месторождения изложена по материалам Р.Керрича, Дж.Р.Ватсона [33], а также публикациям А.М.Гудвина, В.Ворда в 1948 г. и др.

Месторождение приурочено к дайкообразному штоку целочных габбро и габбро-порфиритов, заключенному среди толщи конгломерат-песчаникового состава, содержащей подчиненные им горизонты туфов предположительно лейцитовых андезито-базальтов. Эти породы вулканогенно-грубообломочной формации относятся к группе Тимискаминг ( $AR_2$ ). По расчетам автора и Н.А.Лебедевой, выполненным в 1981 г., мощность пород около 5 км. Толща смята в сильно сжатые складки, опрокинутые на С и СЗ. Рудоносный шток прослеживается не менее чем на 5 км в северо-восточном направлении (рис.18). Он представляет собой субвертикальное дайкообразное тело, на верхних горизонтах мощность его достигает максимально 400 м. На нижних она возрастает до 800 м. Характерная черта интрузива — расщепление его обоих флангов на серию довольно многочисленных апофиз. На северо-восточном фланге они вытягиваются веером в широтном направлении на несколько сотен метров (иногда до 1 км). На юго-западном фланге, начиная от центра месторождения, рудоносный шток переходит в сравнительно узкий "хвост" (мощностью 250 м, а затем не более 50–100 м), который также завершается веером нескольких коленообразно изогнутых апофиз. Последними использованы трещины двух направлений — северо-северо-восточного и субширотного. Мощность апофиз на обоих флангах невелика и изменяется от нескольких метров до 70 м. В результате площадь рудоносного штока на верхних горизонтах в горизонтальном срезе не

---

\* По данным *Canadian mining journal*, 1985, vol 106, № 2.

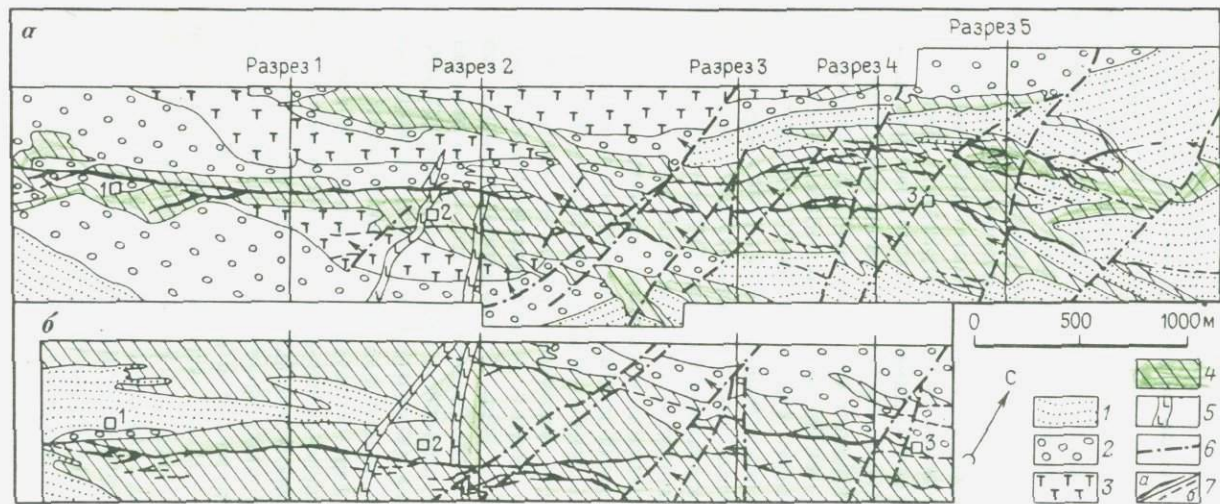


Рис. 18. Геологическая схема поверхности (а) и горизонта 915 м (б) месторождения Керкленд-Лейк. По В.Верду, Р.Керричу, Дж. Р.Ватсону и др.  
 1 — песчаники; 2 — конгломераты; 3 — туфы (предположительно андезитов); 4 — габбро, габбро-порфириды; 5 — послерудные дайки диабазов; 6 — разрывы; 7 — золоторудные сульфидно-кварцевые жилы: а — прослеженные, б — с бедными рудами и предполагаемые

превышает 1,5 км<sup>2</sup>. Рассмотренная морфология рудоносного штока объясняется приуроченностью его к мощной зоне локального рудоконтролирующего разлома Керкленд-Лейк северо-восточного простирания, а образование на флангах веера апофиз — локализацией их в субширотных трещинах отрыва и трещинах скола север-северо-восточного направления, оперяющих указанный разлом. Разлом юго-западным флангом сочленяется с другим рудоконтролирующим дизъюнктивом регионального значения — разломом Кадиллак, вытягивающимся с запада на восток более чем на 230 км вдоль южной границы зеленосланцевого пояса Абитиби архейского возраста.

Локальный рудоконтролирующий разлом Керкленд-Лейк, очевидно, представлял долгоживущее нарушение, подновлявшееся и после того, как зона его была залечена штоком позднеархейских щелочных габбро и габбро-порфириров. Вдоль длинной оси шток был нарушен зоной дробления, круто падающей на юго-восток. Мощность ее изменяется от первых метров до 20 м.

Начиная от юго-западного к северо-восточному флангу и с поверхности до глубоких горизонтов рудовмещающая структура существенно не изменяется. На юго-западном фланге месторождения вплоть до расширяющейся центральной части его разлом прослеживается в виде сосредоточенной зоны дробления, сопровождающейся в районе веера апофиз серией субмеридиональных оперяющих сколов. Зона разлома вмещает довольно мощную золоторудную жилу сульфидно-кварцевого состава, содержащую в обилии брекчию щелочных габбро. Таким образом, рудоконтролирующее нарушение на участке, где оно прослеживается вдоль длинной стороны дайкообразного штока, становится рудовмещающим. Начиная со средней части штока до северо-восточного выклинивания интрузивное тело пересечено пучком поперечных нарушений, имеющих простирание, близкое к субмеридиональному, и довольно пологое (от 30 до 60°) падение на запад. В более мощной части штока, пересеченной ими, единая жила расщепляется в плане на две-три ветви. Каждая из них, в свою очередь, разветвляется при приближении к висячему боку очередного поперечного разрыва (см.рис.18). Несовпадение в висячем и лежащем боках последних количества рудоносных трещин и жил свидетельствует о том, что они играли роль дорудных ограничителей в процессе минерализации. Рудоносные разрывы и жилы вблизи отдельных ограничителей или параллельных им трещин резко перегибаются и приспосабливаются к плоскостям поперечных нарушений, подчеркивая их дорудное заложение. Вместе с тем закономерное надвигание (в разрезе) и левостороннее (в плане) смещение по ним контактов штока, апофиз и отдельных отрезков жил, деформация рудного вещества у швов поперечных разрывов свидетельствуют, скорее всего, и о последующих послерудных движениях вдоль них.

В разрезе достаточно контрастно устанавливается веерообразное расщепление вверх по восстанию разлома, системы сопровождающих его нарушений и приуроченных к ним золоторудных жил (рис.19). Как уже отмечалось, наиболее четкий шов разлома и выполняющая его основ-

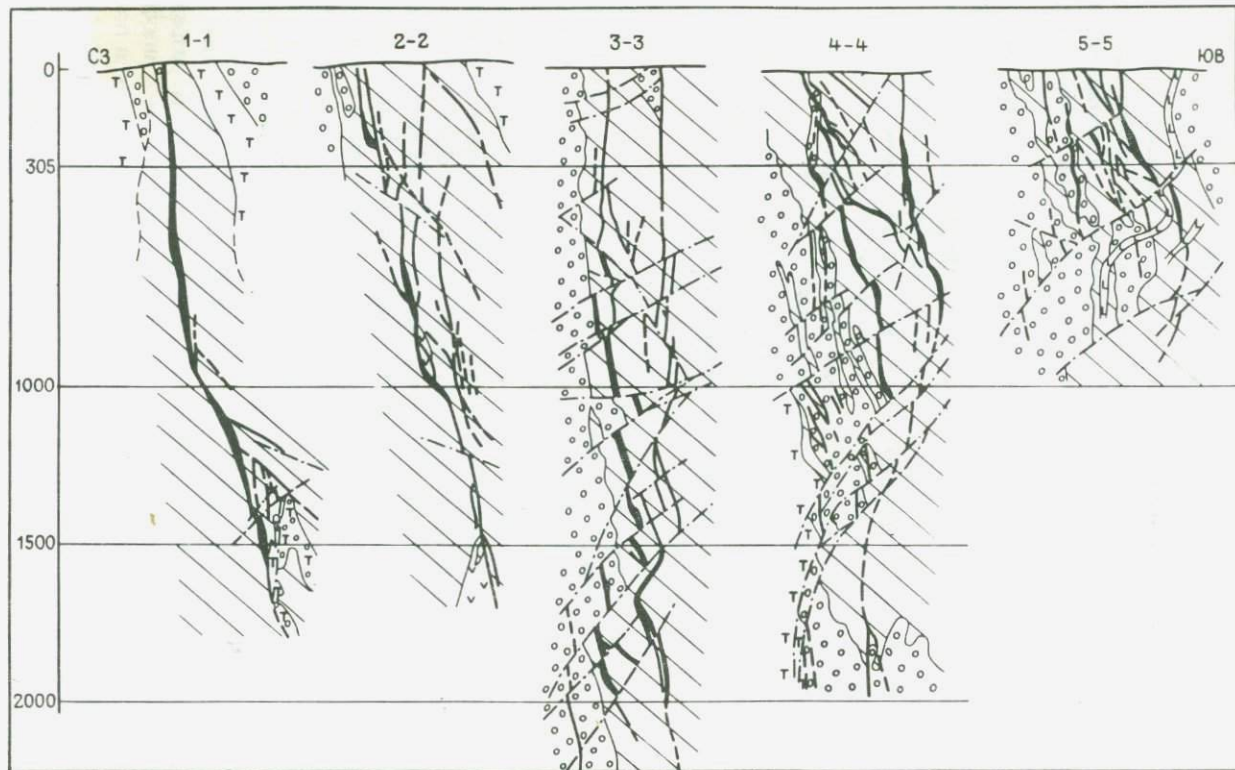


Рис. 19. Разрезы через месторождение Керкленд-Лейк. Усл.обозн. см.на рис. 18.

ная золоторудная жила протягиваются до нижних горизонтов месторождения (около 2200 м), всегда располагаясь примерно в 50–80 м от северо-западного контакта штока.

Интересно проследить оруденение в продольной плоскости рудоносного разрыва. Максимальный размах его типичен для центральной части месторождения и близок к таковому на юго-западном фланге, где оруденение сосредоточено в главной жиле и сравнительно редких сопровождающих ее апофизах. По мере приближения к северо-восточному окончанию штока размах оруденения постепенно сокращается до 800 м, а единая жила расщепляется в плане и по восстанию на серию ветвей. Такая особенность оруденения может быть связана с общим склонением его на глубину в юго-западном направлении.

Максимальная мощность рудных тел достигает 30 м. Подобные тела устанавливаются в узлах отделения апофиз от главных жил и соответственно оперяющих сколов от рудоносного разлома. При этом между расходящимися жилой и апофизой, как правило, в более брекчированной породе развивается участок прожилково-вкрапленного, а иногда и штокверкового оруденения. Рудой является не столько массивная жильная масса сульфидно-кварцевого состава, сколько серицит-хлорит-кварцевый метасоматит, вмещающий рудные и карбонатные прожилки и вкрапленность сульфидов (главным образом пирита).

Кроме кварца, из жильных минералов в руде установлены кальцит, доломит, в меньших количествах альбит, ортоклаз, барит и турмалин. Доля рудных минералов около 2–3%. Это преобладающий в кварце и в околорудном метасоматите пирит и подчиненные ему гематит, сульфиды (халькопирит, галенит, сфалерит) и теллуриды (преобладающие минералы Au–Ag — калаверит и петцит и более редкие Pb, Hg, Ni — алтаит, колорадоит и мелонит). Трещины в жильном кварце залечены ранним молибденитом и графитом. По удалении от жил метасоматит постепенно сменяется слабохлоритизированным и карбонатизированным габбро. Большая часть золота — свободная. Заключено оно в кварце, реже в пиритизированном серицит-хлорит-кварцевом метасоматите вблизи жил, в микротрещинах пирита. В последнем минерале тонкими анализами установлено также наличие дисперсного золота. С теллуридами связана небольшая часть благородного металла. Проба Au — 940. Отношение Au : Ag = 5 : 1. Содержание его в руде, извлекаемой из центральной части месторождения, достигало в среднем 15,5 г/т, в руде северо-восточного фланга изменялось от 10 до 12 г/т, а в руде юго-западного — примерно 14 г/т. Эти же концентрации сохраняются на глубоких горизонтах. Считают, что процесс минерализации начался при температуре 380–460 °С и завершился при 210–260 °С. Абсолютный возраст актинолита из жил определен в 2575 млн.лет. Таким образом, для рассмотренного рудного объекта четко устанавливается сосредоточенность оруденения в сравнительно небольшом интрузиве, резко отличающемся прочностными свойствами от вмещающей вулканогенно-грубообломочной среды, большой вертикальный размах оруденения, отсутствие четких признаков структурной и минеральной зональности и сохранение сравнительно высоких содержаний золота в рудах до самых глубоких горизонтов.

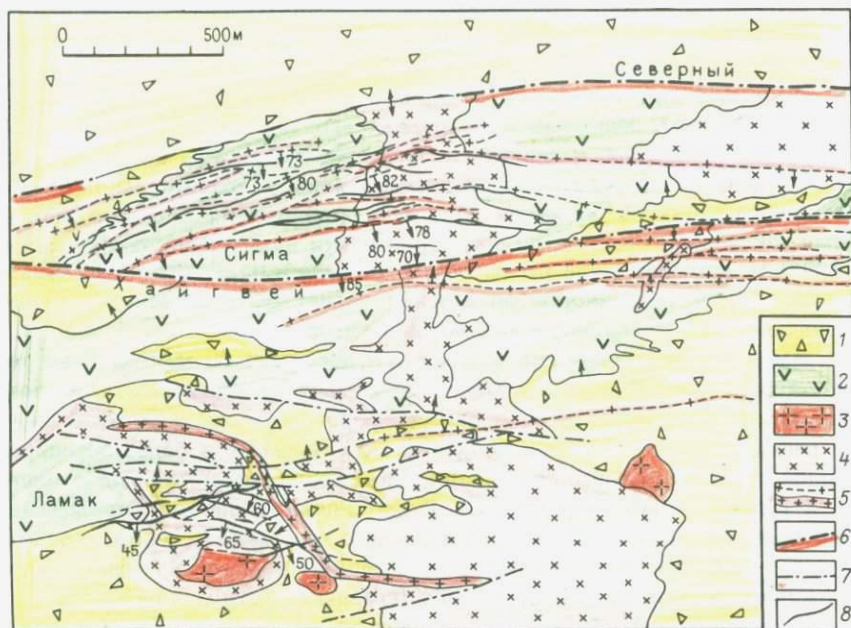


Рис.20 Геологическая схема золоторудного поля Сигма-Ламак. Составлена автором по материалам Ф.Роберта, Ги-Перро, Р.Деньо, А.К.Фитиджеральда, Г.С.Вильсона.

1 — лапиллиевые туфы и подчиненные агломераты андезитов; 2 — андезиты; 3 — гранодиориты и кварцевые диориты; 4 — диоритовые порфириты; 5 — субвулканические дайки кварц-полевошпатовых и кварцевых порфиров; 6 — региональные разломы; 7 — локальные разломы; 8 — золоторудные сульфидно-турмалин-кварцевые жилы

**Месторождение Сигма-Ламак.** Расположено в провинции Квебек, Канада. Оно является примером другого крупнейшего рудного объекта, приуроченного к телам интрузивных штоков и полосе субвулканических даек. Разрабатывается с 1935 г. и за 50 лет эксплуатации, согласно К.Г.Бертони [14] и ежегодно публикуемым данным в "Canad. mining journal" № 2 за 1983—1987 гг., из его недр извлечено более 255 т Au. Оставшиеся запасы металла превышают 50 т. Сведения о геологии месторождения опубликованы Ги-Перро и др. [36], а также Ф.Робертом и А.К.Брауном в 1986 и 1983 гг., Р.Деньо и др. в 1984 г., А.К.Фитиджеральдом и др. в 1967 г. и Г.С.Вильсоном в 1948 г.

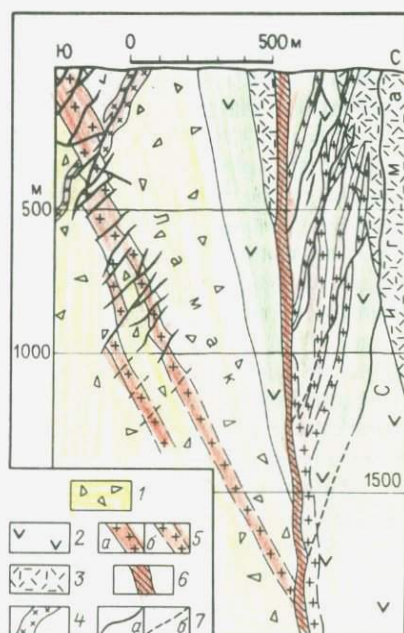
Месторождение размещается на восточном фланге зеленосланцевого пояса Абитибиде, Канада, к северу и югу от локального рудоконтролирующего разлома Хайгвей, вытянутого в широтном направлении. Нарушение сочленяется западным флангом с региональным разломом Кадиллак. Рудоносный участок расположен в 5 км к северу от зоны вышеназванного нарушения. Средой, вмещающей сравнительно хруп-

кие рудоносные штоки и дайки, служит мощная толща рассланцованных металов и пирокластов андезитовой формации, принадлежащих группе Малартик (видимо, ранний  $AR_2$ ). Оруденение к югу от разлома Хайгвей (участок Ламак) концентрируется в трубообразном гранитоидном штоке сложного состава (рис.20), круто погружающемся на север (угол  $70-80^\circ$ ) в сторону локального рудоконтролирующего дизъюнктива. Максимальные размеры штока в горизонтальном сечении (близком к эллиптической форме)  $250 \times 120$  м. Стержневая часть его представлена гранодиоритами и кварцевыми диоритами, периферическая кайма — диоритовыми порфиритами. Трубообразный шток, начиная от поверхности вплоть до горизонта 1200—1300 м, пересечен многочисленной серией расположенных друг под другом рудоносных разрывов и золоторудных жил турмалин-кварцевого состава (рис.21). Большинство жил слепые. Они имеют западно-северо-западное простирание и южное падение под углом от  $45$  до  $65^\circ$  и пересекают тело штока в поперечном направлении. Расстояние между рудными жилами устойчиво и сохраняется преимущественно в пределах  $60-90$  м (при максимальном колебании от  $30$  до  $100$  м). Исходя из направления ступенчато смещенных контактов штока по рудоносным разрывам, они могут быть классифицированы как взбросы. Мощность приуроченных к ним золоторудных жил — от  $90$  см до первых метров. Расположены они в диоритах штока и почти сразу же выклиниваются вниз по падению, выходя в андезиты и их пирокласты. Вверх по восстанию они прослеживаются на несколько десятков метров. Вблизи всякого, значительно реже у лежащего б-ка диоритов некоторые из жил многократно расщепляются на серию прожилков, образуя зоны штокверкового оруденения мощностью до  $6$  м.

Участок Сигма, расположенный к северу от рудоконтролирующего разлома Хайгвей, приурочен к узкому поясу или по-

**Рис. 21.** Разрез через золоторудное поле Сигма-Ламак. Составлено по материалам Г.С.Вильсона, А.К.Фитцджеральда и др.

1 — лапиллиевые туфы и подчиненные агломераты андезитов; 2 — андезиты; 3 — ортофиры; 4 — субвулканические дайки кварц-полевошпатовых и кварцевых порфиров; 5 — гранодиориты и кварцевые диориты: а — прослеженные, б — предполагаемые; 6 — зона разлома Хайгвей; 7 — золоторудные сульфидно-турмалин-кварцевые жилы: а — прослеженные, б — бедных руд и предполагаемые



лосе (до 300 м) субвулканических даек кварц-полевошпатовых и кварцевых порфириров (см.рис.20). Часть даек начинается от швов разлома. Трещины разлома на глубоких горизонтах сопровождаются дайками аналогичного состава. В целом они образуют как бы дугу, выгнутую выпуклой стороной на север. К жильным телам западного фланга дуги приурочена серия рудоносных зон дробления и золото-турмалин-кварцевых жил мощностью от нескольких сантиметров до 10 м.

Нарушения и жилы приурочены преимущественно к тектонически сорванным контактам даек, но нередко и отдаляются от них на несколько десятков метров. Отдельные жилы, резко перегибаясь, пересекают какую-либо дайку, приближаются к другой параллельной и следуют вдоль контакта последней. В разрезе и дайки, и "приконтактовые" золоторудные жилы с глубиной занимают все более близкое положение к разлому Хайгвей, а некоторые примыкают к его тектоническим швам. Интересно отметить, что к северу от разлома установлено другое разрывное нарушение, получившее название Северного. В западном направлении оно смыкается с разломом Хайгвей и служит северной границей распространения оруденения, развивающегося как бы между этими субпараллельными нарушениями. Ограничивающий элемент с востока — крутопадающий шток диоритовых порфириров. Жилы не прослеживаются далеко за его границу. Это тело напоминает шток участка Ламак. Однако оно рассечено очень крутыми (угол падения  $70-85^\circ$ ) кварц-порфировыми дайками и приуроченными к их контактам золоторудными жилами, которые протягиваются на глубину вдоль широтной оси штока. Если на участке Ламак протяженность жил лимитируется расстоянием между противоположными контактами штока, то на участке Сигма золоторудные жилы, как правило, менее протяженны, чем дайки. Длина жил изменяется от первых сотен до 900 м. На глубоких горизонтах некоторые из них смыкаются с разломом Хайгвей (см.рис.21). Таким образом, на большой глубине (около 1000—1500 м) от разлома в оба его бока "отходят" дайки и штоки кварцевых диоритов и кварцевых порфириров, а также связанные с последними рудоносные нарушения и золоторудные жилы. Можно предположить, что лежащий бок штока Ламак был тектонически нарушен и представлял собой канал, по которому поднимались рудоносные растворы. Руда образовалась в результате выполнения раскрывшихся трещинных полостей. Для верхних и средних горизонтов месторождения характерны крустификационные текстуры руд, обычны друзы кварца, крупные кристаллы пирита до нескольких сантиметров в поперечнике в щелевидных пустотах жил. На глубоких горизонтах в жилах все более увеличивается количество тектонической брекчии.

Главные жильные минералы руд — кварц, турмалин, анкерит, кальцит, хлорит и флюорит. Турмалин — один из наиболее ранних минералов. Вместе с тем кристаллизовался он неоднократно и устанавливался даже в "послезолотых" кварцевых и кварц-флюоритовых прожилках. Из рудных минералов преобладает пирит (90 % к массе рудных минералов). Кроме него в небольших количествах присутствуют халькопирит,

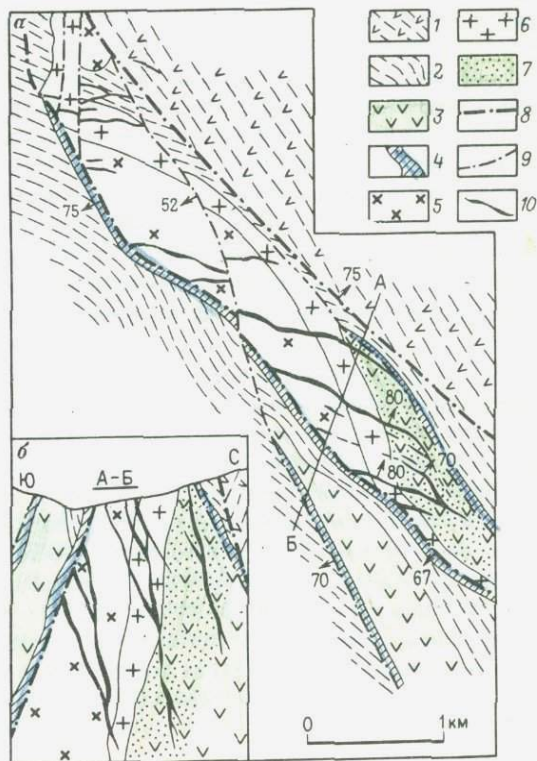
галенит, сфалерит, блеклые руды, пирротин, шеелит, магнетит, теллуридо-висмутит, калаверит и гессит. Пирит слабо золотоносен (45 г/т). Золото представлено зернами различного размера. Часть их более 1 мм и заключена в кварце. Встречается оно преимущественно в ассоциации с теллуридами. Пробность 920–950. Содержание его в рудах верхней части месторождения около 9 г/т. На горизонтах около 1000 м оно снизилось на участке Сигма до 6 г/т, а на участке Ламак — до 3,5 г/т. Жилы сопровождаются очень маломощными зонами окорудно-измененных пород — от нескольких сантиметров до 1,5 м. Метасоматит представлен агрегатом кварца, альбита, анкерита и фуксита, в котором развиты иголки турмалина и вкрапленность пирита.

**Месторождение Брелорн-Пайонир.** Расположено в Британской Колумбии, Канада. Вопрос о принадлежности этого объекта к месторождениям рассматриваемого типа неоднозначен. Главные жилы его расположены в штоках диоритов и гранитов, однако фланги и ряд второстепенных жил проникают в зеленокаменно-измененные вулканы и аргиллиты. Оруденение в штоках размещается между двумя протяженными разрывными нарушениями и при отсутствии интрузивных тел не проявляется.

Начиная с 1914 и до 1971 г. из недр было извлечено 129 т Au [13]. С 1981–1982 гг. на месторождении проводятся ревизионные работы, показавшие наличие промышленных руд. Геолого-структурный очерк месторождения составлен по материалам Д.А. Барра [13], а также публикациям

**Рис. 22.** Геолого-структурная схема (а) и разрез месторождения Брелорн-Пайонир (б). Составлено по материалам Д.А. Барра, В.Р. Бэкона и Ф.Р. Джубина.

1 — вулканы и кремнистые сланцы Р; 2 — аргиллиты, туфы и подчиненные кремнистые сланцы Т<sub>2</sub>; 3 — зеленые сланцы (метаандезиты) Т<sub>3</sub>; 4 — серпентиниты; 5 — диориты; 6 — щелочные граниты; 7 — пропилитизация; 8 — локальные рудоконтролирующие разломы; 9 — прочие разрывы; 10 — золоторудные кварцевые жилы



В.Р.Бэкона в 1978 г., Д.Г.Джеймса в 1961 г., А.В.Пула в 1955 г., и Ф.Р.Джубина в 1948 г. Упомянутые выше разрывные нарушения представляют собой сопряженные субпараллельные рудоконтролирующие разломы, расположенные на расстоянии 600–800 м один от другого (рис.22). Они вытянуты в северо-западном направлении. По одному из них (взбросу Фергюсон) на верхнетриасовые рудовмещающие породы с северо-востока надвинуты пермские вулканиты и кремнистые сланцы. С юго-запада на них по другому крутопадающему нарушению (зоне рассланцевания Кэдволлдер) надвинута толща аргиллитов, туфов и подчиненных кремнистых сланцев. Таким образом рудоносный блок, заключенный между разломами Фергюсон и Кэдволлдер, представляет собой своеобразный грабен. Развитые в нем аргиллиты и зеленые сланцы прорваны дайкообразным штоком диоритов (примыкающим к разлому Кэдволлдер) и несколькими более мелкими штоками щелочных гранитов. Зона рассланцевания Кэдволлдер примечательна тем, что к ней приурочена узкая (не более 20–100 м) пластина серпентинитов, вытянутая в северо-западном направлении более чем на 4 км. Пластина прослеживается в пределах месторождения и, видимо, из-за пластичности деформируемой породы являлась мобильной зоной, перемещения по которой достигали значительной амплитуды. В результате этих перемещений в штоке диоритов возникла серия сколов, отделяющихся от зоны рассланцевания и прослеживающихся в восточно-юго-восточном направлении. Сколы характеризуются крутым падением (55–80°) на север. Они вмещают главные жилы месторождения. При этом рудоносные сколы достаточно закономерно располагаются на расстоянии 200–500 м один от другого. Некоторые наиболее протяженные жилы непрерывно прослеживаются от зоны Кэдволлдер до разлома Фергюсон, вблизи которого они выходят из диоритов и гранитов и проникают в зеленые сланцы. Протяженность их достигает максимально 1500 м, вертикальный размах — 1300–1400 м, мощность изменяется от 10 см до 6 м (чаще 1–1,5 м). В разрезе главные жилы месторождения сопровождаются субпараллельными, но более пологими апофизами (см.рис.22). Основная часть их проявлена между главной жилой и рудоконтролирующей зоной Кэдволлдер.

Жилы существенно кварцевые. Присутствуют также кальцит и марипосит. Масса сульфидов в руде не более 1–3 %, причем основная доля их принадлежит пириту и арсенопириту. Очень редко сфалерит и шеллит, при этом сфалерит тесно ассоциирует с Au и является прямым признаком проявления богатого оруденения. Золото свободное, большей частью крупное, заключено в молочно-белом кварце, часто с полосчатой текстурой за счет ленточных включений хлорита и растертой вмещающей породы. Отношение Au : Ag = 5 : 1. При обычных содержаниях Au в руде на верхних горизонтах 15–20 г/т, в рудных столбах нередко оно поднималось почти до 150 г/т. В частности, в главной жиле № 77 с таким содержанием отрабатывались рудные столбы мощностью 3–7 м и протяженностью по падению более чем 250 м. На глубине 1300 м от современной поверхности содержание Au в руде снизилось до 9 г/т. Общий верти-

кальный размах оруденения приближается к 2 км, при этом нижней границы оруденения не установлено. Околорудно-измененные породы характеризуются небольшой мощностью — от десятков сантиметров до 4 м. Околорудный метасоматит представляет собой агрегат кварца, серицита, анкерита и вкрапленности пирита и арсенопирита. Золота околорудные метасоматиты не содержат.

*Месторождение Биндура.* Оно является примером отрицательного влияния крупного размера рудоносного штока на масштаб оруденения. Геология и структура месторождения рассмотрены по материалам Р. Тиндель-Биско, изданным в 1933 г., и С.Колбскопа [29]. Последний автор указывает, что за 70-летнюю эксплуатацию (включая старательскую) из руд объекта извлечено более 15 т Au, причем 95 % — из шести разобнесенных участков. Месторождение расположено в зеленосланцевом поясе Мазоз (Зимбабве), вытянутом в широтном направлении на 115 км. Пояс сложен андезитами группы Булавайо (абс.возраст 2800–2900 млн. лет), преобразованными в кварц-хлоритовые сланцы, и многокилометровой толщей граувакк с подчиненными алевролитовыми сланцами и кварцитами (группа Шамва —  $AR_2$ ). В районе месторождения она прорвана сравнительно крупным штоком кварцевых диоритов и гранитов, имеющим размер 4,5 x 7 км. Оруденение в нем развилось только в пределах периферической зоны, а иногда и в экзоконтактовом ореоле кварц-роговообманковых и кварцевых роговиков (рис.23). Особенности размещения его свидетельствуют об общем погружении штока на восток. Предполагается, что шток пересечен дорудными разрывами трех систем: широтными, северо-восточными и субмеридиональными. Субширотные нарушения, к которым пространственно тяготеют наиболее промышленно важные рудоносные участки, отстоят друг от друга на расстоянии 2–2,5 км и деформируют северный и южный контакты штока, а также его центральную часть. Видимо, большие размеры штока обусловили рассредоточенность разрывов, осложняющих его контакты, а вследствие этого и рассредоточенность оруденения. Важные рудоносные участки приурочены к южному разрыву, а также к флангам северного и центрального разрывов.

В гранитах оруденение представлено почти исключительно золото-сульфидно-кварцевыми жилами мощностью от долей до 10 м (на участке Принс Уэльс), а в роговиках восточного и южного контакта штока — жилами и широкими зонами прожилково-вкрапленных руд (см.рис. 23). Ореолы существенно кварцевых роговиков являются наиболее благоприятной породой для развития зон сближенных субпараллельных трещин и проявления вдоль них метасоматических вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд. Протяженность жил на месторождении достигает 0,7–1 км (Принс Уэльс, Промотер и Бота). Некоторые из жил залегают непосредственно в зонах северных, южных и центральных разрывов, а частично сочленяются с ними. Последние, видимо, использовали оперяющие сколы преимущественно широтного и западно-северо-западного направления.

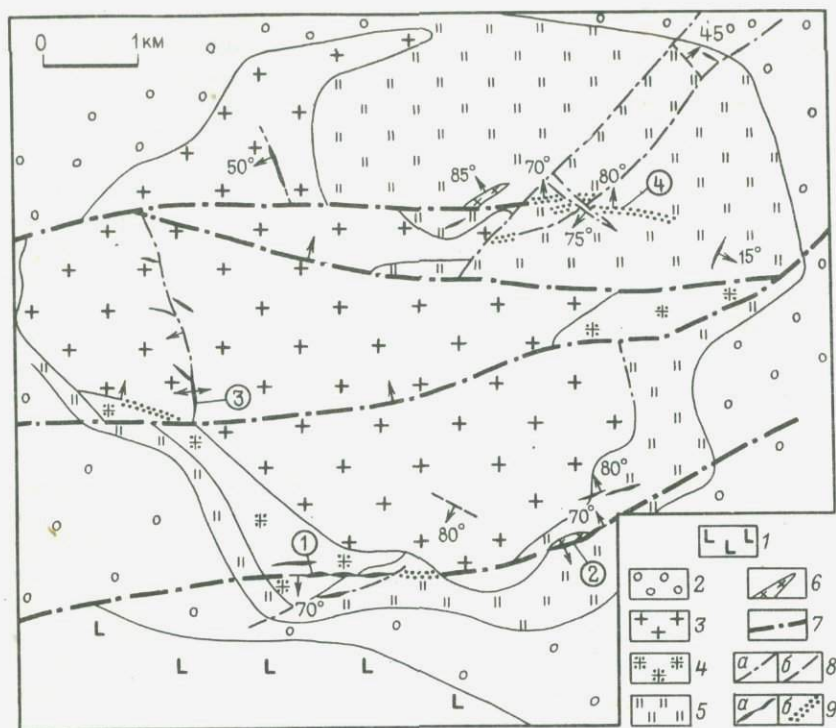


Рис. 23. Геологическая схема рудного поля Биндура. По Р.Тиндель-Биско и С. Колбскопу.

Рудоносные участки: 1 — Принс Уэльс, 2 — Кимберли, 3 — Бота-Промотер, 4 — Кингслей-Хоард.

1 — метаандезиты ( $AR_1$ ); 2 — граувакки и подчиненные алевролитовые сланцы и кварциты ( $AR_2$ ); 3 — граниты ( $AR_2$ ); 4 — диориты ( $AR_2$ ); 5 — кварцевые роговики; 6 — дайки кварцевых порфиров; 7 — разломы; 8 — прочие разрывы: а — прослеженные, б — предполагаемые; 9 — золоторудные тела; а — сульфидно-кварцевые жилы, б — вкрапленные и прожилково-вкрапленные зоны

Наряду с кварцем в некоторых жилах установлен турмалин. Сульфиды обычно представлены преобладающим пиритом и подчиненным ему арсенопиритом, пирротинном, галенитом и халькопиритом, иногда сфалеритом, висмутином, борнитом, джемсонитом, антимонитом. Установлены также предшествующие сульфидам шеллит (местами — до 1 %  $WO_3$ ), очень редко — молибденит. Содержания Au в жильных рудах от 3 до 10 г/т, во вкрапленных — от 2 до 4 г/т. Околорудные изменения представлены серицитизацией и пропилитизацией. Таким образом, для рудоносных штоков, целиком подвергающихся трещинообразованию и оруденению, "от контакта до контакта", наиболее оптимальна площадь, не превышающая в горизонтальном срезе 2–2,5 км<sup>2</sup>.

*Месторождение Калана.* Пространственно оно тесно связано с интрузивными штоками, однако основная часть золоторудных жил лока-

лизуется во вмещающих их ороговикованных песчанико-алевролитовых породах. Геология и структура месторождения изложены по материалам [3], а также публикациям автора в 1980 г., М.Диалло в 1980 г., Д.П.Бассо и Г.Трео в 1980 г., Б.И.Благонадежина в 1972 и 1975 гг. Месторождение (запасы которого составляют, по Д.П.Бассо и Г.Трео, 37 т Au) расположено в южной части Мали, вблизи границы с Гвинеей. Размещается в западных геотектонических постройках Бирримской складчатой системы  $PR_1$ . В районе и на участке месторождения проявлена мощная (несколько километров) терригенная толща алевролитовых сланцев и песчаников  $PR_1$ . Она смята в протяженную синклинальную складку субмеридионального направления и прорвана постскладчатými штоками кварцевых диоритов (абс. возраст 1860 млн.лет) и дайками кварцевых порфиров. Рудоносный участок расположен на западном крыле синклинальной складки, круто под углом от 60 до 80 ° погружающемся на восток и восток-северо-восток. Песчанико-сланцевые породы прорваны западным трубообразным штоком кварцевых диоритов, вертикально погружающимся на глубину, и восточным телом дайкообразной формы. Западное тело имеет в горизонтальном сечении размер 160 x 250 м. Ширина восточного тела, вытянутого на расстояние 650—700 м наподобие зигзагообразно изогнутой дайки в широтном, затем субмеридиональном и вновь широтном направлении, постепенно изменяется от 30 до 50 м. Между обоими штоками, отстоящими на расстоянии 70 м, установлено несколько маломощных даек диоритовых порфиров. Ими сложен ряд пологих апофиз, отщепляющихся от главных штоков. С глубиной четко проявляется тенденция к объединению этих отдельных разобщенных тел в один массив (рис. 24). Штоки окружены ореолом роговиков кварцевого и андалузит-кордиеритового состава шириной до 200 м. Роговики на фоне песчанико-алевролитосланцевой толщи являются хрупкой средой, аккумулирующей тектонические напряжения и рассекающейся системой трещин.

Оруденение представлено серией пологопадающих (угол около 30°) на восток и восток-северо-восток жил и зон прожилкового оруденения (см.рис.24). Максимальная протяженность их превышает 500 м, составляя обычно 100—200 м. Размещаются они преимущественно в ореоле ороговикованных пород, наиболее интенсивно проявляясь вокруг западной, северной и южной границы трубообразного тела штока. Вдоль его восточного контакта, а также вдоль дайкообразного восточного тела штока золоторудные жилы и прожилки развиты более спорадично, преимущественно тяготея к южной границе последнего. Золоторудные тела, сравнительно выдержанные в ороговикованных песчанико-сланцевых породах, трансформируются в диоритовых штоках в непротяженные и слабо золотоносные прожилки, а некоторые из них выклиниваются после проникновения в интрузивную породу на протяжении первых десятков метров.

Жильные тела прослеживаются ярусами. Каждый ярус располагается друг под другом на расстоянии 60—110 м. На месторождении ярусы золоторудных жил и прожилков называют зонами. Выделяют Верх-

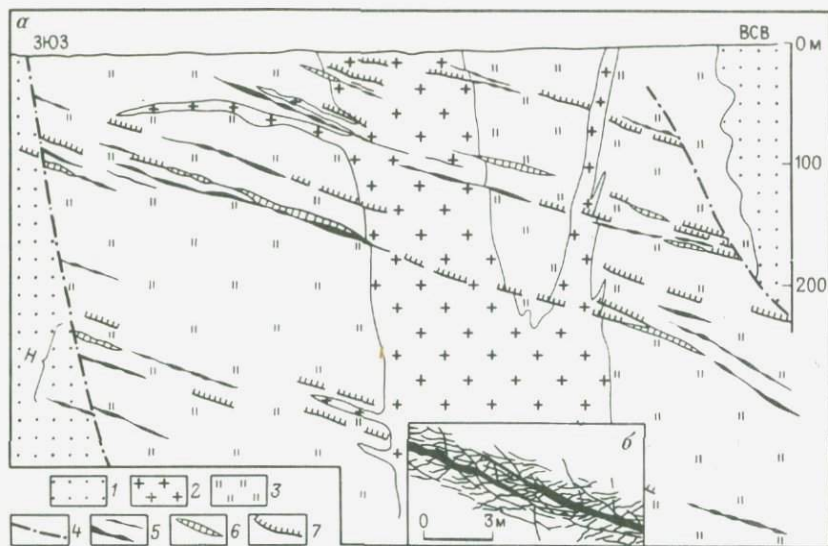


Рис. 24. Разрез через месторождение Калана (а), строение рудного тела (б). По материалам В.В. Ершова, М. Диалло, Д.П. Бассо и Г. Трео. Н — нижняя рудная зона.

1 — алевролитовые сланцы и песчаники; 2 — кварцевые диориты; 3 — кварцевые и андалузит-кварцевые роговики; 4 — зоны дробления; 5 — золоторудные сульфидно-кварцевые жилы и прожилки; 6 — слабооруденелые кварцевые жилы; 7 — внемасштабные золоторудные прожилки

нюю, Главную и Нижнюю зоны, под которой, по-видимому, на больших глубинах будут установлены новые ярусы рудных тел. В пределах каждой зоны (или яруса), в свою очередь, устанавливается несколько сближенных жил и ответвляющихся от них субпараллельных зон прожилков (см.рис.24). Они располагаются друг под другом на расстоянии 3—12 м. При этом в разных разрезах обнаруживаются промышленные концентрации золота то в одном, то в другом, расположенном выше или ниже жильным теле. Мощность их изменяется от десятков сантиметров до 5 м. По падению оруденение в некоторых из наиболее выдержанных ярусов золоторудных тел прослеживается (обычно со значительными перерывами в диоритовом штоке) на 600 м.

Менее выдержано оруденение Нижней рудной зоны (яруса). Оно было прослежено в начале 80-х годов скважинами на глубине от 280 до 450 м от поверхности. Это пример слепого оруденения, представленного преимущественно сериями располагающихся друг над другом мало мощных прожилковых зон, отчасти кулисообразно сменяющих в разрезе одна другую. Зоны менее выдержаны по сравнению с жилами и мало мощны.

В.В.Ершов [3], изучавший в последнее время структуру месторождения, полагает, что оно расчленено на серию вытянутых в северо-восточ-

ном направлении тектонических блоков, имеющих прямоугольное очертание в плане. Амплитуда перемещения одного блока по отношению к другому в западной части месторождения незначительна, и подобное строение рудоносного участка не вызывает затруднений при прослеживании рудных тел. Но к востоку и северо-востоку амплитуды перемещений возрастают, что осложняет увязку жильных тел, расположенных в разных блоках. В.В.Ершов считает, что в каждом блоке, находящемся севернее, пологие рудоносные разрывы и возникшие в них тела были опущены по отношению к южным на первые десятки метров и одновременно левосторонне смещены в плане. Эти движения происходили в до-рудный этап развития участка. Движения по блокоразделяющим разломам вызывали, по представлению В.В.Ершова, сдвиго-надвиговые (правосторонние в плане) перемещения вдоль рудоносных трещин и локализацию раздувов жильных тел в их пологих перегибах.

Рудные тела представлены массивными сульфидно-кварцевыми жилами, сменяющимися зонами прожилков. Часто зальбанды жил сопровождаются густой сетью апофиз или штокверковой сетью прожилков. Участками жилы характеризуются брекчиевой текстурой руд (с остроугольными обломками окварцованных песчаников и алевролитов). В результате руда на месторождении состоит на 60 % из кварца, на 5 % — из сульфидов и на 35 % — из окварцованной и хлоритизированной вмещающей породы. Главные рудные минералы — пирит и подчиненный ему арсенопирит. Кроме того, установлены шеелит и висмут самородный, халькопирит, блеклые руды, галенит, сфалерит.

По представлениям М.Диалло, изложенным в 1980 г. и Д.П.Бассо, Г.Трео — в 1980 г., месторождение сформировалось в два этапа. В ранний этап проявились редкие прожилки кварца с шеелитом и  $\text{Vi}$  самородным, рассекающиеся диоритами. В следующий этап образовалось собственно золоторудное месторождение. При этом небольшое количество сравнительного тонкого золота оказалось заключенным в раннем арсенопирите (содержание  $\text{Au}$  18—400 г/т), а основное, позднее, более крупное золото кристаллизовалось в кварце (размер золотинок от 0,1 до 5 мм) и в сульфидах (чаще около 0,1 мм). Золото тесно ассоциирует с халькопиритом (в котором содержится от 250 до 300 г/т), реже — с пиритом (от 0,5 до 140 г/т). Пробность  $\text{Au}$  883—914. Установлено, что кварц в раннюю кварц-арсенопирит-пиритовую ассоциацию кристаллизовался при температуре 340—420 °С.

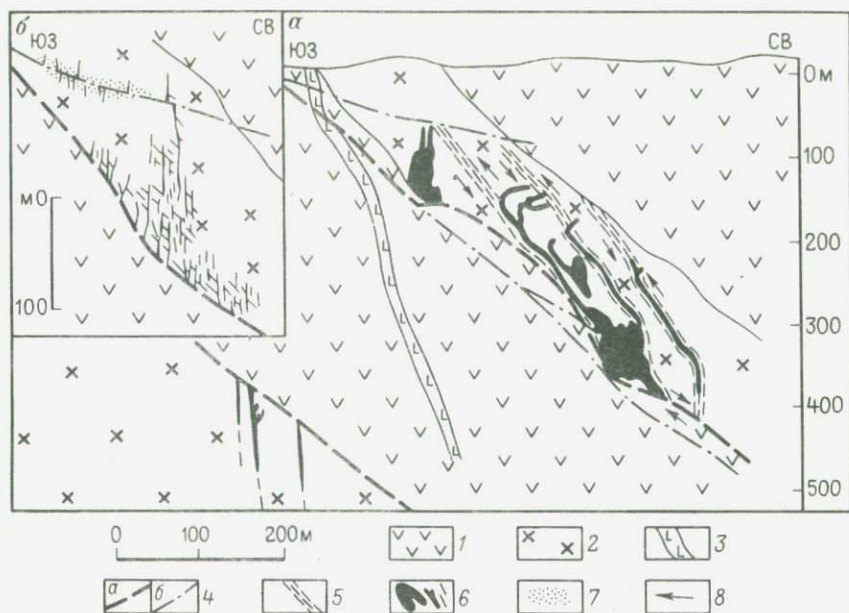
К рассматриваемой группе месторождений принадлежат также объекты, характеризующиеся развитием в штоках вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд. Описываемые месторождения размещаются в пределах зеленосланцевого пояса Абитиби (AR). Они связаны с различными магматическими образованиями, развитыми среди сравнительно пластичных рассланцованных вулканитов, а иногда и терригенных пород. Так, золоторудные тела месторождения Престон Ист Доум приурочены к мощному (около 150 м) плитообразному штоку субвулканических кварц-полевошпатовых порфиров, месторождение Кемфло — к штоку монзонит-порфиров с поперечником 100 x 200 м, Малартик Голд-Филдз—

к цепочкам четковидных тел диоритов, мощность которых составляет, как правило, 15—20 м. Все эти месторождения объединяет локализация в рудовмещающих штоках вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд. Вместе с тем в геологии этих месторождений до сих пор остается много неясных вопросов, например приуроченность месторождений вкрапленных руд к хрупким магматическим образованиям архейского возраста. Непонятна малая доля таких месторождений по отношению к резко преобладающим другим однотипным жильным рудным объектам. Это свидетельствует о большей контрастности геологической обстановки в арзее более реакционном характере растворов и их большей проницаемости.

*Месторождение Престон Ист Доум.* Приурочено к крупному штоку субвулканических пород. Разрабатывалось оно в 1936—1968 гг. и, по сообщению К.Г.Бертони [14], из руд его было получено 48 т Au. Геология месторождения была изложена только в трудах Дж.Е.Хэвли, Р.К.Харта, Дж.Е.Л.Эванса в 1948 г.

Рудоносный участок расположен в 1,5 км к северу от рудоконтролирующего разлома Дестор-Поркьюпайн, определяющего размещение золотого оруденения вдоль северного борта зеленосланцевого пояса Абитибби (Канада). Оруденение локализуется непосредственно висячем боку разлома Бренч-Фаулт, оперяющего разлом Дестор-Поркьюпайн. Нарушение Бренч-Фаулт простирается в северо-восточном направлении. По нему в контакт приведены вулканы базальт-андезитовой формации группы Киватин ( $AR_2^1$ , висячий бок) и более молодые ( $AR_2^2$ ) граувакки и алевритовые сланцы группы Тимискаминг (лежащий бок). На участке месторождения вулканы вмещают два магматических тела — шток Престон, заключающий основную массу золотых руд, и интрузив Вест. Первый представляет собой согласное магматическое тело плитообразной формы северо-западного простирания, падающее на северо-восток под углом около  $40^\circ$ . Протяженность штока превышает 800 м, мощность — 100—150 м. Контакт висячего бока второго интрузива на большом протяжении также согласен со слоистостью вулканитов. Однако его южный и западный фланги секущие. В целом интрузив Вест близок в плане к телу эллиптической формы. Контакт лежащего бока интрузива Престон тектонический и служил главным каналом, по которому поднимались золотоносные растворы. На перегибах интрузива и соответственно тектонического контакта, от последнего в магматическое тело отделяются серии сближенных оперяющих сколов. Одни из них имеют субвертикальную ориентировку, а другие под очень косым углом прослеживаются от лежащего бока к висячему (рис.25). Последние сколы представлены зонами рассланцевания, местами смятыми в волнообразные псевдоскладки волочения. Наиболее интенсивно они проявляются на флангах, удаленных от тектонического контакта. Здесь зоны рассланцевания заканчиваются нарушениями аркообразной формы.

На месторождении установлены рудные тела двух главных типов — штокообразные и жильные. Штокообразные приурочены к узлам сочленения субвертикальных оперяющих сколов с тектонически нарушенным



**Рис.25.** Разрез через месторождение Престон Ист Доум (а) и небольшой участок оруденелого штока (б). По Дж.Е.Хэли и Р.К.Харту.

1 — андезиты и их пирокласты; 2 — субвулканические штоки и дайки кварц-полевошпатовых порфиров; 3 — послерудные дайки диабазов; 4 — разрывы; а — локальные рудоконтролирующие разломы, б — прочие; 5 — рудоносные зоны расланцевания; б — рудные штокверки, жилы и прожилки; 7 — вкрапленность сульфидов; 8 — внутривулканические перемещения

лежащим боком интрузива. В горизонтальном срезе размеры этих рудных тел достигают максимально 30 x 300 м, а вверх по восставанию — от 40 до 100 м. Штоки сложены системой параллельных, сменяющих друг друга золотоносных сульфидно-анкерит-кварцевых прожилков, между которыми проявлена вкрапленность золотоносных пирита и некоторых других сульфидов (см.рис. 25). За границы рудных штоков и залежей вдоль зон расланцевания прослеживаются сульфидно-и сульфидно-турмалин-кварцевые жилы мощностью от долей до 1,5 м и протяженностью до 150 м. Жилы, выклинивающиеся в зонах расланцевания, сменяются другими. В участках, примыкающих к ним и смятых в псевдоскладки волочения, развиты прожилковые руды. Судя по ориентировке таких оруденелых "складок", формирование руд протекало в процессе сдвига-надвиговых перемещений. По другим особенностям структуры (положению оперяющих рудоносных сколов, оруденелой приконтактной зоны и т.д.) возникновение рудных штокверков происходило при сбросовых движениях вдоль тектонического контакта. Рудная минерализация установлена также вдоль пологопадающих (на север) сколов второй системы, оперяющих тектонический контакт лежащего

бока интрузии. Вдоль этих сколов развиты зоны прожилково-вкрапленной пирит-турмалин-кварцевой минерализации. Одна из них на верхних горизонтах ограничивает апофизы, "поднимающиеся" от расположенного ниже рудного штока (см.рис.25). В околожилвных метасоматитах и рудных зонах вкрапленность представлена пиритом и подчиненными шеелитом, арсенопиритом, пирротинном, халькопиритом, сфалеритом, галенитом. Среднее содержание Au в рудах около 9 г/т, извлекаемое — 7,5 г/т. Зоны околорудного изменения представлены окварцованными и серицитизированными полевошпатовыми порфирами.

**Месторождение Кемфло.** Расположено вблизи западной границы провинции Квебек, Канада. Геология и структура этого крупного месторождения рассматриваются по материалам автора, напечатанным в 1982 г., а также приведенным в *CFM Bulletin*, 1979 г., vol 72, № 813 и *Engineering and min. journ.*, 1981 г., vol 182, № 12. По сведениям [14] и ежегодных выпусков *Canad. mining journal*, № 2 за 1983—1987 гг., начиная с 1965 по 1986 г. из недр месторождения добыто более 55 т Au. Разведанные запасы на конец 1980 г. составляли 69 т металла с содержанием Au 8,5 г/т и 10,5 т с содержанием 3,8 г/т. Глубина разведочных работ достигла почти 1800 м, при этом вниз по падению руды оконтурены не были. Запасы месторождения с углублением на 1 м увеличиваются более чем на 70 кг.

Месторождение приурочено к узлу пересечения разломами северо-западного простирания силла диоритов и пространственно связанного с ним штока кварц-полевошпатовых порфиров трубообразной формы. Нарушение <sup>1</sup> расположено в 3,5 км на СВ от главного регионального разлома Кадиллак, который контролирует размещение золотого оруденения вдоль южного борта зеленосланцевого пояса Абитиби (провинции Онтарио-Квебек, Канада). Разлом Кемфло прослеживается субпараллельно региональному нарушению и является одной из его ветвей висячего бока. Вдоль разлома Кемфло локализован еще ряд проявлений и месторождений золота, в том числе достаточно крупное Кайена, недавно введенное в эксплуатацию. На поверхности вдоль нарушения контактируют вулканиты группы Малартик (ранний  $AR_2$ ) базальт-андезит-ортофировой формации и более молодые (но также считающиеся архейскими) терригенные породы группы Кевагама. Они представлены переслаивающимися граувакками и глинистыми сланцами, содержащими маломощные (3—15 м) горизонты магнетитовых кварцитов и фациально-выклинивающихся внутрiformационных конгломератов. Среди этих пород довольно широко проявлены силлы дацитовых порфиритов, называемых диоритами. Терригенная толща, включая силлы, смята вблизи разлома Кемфло в крупные складки волочения, оси которых погружаются на восток-северо-восток под углом около 50°. Именно в сводовую часть такой складки внедрился трубообразный шток кварц-полевошпатовых порфиров, правда, погружающийся под несколько более крутым

<sup>1</sup> Для удобства описания будем называть его ниже разломом Кемфло.

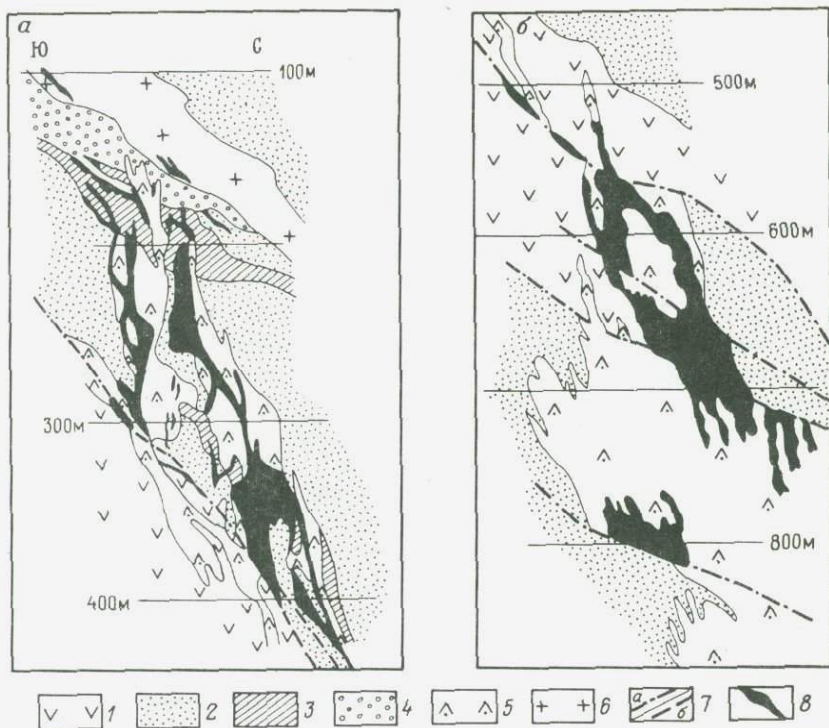


Рис.26. Разрез через верхние (а) и средние (б) горизонты месторождения Кемфлой. По материалам CFM Bulletin 1979, vol 72, № 813 и Eng. and mining journ., 1981, vol 182, № 12.

1 – вулканы основного и среднего состава; 2 – граувакки; 3 – железистые кварциты; 4 – конгломераты; 5 – кварц-полевошпатовые порфиры; 6 – диориты; 7 – разломы: а – прослеженные, б – предполагаемые; 8 – залежи вкрапленных руд

(около  $60-65^\circ$ ) углом на СВ (рис.26). В горизонтальном сечении он имеет размер  $100 \times 200$  м.

Рудоконтролирующий разлом, пересекающий юго-западный фланг штока, играет также роль рудовмещающего элемента и сопровождается жилообразными зонами вкрапленной золотоносной сульфидной минерализации. Однако наиболее мощные и протяженные рудные тела развиты в порфировом штоке вдоль пересекающих его сближенных трещин широтного простирания. Наблюдения канадских геологов показывают, что такие разрывы отделяются от разлома и проникают в порфировый шток там, где они круто, под углом около  $70^\circ$ , падают на север, разветвляясь в плане и разрезе (см.рис.26). Эти разрывы, видимо, служили каналами для поступающих рудоносных растворов. Вдоль них и в сторону развивается довольно обильная вкрапленность золотосодержащих сульфидов, слагающая группы штоко- и линзообразных рудных тел то с прямоли-

нейными, то с короткими амебовидными апофизами. Мощность их изменяется от нескольких до 40 м. Одно штокообразное тело иногда соединяется с другим маломощной зоной вкрапленности. В этом случае протяженность рудного скопления возрастает до 200 м, обычно по падению она колеблется от первых десятков до 120 м. Оруденение незначительно (не более 7–10 % запасов руд) выходит за контакты штока, демонстрируя четкую рудоконцентрирующую роль хрупкого интрузивного образования. До горизонтов 400–500 м (ниже современной поверхности) рудой является примерно четвертая часть массы порфиروهого штока. С глубиной доля оруденелой породы несколько уменьшается. Богатые руды состоят на 3–5 % из различно ориентированных прожилков светлого серого кварца с агрегатами разнообразных сульфидов и на 1–3 % — из вкрапленности пирита. Прожилки маломощные — от 0,5 до 5 см. Золото в виде зерен размером в десятки микрометров наблюдается на гранях кристаллов пирита, а также установлено в кварце и даже в трещиноватом и окварцованном полевошпатовом порфире. Пробность около 950. В богатых рудах всегда устанавливаются теллуриды, видимо, ассоциирующие с золотом. Из ранних минералов в кварце обнаружен шеллит, а из поздних — кальцит и флюорит, которые рассекают пирит-кварцевые прожилки. Содержания Au в богатых рудах изменяются от 9 до 23 г/т. В низкосортных рудах масса кварцевых прожилков примерно равна массе вкрапленности пирита, а количество того и другого приближается к 1 %. Помимо мощных скоплений вкрапленно-прожилковых руд, не более 5–10 % массы их заключено в зонах интенсивно окварцованной породы (преимущественно в центральной части трещинных каналов), где количество кварца достигает 50 % и более, а пирита — от 1 до 30 %. Содержание Au в таких метасоматитах изменяется от долей до 12 г/т, мощность тел — от 0,3 до 4 м.

Подводя итоги, следует отметить тесную связь оруденения с трещиноватыми зонами, "порадившими" почти исключительно шток кварц-полевошпатовых порфиров, необычную простоту состава руд, прямую корреляцию количества Au с массой пирита. Чрезвычайно интересно также самостоятельное, хотя и редко проявляющееся развитие Au в кварцевом метасоматите, что подтверждается приуроченностью золота к граням кристаллов пирита.

Это связано либо с хрупкостью, либо с восстановительными свойствами этого сульфида Fe в обстановке, когда в рудах отсутствуют другие рудные минералы.

*Месторождение Малартик Голд-Филдз.* Это месторождение было описано Р.А.Хэллетом в 1948 г. По сведениям К.Г.Бертони [14], на месторождении за 1939–1965 гг. добыто 53 т Au со средним содержанием 5,35 г/т. Месторождение приурочено к шву регионального рудоконтролирующего разлома Кадиллак, который протягивается вдоль южного борта зеленосланцевого пояса Абитиби (AR<sub>2</sub>). Локализовано оно в узкой (обычно не более 250–500 м) полосе интенсивно рассланцованных кварц-хлоритовых и хлорит-серицитовых сланцев западно-северо-западного простирания. С севера полоса рассланцованной породы отделяется мощ-

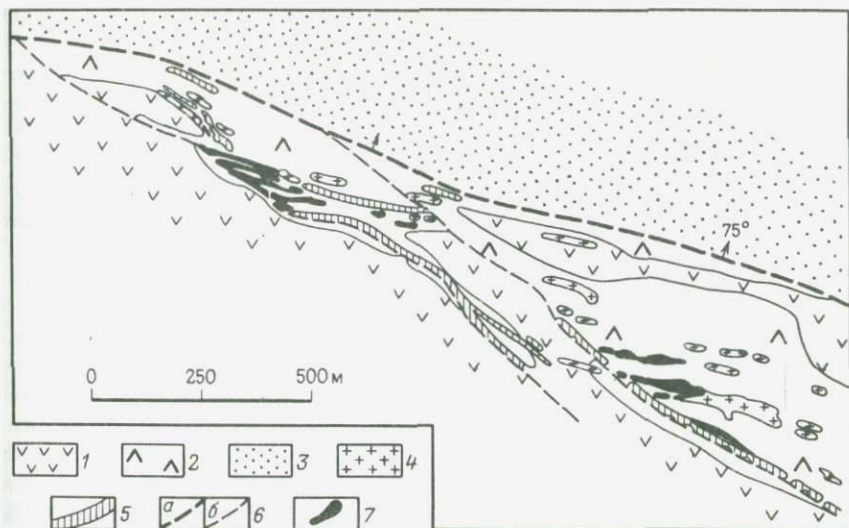


Рис. 27. Геологическая схема месторождения Малартик—Голд-Филдз. По Р.А.Хэлету.

1 — базальты; 2 — кварц-хлоритовые и хлорит-серицитовые сланцы; 3 — граувакки и конгломераты; 4 — диориты; 5 — дайки кварц-полевошпатовых порфиров; 6 — рудоконтролирующие разломы: а — региональные, б — локальные; 7 — залежи золотосных прожилково-вкрапленных руд в диоритовых штоках

ным швом разлома Кадиллак<sup>1</sup> от более молодой толщи граувакк и песчаников (рис.27), видимо, сопоставляющихся с терригенными породами группы Тимискаминг (поздний  $AR_2$ ). Сланцы принадлежат к наиболее древней группе вулканитов — Малартик (ранний  $AR_2$ ), которая признается в настоящее время аналогом киватинских пород. Сланцы не только тонко рассланцованы, но и интенсивно перемяты. Рассланцованная порода образует многочисленные мелкие псевдоскладки волочения, которые подчеркиваются зигзагообразными перегибами кливажных трещинок, иногда "обволакивающих" диоритовые штоки. Очевидно, псевдоскладки волочения возникли в результате перемещений рассланцованной породы (и в том числе более хрупких штоков диоритов) в зоне, примыкающей к разлому. От шва регионального разлома в лежащий бок отделяются боковые разрывы северо-западного простирания. Они круто, под углом около  $85^\circ$ , падают на северо-восток. Южными

<sup>1</sup> М.Латулипп считает, что породы отделяются не самим разломом, а его параллельной, расположенной севернее ветвью. Это представление, видимо, несправедливо, так как только указанный шов разделяет в районе древние вулканиты и сравнительно молодые терригенные толщи, т.е. является нарушением, по которому последние породы были опущены на максимально возможную амплитуду.

флангами эти нарушения проникают в массивные слабо рассланцованные базальты группы Малартик.

К боковым разрывам приурочены субвулканические дайки кварц-полевошпатовых порфиров. В зонах дробления этих разрывов и вблизи них (вытягиваясь в этом случае субширотно) прослеживается цепочка дайко- и трубообразных штоков диоритов. Пространственно они тяготеют к границе сланцев и массивных базальтов. Контакт базальтов представляет собой как бы южную границу месторождения. Штоки, имеющие в плане четковидную форму, проникают на глубину около 1,5 км. Мощность их, как правило, 15–20 м с уменьшением в пережимах до нескольких метров и увеличением в раздувах до 40 м. По указанным параметрам они приближаются к дайковым формам, однако сравнительно небольшая протяженность их в плане (преимущественно 150–200 м с изменениями от первых десятков до 300 м) позволяет рассматривать их как мелкие ветвящиеся (видимо, преимущественно вверх по восстанию) штоки. На глубоких горизонтах следующие друг за другом “четки” диоритов соединяются в более выдержанные и мощные тела, подвергающиеся оруденению только в пределах узких зон трещиноватости, пересекающих их вдоль длинной оси. Субвулканические кварц-полевошпат-порфировые дайки пересекают штоки диоритов и содержат редкие золоторудные прожилки.

Разрывы северо-западного простирания, оперяющие главный шов регионального разлома, играли роль локальных рудоподводящих каналов. Приуроченные к их зонам тела диоритовых дайкообразных штоков полностью или частично хлоритизированы и рассечены редкой сетью мелких пирит-кварцевых прожилков, сопровождающихся обильной вкрапленностью золотоносного пирита. Наиболее интенсивной минерализации избирательно подверглись сравнительно маломощные штоки (чаще до 15 м), форма их близка к дайковой (рис.27), в то время как более мощные минерализованы полосами, приуроченными только к пересекающим их трещиноватым зонам. Штоки, удаленные от оперяющих нарушений северо-западного простирания, вообще не минерализованы, хотя среди них проявлены, казалось бы, благоприятные маломощные тела диоритов дайкообразной формы. Трещиноватые диориты, видимо, послужили каналами, откуда поступали золотоносные растворы и замещали породообразующие компоненты. Это подтверждается резким уменьшением пиритизации (и золотоносности) в зеленых сланцах, в местах проникновения в эти породы зон трещиноватости и прожилково-вкрапленного оруденения.

Золото в рудных телах почти целиком заключено в пирите, в котором оно, по-видимому, залечивает микротрещины. Кроме пирита, в подчиненных количествах в кварцевых прожилках и в виде самостоятельной вкрапленности проявлены арсенопирит, сфалерит, галенит, сильванит, петцит. Как уже упоминалось, околорудные метасоматиты представлены агрегатом кварца, хлорита и пирита.

Рассматриваемая группа месторождений сравнительно малочисленна. Характеризующие ее рудные объекты обычно малого и среднего масштаба. Однако некоторые из них приурочены к дайкам, являющимся отдельными составными частями очень протяженных (до 100 км) широких поясов (до 7 км), в которых сосредоточены эти жильные интрузивные тела. Как правило, рудоносны их раздувы, почти всегда заключающие расположенные друг над другом ярусы золото-кварцевых жил и прожилков. Мощности их невелики, но содержания иногда бывают настолько высоки, что оказывается возможным добыча всей массы дайки открытым способом. Еще более редки случаи, когда рудное вещество в дайке представлено сочетанием гнезд, прожилков и рудной вкрапленности.

*Месторождения рудного поля Вудс Поинт.* Находятся в штате Виктория, Австралия. С конца 1860-х по 1965 г. из месторождений поля, по данным К.Д.Бовена и Р.Д.Уайтинга, опубликованным в 1976 г., было добыто 98 т Au. В 1965 г. из восьми главных рудников продолжали эксплуатироваться Морнинг Стар и Гаффни на глубинах соответственно более 1000 и 700 м. Геология и структура месторождения Морнинг Стар, расположенного в центральной части поля, составлены по материалам А.Г.Грина и др. [21]; Г.Е.Мак-Кинстри, Е.С.Хиллса, Р.Д.С.Клапписона, И.М.Фридголда и др. Рудное поле вытянуто узкой полосой (7–12 км), совпадающей с поясом даек в северо-северо-восточном направлении более чем на 50 км. Дайки вмещает мощная толща графитсодержащих филлитовидных сланцев (O–S), чередующихся с тонкозернистыми песчаниками и редкими прослоями известковистых сланцев и мергелей. В нижней части толщи развит горизонт гравелитов. Толща выполняет так называемый Мельбурнский трог северо-северо-западного простирания, частично ограничивающийся по юго-западному борту протяженным продольным разломом. Трог, таким образом, имеет грабен-синклинальную природу. Песчанико-сланцевая толща смята в серию чередующихся складок с падением пластов более 50–60°. Большинство даек согласны с напластованием. Возраст их (около 380 млн.лет) конец D<sub>2</sub> — начало D<sub>3</sub>. В отдельности каждая из даек прослеживается в виде прямолинейного плитообразного тела обычно на расстояние до 600 м, максимально — до 5 км при ширине от 1 до 7 м. После выклинивания она кулисообразно сменяется другой дайкой. Однако главное промышленное значение имеют изогнутые дайки диорит-порфиритового состава, с раздувами трубообразной формы, мощностью от 50 до 250 м (преимущественно около 100 м) и протяженностью от 200 до 500 м (чаще около 300 м).

В таких раздувах устанавливаются две системы кварц-золоторудных жил, ориентированных косо и в близком к поперечному направлению по отношению к ориентировке, как правило, крутопадающих даек (рис.28). При этом система поперечных жил чаще имеет субмеридиональное простирание и пологое (20–30°) падение на запад, а система субпродольных жил — на северо-восток под углом около 35–50°. Как те, так и другие жильные золоторудные тела выполняют трещины ско-

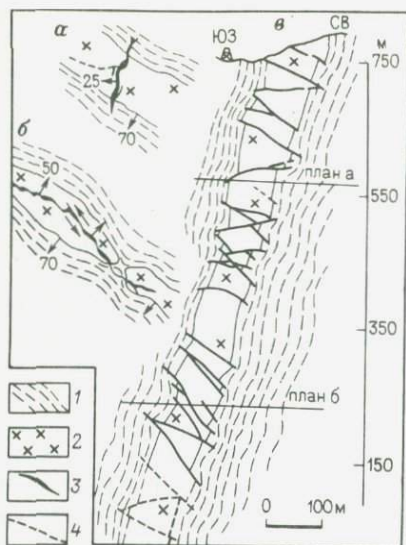


Рис. 28. Лестничные жилы различных направлений в сопряженных сколах развитых в раздувах даек, в плане (а, б) и разрезе (в). Месторождение Морнинг Стар. По Р. Дж. Клапписону.

1 — графитсодержащие филлитовидные сланцы; 2 — диоритовые порфириды; 3 — золото-кварцевые жилы; 4 — сланцеватость

ла, проникающие максимально на несколько десятков метров в терригенные породы. Сколы по природе являются сопряженными сдвиго-надвигами, при этом контакты даек по ним иногда надвинуты в разрезе на 10–12 м. Субпродольные разрывы и жилы имеют более

сложный генезис, они нередко унаследуют ранние трещины северо-западного и западно-северо-западного простирания и, коленаобразно перегибаясь, сочленяются друг с другом, обуславливая появление мелких резких перегибов у выполняющих их золоторудных жил. Протяженность субпродольных жил значительна и иногда составляет 500 м. Определяется она чаще протяженностью раздува дайки. На месторождении Уолхалла (Козн) субпродольное минерализованное нарушение протягивалось почти на 5 км, но оруденелая часть прослеживалась в раздуве дайки всего на 400 м. Раздув ее на верхних горизонтах полого погружался на юго-юго-запад (наподобие трубы с эллипсоидальным сечением), а со средних горизонтов круто склонялся в соответствии с направлением падения дайки на запад. Рассматриваемые жилы, как правило, маломощны (от 0,3 до 1,2 м) и лишь на коротких интервалах мощность их возрастает до 3 м.

Близкие к поперечному направлению субмеридиональные жилы более короткие (длина их в плане определяется мощностью раздува). По падению они прослеживаются на 100–120 м. Однако мощность их нередко значительна и изменяется от 1 до 7 м. Это также резко перегибающиеся тела, использующие на коротких отрезках субпродольные трещины. Примечательно, что они возникали, опережая поперечные. В связи с этим выполняющие их кварц-золоторудные жилы наподобие апофиз отделяются от лежачего бока жил северо-западного простирания. Обратные взаимоотношения наблюдаются значительно реже. Жилы обеих систем прослеживаются от одного контакта дайки до другого, иногда проникая в песчанико-сланцевые породы. При преобладании в дайках субпродольных жил они располагаются ярусами друг над другом, на среднем расстоянии, равном половине мощности дайки. При увеличении этого расстояния место субпродольного разрыва (и жилы)

почти обязательно занимает поперечное (по отношению к простиранию дайки) нарушение и выполняющая его кварц-золоторудная жила. На месторождении Морнинг Стар ярусы субпродольных разрывов и жил были прослежены до глубины более 1 км. До такой же глубины наблюдалось оруденение на месторождении Уолхалла. Обычно вертикальный размах не превышает 400 м. Некоторые из маломощных жил были очень богаты. Так, руды из жилы Виктори (месторождение Гриффис, участок А-1) нередко содержали Au более 600 г/т. В 1943—1947 гг. из этой жилы было извлечено 34 690 т руды и получено 2430 кг Au. Руды — золото-кварцевые (кварц — 95 %, ранние серицит, альбит и анкерит — около 3—4 %, рудных минералов — 1—2 %). Процесс формирования протекал в три стадии при температуре, снижающейся от 330 до 160 °С: 1) кварц-пирит-арсенопиритовую, 2) золото-кварц-сульфидную (халькопирит, тетраэдрит, сфалерит, галенит, бурнонит, золото, миллерит), 3) пирит-карбонатно-кварцевую. Растворы имели щелочную реакцию, содержали более 9 % NaCl и были обогащены CO<sub>2</sub>. Золото развито в кварце, в ассоциации с сульфидами и сульфосолями Cu, реже — со сфалеритом и галенитом. Пробность золота меняется от 800 до 960. Зоны околожильно-измененных пород в дайках маломощны (от 10 см до 3 м), имеют кварц-анкерит-серицитовый и пропиловый состав и содержат вкрапленность пирита. Измененные диориты, примыкающие к жилам, иногда также золотоносны.

*Месторождение Мессенджер.* В 1933 г. оно было рассмотрено в трудах Дж.Т.Парди и Ф.К.Шредера, которыми и воспользовался автор. Месторождение небольшого масштаба. Расположено оно в складчатых структурах фундамента Орегоно-Монтанского сегмента Северо-Американских Кордильер, в штате Монтана, США. Оруденение приурочено к широтной дайке Мессенджер кварц-диоритовых порфириров, пересекающей филлиты (с прослоями кремнистых сланцев) и глинисто-серицитовые сланцы (PR<sub>2</sub>). На участке месторождения они падают под средними углами (35—45°) на запад. Считается, что дайка относится к ларамийским магматическим образованиям. Она вытянута более чем на 4 км, имеет крутое, почти вертикальное падение. Мощность ее 100—120 м и незначительно уменьшается (до 70 м) на флангах. Промышленные руды разрабатывались ближе к восточному флангу дайки, хотя в ее центральном и отчасти западном звене также было установлено оруденение. Оно проявлено в дайковом теле, а частично и во вмещающих глинисто-серицитовых сланцах, непосредственно примыкающих к южному контакту центрального звена дайки. Однако жильных тел, проникающих из диоритов в сланцы, не обнаружено. По-видимому, южный контакт тектонически осложнен и служил каналом для поднимающихся золотоносных растворов. В дайке и в примыкающих сланцах развиты жилы, изредка прожилковые тела, приуроченные к сколам, главным образом субмеридионального и на отдельных участках восток-северо-восточного простирания. В связи с этим жилы и особенно прожилковые зоны имеют сложную морфологию. Они резко изогнуты в узлах сочленения сколов обоих направлений и характеризуются проявлением коротких апофиз, вытянутых на север и юг,

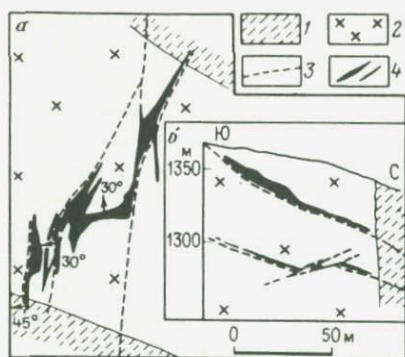


Рис. 29. Развитие лестничных жил в узлах пересечения сколов разного направления, месторождение Мессенджер: а — план, б — разрез. По Дж.Т.Парди и Ф.К.Шредеру.

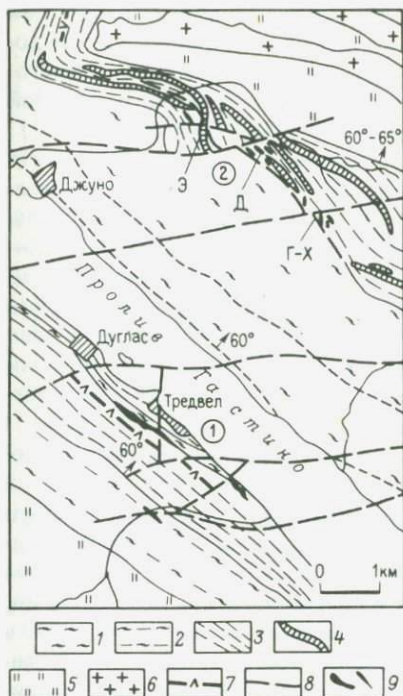
1 — глинисто-серицитовые сланцы; 2 — кварц-диоритовые порфириты; 3 — плоскости скольжения; 4 — золотосные сульфидно-кварцевые жилы и прожилки

реже — в субширотном направлении (рис.29). Рудные тела падают в западном и северном направлении под углом от 30 до 60°. Каких-либо закономерностей в размещении или чередовании рудоносных сколов и рудных тел установить не удалось. Рудовмещающие сколы — малоамплитудные плоскости скольжения. Возможно, поэтому развитые в них жилы и прожилки непротяженны. Они концентрируются вблизи какого-то одного контакта дайки и выклиниваются в ее средней части, не достигая другого. Некоторые из прожилков используют трещинки сланцеватости. Мощность жильных тел невелика. Обычно она составляет от долей до 2 м (максимально 10 м). При этом взбросы, круто падающие на восток, выполняют роль дорудных ограничителей, обуславливая тупообразные выклинивания рудных тел, "упирающихся" в их плоскости, а также проявление в параллельных им трещинах мелких рудных прожилков (см.рис.29).

Руды сульфидно-кварцевые. Из сульфидов преобладает пирит, местами образующий слойки (наподобие "бурундучных" руд). Повышенные содержания Au почти всегда ассоциируются с появлением галенита, иногда сочетающегося со сфалеритом и халькопиритом. Содержание Au 8—9 г/т. В околожильных метасоматитах развиты новообразованные кварц, анкерит, серицит и редкая вкрапленность сульфидов.

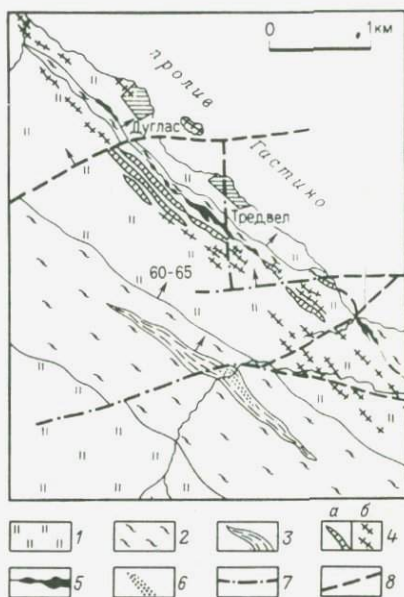
*Месторождение Аляска-Тредвел.* Расположено на тихоокеанском побережье Канады, представляет собой участок протяженного линейного золоторудного поля Джуно. Находится в 5 км на юго-юго-запад от месторождения Аляска-Джуно. По сведениям С.Д.Шера [10] и с учетом данных П.Р.Бредли, опубликованных в 1932 г., из руд месторождения с середины 90-х гг. XIX в. к началу 40-х гг. XX в. было добыто около 180 т Au, т.е. примерно 3/4 металла, извлеченного из недр рудного поля.

Рудные тела месторождения Аляска-Тредвел приурочены к серии расположенных параллельно, сближенных даек альбитовых диоритов северо-западного простирания. Дайки залегают согласно со слоистостью, приурочены к кровле мощного (около 600 м) горизонта черных филлитовидных углистых сланцев (залегающих к юго-западу от даек), а частью — к контакту с перекрывающим горизонтом (мощность около 100 м) рассланцованных амфибол-хлоритовых сланцев. Эти горизонты



**Рис. 30.** Геологическая схема рудного поля Джуно. По материалам А.К.Спенсера и Л.Вернеке, с некоторыми изменениями.

1 — месторождение Аляска-Тредвел, 2 — Аляска-Джуно; Э, Д, Г-Х — рудоносные участки Эбер, Джуно, Граунд-Хог. Породы (С): 1 — хлоритовые сланцы; 2 — переслаивание хлоритовых и углистых филлитовидных сланцев; 3 — углистые филлитовидные сланцы; 4 — силлы габбро; 5 — кристаллические сланцы (PZ); 6 — гранодиориты (MZ); 5-7 дайки альбитовых диоритов; 8 — локальные рудоконтролирующие разломы; 9 — залежи вкрапленных и прожилковых руд



**Рис. 31.** Геологическая схема месторождения Аляска-Тредвел. По материалам Л.Вернеке, Р.Г.Вайленда, А.К.Спенсера. Породы (С): 1 — углистые филлитовидные сланцы; 2 — хлоритовые сланцы; 3 — прослои углисто-глинистых сланцев; 4 — дайки альбитовых диоритов; а — в масштабе схемы, б — маломощные, внесхемные; 5 — изогнутые оруденелые дайки альбитовых диоритов; 6 — зоны вкрапленного оруденения; 7-8 — локальные рудоконтролирующие разломы: 7 — прослеженные, 8 — предполагаемые

являются стратиграфическими единицами мощной сланцево-вулканогенной толщи, моноклинально падающей на СВ под углом 50-65° (рис. 30). Серия даек прослеживается в северо-западном направлении на 2,5 км и как бы заключена между двумя разломами широтного простирания. Предположительно они намечаются по наличию в сланцах поперечной трещиноватости, прожилков кварца и трассирующих разломы долин рек и понижений рельефа. Эти разломы принадлежат к той же системе

трещин, что и разрыв Силвер Боу, прослеженный горными выработками на месторождении Аляска-Джуно. Разрыв играет роль локального рудо-контролирующего элемента. По-видимому, и широтные разломы на месторождении Аляска-Тредвел определяют положение линейно вытянутой серии даек альбитовых диоритов, а затем и развитие в них руд (рис.31). Действительно, дайки, расположенные на контакте или вблизи контакта углисто-глинистых и зеленых сланцев, подверглись интенсивному оруденению, в то время как к северу и югу от широтных разломов закартированы лишь единичные жильные интрузивные тела малой мощности, протяженностью в первые сотни метров. Как правило, они не содержат какой-либо существенной минерализации. В целом руда в дайках непрерывно прослежена, начиная от северо-западного фланга участка Аляска-Тредвел до юго-восточного фланга участка Аляска-Мексикен на протяжении 1150 м. После перерыва в 800 м она продолжается еще на 250 м на участке Реди Буллион.

По морфологическим особенностям среди даек могут быть выделены жильные тела двух различных типов. Дайки, локализованные на контакте углисто-глинистых и рассланцованных зеленых сланцев, представляют собой четковидные образования. Эти дайки локализируют рудные тела. Оруденение приурочено главным образом к их линзообразным раздувам (до 60 м мощности), чередующимся со слабо оруденелыми, а иногда даже безрудными пережатými частями жильных тел, мощность которых снижается до первых метров. В некоторых случаях при прослеживании по простиранию дайка исчезает, полностью выклиниваясь. Длина таких перерывов изменяется от 200 до 800 м.

Более выдержаны рудоносные альбитовые диориты по падению. Но и здесь отмечаются чередующиеся четковидные раздувы, хотя выраженные менее ярко. В оруденелых участках даек наблюдаются продольно вытянутые лентовидные ксенолиты углисто-глинистых сланцев различной величины — от мелких, протяженностью 1—2 м, до десятков метров и мощностью от 1 до 10 м. В лежащем боку выявлены также короткие изогнутые апофизы (рис.32). Вдоль висячего бока оруденелых даек прослеживается зона интенсивно рассланцованных зеленых сланцев, а в примыкающих к ним диоритах, как правило, полоса тектонической брекчи, залеченной золотоносной сульфидно-кварцевой массой.

Дайки второго морфологического типа представлены сравнительно выдержанными телами, близкими к плитообразной форме. Размещаются они в рассланцованных зеленых сланцах, в лежащем боку даек первого типа, иногда на расстоянии 50—70 м от них. Лишь в отдельных участках даек второго типа (причем там, где они характеризуются плавными перегибами или некоторым увеличением мощности) наблюдается проявление редких золотосодержащих сульфидно-кварцевых прожилков и сопровождающей их сульфидной вкрапленности.

Порода рудоносных даек изменена довольно слабо, в частности, в виде новообразований из жильных минералов развиты альбит, кварц, анкерит и хлорит. Она подверглась дроблению и главным образом трещинообразованию с проявлением сети многочисленных трещин. При просле-

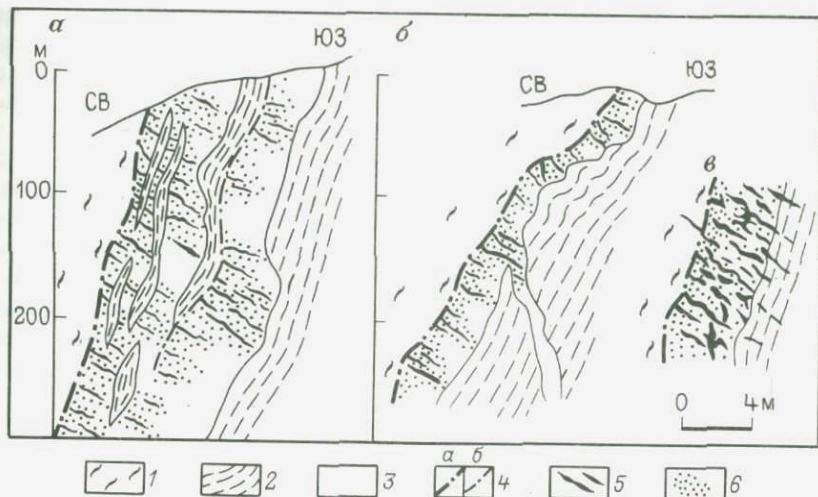


Рис. 32. Схематические разрезы золотоносных даек альбитовых диоритов. По А.К.Спенсеру: по разведочным линиям: а — № 16, б — №75,5, в — через мало мощную дайку.

1 — хлоритовые сланцы; 2 — углистые филлитовидные сланцы; 3 — альбитовые диориты; 4 — разрывы: а — рудоконтролирующие, б — прочие; 5 — золото-сульфидно-кварцевые прожилки; 6 — вкрапленность золото содержащих сульфидов

живании оруденелой дайки от висячего бока к лежащему устанавливается уменьшение количества тектонической брекчии и смена ее сетью трещин, густота которых существенно снижается к лежащему боку. Соответственно вдоль висячего бока даек развиты руды, содержащие обломки окварцованного и хлоритизированного альбитового диорита, затем мощная полоса штокверковых руд, постепенно сменяющихся ближе к лежащему боку отдельными прожилками. Прожилковые руды сопровождаются вкрапленностью сульфидов. Рудой является также полоса интенсивно рассланцованных зеленых сланцев мощностью 0,6–1 м, примыкающих к брекчированным диоритам висячего бока дайки. В сланцах распространена интенсивная вкрапленность золотоносного пирита. Непосредственно в лежащем боку дайки в одних участках развиты редкие рудные прожилки и вкрапленники сульфидов, а в других проявлены лишь слабые альбитизация, окварцевание, вкрапленность пирита и редкие трещины. Подобные участки диоритов практически незолотоносны (см.рис.32).

Прожилки, слагающие штокверковые и прожилковые руды, мало мощны (от долей миллиметров до нескольких сантиметров, редко — до 20 см). В участках даек, максимально насыщенных минеральным веществом, масса его достигает 20 %. На приводимой А.К.Спенсером зарисовке четко видно проявление прожилков поперечного (по отношению к контактам дайки) направления и выклинивание их при проникновении в сланцы. В штокверковых рудах преобладают поперечные и продольные рудные прожилки. Обычно масса минерального вещества в руде состав-

ляет 5–10 %, что обуславливает низкие средние содержания Au в руде (см.рис.32), изменявшиеся от 1,8 до 3 г/т. Руды месторождения Аляска-Тредвел, так же как и Аляска-Джуно, были самыми низкосортными в несоциалистическом мире, но благодаря их карьерной разработке в большом масштабе добыча была рентабельной до глубины 200–220 м.

Руды существенно кварцевые — рудных минералов не более 2 %. Кроме кварца, в подчиненном количестве проявлены альбит и кальцит. Из рудных минералов наиболее распространен пирит. Среди подчиненных ему рудных минералов развиты ранние магнетит и молибденит и более поздние пирротин, халькопирит, сфалерит и галенит, антимонит. Наблюдалась также “послезолотые” реальгар, аурипигмент, самородный мышьяк, родохрозит, которые, возможно, относятся к более позднему этапу минерализации.

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ В СИЛЛАХ

Это немногочисленная группа месторождений (не более 8 %). Они размещаются в образованиях, согласных со слоистостью вмещающих их толщ. По морфологическим особенностям, типам руд, вертикальному размаху оруденения и условиям его локализации они ближе всего стоят к рассмотренным выше месторождениям, связанным с дайками различных хрупких пород. Их объединяют повторяемость рудных жил (в дайках и силлах), сохранение расстояния, “шага” между соседними жилами, зависимость масштаба оруденения от мощности рудолокализирующих тел. Рудоподводящими каналами для них, как правило, служат тектонически деформированные контакты оруденелых силлов. Эталонными объектами могут служить Сан-Антонио и Опемиска.

*Месторождение Сан-Антонио.* Расположено в юго-восточной части провинции Манитоба, Канада. Эксплуатировалось с 1932 по 1968 г. За это время было добыто 37,5 т Au [14]. После длительного перерыва и доразведки, с 1982 г. на нем были возобновлены эксплуатационные работы. К началу их запасы Au, согласно тому же источнику, составляли 5 т в руде, содержащей Au 6 г/т. Геология месторождения рассмотрена по материалам С.Д.Шера [10] и Дж.К.Гибсона и К.Г.Стоквелла, опубликованным в 1948 г.

Оруденение заключено в раздуде силла диабаза, залегающего в средней части докембрийской толщи рассланцованных конгломератов, аркозов и туфов (слагающих так называемую формацию Сан-Антонио). Эта толща расположена между породами двух формаций — перекрывающей базальт-андезитовой и горизонтами подстилающей субщелочной трахиандезит-риолитовой формации. Терригенно-вулканогенные породы вытягиваются в субширотном, а на рудоносной площади — в северо-западном направлении и падают на север под углом от 50 до 70°. Породы расланцованы. Наиболее ярко проявлена сланцеватость совпадает со слоистостью. Это отчетливо наблюдается в осадочных породах и грубообломочных вулканитах. Конгломераты и аркозы формации Сан-Антонио, кроме

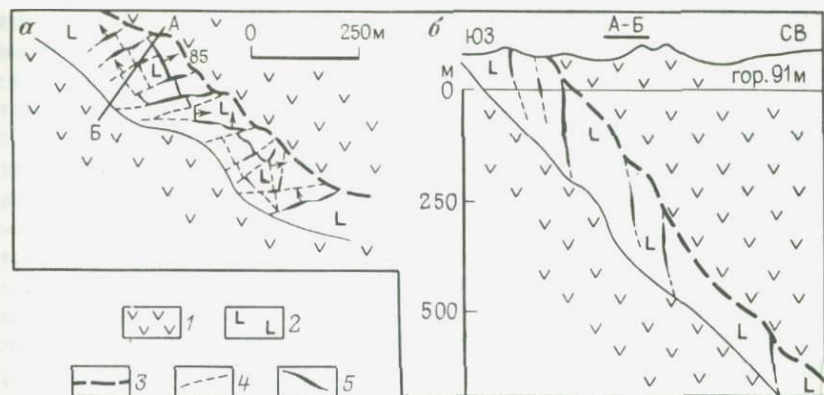


Рис. 33. Размещение лестничных жил в диабазовом силле, месторождение Сан-Антонио, на горизонте 91 (а) м и разрез по линии А-Б (б). По Дж.К.Гибсону и К.Г.Стоквеллу.

1 — конгломераты, аркозы и туфы ( $PR_2$ ); 2 — диабаз; 3 — предполагаемый тектонический контакт; 4 — разрывы (частью интерпретированные автором); 5 — золото-сульфидно-кварцевые жилы и штокверковые зоны

того, пересечены более редкими субвертикальными трещинками северо-западного простирания. Считается, что они относятся к кливажу осевой плоскости.

Таким образом, рудоносный силл массивного диабаза оказался заключенным среди интенсивно рассланцованных осадочных пород. Мощность его изменяется от первых десятков до 100 м, а на участке месторождения возрастает почти до 150 м (рис.33). Вдоль висячего бока силла, в примыкающих к нему песчаниках прослеживается зона рассланцевания, сопровождающаяся интенсивной серицитизацией. От этой зоны и соответственно контакта силла, на ЮВ в диабазы протягиваются субвертикальные жилы. В плане в очень косом направлении они приближаются к лежащему боку силла, но достигают лишь его средней линии. По мере того как заканчивается одна жила, влево от нее, от тектонического контакта силла, начинается новая. Таким образом, размещение жил северо-западного направления оказывается как бы левосторонне зшелонированным. Жилы прослеживаются на расстоянии 150–500 м. Мощность их изменяется от первых до 7 м. В разрезе они почти достигают лежащего бока силла (см.рис.33). При этом жилы, уходящие на глубину, последовательно сменяются, начиная от современной поверхности, другими слепыми рудными телами, которые располагаются каждый раз на все более глубоком уровне, вплоть до 1750 м от поверхности.

Жилы сопряжены со сравнительно короткими (от первых десятков до 100 м) поперечными жилами и прожилками широтного и восточно-северо-восточного простирания. Они падают на СЗ под углом 35–60°. Поперечные жилы ограничиваются или как бы пересекают протяженные продольные рудные тела, левосторонне смещая их в плане. Вместе

с тем жильное вещество поперечных тел "сливается" с выполнением продольных, свидетельствуя о том, что левосторонние сдвиги происходили до залечивания полостей северо-западного и субширотного направления, т.е. — до процесса минерализации. Об этом же свидетельствуют коленообразные, вытягивающиеся влево перегибы северо-западных жил.

Жилы залечивают разрывы, представленные на одних интервалах зонами мелкообломочной брекчии, а на других — густой сетью пересекающихся трещин. В первом случае в жилах устанавливается обильная брекчия, в меньшей степени реликты ее, во втором — наблюдаются мощные зоны штокверкового оруденения. Они прослеживаются между заключающими их несколькими плоскостями скольжения северо-западного простириания, выполненными глиной трения и частично — сульфидно-кварцевым веществом. Между жилками штокверковых зон заключена, видимо, неперемещенная псевдобрекчия хлоритизированного диабазы, что указывает на проявление умеренных движений вдоль разрывов северо-западного простириания.

Жилы восточно-северо-восточного простириания приурочены к приоткрытым зонам рассланцевания. Морфологически это сложные жилы со сравнительно мощной (3—5 м) стволовой частью, жильное выполнение которой характеризуется ленточной текстурой. Висячем и лежащем боку она сопровождается серией субпараллельных прожилков. Мощность жил сложного строения — от первых до 10 м. Стволовая часть их, видимо, залечивает приоткрытый главный шов зоны рассланцевания. Некоторые из них проникают в песчаники, где мощность их быстро сокращается до десятков сантиметров, а содержания Au становятся непромысленными. Поперечные жилы сложного строения характеризуются более сульфидными рудами, но и в тех и в других количество сульфидов невелико (первые проценты). Главный среди них — крупно- и мелкозернистый золотосодержащий пирит. Второстепенные, но важные, ассоциирующие с золотом, — халькопирит, а также некоторые другие сульфиды цветных металлов. Поздний кварц лишен золота; именно он обычно пересекает тектонический контакт силла. Ранний кварц, так же как пирит, халькопирит и некоторые другие сульфиды, содержит мелкие золотины. Вплоть до нижних горизонтов содержание Au составляло (например, в жиле № 38) около 11 г/т и значительно упало лишь на глубине ниже 1500 м. Вмещающие диабазы вблизи жильных тел альбитизированы, хлоритизированы, в меньшей степени серицитизированы, они содержат обильную вкрапленность пирита, прожилки и включения кальцита.

*Золото-медное месторождение Опемиска.* Расположено в северо-восточной части пояса Абитибии, провинция Квебек, Канада. Рассматривается оно по материалам Д.Г.Уоткинса и Г.Риверайна [49], а также А.Брауна, опубликованным в 1970 г. На месторождении за 1954 — 1978 гг. добыто 15,5 млн.т руды с содержанием Au 1,58 г/т и Cu 2,6 %. Из руды извлечено около 16 т благородного металла. К началу 1980 г. доказанные запасы Au в руде составляли более 4,5 т. Оруденение на месторождении сосредоточено в верхней части мощного (350 м) силла габбро, которое названо рудоносным. Единичные жилы из этого габбро

проникают в подстилающий слой рассланцованного (150 м). В залежи верхних, так называемых зеленых пироксенитов (60 м), наблюдается совсем слабое оруденение. Два нижних слоя силла совершенно безрудны — черные пироксениты (350 м) и нижние зеленые пироксениты (30 м). Мощный расслоенный силла внедрился между пирокластами фельзитового и риолитового состава. Подстилающие его пирокласты относят к формации Блондо, перекрывающие — к формации Джилмен. Возраст вулканитов, скорее всего,  $PR_1$ . Время формирования рудных жил в силле габбро по датировкам абс. возраста — 2200 млн. лет.

Силл вместе с вмещающими его вулканитами испытал интенсивную складчатость. Он размещается в пределах опрокинутой на север синклинали, киль которой погружается на восток под углом  $40-45^\circ$  и срезан крупным субвертикально падающим разломом Кемпбелл-Лейк. Оруденение локализовалось только в северо-западном блоке разлома. Здесь появились две системы сопряженных сколов. В слое рудоносного габбро, образующего киль складки, возникла система субширотных сколов, падающих на север под углом около  $65^\circ$ . Рудоносные разрывы и залечившие их жилы располагаются совершенно закономерно — на расстоянии примерно 70 и 140 м, т.е. одного или "двойного" шага друг от друга (рис. 34). Севернее, в борту той же складки, в габбро сформировалась система субмеридиональных сколов, падающих на восток под углом  $60^\circ$ . Они заложились и развились между двумя разломами северо-западного простиранья, которые отчасти также оказались минерализованными в пределах рудоносного габбро. Это "парные" нарушения или "связка" двух локальных рудоконтролирующих разломов (Пи-1 и 2), сопряженных с разломом Кемпбелл-Лейк. Обе системы рудоносных сколов выполнены сравнительно мощными жилами. Наиболее протяженная субширотная жила (№ 3) прослежена в плане на 900 м. Максимальная мощность ее в раздувах 25 м. Богатое оруденение в плоскости жилы в виде лентообразной залежи склоняется на восток под углом около  $40^\circ$  и прослеживается на протяжении 1300 м (в соответствии с погружением кия складки, сложенного слоем рудоносного габбро). Оруденение достигает глубины 750 м. Из жилы было получено более трети всей добытой руды. Жила № 3 локализована в перегибе кия, т.е. в наиболее деформированной части складки. Из наиболее крупной субмеридиональной жилы (жила Би) было извлечено 2,7 млн. т руды. Жилы этой системы имеют менее четкие контакты, а руды в зальбандах обладают признаками метасоматического генезиса. Большинство их развилось в слое рудоносного габбро, но некоторые второстепенные рудные тела размещаются в расположенном выше рассланцованном габбро. По падению оруденение прослеживается на глубину более 800 м от поверхности.

Интересно поведение оруденения в одном из локальных рудоконтролирующих разломов Пи-2. Разлом в разрезе пересекает слои черных и верхних зеленых пироксенитов рассланцованного и рудоносного габбро. Оруденение в разломе локализуется только в средней и нижней части рудоносного габбро, в виде мелких разобценных гнезд наблюдается в

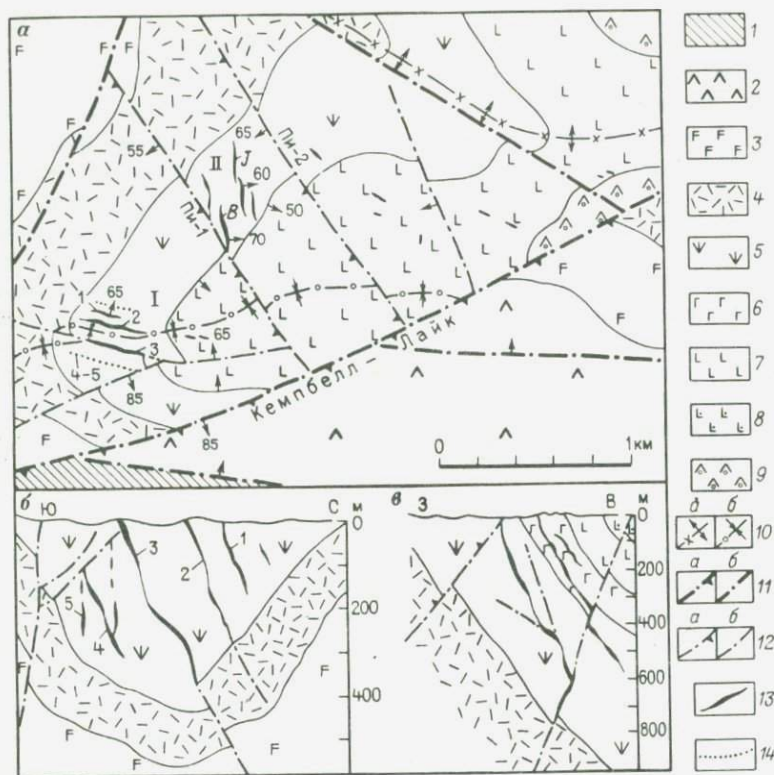


Рис. 34. Геолого-структурная схема месторождения Опемика (а) и разрезы через рудоносные участки Спрингер (б) и Перри (в). По Д.Г.Уоткинсу и Г.Риверину, с некоторыми изменениями. Рудоносные участки: I — Спрингер, II — Перри, золоторудные жилы: 1,2,3,4,5,В,г.

1 — базальты; 2 — фельзиты "нижние"; 3 — габбро; 4 — фельзиты "верхние"; 5 — "рудоносное" габбро; 6 — рассланцованное габбро; 7 — "зеленые" пироксениты; 8 — "черные" пироксениты; 9 — риолиты; 10 — оси складок: а — антиклиналей, б — синклиналей; 11 — региональные разломы: а — рудоконтролирующие, б — прочие; 12 — локальные разломы и разрывы: а — рудоконтролирующие, б — прочие; 13 — золоторудные тела; 14 — проекция слепых тел на поверхности

рассланцованном габбро, но уже полностью исчезает там, где по зоне нарушения контактируют рудоносные габбро и подстилающие пирокласты фельзитового состава (см.рис. 34). Таким образом, в процессе минерализации подновлялись и приоткрывались трещинные нарушения, избирательно располагавшиеся в слое рудоносного габбро. Этот деформированный и подвергавшийся оруденению слой был заключен между пирокластами фельзитового состава (расположенным сверху) и подстилающими рассланцованными габбро. Видимо, последние, как и пирокласты, либо испытывали при деформации вязкое течение материала, либо изгибались в складки.

Преобладающие минералы в рудных жилах — кварц и кальцит. На долю рудных минералов приходится 10—15 % жильной массы. Главное значение среди них принадлежит халькопириту и пириту. Менее распространены пирротин, сфалерит, галенит, арсенопирит, молибденит, оксиды—магнетит, а также минералы U и шеелит. Золото мелкое, в виде микровключений и выполнений микротрещин находится в халькопирите. Однако в менее важных жилах группы Кук, расположенных севернее месторождения, при снижении в рудах содержания Cu до 1,23 % концентрация Au повысилась до 6,7 г/т. Наоборот, в субмеридиональных жилах она достигла 0,5 г/т. Очевидно, золотоносная ассоциация минералов наложена на меднорудную и прямой корреляции Cu и Au не устанавливается. Околожилные изменения в габбро выражены в проявлении актинолита и биотита.

### **МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ В ГОРИЗОНТАХ КВАРЦИТОВ**

Среди месторождений, отнесенных к важному геолого-промышленному типу рудных объектов, локализованных в хрупких геологических образованиях, представители типа, залегающие в слоях кварцитов, так же многочисленны, как и рудоносные участки, приуроченные к штокам магматических пород. В кварцитах размещается примерно 38 % всех месторождений рассматриваемого типа.

Горизонты кварцитов, заключающие золоторудные тела, проявлены либо среди рассланцованных вулканитов (преимущественно лав андезитового или базальт-андезитового состава), либо среди чередующихся слоев песчаников, алевролитовых и аргиллитовых сланцев, иногда в толщах филлитовых сланцев. Горизонты кварцитов, подверженные золотому оруденению, в свою очередь представляют достаточно сложную литологическую единицу. Как правило, слои собственно кварцитов (преимущественно железистых) мощностью от первых до десятков метров заключены среди алевролитовых, туфогенных, углисто-глинистых, иногда гематитсодержащих сланцев. Кварциты расположены среди терригенных пород в несколько ярусов на расстоянии десятков сантиметров и метров друг над другом. Сульфиды и связанное с ними золотое оруденение наблюдаются преимущественно только в одном — трех пластах кварцитов и в разделяющих их прослоях сланцев. Значительно реже в таком сложном горизонте устанавливаются слои песчаников и известняков. Зарубежные геологи подобные горизонты, представляющие "слоеный пирог" из пород различного состава, именуют слоями "железистой формации". Мощность горизонтов железистой формации изменяется от первых метров до 300 м.

Примечательная особенность анализируемых месторождений — почти повсеместное развитие согласных рудных тел пластовой формы, сложенных вкрапленными или прожилково-вкрапленными рудами, значительная рассредоточенность их по латерали в одном или нескольких пластах кварцитов, приуроченность оруденения к тектонически деформированным участкам пластов. Рудным телам присущи сравнительно

небольшие параметры и умеренные содержания золота в рудах (от первых до 9 г/т). В целом месторождения отличаются небольшими запасами руд и золота, — как правило, многие сотни килограмм — первые тонны благородного металла. Лишь в редких случаях в пределах рудного поля они исчисляются первыми десятками тонн.

Особенности месторождений и рудных тел, в первую очередь пластовая форма и согласное залегание, способствовали тому, что у некоторых зарубежных геологов возникли представления об одновозрастности, сингенетичности руд и вмещающих их горизонтов железистой формации. До сих пор этими геологами не принимаются в расчет такие факты, как развитие (наряду с согласными вкрапленными рудами) жил и прожилков, секущих не только слои кварцитов (в пределах горизонтов железистой формации), но и слои известняков, а также подстилающих и перекрывающих вулканитов. На месторождении Вубачикве (рудный пояс Гванда, Зимбабве) такие известняки испытали лишь перекристаллизацию, что опровергает возможность существования реакционных растворов, способных выщелачивать, переносить и переоткладывать кварц, сульфиды и золото (образуя секущие жилы) и не способных существенно метаморфизовать кальцит.

В пределах некоторых рудных полей, вмещающих пластовые золоторудные залежи в кварцитах, встречены мелкие интрузивные и субвулканические штоки и дайки кислого и щелочного состава. Некоторые из них также пересечены золоторудными жилами. Руды, слагающие жилы, характеризуются тем же набором рудных минералов, элементов-примесей в них, той же последовательностью образования, а также аналогичной пробностью золота, что и золоторудные тела пластовой формы. Расположение таких штоков и даек в сотнях, а иногда и в десятках метров от золоторудных залежей не позволяет рассматривать минеральные образования неодинаковой формы в качестве разновозрастных проявлений различного генезиса (в частности, залежей — в качестве гидротермально-осадочных и жил — более поздних гидротермальных проявлений). Наоборот, вышеприведенные факты свидетельствуют о наложенности, эпигенетичности руд, слагающих залежи пластовой формы.

Необходимо отметить, что некоторые месторождения, заключенные в кварцитах, образуют вместе с вмещающими их породами прихотливо изогнутые складки. Вместе с этими породами подобные горизонты железистой формации расланцованы. В числе таких месторождений можно назвать канадский Лупин (Северо-Западные территории), Пассажем в Бразилии и другие рудные объекты.

*Месторождение Пикл Кроу.* Расположено в пределах хорошо известного в Канаде горнорудного района Ред-Лейк. Эксплуатировалось оно в 1935–1966 гг. и за этот период, по данным К.Г.Бертони [14], из недр его было извлечено 45 т Au. Среднее извлекаемое содержание 14 г/т. Согласно описанию геологии месторождения, приведенного В.П.Коркингом в 1948 г., оно приурочено к горизонту кварцитов и штоку субвулканических кварцевых порфиров. Эти образования заключены среди

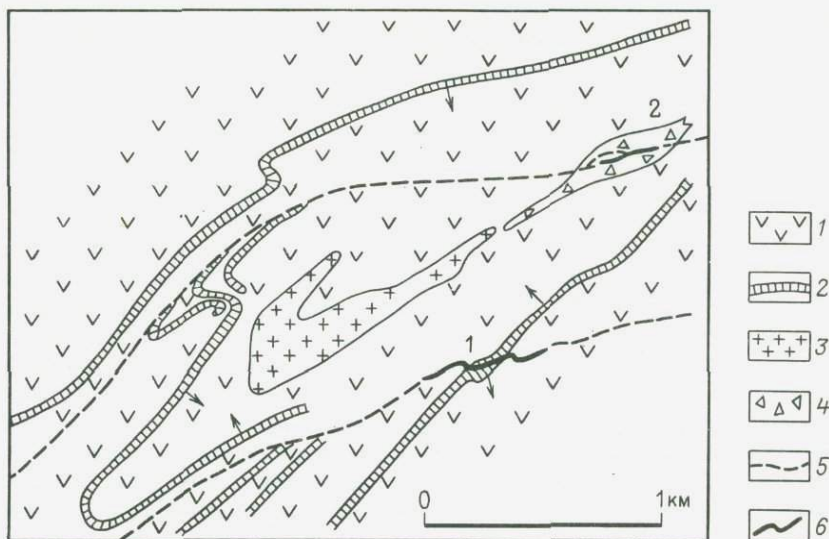


Рис. 35. Схема месторождения Пикл Кроу. По В.П.Коркингу, с некоторыми изменениями.

Жилы: 1 – Ховей, 2 – №2.

1 – базальтоидные метавулканыты; 2 – кварциты; 3 – диоритовые порфириты; 4 – серицитизированные кварцевые порфиры; 5 – предполагаемые рудоконтролирующие разломы; 6 – золоторудные тела

мощной толщии метавулканигов основного состава ( $AR_2$ ). Она смята в синклиналиную складку, открытую на СВ. В киле складки, вблизи замыкания развит шток диоритов, сменяющийся в открытой части ее (т.е. на более верхних уровнях) другим штоком, но сложенным субвулканическими серицитизированными кварцевыми порфирами. Породы характеризуются сравнительно крутым падением. Ядерная часть складки пересечена двумя зонами рассланцевания восточно-северо-восточного простирання, падающими на север, но под более пологим углом сравнительно с породами. Зоны, видимо, имеют древнее заложение и многократно подновлялись, в связи с чем вдоль них произошло образование складок волочения. Это зафиксировалось правосторонне-эшелонированными волнообразными перегибами горизонтов и пластов кварцитов. В участках пересечения нижнего кварцитового горизонта, а также штока субвулканических кварцевых порфиров зонами рассланцевания, вдоль последних, используя приоткрытые полости складок волочения, развились довольно мощные жилы золотокварцевых руд. При этом жила № 2 полностью залегает в субвулканическом теле, а жила Ховей – в горизонте кварцитов (рис.35). В кварцитах зона рассланцевания трансформируется в тектоническую брекчию, а местами – в полосу сближенных плоскостей скольжения. Рудное вещество, залечивающее брекчию и трещинные полости, образует жилы с брекчиевой текстурой руд либо

линейные зоны штокверкового оруденения. Вдоль подобной жилы или зоны в кварцитах устанавливается полоса сопровождающих прожилков, что существенно увеличивает (на 3–5 м) мощность золоторудного тела [10]. При расщеплении жилы на несколько ветвей в ней обособляются богатые руды, что отмечается также вблизи контакта с кварцитами, где жила выполняет перегибы складок волочения. Поэтому большая часть руды и золота на месторождении была извлечена из центральной части жилы Ховей, протяженностью 200 м, средняя мощность ее 3–4 м.

Косо пересекая горизонт кварцитов, жила Ховей выходит в базальтоидные метавулканы, проникая в них на 100–200 м. В вулканитах мощность ее снижается в 2–3 раза. В целом длины жилы превышает 600 м. За 10 лет эксплуатации, до начала 1945 г., на месторождении, главным образом из жилы Ховей, было получено 17,6 т Au, т.е. в среднем за год около 2 т металла. Глубина эксплуатационных работ к 1945 г. достигла 750 м. Учитывая, что позднее разрабатывалась также и жила № 2 (в кварцевых порфирах), давшая почти треть Au, по ориентировочным подсчетам к концу эксплуатации (1966 г.) добыча велась на глубине около 1300–1400 м. Развита в субвулканических кварцевых порфирах золоторудная жила № 2 не выходит за пределы штока этих пород. На одних участках она действительно представлена массивным жильным телом, приуроченным к зоне рассланцевания, а на других сменяется полосой штокверковых руд (протяженностью 100–150 м), сопровождающихся апофизами. Содержание Au в апофизах, как правило, более высокое, чем в штокверковых рудах. Руды месторождения существенно кварцевые, рудные минералы составляют не более 1–2 % (пирротин, арсенопирит, реже пирит, халькопирит). Золото свободное, заключено в кварце. Низкая сульфидность руд, по-видимому, обусловлена невысоким содержанием Fe в рудовмещающих породах.

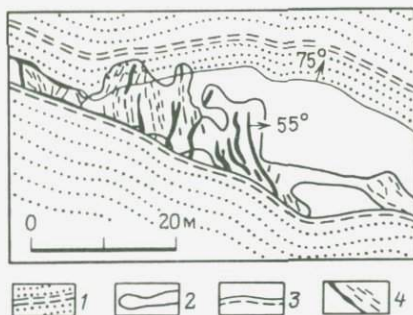
Таким образом, золоторудные тела одинакового состава и морфологии (жилы, зоны штокверкового и прожилкового оруденения) избирательно развились в слое кварцитов и в расположенном в 1 км от него штоке субвулканических порфиров. Очевидно, что оруденение проявилось в тех породах, которые способствовали трансформации зон рассланцевания в более благоприятные для оруденения зоны брекчирования и трещиноватости. По-видимому, благоприятная позиция для оруденения обусловлена различием прочностных свойств пород на участке месторождения и проявлением таких их разностей, которые подвергались избирательному дроблению и массовому трещиноватости с возникновением полостей, залечивавшихся рудным веществом.

На месторождении *Сентрал Патриция*, расположенном в том же районе, оруденение образует как бы согласные залежи, заключенные в пласте кварцитов. Однако, согласно публикации Р.Е.Баррета и А.В.Джонстона, в них развита система поперечных золото-сульфидно-кварцевых прожилков или зонков сульфидной вкрапленности, мощностью каждая в несколько десятков сантиметров. (рис.36). На месторождении проводилась массовая выемка кварцитов, вмещающих сближенные прожилки и зонки.

*Золоторудные поля Вубачикве и Коннемара.* Из руд Вубачикве, по

Рис. 36. Схема внутреннего строения золоторудных тел, заключенных в пласте кварцита (месторождение Сентрал Патриция). По Р.Е.Баррету и А.В.Джонстону.

1 — кварц-хлоритовые и углистые сланцы ( $AR_2$ ); 2 — слой железистых кварцитов; 3 — тектонический контакт; 4 — золото-сульфидно-кварцевые прожилки



публикации К.Р.Анхаузера в 1976 г., к началу 1975 г. было добыто около 10–12 т Au. В небольшом масштабе (100–200 кг в год) добыча продолжается и в настоящее время. Геология рудного поля рассматривается по зарубежным материалам, обобщенным автором в 1983 г. Золоторудные поля Вубачикве и Коннемара, расположенные в Зимбабве, примечательны спорным генезисом. Некоторые зарубежные геологи, и в первую очередь Р.Е.Л.Фрипп в 1980 г., предположили, что пластовые золоторудные тела указанных полей сингенетичны вмещающим их железистым кварцитам и имеют эксгальционно-осадочный генезис. На первый взгляд для этого есть ряд оснований.

Рудное поле Вубачикве размещается в зеленосланцевом поясе Гванда. Основное развитие имеют рассланцованные метапороды андезито-базальтовой формации группы Булавайо ( $AR_{1-2}$ ) мощностью около 5 км и сменяющие их выше по разрезу граувакки группы Шамва ( $AR_2$ ) мощностью около 2 км. В средней части разреза андезито-базальтовой формации заключено пять выдержанных (и еще 6 фациально выклинивающихся) горизонтов железистых кварцитов. Они прослеживаются в северо-западном направлении на расстоянии до 10 км и располагаются в 50–300 м друг над другом. Мощность их 7–75 м. Согласно Р.Е.П.Фриппу, они состоят (снизу вверх) из слоев кремнисто-сидеритовой, кремнистой и аргиллито-кремнистой породы. Каждый из пяти горизонтов подстилается и перекрывается различной породой — рассланцованными базальтами, их туфами, андезитами (амфибол-хлоритовыми сланцами) и их агломератами, туфами фельзитов, а четвертый (снизу) горизонт перекрывается анкеритсодержащими известняками. Известняки, кроме того, наблюдаются среди терригенно-вулканогенных пород, разделяющих кварциты, и в перекрывающих их метаандезитах. Таким образом, какой-либо закономерности в последовательности накопления рудовмещающих пород не устанавливается. Вся толща круто (под углом 65–80°) падает на ЮЗ.

На протяжении 8–10 км в кварцитах, в меньшей степени в породах, вмещающих их, разрабатывались золоторудные участки. В горизонтах кварцитов это большей частью согласные пластовые зоны золотоносных сульфидов протяженностью 100–200 м и мощностью от долей до 5 м. Площадь рудных залежей изменяется от 0,01 до 0,1 км<sup>2</sup>.

До последнего времени разрабатывались руды с содержанием Au 4—9 г/т. Однако наряду с оруденением согласного типа многие исследователи наблюдали проникновение зон золотоносной сульфидной вкрапленности из кварцитов во вмещающие метавулканисты. В последних полосы вкрапленности переходят в серию прожилков и даже жилы с брекчиевой текстурой руд, приуроченные к зонам дробления (рудоносные участки Лонг Джон, Леди Лина, Мегуна и др.). Помимо вкрапленных залежей, в кварцитах рудного поля разрабатываются секущие жилы и линейные штокверки. На месторождении Раби Стар золотоносные вкрапленные руды известны как в амфибол-хлоритовых сланцах, так и в рассекающей их дайке субвулканических кварцевых порфиров (образование которой произошло, видимо, на десятки млн. лет позднее накопления рудовмещающих вулканитов и кварцитов группы Булавайо). На месторождениях Минкс, Себайва, Мегуна, Сусанна и некоторых других зоны вкрапленности и ее участки, обогащенные золотом, вытягиваются узкой полосой вдоль погружающихся шарниров складок волочения, в которые смяты слои рудовмещающих кварцитов. В связи с этим длина рудных тел и столбов богатых руд по падению в 2—4 раза превышают протяженность их в плане. Богатые руды обособляются и на перегибах согласных золото-сульфидно-кварцевых жил (Сусанна), что типично для гидротермальных месторождений<sup>1</sup>.

В метавулканистах группы Булавайо, расположенных на рудном поле Вубачикве ниже и выше горизонтов оруденелых кварцитов, а также в перекрывающих граувакках группы Шамва, известны (хотя и в меньшем количестве) золото-сульфидно-кварцевые жилы и прожилки, характеризующиеся набором рудных минералов, аналогичных зонам вкрапленности золотоносных сульфидов. Очевидно, идентичное по составу оруденение проявляется в разрезе шести-семикилометровой мощности и нет оснований считать его древним в "булавайских" породах и более молодым — в "шамвайских". Бытующие до сих пор представления о возможности растворения сульфидов и золота в крупном масштабе, миграции их вверх по восстанию и образованию секущих жил, представленных регенерированными рудами (например, в кровле "булавайских" вулканитов и в граувакках группы Шамва), полностью несостоятельны. Действительно, известняки перекрывающие оруденелые кварциты (например, на рудном поле — кварциты четвертого горизонта), подверглись слабому метаморфизму (незначительной перекристаллизации), в то время как эти породы, как известно, в сотни и тысячи раз более растворимы по сравнению с рудными минералами.

Ранее Р.Тиндель-Биско и А.М.Мак-Грегор, в публикациях 1940 и 1947 гг., привели многочисленные факты локализации в железистой формации гидротермального золотого оруденения. Оно проявлено в участках пластов, смятых в приразломные складки и складки волочения, пересеченные трещинами. При этом подошва пластов, как правило, брекчирована и рассланцована. Небезынтересно, что в золоторудных

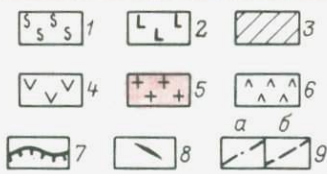
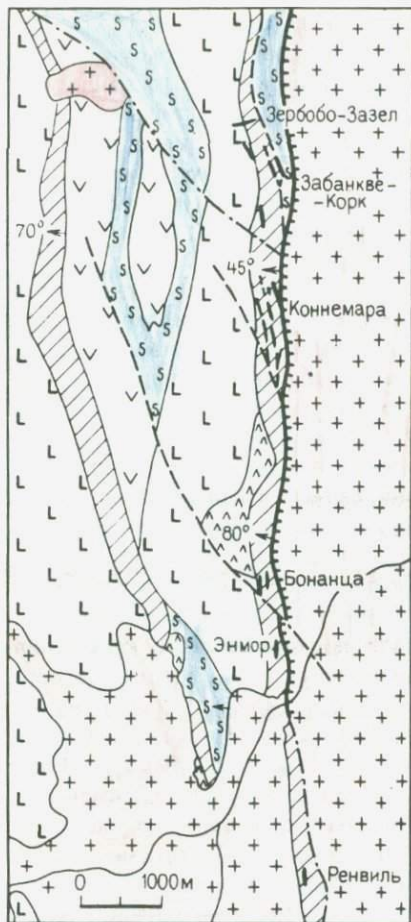
<sup>1</sup> См. Е.М.Некрасов — Изв. АН СССР, сер.геол., 1983, № 10 с.114,118.

телах как пластового, так и секущего типа последовательность кристаллизации минералов почти одинакова. Главные из них — белый и голубовато-серый кварц, подчиненные ему анкерит и доломит, а из рудных (по степени убывания) — пирит, арсенопирит, марказит, пирротин, антимонит, значительно реже галенит, сфалерит, блеклые руды, минералы  $V_i$ . Более 80 % золотинок заключено в арсенопирите, их размер около 30 мкм. Околорудные метасоматиты в зоне, примыкающей к руде, имеют пирит-анкерит-хлорит-кварцевый состав. На удалении от руды породы подвержены слабой анкеритизации и пиритизации.

Незначительный метаморфизм руд выявляется и на рудном поле Коннемара, расположенном в зеленосланцевом поясе Мидленд в центральной части Зимбабве. К 1965 г. из руд извлечено, по данным К.В.Стоува, опубликованным в 1976 г., 17,5 т Au. Оруденение развилось в мощном (200—400 м) горизонте железистых кварцитов, заключенном среди толщи пород коматиит-базальтовой формации ( $AR_1$  или  $AR_0$ ). Они преобразованы в тальк-магнезиальные, хлорит-амфиболовые и хлоритовые сланцы, содержащие также рассланцованные крупные (1—5 x 0,5—1 км) согласные тела серпентинизированных ультрамафитов и серпентинитов линзообразной формы. Толща надвинута на батолитоподобное тело палингенных гранодиоритов и гранитов (рис.37), имеющих абсолютный возраст около 2700 млн.лет. Надвиг почти на всем протяжении сопровождается мощной турмалин-кварцевой жилой. От этого нарушения в горизонт железистых кварцитов отщепляются зоны трещиноватости и рассланцевания северо-северо-западного простирания, сопровождающиеся складками волочения. Используя зоны и складки, развились золотоносные залежи сульфидной вкрапленности. На участках Зербобо-Зазел и Забанкве-Корк зоны прослеживаются в серпентинитах и кварцитах, а также вдоль контакта этих пород. Они, очевидно, являются наложенными по крайней мере на серпентиниты (см.рис.37). Другая залежь пересекает кварциты и проникает в хлорит-амфиболовые сланцы. На прочих участках рудные тела располагаются согласно в горизонте железистых кварцитов.

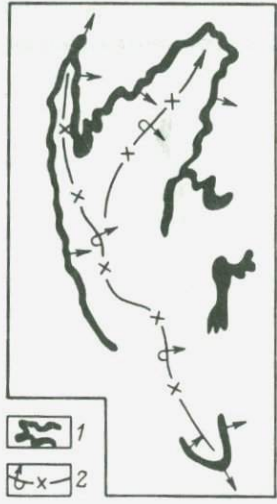
Несомненна связь золотоносной вкрапленности сульфидов с турмалин-кварцевой жилой (регионального значения). Образование происходило синхронно или вслед за взбросом толщи ( $AR_0 - AR_1$ ) на тело палингенных гранитоидов, однозначно свидетельствуя о более позднем возрасте и наложенности золотого оруденения на рудовмещающие породы. При этом отпадают представления и о метаморфогенной природе руд золота, проповедуемые Р.Е.П.Фриппом и некоторыми другими геологами. Действительно, палингенез, как результат наиболее интенсивного метаморфизма, оказался нерудогенерирующим процессом.

*Месторождение Лупин.* Расположено оно у оз. Контуйто в Северо-западных территориях Канады. Запасы Au, согласно М.Д.Харрону, на конец 1983 г. около 42 т при среднем содержании его в руде 13,5 г/т. Прогнозные запасы значительны. В 1984 г. на руднике было получено 5536 кг Au. Локализовано месторождение в пределах архейского зеленосланцевого пояса и размещается в мощной толще амфиболовых слан-



**Рис.37.** Геологическая схема рудного поля Коннемара. По Н.М.Гаррисону, Д.В.Вайлею и А.М.Мак-Грегору.  
 1-4 — породы ( $AR_0 - AR_1$ ): 1 — метакоматиты и серпентиниты; 2 — хлорит-амфиболовые сланцы; 3 — железистые кварциты; 4 — метаандезиты; 5 — палингенные гранодиориты и граниты ( $AR_2$ ); 6 — послерудные долериты ( $PZ$ ); 7 — жилы дозолотоносного кварца; 8 — зоны рудной вкрапленности; 9 — локальные рудоконтролирующие разломы: а — прослеженные, б — предполагаемые

**Рис.38.** Морфология пласта золотосодержащих кварцитов на месторождении Лупин. План, по М.Д.Харрону, с некоторыми изменениями.  
 1 — выход пласта золотосодержащих кварцитов на поверхность; 2 — положение оси опрокинутой антиклинали



цев. Последние содержат горизонты кварцитов, в нижней части которых вычлениют сульфидсодержащие фации, вмещающие золотое оруденение. Они образуют полосчатые агрегаты, которые представляют собой чередование слоев кремнезема и подчиненного актинолита с арсенопиритом и (или) пирротинном, менее обычными пиритом, халькопиритом, самородным серебром и следами редкоземельных минералов. Золото тонкое, золотины имеют размер от 20 до 100 мкм и распространены преимущественно в виде изометричных включений в зернах арсенопирита.

та и пирротина. Пласт кварцита с золотоносной сульфидной вкрапленностью прослеживается на 600 м при мощности от 1 до 25 м. Совместно с вмещающими амфиболовыми сланцами кварциты образуют серию угловатых складок. Их особенность — погружающиеся почти вертикально на север узкие шарниры антиклиналей. Складки сжатые, опрокинуты на запад под углом около  $75^\circ$ , крылья их осложнены мелкими перегибами. В результате золотоносные кварциты оказываются развитыми как на восточном, так и на западных крыльях складок и в обоих случаях круто падают на восток (рис.38). В южном направлении пластовое тело в обоих крыльях складок заканчивается. На продолжении его выявлены две другие разобщенные пластовые залежи — одна образует поставленную “на голову” антиклинальную складку с узким, но плавно перегибающимся шарниром, обращенным на юг, другая часть восточное волнообразно изогнутое крыло этой складки. Все рудные тела на глубину не оконтурены. Кварц, разделяющий сульфидные слойки, деформирован и перекристаллизован. Складкообразная форма рудного тела, осложненность изогнутых “крыльев” пластовой залежи волнообразными перегибами и рассланцевание ее кровли, метаморфизм жильного кварца и, видимо, пирита, пирротина, халькопирита косвенно указывают на раннее образование руд Au, скорее всего сингенетично с вмещающей их породой.

## ВЫВОДЫ

Сопоставление многочисленных примеров золоторудных месторождений убедительно показало, что мелкие штоки интрузивных и субвулканических пород, роговики, окружающие интрузивные штоки, дайки, силлы и прослои кварцитов, залегающие преимущественно среди более пластичных сланцево-терригенных или рассланцованных вулканогенных толщ андезитовых и базальтоидных формаций, представляют собой своеобразные аккумуляторы тектонических напряжений. В результате этого они хрупко деформируются наподобие образца, заключенного в пластичном материале, что обуславливает избирательное проявление в них трещино- и рудообразования.

Месторождения рассматриваемого типа похожи на некоторые близповерхностные и малоглубинные объекты золотых, золото-серебряных и золото-теллуридных руд, приуроченные к жерловым телам вулканотектонических построек. Однако они отличаются выдержанностью и сосредоточенностью оруденения в хрупком геологическом теле, ярусным расположением золоторудных тел и большим вертикальным размахом оруденения, минеральным составом и текстурами руд глубинного генезиса, высокой пробностью золота и околорудными метасоматитами, образующимися при высоких и средних температурах.

Состав магматических штоков, даек и силлов, концентрирующих оруденение, достаточно разнообразен — от габбро и габбродиоритов до кислых (гранодиорит-порфиров, кварц-полевошпатовых и кварцевых порфиров) и щелочных разновидностей (монцититов, сиенито-диоритов и сиенитов). Среди кварцитов наиболее часто деформации и оруденению под-

вергаются слои, залегающие в пределах горизонтов песчанико-сланцевых или сланцевых пород, особенно те из них, которые непосредственно подстилаются и перекрываются сланцами. Возможно, последние в процессе деформации являются своеобразной "смазкой", обуславливающей перемещение выше- и нижележащих толщ и сначала пластическую, а затем хрупкую деформацию кварцита.

Рудовмещающие магматические тела, как правило, интродуцируют слоистые толщи, смятые в складки и нарушенные разрывами. Поэтому понятно пространственное тяготение подобных штоков, даек, силлов к сравнительно проницаемым сводам антиклиналей и к перегибам и периклинальным замыканиям этих складок, наиболее нарушенным разрывами. В целом, подытоживая проведенное исследование, необходимо остановиться на некоторых особенностях месторождений рассматриваемого типа.

1. В зависимости от генетического типа, морфологии и размеров хрупкого геологического образования, подвергающегося оруденению, целесообразно выделить четыре родственные группы месторождений, локализованные: 1) в мелких секущих интрузивных штоках, в связанных с ними роговиках и в субвулканических штоках; 2) в секущих дайках; 3) в согласных силлах и дайках; 4) в пластах кварцитов (т.е. в согласных пластовых телах). В магматических рудовмещающих телах рудные жилы, прожилки и подчиненные им зоны прожилкового и штокверкового оруденения резко преобладают над секущими зонами и залежами вкрапленных руд. Мощность жильных тел невелика — от первых сантиметров до 10 м. Зоны вкрапленных руд обычно имеют большую мощность. Наиболее перспективно проявление штокообразных залежей вкрапленных руд, метасоматически образующихся между субпараллельными трещинами и сериями трещин. Тела вкрапленных руд достигают нескольких десятков метров.

2. Главное промышленное значение и наиболее крупные запасы руд имеют месторождения первой группы, локализованные в мелких секущих штоках. К ним принадлежат такие крупнейшие и крупные рудные объекты, как Керкленд-Лейк, Сигма-Ламак, Брелорн-Пайонир, Кемфло. Меньшие запасы у месторождений, приуроченных к секущим дайкам (например, рудное поле Вудс Пойнт). Последними в этом ряду стоят золоторудные объекты, связанные с проявлением пластовых и секущих золоторудных тел в слоях кварцитов. Наиболее перспективно обнаружение крупных запасов золота в дайкообразных штоках, унаследующих направления древних, многократно подновляющихся разрывных нарушений.

На примере месторождения Керкленд-Лейк можно отметить, что в этом случае отношение длины штоков к мощности 15—30 : 1. При этом рудовмещающие нарушения, использующие древнее направление трещиноватости, протягиваются строго параллельно длинной стороне штоков. Оруденение почти непрерывно прослеживается в них, проникая на максимально возможные глубины (до 2,5 км от современной поверхности). Следует подчеркнуть, что масштаб оруденения для мес-

торождений рассматриваемого типа, как правило, прямо коррелируется с его вертикальным размахом.

3. Очевидно, для проявления золотого оруденения в крупном масштабе важное значение принадлежит фактору "мощности". Как единое тело, пересекающееся трещинами от одного контакта до другого, магматические рудовмещающие тела деформируются только в том случае, когда мощность их (или поперечное сечение штока) не превышает 0,5–0,8 км. В этом случае отношение длины деформирующейся части штока, дайки, силла к ширине (мощности) не менее 2,5–3. Такие соотношения, устанавливаемые для верхних частей месторождений, позволяют прогнозировать ярусное расположение трещин и приуроченных к ним золоторудных тел на большую (1–2 км) глубину. По-видимому, все эти тела будут слепые.

4. Максимальное распространение на глубину рудных тел, располагающихся ярусами, друг над другом, более присуще штокам. Для даек, видимо, типичнее проявление их как на глубину, так и по длине рудовмещающего тела. При этом значительных запасов оруденения достигает в раздувах даек, где параметры рудных тел многократно возрастают сравнительно с пережатými участками магматических образований или с их маломощными представителями. Сравнительно мощные рудные тела могут обрабатываться индивидуально (в случае высоких содержаний золота в их рудах), в то время как пережатые участки, вмещающие прожилки — целиком (что обычно влечет существенное разубоживание руд).

5. Деформация сравнительно хрупкого магматического образования как единого тела обуславливает проявление трещин во всем его объеме. Залечивающие их жилы (прожилки) часто образуются на закономерном друг от друга расстоянии. Это расстояние почти всегда несколько меньше мощности рудовмещающего магматического тела и обычно составляет от 2/3 до 3/4 мощности. Преобладают трещины и жилы какого-то одного направления, в то время как жилы другого направления, другой системы проявляются реже, являются более короткими и выполняют роль диагональных соединительных тел.

6. В магматических образованиях преобладают месторождения с рудными телами жильного типа (жилы простой плитообразной формы, серии прожилков). В слоях кварцитов преимущественно развиты согласные залежи вкрапленных, реже прожилково-вкрапленных руд, характеризующихся существенно сульфидным составом. Последнее обстоятельство, видимо, связано с преимущественным замещением ими оксидов железа или сидерита, сингенетичных основной силикатной массе породы.

7. Весьма вероятно, что в связи с разнообразными условиями локализации руд (в магматических телах различного состава, в кварцитах), кристаллизующихся то в трещинных полостях, то метасоматически замещающая оксиды или карбонаты железа и т.п., руды отличаются разнообразным составом и текстурами. Это многостадийные образования (за исключением руд, возникающих одновременно с накоплением железоз-

кремнистых осадков). Руды почти всегда сульфидно-кварцевые с довольно высоким содержанием рудных минералов — до 10 % в жильных телах и до 30 % — в зонах, штокообразных телах и пластовых залежах вкрапленных руд.

8. Минеральный состав руд сложный. Среди рудных минералов преобладает пирит, изредка — арсенопирит. Нередко проявлены обычно наиболее ранние шеелит и молибденит. Как правило, в значительных количествах присутствуют халькопирит, сфалерит, галенит и блеклые руды. Иногда пирротин. В значительно меньших концентрациях наблюдаются минералы висмута, часто не только представленные висмутином и висмутом самородным, но и медно-висмутовыми сульфосолями. На некоторых месторождениях установлены сульфоантимониты, минералы теллура и селена. Среди жильных минералов, помимо кварца, проявляются турмалин и разнообразные карбонаты, флюорит и даже барит.

9. Золото выделяется, как правило, в парагенетических ассоциациях, завершающих середину процесса минералообразования. Золотинки преимущественно мелкие, либо залечивающие микротрещины в некоторых сульфидах (халькопирите, пирите, пирротине и арсенопирите, сульфосолях и других минералах висмута), либо наблюдающиеся внутри и на гранях зерен перечисленных рудных минералов. Пробность золота разнообразная, но преимущественно 800—850 и не ниже 700. Зоны околорудного изменения представлены либо березитами в породах кислого и щелочного состава, либо лиственитами в габбро и габбродиоритах. Для железистых кварцитов характерно проявление железисто-карбонатных метасоматитов, хлорита и кварца.

#### ГЛАВА IV

### МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЗЕЛЕНОКАМЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ И АМФИБОЛИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИГЕННО-ВУЛКАНОГЕННЫХ ТОЛЩАХ АРХЕЙСКИХ ЗЕЛЕНОСЛАНЦЕВЫХ ПОЯСОВ

Рассматриваемые месторождения имеют ведущее промышленное значение среди гидротермальных объектов несоциалистического мира. По данным Mining Annual Review, World Mining, World Metal Statistic, а также Г. Глинна [27], с 1492 г. (года открытия Америки) до 1.1.1987 г. из этих месторождений получено 11 500 т (или 30,5 %) гидротермального золота. В них заключено 32 % запасов, имеющихся в гидротермальных месторождениях несоциалистических стран (см. рис. 1). Из 17 крупнейших месторождений 8 принадлежат к указанному типу (Холлинджер, Мак-Интайр, Хемло, Доум, Керр-Эдисон в Канаде, Калгурли, Австралия, Колар, Индия, Морроу-Велью, Бразилия). В 1986 г., согласно сведениям Mining Annual Review, из добытых 275 т в собственно гидротермальных золоторудных месторождениях не менее 125 т (т.е. 45 %) было произведено из руд рассматриваемого типа.

Месторождения, размещающиеся в зеленосланцевых поясах (абс. возраст пород 3,5—2,6 млрд.лет), известны в пределах всех щитов. Пояса, по-видимому, возникали в рифтовых впадинах сравнительно тонкой континентальной коры и заполнялись мощными покровами вулканитов, перекрывающихся терригенными толщами. Предрудный интрузивный магматизм проявлялся на последних стадиях формирования поясов (2,9—2,6 млрд.лет) и сначала носил ярко выраженный натриевый и калиево-натриевый характер, а в конце натриево-калиевый, фиксируясь породами кислого и щелочного состава. При этом образующиеся штоки габбро, диоритов и сиенитов, а также их прямолинейные апофизы оказались недеформированными и неметаморфизованными. Они пересекают смятые в сжатые складки метавулканиты, свидетельствуя о постскладчатом и постметаморфическом возрасте золотого оруденения. Последнее, характеризуясь однотипными стадийностью и составом руд в метаморфизованных вулканитах и терригенных породах и в расположенных среди них регионально неизменных магматических штоках и дайках, однозначно свидетельствует об одновременном возникновении руд в различных образованиях и поступлении золотоносных растворов из глубинных источников.

В зеленокаменных поясах щитов месторождения размещаются в метапородах практически всех вулканогенных формаций — дифференцированной коматиит-базальт-андезитовой и базальт-андезитовой, нередко базальт-андезит-дацитовый и андезит-дацитовый. Менее известны месторождения в метапородах контрастной базальт-липаритовой или породах андезит-липаритовой формации. Иногда с этими рудовмещающими образованиями сочетаются породы конгломерат-песчаниковой, песчаниково-кварцито-сланцевой (Доум, Керр-Эдисон, Хемло, О'Брайен и др. в Канаде) и карбонатно-кварцито-терригенной формации (например, Морроу-Велью в Бразилии, Вубачикве в Зимбабве, Гейта в Танзании и др.).

Рудовмещающие породы претерпели сравнительно умеренный метаморфизм. В разных поясах каждого щита он изменяется неодинаково, постепенно сменяясь от зеленокаменной до амфиболитовой и даже роговообманково-полевошпатовой фации. Нередко вулканиты настолько слабо преобразованы, что в них почти полностью сохраняется первичная структура магматических пород, а из новообразованных минералов устанавливаются пренит и цеолиты или пренит, хлорит и кварц. Такие слабометаморфизованные вулканиты обычно незначительно регионально рассланцованы. Из видов сланцеватости преобладает кливаж (сланцеватость) слоистости.

Складчатость отличается максимальной сложностью. Породы, как правило, смяты в группы сближенных непротяженных и сильно сжатых складок большой (километры) амплитуды, сменяющих одна другую. Они вытягиваются вдоль простирания поясов. Ядерные части складок нередко пережаты, а крылья нарушены поздними складками других направлений и осложнены мелкими складчатыми формами различных порядков, в том числе складками волочения и приразломного типа.

Важное значение для размещения месторождений имеет конфигурация зеленосланцевых поясов. Месторождения преимущественно тяготеют к пережатым и более узким частям их, к изгибам прибортовых частей, разветвлениям поясов, флангам и узким "апофизам", представляющим собой впадины, заполненные моноклинально залегающими породами, вдающимися в кристаллические породы фундамента на многие километры.

Месторождения группируются в рудные узлы и поля, которые приурочены к наиболее проницаемым участкам зеленосланцевых поясов. В таких участках пространственно совмещается: 1) среда, отличающаяся максимальной неоднородностью (от окружающей слабо оруденелой территории); 2) узлы пересечений региональных рудоконтролирующих разломов, их перегибы, разветвления фланговых участков, узлы сочленения с ними пучков и одиночных локальных разломов; 3) поля высокой концентрации магматических штоков и даек. На примере золоторудного пояса Абитибиде, Канада, Е.М. Некрасов в 1981 г. отметил, что средние, крупные и крупнейшие золоторудные объекты размещаются в зонах влияния пучков локальных рудоконтролирующих разломов, сочленяющихся с региональными. При этом месторождения локализируются на расстоянии 2–4 км от последних нарушений. Рудовмещающими являются затухающие фланговые части пучка локальных разломов. Этому, по-видимому, способствует своеобразный "структурный барьер" – затормаживание потока растворов в клиновидно заканчивающихся флангах разрывов и трансформация его в рассеивающийся фронт, медленно поднимающийся по порам. Решающее региональное рудоконтролирующее значение принадлежит продольным прибортовым разломам. Наряду с трещинными, контроль рудных тел осуществляется и складчатыми, послойными нарушениями. Поэтому ниже рассматривается геология трех групп месторождений с рудными телами: 1) секущими, 2) комбинированными, 3) пластовыми.

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ С СЕКУЩИМИ РУДНЫМИ ТЕЛАМИ

К этой группе относится большинство месторождений рассматриваемого типа. Исходя из приуроченности оруденения к разнотипным разрывам, рудные объекты группы могут быть разделены на структурные подтипы, представленные: 1) единичными широкими и протяженными системами рудоносных разрывов (проникающими на глубину 1–2 км и более от современной поверхности); 2) системами многочисленных сопрягающихся между собой зон вкрапленного оруденения; 3) рудоносными зонами разломов; 4) разбщенными единичными разрывами.

*Рудное поле Поркьюпайн.* Оно включает месторождения Холлинджер, Мак-Интайр, Кониорэм и Монета, объединенные одинаковой пространственной приуроченностью к юго-восточному крылу и своду антиклинали Поркьюпайн, цепи штоков субвулканических кварц-полевошпатовых порфириров и широкой продольной зоне расланцевания северо-

восточного направления. Это объекты с крупнейшими и средними запасами руд. Золотое оруденение на площади рудного поля было выявлено в 1909 г., а уже в 1910 г. началась разработка месторождения Холлинджер. Позднее были вовлечены в эксплуатацию месторождения Мак-Интайр (1912 г.), Кониорэм (1913 г.), Монета (1938 г.). За период с 1910 по 1981 г. было получено 974 т Au с содержанием от 7,8 до 9,3 г/т на разных рудниках. Ревизионными работами к началу 1984 г. было выявлено еще около 6 т благородного металла, однако, в целом рудное поле крайне истощено. При описании месторождений были использованы работы исследователей [10,17,30,43], а также А.Файона и Дж.Г.Крокета, Дж.Ф.Дэвиса, А.Т.Гриффиса, Г.Д.Фарса, В.А.Джойнса и др., вышедшие в 1982, 1977, 1962 и 1948 гг.

Месторождения локализуются в мощной толще зеленокаменно-измененных слоистых пород последовательно дифференцированной андезит-коматиит-базальтовой формации — в тальк-карбонатсодержащих андезитах, дацитах, вариолитовых и подушечных коматиитовых базальтах и их туфобрекчиях. Они являются стратиграфическими образованиями верхней части разреза группы Киватин (ранний AR<sub>2</sub>). Породы рудовмещающей формации (совместно с подстилающими и перекрывающими толщами) смяты в складки восточно-северо-восточного простирания, опрокинутые на СЗ и пересеченные рядом продольных широких зон рассланцевания. Они круто (75–85°) падают на ЮВ. В пределах зон (или тяготея к ним) среди метаандезитов, отчасти базальтов и их пирокластов локализована цепочка штоков субвулканических кварц-полевошпатовых порфиров. Они прорывают рудовмещающие вулканыты и наблюдаются среди самых молодых перекрывающих пород — агломератов и туфобрекчий фельзитов и риолитов, согласно публикации Д.Р. Пайка в 1976 г. Это дало основание считать, что субвулканические тела завершили формирование пород группы Киватин (т.е. проявлялись около 2,6–2,7 млрд. лет тому назад). Порфиры представляют собой в плане тела, вытянутые вдоль зон рассланцевания. Штоки круто погружаются на глубину и сопровождаются рядом апофиз, как правило, отделяющихся от кровли восточных и западных выклиниваний, а также от "нависающих" участков лежащих боков этих тел. Почти все апофизы (с максимальной протяженностью до 500 м) прослеживаются вдоль отдельных ветвей продольных зон рассланцевания, которые залежились, очевидно, до формирования субвулканических образований. Мощность секущих апофиз составляет первые десятки и даже первые метры. Прямолинейность их, отсутствие признаков тектонической нарушенности контактов свидетельствуют о формировании порфировых штоков и апофиз, а соответственно и оруденения, пересекающего их в виде прожилков и жил, после основных фаз складчатости.

Золотое оруденение проявлено в виде системы смежных друг друга рудных тел, которая протягивается более чем на 5 км с ЮЗ на СВ (рис.39). Приурочено оно к системе сближенных зон рассланцевания, широкой на юго-западном и постепенно соединяющейся на северо-восточном фланге в единое менее мощное нарушение. В связи с этим шири-

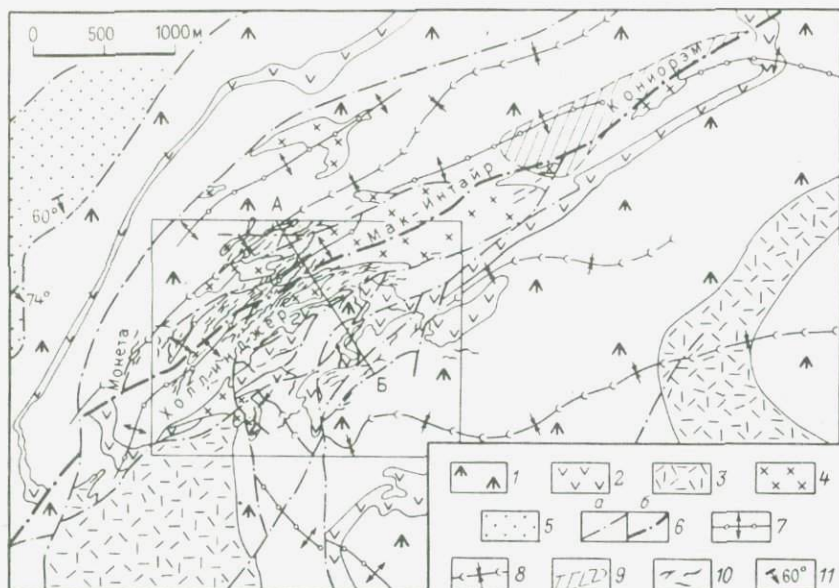


Рис.39. Геологическая схема золоторудного поля Поркьюпайн. Составлено по материалам Т.Дж.Смита и др., Р.В.Бойля, В.О.Карвинена, В.А.Джойнса. На врезке показаны границы рис.41.

1 — андезиты, коматиитовые базальты и их туфобрекчии; 2 — диабазы и базальты; 3 — агломераты и туфобрекчии фельзитов и риолитов; 4 — субвулканические кварц-полевошлатовые порфиры; 5 — конгломераты, песчаники, алевролитовые сланцы; 6 — разломы; а — локальные, б — рудоконтролирующие; оси: 7 — антиклиналей; 8 — синклиналей; 9 — поле развития "слепых" золоторудных тел; 10 — золотоносные жилы и прожилковые зоны; 11 — направление и угол падения пород

на рудной системе превышает 1200 м на месторождении Холлинджер, а на месторождении Кониорэм — уменьшается до 100 м. В широкой части системы, на месторождении Холлинджер, на одном уровне насчитывается до 20 рудных тел, а на месторождении Кониорэм, в узкой части системы, — 1–2 тела (см.рис.39). Они представлены тремя типами. Основное развитие имеют линейно вытянутые умеренно изогнутые зоны прожилковых сульфидно-кварцевых и сульфидно-анкерит-кварцевых руд, которые сочетаются с маломощными массивными жилами того же состава. Прожилковые зоны преобладают на нижних и почти полностью вытесняют рудные тела других типов на средних горизонтах. На верхних горизонтах они уступают главенствующее значение рудным телам второго типа — зонам прожилково-вкрапленного (в основном метасоматического) оруденения. Мощность рудных тел первого и второго типов в раздувах достигает примерно 15–25 м. Приурочены они к перегибам или сопряжениям двух разноориентированных или нескольких субпараллельных зон одного ветвящегося рудного тела. Обычно мощность изменяется в пределах 1–5 м.

Тела третьего типа развиты исключительно в кварц-полевошпатовых порфирах и представлены сравнительно прямолинейными массивными жилами небольшой мощности (от долей до 3 м) сульфидно-анкерит-кварцевого состава. На верхних и средних горизонтах месторождений таких жил немного. С глубиной число их и относительное значение как рудных тел существенно возрастают.

Золоторудные тела первого и второго, а изредка и третьего типов приурочены к рудовмещающим разрывам специфического облика. Это зоны расланцевания, под очень острым углом пересекающие слои вулканитов и на протяженных интервалах приспособляющиеся к их слоистости. Зоны, как правило, представляют собой полосу кливажных трещинок (кливаж разлома), примыкающих к главному глинистому тектоническому шву. Наиболее важные особенности зон расланцевания — гофрированность и изогнутость в складки волочения кливажных трещинок. Они изгибаются в узлах сочленения с главным швом зоны боковых оперяющих разрывов (рис.40). В пределах системы рудных тел в первую очередь прожилковые зоны приурочены к таким кулисообразно сменяющимся друг друга нарушениям. Основная масса слагающих прожилков выполняет изогнувшиеся и приоткрывшиеся при “волочении” кливажные трещинки. В результате прожилковые зоны оказались состоящими из подобных один другому волнообразно, z-, s- и крюкообразно изогнутых прожилков, разделенных пластинками породы. Масса прожилков и пластинок породы находится в примерном соотношении от 3 : 1 до 1 : 2. Контуры прожилков, возникших в вулканитах, согласны с окаймляющими их кливажными трещинками.

Гофрированность, изогнутость рудных прожилков послужили источником для неверных генетических построений, проведенных канадскими геологами. Последние предположили, что рудные тела участвовали в складкообразовании, региональном метаморфизме и образовались соответственно синхронно с накоплением базальтов и андезитов в процессе вулканических эксгальций. Однако гофрированность прожилков, изогнутость как бы в складки волочения<sup>1</sup> устанавливается на месторождении Мак-Интайр в субвулканических телах порфиров, пересекающих вулканиты. Если учесть, что на месторождениях Доум и Пеймор, расположенных в нескольких километрах на ЮВ и В, аналогичные по составу рудные тела локализованы в более молодых песчаниках и граувакках группы Тимискаминг, перекрывающих вулканиты, становится ясно, что золотое оруденение сформировалось много позже вулканизма, складчатости и метаморфизма.

Проследивая рудную систему от юго-западного (Монета) до северо-восточного фланга (Конибрэм), канадские геологи убедились в достаточно четком закономерном размещении рудных тел по отношению к субвулканическим образованиям. Установлено, что наиболее насыщенными рудными телами являются интервалы рудной системы, заключенные

<sup>1</sup> Последние правильнее называть псевдоскладками, так как рисунок складки создается изогнутостью не слоев, а полос сланцеватости, кливажных трещинок.

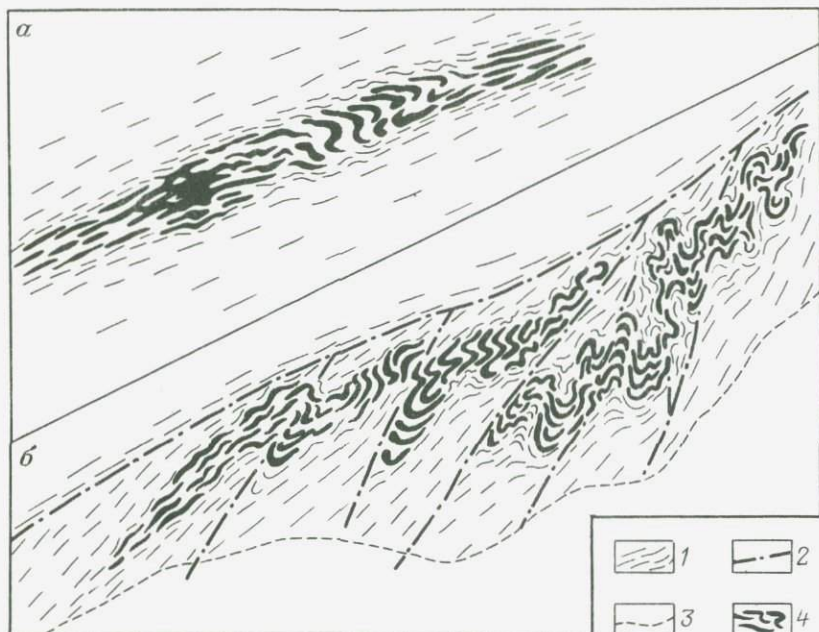


Рис.40. Схема строения зон расщепления и приуроченного к ним прожилкового оруденения в плане: а – простого, б – сложного строения.

1 – метавулканыты с трещинками кливажа разлома; 2 – тектонические швы и плоскости скольжения; 3 – границы распространения кливажа; 4 – золотоносные прожилки, подобные друг другу

между порфировыми штоками Миллерто, Перл-Лейк, Нью-Носерн и Кониорэм. В участках системы, осложненных такими штоками, число рудных тел как в последних, так и во вмещающих вулканитах существенно сокращается (см.рис.39). Юго-западный фланг рудной системы отличается появлением золоторудных прожилковых зон, образующих несколько выпуклых полудуг. Возможно, что прожилковые зоны использовали фрагменты кольцевых разломов, связанных с проявлением на глубине гипотетического жерлового тела порфиров, расположенного к югу от штока Перл-Лейк.

В пределах рудной системы почти всегда удается выделить полосу сближенных и наиболее четких зон расщепления, локализирующих существенную часть золоторудных тел. Протяженность каждой из них изменяется от первых десятков до 300 м. В результате в системе к одной зоне расщепления на протяжении 5 км оказываются приуроченными многие десятки золоторудных тел (рис.41). Рудные тела располагаются в зоне преимущественно кулисообразно, нередко заходя флангами друг за друга. В этом случае намечается их правостороннее эшелонирование, что, возможно, свидетельствует о формировании последних в процессе левостороннего "волочения" (в плане) пород вдоль зон расщепления.

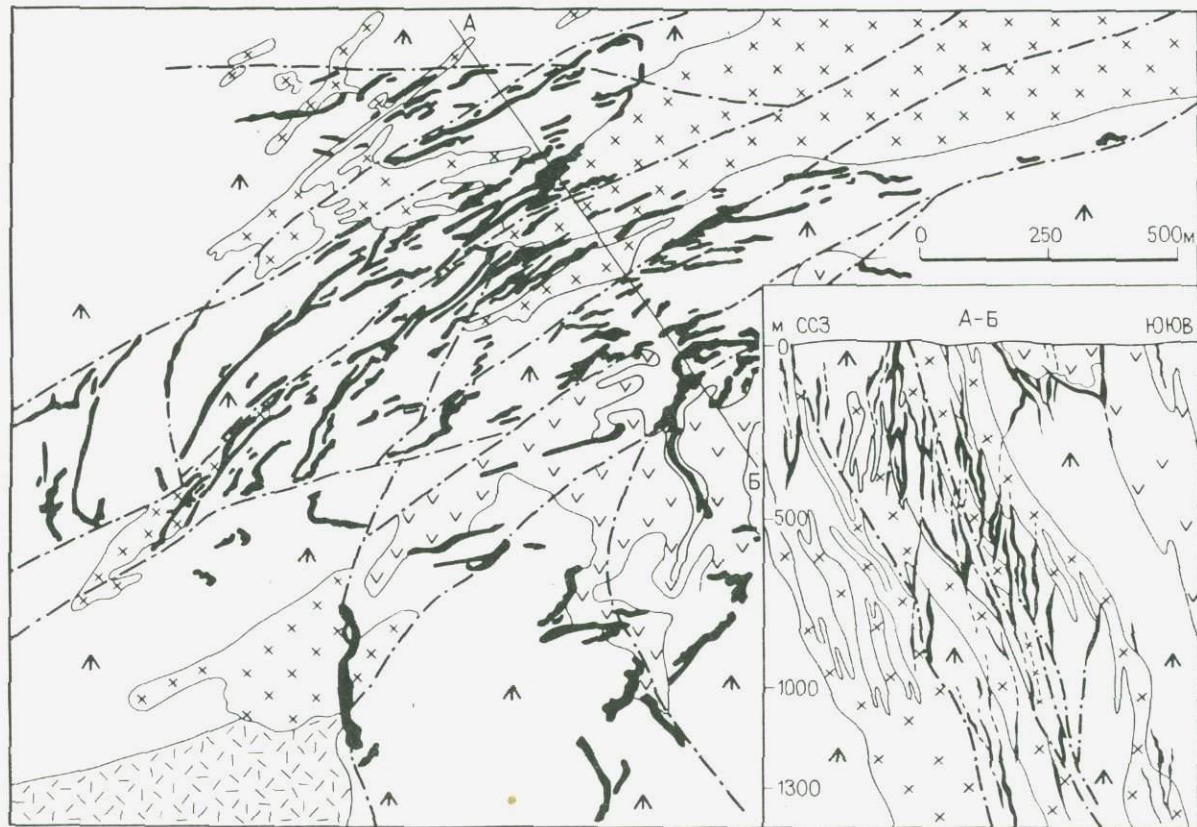


Рис. 41.  
 Схема строения месторождения Холлинджер и разрез его по линии А — Б. Составлено по материалам В.А.Джойнса, Г. Д. Фарса, А.Т.Гриффиса, Р.В.Бойля. Черное—золотоносные жилы и прожилковые зоны: сплошные — прослеженные, пунктир—бедных руд и предполагаемые. Ост. усл. обозн. см. на рис. 39.

Характерно проявление слепых рудных тел до глубины 2000 м. На месторождениях Мак-Интайр, в меньшей степени Холлинджер они чаще локализируются под "нависающей кровлей" порфировых штоков. По-видимому, породы штоков играли роль локальных экранирующих образований (см.рис.41). На глубину оруденение максимально проникает в центральной части системы — до 2400 м, на юго-западном фланге (Монета) — на несколько сотен метров, на противоположном (Кониорэм) — до 2000 м. При этом, возможно, наблюдается пологое погружение оруденения в северо-восточном направлении.

Рудные тела сопровождаются карбонатизацией (во внешней части околорудных зон) и окварцеванием (во внутренней). Метасоматиты обычно содержат обильную вкрапленность пирита, реже халькопирита. Преобладающие минералы руд — ранние кварц, турмалин и более поздний анкерит. Масса рудных минералов 3—4 %. Из них главное значение принадлежит пириту. Ему подчинены пирротин, сфалерит, халькопирит, галенит, блеклые руды, локально появляющийся арсенопирит, теллуриды — петцит, силванит, гессит, тетрадимит. В кварце встречаются также ранние шеелит и молибденит. Золото выделяется в конце процесса, в виде нашлапок на пирите или в виде микропросечек в этом сульфиде [10]. Помимо пирита оно парагенетически тесно связано с серицитом. Кроме того, Au устанавливается в анкерите, много реже в кварце, турмалине, альбите, арсенопирите. Но ниже 2000 м от поверхности золото проявляется почти исключительно в кварце. Проба Au — 850. Считается, что среднее содержание его в руде 9,7 г/т. Однако в рудах верхних горизонтов оно было выше — около 15 г/т. При этом прожилковые зоны, залегающие в вулканитах, более им богаты.

*Месторождение Калгурли* (Западная Австралия). Оно является этапом широкой и протяженной системы рудных тел, в целом заключающей крупнейшие запасы Au. Разрабатывается шестью рудниками. На начало 1987 г. из руд месторождения получено около 1205 т благородного металла (на 1.1.1972 г. — 1108 т). Подсчитанные запасы Au в недрах, а также прогнозные составляли на начало 1978 г. соответственно 80 т (при содержании 6 г/т) и 100 т [12]. Геология месторождения описана в статьях С.Д.Голдинга и А.Ф.Вилсона [28], Е.Г.Никела в 1977 г. и особенно С.А.Томича [46], в более ранних работах этого автора, в монографиях [10,12,17], а также статьях Г.А.Трэвиса в 1971 г., Р.В. Вудола в 1965 и 1963 гг., А.А.Веллса в 1964 г., А.С.Ритчи в 1964 г., Дж. Д.Кемпбелла — в 1953 г. Все они использованы автором.

Оруденение локализовано в породах базальтовой формации — примерно 80 % запасов Au сосредоточено в кварцевых долеритах стратифицированного силла Голден-Мейл, остальная часть — в базальтах Паринга, частично — в маломощных прослоях графитизированных глинисто-туфогенных сланцев и туффитов, тяготеющих к кровле указанных базальтов. Общая мощность перечисленных образований более 1000 м. Редко рудные тела проникают также в плитообразное тело зеленых сланцев, насыщенных дайками альбитовых порфиров (породы, ранее именовавшиеся формацией дайки Боулдер). Базальтовая формация характеризуется прояв-

лением мощных силлов долеритов. Кроме силла Голден-Мейл (300–750 м) выделяют аналогичный по составу силл Вильямстоун (150–300 м), который размещается под базальтами Паринга. Рудовмещающая формация перекрывается рассланцованными вулканогенно-терригенными слоями сланцевой и андезит-липаритовой формации Блек-Флег (лавами, пирокластами, сланцами, песчаниками, кварцитами). Магматические рудовмещающие породы находятся в актинолит-альбит-хлорит-эпидотовой фации регионального метаморфизма. Оруденение развито в килевой части синклинали Калгурли, которая под углом около  $15^\circ$  погружается в юго-юго-восточном направлении. Рудные тела представлены зонами сульфидной вкрапленности, вытягивающимися вдоль тектонических швов, сопровождающихся слабо брекчированной и интенсивно окварцованной и карбонатизированной породой. Рудовмещающие нарушения и рудные тела образуют систему шириной около 1000–1200 м, вытягивающуюся более чем на 4000 м вдоль пучка локальных рудоконтролирующих разломов Голден-Мейл, Лайк-Вью и А.Е. (рис.42). Разломы прослеживаются в килевой части и восточном борту синклинали Калгурли, соединяясь в южном направлении (рис.43). Южнее узла сочленения этих нарушений оруденение прекращается.

В пределах рудоносной системы рудовмещающие разрывы и рудные тела непрерывно сменяют друг друга. Они принадлежат к четырем различным ориентированным сериям (см.рис.42): 1) Главной (простираение  $315-330^\circ$  и крутое падение  $80-90^\circ$  на В и З), 2) Второй (простираение  $300-305^\circ$ , падение  $65-75^\circ$  на ЮЗ), 3) субширотной серии Каунти (падением  $55-70^\circ$  на Ю) и 4) Секущей крутопадающих разрывов и зон вкрапленности северо-восточного простираения. Рудные тела Главной серии приурочены к висячему и лежащему боку разлома Голден Мейл. В его висячем (западном) боку от рудных зон Главной серии отделяется пучок зон-апофиз Второй серии. Однако преобладают они в северной части площади, где отделяются от слабо минерализованных рудоконтролирующих разломов Лайк-Вью и А.Е. На площади развития разрывов и оруденелых зон Второй серии проявились более редко встречающиеся рудоносные разрывы и рудные тела серии Каунти и Секущей. Как правило, они прослеживаются между рудоконтролирующими разломами. Эти рудоносные разрывы выполняют роль ограничителей для зон Главной и Второй серий. Таким образом, формирование системы рудоносных нарушений началось, видимо, с возникновения поперечных разрывов (по отношению к синклинали Калгурли). Возможно, в период оруденения последние в сочетании с рудоконтролирующими разломами способствовали образованию тектонических швов Главной и Второй серий и оруденению сопровождающей их брекчированной породы. На северном фланге рудной системы локализованы рудные тела либо продольной Главной, либо поперечной Секущей серии (см.рис.42). Таким образом, общая северо-северо-западная вытянутость рудной системы в большей мере определяется проявлением прослеживающихся в этом направлении трех сближенных рудоконтролирующих разломов локального типа.

Рудные тела представлены зонами сульфидной, в основном пиритовой

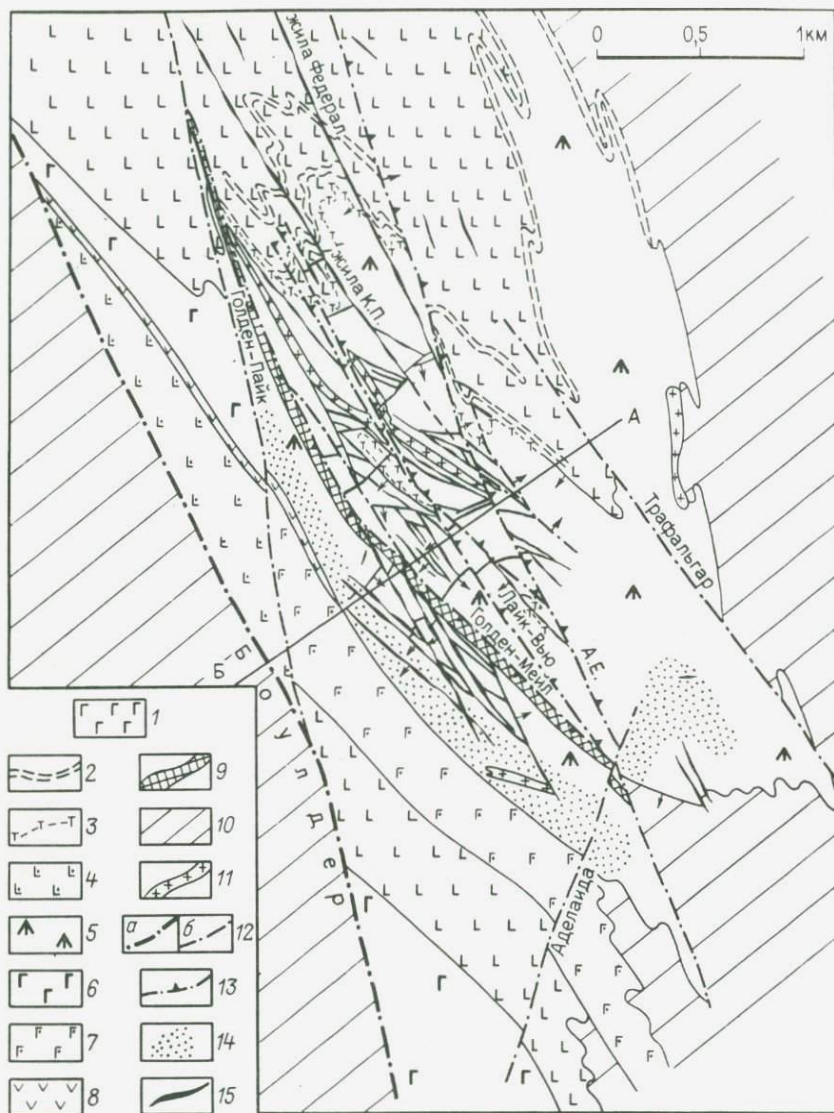


Рис.42. Схема золоторудного поля Калгурли. Составлено по материалам С.А.Томича, Г.А.Трэвиса, Р.Вудолла и др.

1 — метабазальты Паринга; 2 — графитизированные сланцы; 3 — туффиты; 4 — метабазальты Бэррен; 5 — зеленые сланцы Голден-Мейл; 6 — силлы метадолеритов Вильямстоун; 7 — амфиболиты и метадолериты; 8 — метаандезитовые порфириты; 9 — сланцы, насыщенные дайками альбитофиров (формация Боулдер); 10 — лавы и пирокласты андезитов и кислых вулканитов, сланцы, граувакки и кварциты (формация Блэк Флег); 11 — дайки порфиритов; 12—13 — разломы: а — региональные, б — локальные; 13 — рудоконтролирующие; 14 — карбонатизированные породы; 15 — золоторудные зоны вкрапленной минерализации

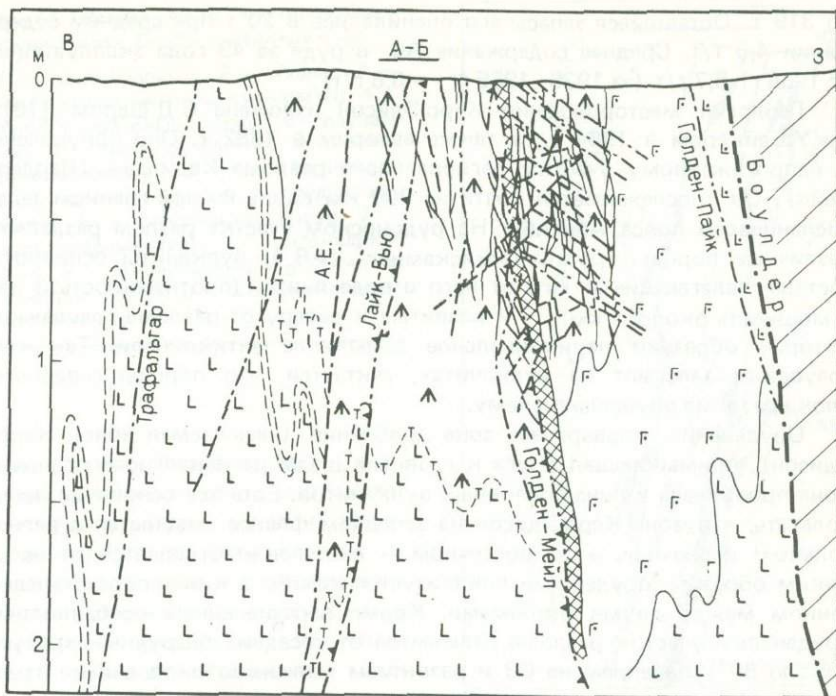


Рис.43. Разрез через золоторудное поле Калгурли. Усл.обозн. см.на рис.42

вкрапленности, в меньшей мере лентообразными залежами вкрапленных руд. До 80 % золота заключено в пирите, около 20 % — в разнообразных теллуридах. Зоны сульфидной вкрапленности связаны с крутопадающими тектоническими швами и плоскостями скольжения. Они приурочены также к брекчированной породе, проявляющейся вдоль лежачего бока плоскостей скольжения. Раздувы вкрапленных руд чаще устанавливаются в узлах сочленения со швами пучков оперяющих сколов. Лентообразные залежи вкрапленных руд локализованы в маломощных прослоях туффитов и погружаются на юг в соответствии с наклоном поверхности этих слоев. Рудные тела последнего типа наиболее выдержаны на глубину. Зоны вкрапленности нарушены сравнительно пологими послерудными надвигами. Поэтому в разрезе они ступенчато смещены одна относительно другой. Начиная с глубины около 1 км, оруденение ослабевает, число рудных тел сокращается, а ниже 1500 м оруденение практически не устанавливается (см.рис.43).

*Месторождение Керр-Эдисон.* Этот рудный объект, как и рассматриваемые далее Вилуна (Зап.Австралия), а также О'Брайен (Канада), локализован в мощных компактных зонах разломов. Согласно данным К.Г.Бертони [14], на месторождении Керр-Эдисон к 1.1.1982 г. было добыто 311 т Au. В конце 1986 г. суммарная добыча Au достигла пример-

но 319 т. Оставшиеся запасы его оценивались в 20 т при среднем содержании 4,6 г/т. Среднее содержание Au в руде за 43 года эксплуатации (с 1938 г) 8,7 г/т (за 1938—1955 гг. — 6,6 г/т).

Геология месторождения Керр-Эдисон изложена С.Д.Шером [10], Дж.У.Бейкером в 1964 г., а также автором в 1982 г. Оно приурочено к непротяженному участку регионального разлома Кадиллак (Лардер-Лейк). Он прослеживается почти на 200 км вдоль южной границы зеленосланцевого пояса Абитиби. На рудоносном участке разлом разделяет различные породы группы Тимискаминг ( $AR_2$ ): вулканиты основного состава, залегающие к югу от него в виде линзы (протяженность 3 км и мощность около 1 км), и развитые к северу от разлома граувакки, которые образуют периклинальное замыкание антиклинали. Так как граувакки залегают на вулканитах, считается, что породы северного блока разлома опущены по нему.

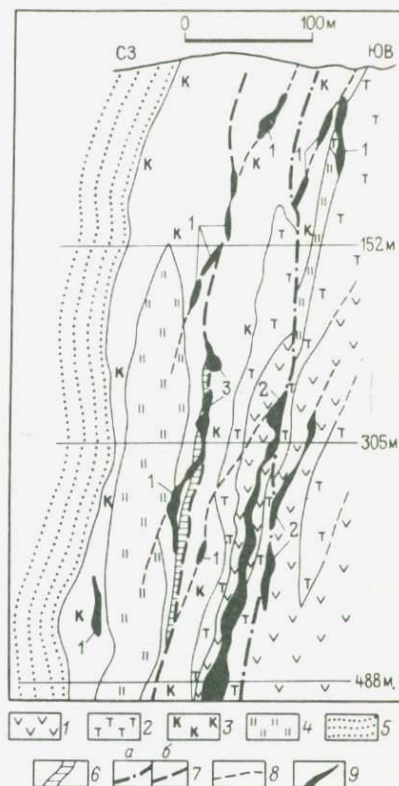
Оруденению подверглась зона дробления (называемая зоной Керр-Эдисон), примыкающая с юга к главным швам регионального разлома. Зона проявилась в линзе основных вулканитов. Есть все основания предполагать, что зона Керр-Эдисон на западном фланге смыкается с региональным разломом, а на восточном — постепенно отдалается от него. Таким образом, оруденение локализуется как бы в клине пород, заключенном между двумя разломами. Кроме перечисленных особенностей, оруденелый участок разлома отличается от соседних безрудных крутым (около  $80^\circ$ ) падением на СЗ и развитием мелких штоков сильно измененных (окварцованных и карбонатизированных) сиенитов и, видимо, основных пород, которые превращены в тальк-хлоритовые линзы. Штоки измененных сиенитов примыкают к главному северо-восточному шву разлома, а тальк-хлоритовые линзы вытягиваются в виде цепи, которая прослеживается вдоль средней линии зоны дробления Керр-Эдисон (рис.44).

Зона представляет собой карбонатизированную брекчию, сцементированную кварцем или хлорит-кварцевым агрегатом. Мощность ее около 200 м, протяженность оруденелой части более 2000 м. Несколько южнее цепи тальк-хлоритовых линз протягивается узкая полоса (1—10 м) сильно окварцованных пород, участками сопровождающаяся золотым оруденением. Видимо, полоса представляет собой один из главных Северных швов оруденелой зоны Керр-Эдисон. С юга последняя отделена от менее хлоритизированных и окварцованных вулканитов другим тектоническим швом мощностью до 1 м, выполненным графитизированной и пиритизированной глиной трения. Наиболее карбонатизированная порода распространена вдоль Северного шва. Южнее карбонатизация постепенно сменяется хлоритизацией и окварцеванием, тяготеющими к Южному шву. Это довольно изогнутые нарушения как в плане, так и в разрезе, чем и обусловлено сложное внутреннее строение зоны.

С перегибами швов связано проявление более пологих ( $60-75^\circ$ ) оперяющих сколов субширотного простирания, диагонально соединяющих их. Оперяющие трещины — главные рудоносные структуры месторождения. К ним приурочена большая часть рудных тел двух типов,

Рис.44. Разрез через месторождение Керр-Эдисон. По Дж.У.Бейкеру и др.

1 — metabазальты; 2 — туфы; 3 — карбонатизированные вулканиты; 4 — тальк-хлоритовые сланцы; 5 — грауваки; 6 — зона дроблений, залеченная ранним кварцем; 7 — швы разломов: а — прослеженные, б — предполагаемые; 8 — оперяющие сколы; 9 — золоторудные тела: 1 — штокверковых, 2 — вкрапленных и прожилково-вкрапленных, 3 — штокверковых и жильных руд



называемых "карбонатными" (локализованными среди карбонатизированных вулканитов) и "эффузивными" (распространенными в хлоритизированных и окварцованных вулканитах). Последние с глубиной приобретают все большее значение. Рудоносные оперяющие сколы отделяются от вертикально падающих участков Южного тектонического шва, которые на протяжении нескольких десятков метров вмещают руду.

Как правило, такие субвертикальные интервалы шва имеют северо-восточное простирание. Эти факты свидетельствуют о взбросо-сдвиговых (левосторонних в плане) внутрирудных перемещениях вдоль Южного шва. Аналогичные направления внутрирудных движений устанавливаются и по Северному шву, у которого протяженные субвертикальные участки сопровождаются полосами линейных штокверков. Они принадлежат к типу "карбонатных" тел, так же как и штокверки, развившиеся по сколам, оперяющим Северный шов. Карбонатные тела представляют собой системы вытягивающихся вдоль сколов прожилков, соединенных короткими диагональными и поперечными жилками, как бы цементирующими обломки карбонатизированных вулканитов. Мощность штокверков — несколько метров, иногда достигает 10 м. Цементирующие прожилки характеризуются существенно кварцевым составом. В небольших количествах в них присутствуют пирит, халькопирит, сфалерит, миллерит, шеелит и более редкий арсенопирит. Золото крупное, развито в кварце и сопровождается тетраэдритом. Преимущественно оно заключено в коротких прожилках, часто пологих, субмеридионального простирания, соединяющих главные субширотные жилки. Некоторые штокверки проникают в измененные сиениты и преобразуются в прожилково-вкрап-

ленные зоны, в которых золото встречается как во вкрапленности пирита, так и в секущих кварцевых прожилках.

Эффузивные тела, связанные с Южным тектоническим швом, представляют собой, как правило, более мощные (от нескольких до 25 м) залежи обильной вкрапленности пирита и перечисленных выше сульфидов в сильно хлоритизированных и окварцованных основных лавах. Золото микроскопическое, заключено в пирите. Кроме описанных рудных тел установлены массивные жилы халцедоновидного кварца мощностью 0,5–1,5 м и протяженностью до 250 м. Они выполняют как крутопадающие широтные сколы, так и пологопадающие (на запад под углом 10–20°) субмеридиональные отрывы, отделяющиеся от перегибов Южного шва. Халцедоновидный кварц в оруденелых сколах местами вмещает обломки и реликты измененной породы. Золото в нем, как правило, микроскопическое. Наоборот, более поздний зернистый кварц в трещинах отрыва содержит крупные выделения золота. Они обнаружены также в коротких пологопадающих прожилках кварца лестничного типа, рассекающих штокверковые рудные тела в окварцованных участках Северного шва. Промышленное оруденение на месторождении (преимущественно вкрапленного типа) прослежено на глубину более 1500 м.

*Месторождение Вилуна.* Эксплуатировалось до начала 50-х годов. Извлечено около 69 т золота. Геология месторождения рассмотрена в работе Geology of Austral, ore deposits, 953 г., которой и воспользовался автор. Рудные тела размещаются в лавах базальт-андезито-дацитово-формации AR<sub>2</sub>. Вулканы преобразованы региональным метаморфизмом в хлоритовые, актинолитовые и амфиболовые сланцы. Среди них установлены субвулканические образования дацитовых порфириров, кварцевых порфириров, а также молодые долеритовые и фельзитовые силлы. Вулканы, падающие под углом около 70°, слагают юго-западное крыло антиклинальной структуры, полого погружающейся на СЗ.

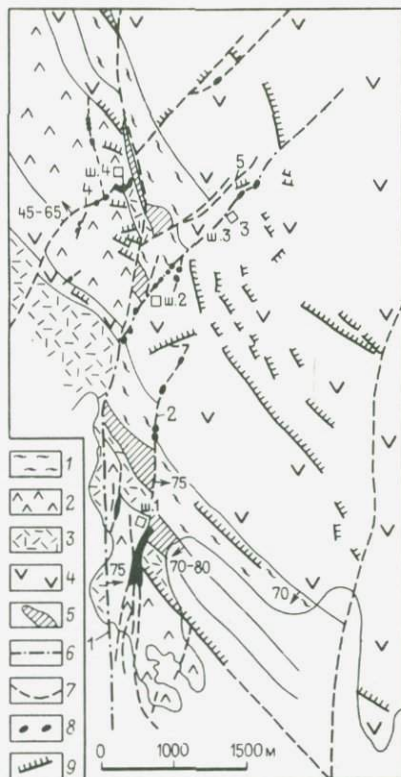
Оруденение приурочено к протяженной зоне расщепления (Графитовой) субмеридионального простирания и серии оперяющих ее разрывов северо-восточного направления. Эти нарушения падают под углом 60–75° на В и СЗ. Вдоль Графитовой зоны контакты вулканических потоков в западном блоке правосторонне смещены (относительно восточного) в плане на 1800 м и опущены на 600 м. Оперяющие разрывы также смещают вулканические потоки на амплитуду около 200–500 м (рис.45). При этом также устанавливается правостороннее перемещение в плане и погружение пород всяких боков. Ориентировка некоторых оперяющих нарушений совпадает с главным. Совпадение направлений перемещений по главному и оперяющим нарушениям свидетельствует о том, что все эти разрывы выступают в роли ветвей одного нарушения.

Рудные тела представлены залежами и уплотненными столбами прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд. Залежи, имеющие основное промышленное значение, локализованы в оперяющих субмеридиональных нарушениях, называемых Восточной и Западной жильными

Рис.45. Структурно-геологическая схема месторождения Вилуна. По материалам Р.Ф.Плейтера и Г.Конолли.

Зоны: 1 — Графитовая; 2 — Восточная; 3 — Бюллетен; 4 — Аделаида; 5 — Скъюб.

1 — актинолитовые и амфиболовые сланцы; 2 — потоки сферолитовых и подушечных метабазальтов; 3 — потоки и субвулканические тела дацитовых порфиритов; 4 — подушечные метадациты; 5 — долериты; 6 — главные зоны рассланцевания; 7 — прочие разрывы; 8 — рудные залежи; 9 — жилы незолотоносного раннего кварца



зонами. Ориентировка их совпадает с Графитовой зоной. Столбообразные тела меньшего масштаба залегают в зонах Бюллетен, Скъюб, Аделаида и др., вытягивающихся на СВ. Мощность залежей до 25 м. Они проявлены в участках рудовмещающих зон рассланцевания, которые смяты в мелкие складки или волочения или осложнены тектоническими швами (параллельными основным швам зоны) и соединяющими их субвертикальными плоскостями. При этом богатые руды распространяются вдоль субвертикальных плоскостей, чередуясь с интервалами бедных и маломощных руд, развитых вдоль наклонных тектонических швов. Точно так же и затухание складок волочения в рудоносной зоне рассланцевания вызывает обеднение руд и даже прекращение оруденения. Кристаллизация руд протекала на фоне сбросо-сдвиговых (правосторонних в плане) перемещений. Менее крупные столбообразные тела, залегающие в северо-восточных зонах рассланцевания Бюллетен, Скъюб, Аделаида и др., а также на фланге субмеридиональной Восточной зоны, контролируются перегибами этих нарушений, узлами сочленения с ними трещин северо-восточного или меридионального направления или, наконец, местами пересечения контактов дацитов с базальтами или амфиболовыми сланцами.

Кроме структурных факторов, определенное значение для формирования оруденения имеют контакты некоторых лавовых потоков и образований, в частности потока метабазальтов, метаандезитов и субвулканического силла дацитовых порфиритов, а также актинолитовых

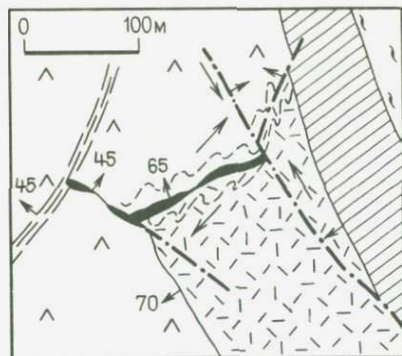


Рис. 46. Схема размещения золоторудной залежи Мунлайт. План, по материалам Г. Конолли.

1 — долериты; 2 — зона рассланцевания Аделаиды; 3 — дорудные разрывы; 4 — золоторудные залежи; 5 — псевдоскладки волочения кливажных трещинок. Ост. усл. обозн. см. на рис. 45.

и амфиболовых сланцев и метадацитов. При этом оруденение тяготеет к дацитам и базальтам.

Своеобразны условия локализации залежи Мунлайт, сформировавшейся в зоне рассланцевания Аделаида, вблизи сочленения последней с главной Графитовой зоной. Рудоносный участок зоны Аделаида заключен между поперечными ограничителями северо-северо-западного направления (рис. 46). В отличие от безрудного продолжения он имеет восточно-северо-восточную ориентировку, сопровождается складками волочения<sup>1</sup> и наряду с этим пересекает контакт дацитов и базальтов. Мощность залежи в отдельных местах более 15 м, содержание Au 9,3 г/т. Залежь сложена сурьмяными рудами (в среднем содержание Au 7,6 г/т), главный минерал — антимонит. В подчиненном количестве распространен пирит, арсенопирит и еще более редкие сфалерит, халькопирит, тетраэдрит, джемсонит, бурнонит. Жильные минералы представлены хальцедоном и карбонатами. В мышьяковых рудах резко преобладает арсенопирит, соотношение остальных минералов сохраняется. Среднее содержание Au 6,2 г/т. Золото очень мелкое (от 3 до 35 мкм), заключено в основном в кварце, частично в сульфидах.

**Рудное поле Йеллоунайф.** Описание его построено на материалах, изложенных Р. Керричем и И. Эллисоном [31], Р. В. Бойлем [17], и на сведениях, приведенных Р. Фишем в 1981 г., а также Р. А. Эймсом в 1962 г., Л. К. Колманом в 1957 г., А. С. Дэдсоном и Дж. Д. Бэтманом в 1948 г. и др. Рудное поле, расположенное в пределах Северо-Западных территорий Канады, объединяет ряд сближенных месторождений. Наиболее крупное из них — Джант-Йеллоунайф, из которого к концу 1981 г. добыто около 170 т Au. Менее значительны Кон и Рикон — около 95 т<sup>2</sup>, Негус, Кресторэм, Птармиган и Барвош (все вместе — не более 10 т). Рудное поле имеет еще значительные запасы благородного металла [12, 17]. С начала эксплуатации его рентабельно извлекаемое количество Au Ж.—Ж. Баше оценивал в 290 т.

<sup>1</sup> Оси складок волочения вытянуты в северо-восточном направлении.

<sup>2</sup> Geologic. Assoc. of Canada. Special paper, 1982, v. 25, pt. 1.

Месторождения рудного поля, как и рассматриваемое ниже Норсмен в Западной Австралии, отличаются от рудных объектов, описанных ранее, приуроченностью рудных тел к сравнительно локальным и маломощным разрывам. Пространственно оно тяготеет к западному тектоническому (местами магматическому) контакту гранитов ( $AR_2$ ), прорывающих вулканогенные и осадочные породы группы Йеллоунайф. Последняя характеризуется двучленным делением. Нижняя серия представлена подушечными и вариолитовыми лавами базальт-андезитовой формации, сменяющейся вверх по разрезу ранними конгломератами и граувакками. Верхняя серия сложена лавами и туфами андезит-дацитовой формации и залегающими на них поздними конгломератами и кварцитами. В пределах рудного поля слои вулканитов и терригенных пород круто падают на восток-юго-восток.

Все промышленные месторождения приурочены к вулканитам базальт-андезитовой формации и вытягиваются вдоль главного субмеридионального разлома Вест Бей и нескольких отделяющихся от него локальных разломов северо-западного простирания (Акаичо, Таунсайт, Пуд, Кем и др.). Перечисленные боковые разломы сочленяются с участками разлома Вест Бей, имеющими меридиональное направление (рис. 47) при общем северо-западном простирании. Разлом Вест Бей — главное рудоконтролирующее нарушение, по отношению к которому месторождения размещаются то висячем западном боку (Кон, Рикон-Негус), то в лежачем восточном (Джиант и Кресторэм). При этом неперенное структурное условие локализации оруденения — размещение его в клинообразных тектонических блоках: 1) между разломом Вест Бей и сочленяющимся с ним боковым нарушением северо-западного простирания, 2) между боковыми нарушениями, например Акаичо и Таунсайт, 3) между боковым нарушением и субмеридиональным разломом Хей Дак (см. рис. 47). Во всех трех позициях золотое оруденение развивается только в вулканитах нижней серии — в лавах базальт-андезитового состава. Вблизи бокового разлома Мартин и на северном фланге месторождения Кресторэм известно несколько слабо минерализованных зон, проникающих в граниты ( $AR_2$ ).

Рудные тела месторождений приурочены к зонам расланцевания, играющим роль сколовых нарушений, которые оперяют либо боковые разломы, либо (реже) разлом Вест Бей. Интересно поведение рудоносных зон расланцевания. По мере того как они отступают все дальше от главного рудоконтролирующего разлома, ориентировка их постепенно изменяется от близмеридионального направления (почти совпадающего с главным разломом) до северо-восточного. В южной части поля (месторождения Рикон-Негус и Кон) эти зоны имеют северо-северо-восточное или меридиональное направление, почти совпадают с ориентировкой и располагаются вблизи главного рудоконтролирующего разлома Вест Бей. Аналогичное положение характерно для рудоносных зон, заключенных между этим разломом и боковым нарушением Таунсайт.

Однако севернее, на месторождении Джиант оруденению подвергаются зоны расланцевания, расположенные на расстоянии около 1 км



от главного разлома. Здесь между боковыми нарушениями — Таунсайт и Акаичо — развивается целый пучок рудоносных зон рассланцевания. Они унаследуют ранние трещины двух направлений: северо-северо-восточного (на южном фланге месторождения Джиант) и меридионального (на северном фланге). Самое северное месторождение рудного поля Кресторэм расположено между боковым нарушением Акаичо и субмеридиональным разломом Хей Дак (т.е. за пределами непосредственного влияния разлома Вест Бей). Оруденению подверглись зоны рассланцевания северо-восточного простирания.

Почти все рудоносные зоны рассланцевания круто падают в западном направлении и под острым углом пересекают (в плане и разрезе) слоистость вулканитов. Зоны рассланцевания представлены линейно вытягивающимися полосами тонко разлистованных кварц-хлоритовых сланцев. Мощность их изменяется от 10 до 120 м. Как правило, в участках слияния двух ветвей зон рассланцевания, на ее перегибе или в участках отделения зон-апофиз в середине основного разрыва локализуются системы прожилков, реже жилы золото-сульфидно-кварцевого состава протяженностью около 70—300 м. Практически они всегда окаймлены пирит-серицит-анкеритовыми и кварц-анкерит-хлоритовыми (во внешней части) метасоматитами, которые постепенно переходят в кварц-хлоритовые образования. В плане и разрезе рудные тела, выклиниваясь, сменяются узкими полосами пирит-серицит-анкеритовых метасоматитов. В вертикальном разрезе оруденение установлено на глубине более 1650 м от современной поверхности. При этом широко проявляются слепые рудные тела.

Максимальная протяженность рудоносных зон рассланцевания на месторождении Кресторэм — 6—7 км. Эти зоны наименее насыщены рудными телами, пространственно тяготеющими к разлому Акаичо. Зоны на наиболее крупном месторождении Джиант имеют протяженность от 1,5 до 5 км, а рудоносность их почти на порядок выше по сравнению с предыдущим месторождением. Рудоносные зоны южных месторождений Кон и Рикон-Негус имеют протяженность от сотен метров до 2,5 км. Все они рудоносны на уровне современной поверхности. Таким образом, следуя с юга на север, протяженность рудоносных зон рассланцевания

**Рис.47.** Схема центральной части рудного поля Йеллоунайф. По Р.В.Бойлю, с дополнениями по материалам Р.Фиша, Р.Керрича и др.

1 — метабазалты; метаандезиты и их туфы; 2 — конгломераты и граувакки с подчиненными кварцитами; 3 — метаандезиты и дациты; 4 — поздние конгломераты и кварциты; 5 — граниты; 6 — рудоконтролирующие главные разломы: а — прослеженные, б — предполагаемые; 7 — то же локальные; 8 — прочие разрывы, протяженные: а — прослеженные, б — предполагаемые; 9 — то же, непротяженные; 10 — послерудные разрывы; 11 — золоторудные зоны; 12 — то же, со слепым оруденением; 13 — то же, с признаками слепого оруденения; 14 — слабооруденельные зоны; 15 — безрудные кварцевые жилы; 16 — направление падения слоистости; 17 — рудные месторождения (цифры в кружках): 1 — Кон, 2 — Негус, 3 — Джиант, 4 — Кресторэм, 5 — Птармиган, 6 — Барвош

возрастает, простираение их постепенно изменяется от субмеридионального до северо-восточного, а верхняя граница оруденения полого погружается в северном направлении.

Р.В.Бойль первым показал, что зоны рассланцевания характеризуются древним заложением. Вдоль них многократно возобновлялись перемещения отдельных полос разлистованных пород, в том числе и расположенных в середине зон. При этом разлистованные породы, являясь более пластичными образованиями, "задирались", "волочились" по менее рассланцованным, что приводило к возникновению псевдоскладок волочения и полостей отслаивания z-, s- и крюкообразной формы. Именно эти полости использовались рудоносными растворами и залечивались волнисто изогнутыми прожилками. При этом каждый из них повторял форму соседнего. В таких зонах рудные тела состоят из чередующихся прожилков сульфидно-кварцевого состава и расположенного между ними серицит-анкеритового метасоматита. Кварца в рудной массе содержится от 30 до 60 %. В тех зонах, где устанавливается выдержанный тектонический шов и примыкающая к нему брекчия, сформировались жилы и линейные штокверковые тела. Содержание кварца в них достигает 90 %. Согласно Л.К.Колману, процесс минерализации протекал в три стадии: 1) кварц-арсенопирит-пиритовую; 2) пирротин-сфалерит-халькопиритовую, 3) продуктивную сульфидно-сульфоантимонитовую. Основная часть золота заключена в виде микропрожилков в деформированном пирите и арсенопирите, в меньшей степени — в виде золотинок округлой или овальной формы в этих минералах и сульфоантимонитах. Существует предположение, что жильный кварц был главным образом заимствован рудоносными растворами из вмещающих пород.

*Месторождение Норсмен* (Западная Австралия) — яркий пример приуроченности оруденения к серии субпараллельных протяженных разрывов, секущих слоистость вмещающих пород. Начиная с 1893 по 1986 г. на месторождении было добыто более 120 т Au (до 1980 г. — 109 т). Оставшиеся запасы благородного металла оцениваются не менее чем в 25 т [10,12]. Геология месторождения рассмотрена в статьях Д. О'Дрисколла и Г.Е.Холла, К.Беккера в 1953 и 1965 гг., И.Джемутцем и А.Тероном в 1975 г. и в последнее время Б.Г.Смитом и Р.А.Килем [41].

Месторождение локализовано в одном из протяженных зеленосланцевых поясов щита Йилгарн. Сформировалось оно на западном крыле сравнительно крупной антиклинальной складки субмеридионального простираения, шарнир которой полого погружается на север. Крыло складки сложено тремя толщами ( $AR_2$ ): нижней и верхней осадочных пород и средней, вулканогенной, падающими на запад под углом  $60^\circ$ . Все они метаморфизованы до амфиболитовой фации и регионально рассланцованы. Преобладают трещинки сланцеватости слоистости. Оруденение распространено в средней толще (представленной породами андезит-базальтовой формации) и частично — в кровле нижней осадочной толщи (рис.48). Она сложена переслаивающимися гравелитами, туфами, зелеными сланцами. Вблизи подошвы толща заключает пласт железистых кварцитов. Один из участков его содержит золотое оруденение. Залегаю-

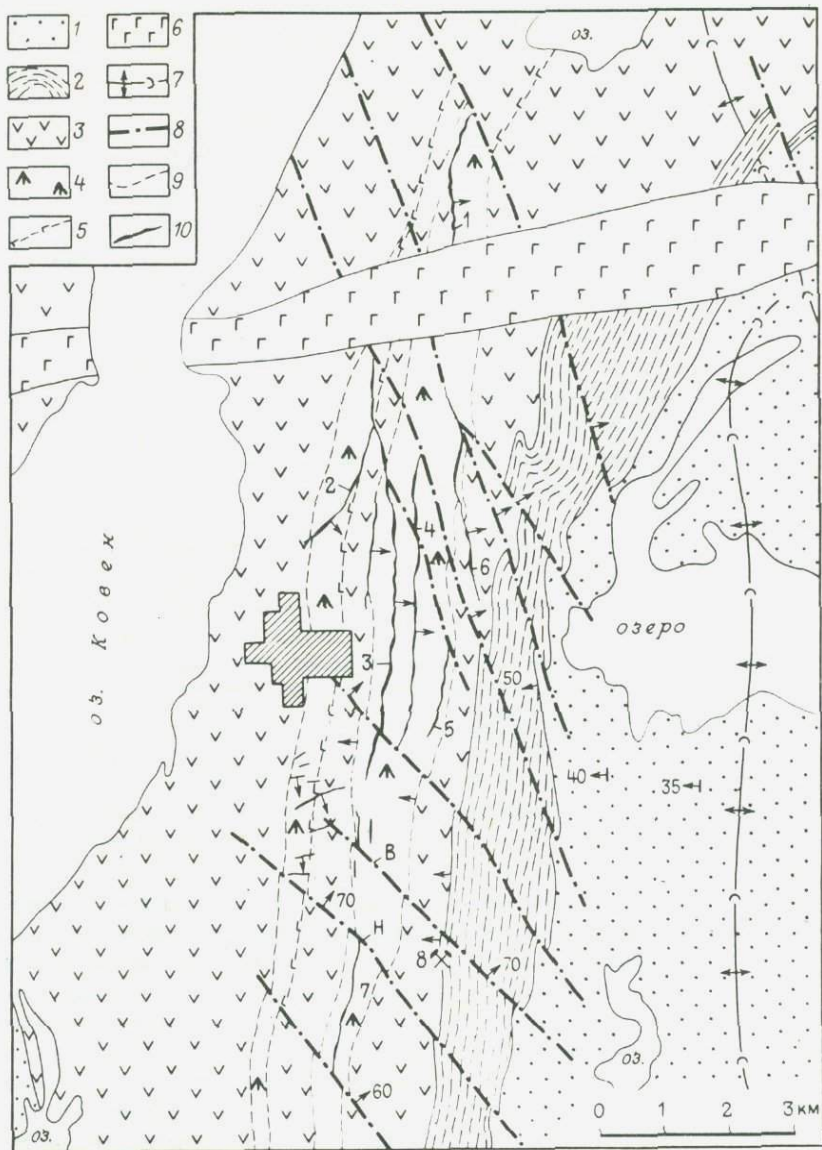


Рис.48. Структурная схема месторождения Норшмен. Составлена по материалам Б.Г.Смита и Р.А.Киля, Д.О'Дрисколпа и др.  
В и Н — Верхний и Нижний разломы.

1 — граувакки с прослоями кварцитов в кровле; 2 — туфы, гравелиты с горизонтом зеленых сланцев в основании; 3 — метаандезито-базальты; 4 — горизонты андезито-базальтов, насыщенные дайками фельзитовых и альбитовых порфиров; 5 — силла габбро; 6 — нориты; 7 — оси антиклиналей; 8 — дорудные разрывы; 9 — предполагаемые контакты; 10 — золотокварцевые жилы (1 — Принсес Ройэл, 2 — Кроун, 3 — Марароа, 4 — Норшмен, 5 — Валкирия, 6 — Маунт-Баркер, 7 — Камберленд, 8 — Леди Миллер

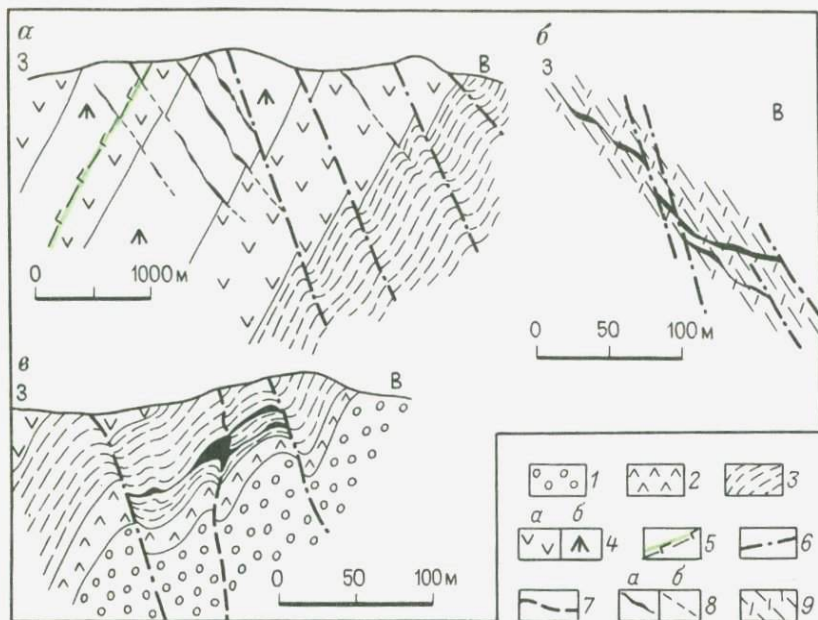


Рис. 49. Разрезы. По материалам Г.А.Эллиса, Г.Е.Холла и К.Беккера: а — через центральную часть месторождения Норсмен, б — через жилу Принсес Ройэл, в — через залежь Леди Миллер.

В и Н — Верхний и Нижний разломы, 1 — граувакки; 2 — горизонт хлоритовых сланцев; 3 — туфы, гравелиты и железистые породы; 4 — метаандезито-базальты: а — с дайками фельзитовых, б — альбитовых порфиров; 5 — силл габбро; 6 — дорудные разрывы, прослеженные; 7 — они же, предполагаемые; 8 — золоторудные жилы (а), их фланги (б); 9 — эшелонированные зоны рассланцевания

щие на нижней толще метавулканиты в основании интродуцированы серией согласных даек фельзитовых и альбитовых порфиров, а также подчиненных им порфиров. Мощность этих тел — от десятков сантиметров до 100 м. Они сконцентрированы в двух горизонтах андезито-базальтов мощностью 600–650 м и около 300 м, в которых четко выделяются более светлой окраской. Как и вся толща, эти горизонты погружаются на запад под углом 60°. Некоторые из них подчеркиваются маркирующими силлами габбро и долеритов (см.рис.48). В андезито-базальтах, насыщенных кислыми дайками, сосредоточена серия протяженных субмеридиональных жил. Прослеживаясь почти согласно в плане, в разрезе они пересекают слои вулкаников наподобие лестничных жил. Все они падают на восток под углом 20–55° (рис.49).

Материал, приведенный Г.А.Эллисом в 1953 г., Г.Е.Холлом и К.Беккером в 1965 г., позволяет считать, что позиция месторождения определяется: 1) приуроченностью к перегибу западного крыла антиклинали (проявленного в связи с изгибом ее шарнира к СВ), 2) пересечением этого перегиба пучком зон рассланцевания северо-северо-западного прос-

тирания, 3) развитием оперяющих их рудовмещающих разрывов в горизонтах вулканитов, насыщенных согласными дайками (видимо, оказавшихся сравнительно хрупкими телами при трещинообразовании). В частности, северный и южный фланги пучка рудоносных разрывов прилегают к зонам расланцевания северо-западного простирания.

Пучок сближенных субмеридиональных рудоносных нарушений нередко называют зоной расланцевания. Наибольшую протяженность имеют нарушения, вмещающие главные жилы Марароа (более 6 км), Норсмен (4,5 км), Кроун (2,5 км) и другие (Маунт Баркер, Принсес Ройэл, Блюбёрд, Валкирия и т.д.). Средняя мощность жил более 3 м. На южном фланге пучка развиты также субширотные жилы, падающие на юг под углом около 60°. Около 70 % всего Au извлечено из жил Марароа и Кроун, отличавшихся высоким содержанием: в 1961 г. — 47 и 38 г/т. Рудовмещающие нарушения резко перегибаются в связи с унаследованием ими трещин трех направлений: северо-северо-восточного, меридионального и северо-северо-западного. Первые вмещают более мощные интервалы жил, в то время как северо-северо-западные безрудны или маломощны. В разрезе жильные тела также изогнуты. Пологие участки зон расланцевания локализуют мощные отрезки жил, крутые — маломощные. Эти факты свидетельствуют о формировании руд на фоне взбросо-сдвиговых (правосторонних в плане) перемещений вдоль рудовмещающих трещин (см.рис.49). Широтные жилы слабо золотonosны. Лишь небольшие участки их подвергались эксплуатации.

Руды малосульфидные, существенно кварцевые, местами полосчатые и содержат "пленки" серицита, хлорита, тремолита, которые способствовали внутрирудным движениям. Преобладает в рудах пирит. Установлены также пирротин, галенит, сфалерит, халькопирит, арсенопирит, редкие теллуриды Au, Ag и Pb — силванит, калаверит, гессит, петцит и алтаит. Золото либо распределено по всей мощности жил (видимо, на участках с полосчатой текстурой руд), либо тяготеет к брекчии и внутрирудно подновленным контактам их. Околорудные изменения представлены зонами хлоритизации, тремолит-актинолитовых и биотитизированных пород.

Рудные тела второго типа кварц-сульфидные, локализованные в отдельных тектонически нарушенных участках слоев железистых кварцитов. Например, залежь Леди Миллер размещается между двумя зонами расланцевания северо-северо-западного простирания (см.рис. 43), причем наиболее мощные участки ее локализованы в шарнирах мелких дополнительных складок и вытягиваются вдоль их осей. Залежи представлены вкрапленностью пирита, пирротина, реже арсенопирита, содержания Au очень низкие — от 0,15 до 0,9 г/т.

#### **МЕСТОРОЖДЕНИЯ С СЕКУЩИМИ И СОГЛАСНЫМИ РУДНЫМИ ТЕЛАМИ**

Месторождения, представленные системами секущих рудных тел, комбинирующихся с согласными, образуют вторую по многочисленности группу золоторудных объектов, локализованных в зеленокаменно-

измененных и амфиболизированных терригенно-вулканогенных породах. Преимущественное развитие имеют объекты, на которых преобладают секущие рудные тела. При этом состав руд, слагающих пластовые тела, полностью идентичен рудам секущих образований, независимо от того, пересекают ли они метаморфизованные вулканиты, терригенные породы или прорывающие их субвулканические и интрузивные штоки и дайки. Как и для предыдущей группы, на примере месторождения Доум будет показано значение широкой и протяженной системы сменяющих друг друга рудовмещающих разрывов и рудных тел для обособления крупнейших запасов золота. Вместе с тем аналогичные запасы благородного металла на месторождении Морроу-Велью обеспечиваются большой и непрерывной протяженностью главного рудного тела по падению, т.е., видимо, масштабам рудовмещающей зоны расланцевания.

*Месторождение Доум.* Расположено в 7 км на восток-юго-восток от г.Тимминс (Онтарио, Канада). С 1910 по 1986 г. из руд его извлечено около 342 т Au [14]. Запасы металла в подготовленных к эксплуатации рудах в начале 1982 г. достигали 15 т, а с учетом руд глубоких горизонтов — не менее 50 т при среднем содержании около 6 г/т. При изложении геологии и структуры месторождения автор использовал свои материалы, опубликованные в 1982 г., работы Т.А.Моррисона, Р.Керрича и Б.Дж.Фрайера, Р.В.Бойля [35,32,17], а также труды Р.Г.Робертса и Т.К.Холмса, опубликованные в 1978 и 1948 гг.

Оруденение локализовано в породах последовательно дифференцированной базальт-андезит-дацитовый формации группы Киватин (при примерном соотношении составляющих пород 3:3:1) и перекрывающей их обломочно-терригенной формации группы Тимискаминг. Датируются они  $AR_2$ . Названные породы слагают неширокий свод (около 800 м) опрокинутой на север антиклинали, которая осложняет южное крыло основной синклинали складки Поркьюпайн. На рудоносном участке шарнир антиклинали круто погружается на восток (рис.50). На запад складка открыта. С севера на юг в ядре ее последовательно наблюдаются мощные пласты (50–250 м) лейкоксеновых и миндалекаменных базальтов, дацитов, анкеритсодержащих андезитов и вариолитовых "подушечных" базальтов (пиллоу-лав). В южной и юго-восточной части месторождения прослеживается полоса глубоко гидротермально преобразованных, местами почти нацело карбонатизированных вулканитов. Северный контакт этих южных вулканитов, видимо, тектонический. Между ними и северными вариолитовыми подушечными базальтами развилась, вероятно, грабен-синклиналиная структура. Она выполнена слоями конгломератов, аргиллитов и граувакк группы Тимискаминг, которая (как показано на разрезах, относящихся к периоду деятельности рудника в 40-х гг.) с угловым несогласием перекрывает породы дацит-андезит-базальтовой формации (см.рис.50). Смена вулканизма осадконакоплением, скорее всего, заняла короткий отрезок времени, что подтверждают наблюдения Р.Г.Робертса и др. в 1978 г., отмечавших в опрокинутой кровле горизонта подушечных базальтов переслаивание

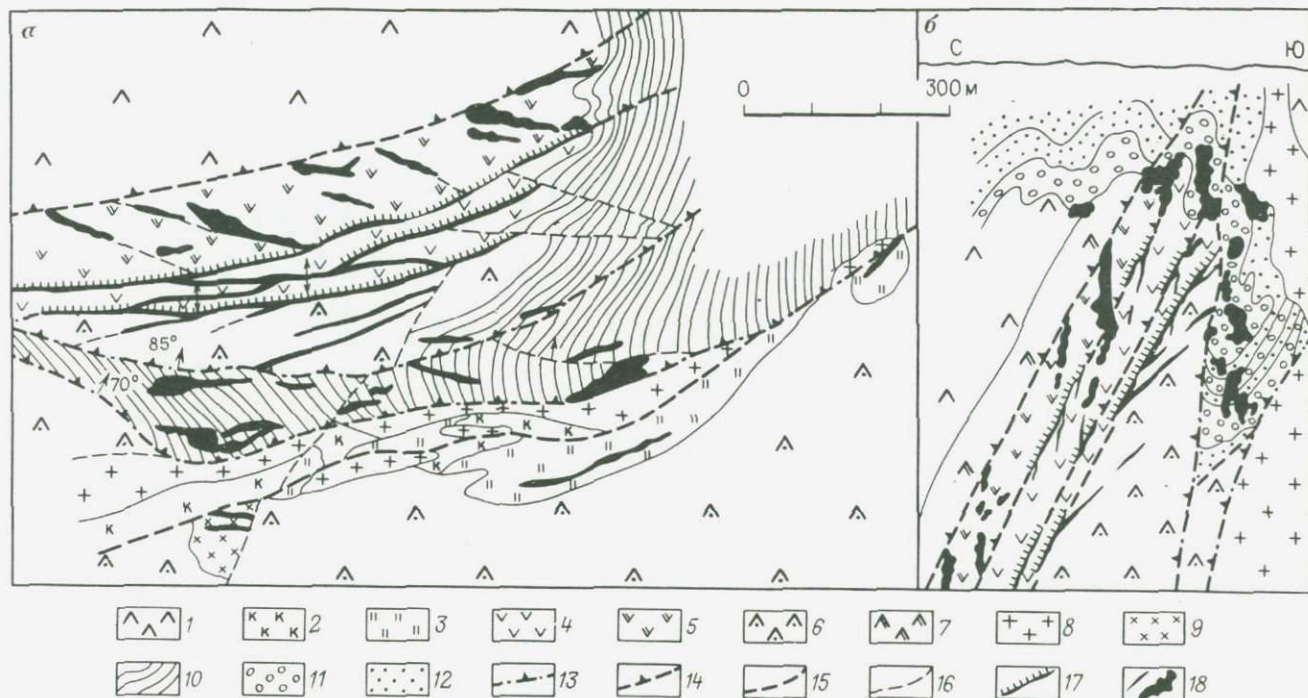


Рис. 50. Схематический план (а) и разрез (б) месторождения Доум. По материалам Т.А.Моррисона и Т.К.Холмса.  
 1—9 — метавулканисты группы Киватин: 1 — базальты; 2 — карбонатизированные андезитобазальты; 3 — измененные вулканисты; 4 — анкеритизированные андезиты; 5 — дациты; 6 — миндалекаменные базальты; 7 — лейкоксоновые базальты; 8 — кварцполевошлатовые порфиры Пеймастер; 9 — кварцевые альбитофиры Престон; 10 — терригенные породы группы Тимискаминг, в том числе: 11 — конгломераты; 12 — песчаники и подчиненные алевритовые сланцы; 13 — рудоконтролирующие разломы, прослеженные; 14 — они же, предполагаемые; 15 — прочие разломы; 16 — мелкие разрывы; 17 — согласные золоторудные тела; 18 — секущие линзо-штокообразные залежи и жилы

слоев этих вулканитов с туфами и так называемыми вулканическими конгломератами<sup>1</sup>.

Примечательно, что вдоль южного тектонического контакта грабен-синклинали внедрено два субвулканических тела — дайкообразное кварц-полевошпатовых порфиров Пеймастер и штокообразное кварцевых альбитофиров Престон. На разрезе, приведенном Т.А.Моррисоном [35], оба тела прорывают смятые в складки вулканиты и перекрывающие их терригенные породы.

Оруденение распространено в вулканитах, терригенных породах и субвулканических кварцевых альбитофирах Престон, локализуясь, таким образом, в своде антиклинальной складки, в грабен-синклинали, в ее южном борту (южных вулканитах) и в прорывающем эти породы субвулканическом штоке. Контролирует и частично вмещает оруденение пучок межпластовых и межформационных разрывных нарушений широтной— восточно-северо-восточной системы. Есть все основания считать, что пучок их ограничивается с востока тектоническим нарушением (см. рис.50), которое прослеживается по северо-западной границе вулканитов Киватин и терригенных пород Тимискаминг. По крайней мере, оруденение прекращается, достигая этой границы. Формирование оруденения в различных породах обусловило локализацию разнообразных по стоению и морфологии рудных тел. В настоящее время выделяют три типа мощных золоторудных тел: 1) зоны прожилковых руд в дацитах, 2) штокверки в конгломератах, отчасти в аргиллитах и граувакках, 3) штокообразные тела вкрапленных руд в кварцевых альбитофирах Престон и два типа маломощных жильных тел: 1) секущие и согласные кварц-анкеритовые жилы и зоны прожилков в северных анкеритизированных андезитах и 2) крутопадающие кварц-турмалиновые жилы и отделяющиеся от них пологие апофизы в южных интенсивно измененных вулканитах.

В наиболее северном слое лейкоксеновых и миндалекаменных базальтов установлены единичные рудные тела, расположенные преимущественно под перекрывающими конгломератами Тимискаминг. Последние, возможно, играли (в этом и некоторых других случаях) экранирующую роль в процессе оруденения. Размещение тел прожилковых руд в слое дацитов мощностью около 50 м определяется трещинной системой, представляющей межпластовым нарушением и серией отделяющихся от него мощных широтных зон расланцевания, которые имеют почти вертикальное падение. Эти зоны последовательно сменяют друг друга и отмечаются от подошвы конгломератов Тимискаминг до глубины 850—900 м. Межпластовое нарушение выполняет роль своеобразного экрана, к которому примыкают рудные тела, но не распространяются в базальты. Зоны расланцевания являются, скорее всего, боковыми

---

<sup>1</sup> Что представляют собой вулканические конгломераты, не совсем ясно, так как Р.Г.Робертс и другие, характеризуя их, упоминают лишь о наличии в этой породе субокруглых блоков вариолитовых базальтов размером до 0,5 м. Возможно, конгломераты в дальнейшем будут определены как агломераты.

сколами, оперяющими межпластовое нарушение. Тела прожилковых руд, приуроченные к ним, характеризуются большой мощностью (10–13 м, редко до 40 м). В плане они вытягиваются обычно на 70–100 м (максимально — от межпластового нарушения до тектонического контакта с андезитами — на 170–200 м). По падению прослеживаются, как правило, на 60–80 м, однако отдельные рудовмещающие зоны расщепления (и приуроченные к ним прожилковые тела) проникают в анкеритизированные андезиты (см.рис.50). В этом случае протяженность прожилковых зон по падению 150–250 м. Сложены они рядовыми рудами. В руде 20% приходится на кварц, 3% — на сульфиды и остальное — на измененные дациты. Тела прожилковых руд вверх по восставию достигают конгломератов Тимискаминг. В них они приобретают сложную форму, так как используют контакт конгломератов с вулканитами и частично проникают в первые.

Южнее, в слоях анкеритизированных андезитов и подушечных базальтов, локализуются маломощные жилы и зоны прожилков кварцевого и кварц-анкеритового состава, которые отличаются высокими содержаниями золота. Приурочены они к системе разрывов, которая состоит из межпластовых нарушений, протягивающихся в андезиты и по контактам дацитов — андезитов и андезитов — подушечных базальтов. Разрывы соединяются крутыми оперяющими сколами широтного простирания и серией примыкающих с лежачего бока боковых рудоносных сколов северо-восточного направления. Падение последних более пологое (45–70°) сравнительно с рудовмещающими вулканитами. Все перечисленные нарушения вмещают субпараллельные жилы (кулисообразно сменяющие друг друга) мощностью от 0,2 до 1 м. В совокупности полосы сближенных жил образуют жильные зоны мощностью 1,5–5 м и максимальной протяженностью до 800 м (в межпластовых нарушениях). Согласно и секущие жилы (в оперяющих сколах) проникают по падению до самых глубоких горизонтов рудника. Согласно кварц-анкеритовые жилы, по сведениям Р.Г.Робертса и других, опубликованным в 1978 г., в лежачем боку содержат реликты тектонической брекчии вмещающих пород и имеют четкий контакт, а в висячем боку представлены в основном анкеритом метасоматического генезиса. Содержание сульфидов в руде 1–5%. Золото распределено в жилах неравномерно, концентрируясь в рудных столбах.

Глубоко измененные, частично карбонатизированные вулканиты южного борта грабен-синклинали вмещают разобщенные кварц-турмалиновые жилы с высоким содержанием золота. Крутопадающие жилы используют разрывы северо-восточного направления (с падением на СЗ под углом 60–70°). Размещаются они либо вблизи южного контакта субвулканического тела Пеймастер, либо непосредственно примыкают к нему. Протяженность их около 150–200 м. Отделяющиеся от жил пологие апофизы имеют небольшое значение в балансе добываемых руд. Наконец, в штоке кварцевых альбитофиров Престон, вдоль широтных субвертикальных трещин развились зоны вкрапленных сульфидных руд. Сульфидов в руде около 5–7%, содержания золота в них низкие, при

этом распределено оно крайне неравномерно. Однако в последние годы добыча этих руд значительно возросла в связи с тем, что тела их имеют большую мощность (первые десятки метров), а распространяются они ниже самых глубоких горизонтов рудника. Менее закономерно размещение мощных штокверковых тел в конгломератах, отчасти аргиллитах и граувакках грабен-синклинальной структуры на верхних горизонтах рудника. Большинство штокверков прослеживаются вдоль северного и южного тектонических контактов структуры и приурочены к широким субвертикальным зонам расщепления широтного—восточно-северо-восточного направления. Это секущие образования по отношению к слоистости. С глубиной сохраняется лишь северная “цепочка” штокверков. При этом некоторые (меньшего масштаба) используют также северный тектонический контакт грабен-синклинали, локализуясь непосредственно в его зоне. Размеры штокверков по падению и в плане близки (обычно 70—90 м), мощность изменяется от нескольких до 25 м. Вместе с тем от некоторых морфологически простых рудных тел (чечевицеобразной формы) отделяются пологие и седловидные апофизы, в связи с чем штокверки приобретают амебовидную форму. Цепочка их установлена на полную глубину распространения терригенных отложений группы Тимискаминг — до 750 м от поверхности. Штокверки представлены сетью соединяющихся кварцевых прожилков. В добываемой руде кварц составляет около 25 %, сульфиды (в кварце, отчасти во вмещающей породе между прожилками) — от 5 до 20 %. Набор сульфидов в жильных и прожилковых кварцевых, кварц-анкеритовых, кварц-турмалиновых, а также во вкрапленных рудах одинаков, что косвенно указывает на кристаллизацию их в более поздних минеральных ассоциациях. Среди сульфидов преобладает пирит и в примерно равных соотношениях установлены пирротин, арсенопирит, халькопирит, галенит, сфалерит. Местами присутствует молибденит и редко — теллуриды. Указывается, что повышенные содержания Au встречаются в рудах, обогащенных сульфидами. Отношение Au : Ag равно 6 : 1.

*Месторождение Морроу-Велью.* Расположено на юго-востоке Бразилии и является примером месторождений комбинированного типа. По данным World Min. Equipment, 1985, vol. 9, № 6, с 1833 по 1984 г. добыто 313 т Au (в 1984 г. — 4,5 т, по сообщению Ersmetal, 1985, vol. 38, № 7—8). Запасы его к концу 1982 г. составляли 130 т при среднем содержании 9,17 г/т (Engineering and min. j., 1983, vol. 184, № 9). Месторождение локализовано в пределах зеленосланцевого пояса северо-северо-западного направления, в вулканогенно-терригенных породах ( $AR_2$ ). Размещается оно в крупной складчатой постройке северо-северо-западного простирания. Ядерная часть ее сложена терригенно-вулканогенными породами, принадлежащими к нижней части группы Нова Лима. Дж.Н. Дорр датировал в 1969 г. эти породы (Rb/Sr методом) 2800 млн.лет. Мощность толщи определена в 4000 м. Верхнюю часть группы последовательно слагают вулканогенно-терригенные толщи Лапа Сека и Рапосос. Первая из них представлена преимущественно кварц-хлоритовыми сланцами и филлитами, подчиненными граувакками, сравнительно редкими

горизонтами метавулканитов, кварцитов и сидеритовых кварцитов, а также слюдисто-кварц-анкеритовых или кварц-доломитовых сланцев, которые и вмещают рудные тела месторождения.

Оно приурочено к сильно сжатой, опрокинутой на север поперечной складке широтного простириания [11]. На поверхности шарнир ее погружается на восток под углом  $40^\circ$ , а на глубине постепенно выполаживается до  $20^\circ$ . На запад складка открыта. Региональная сланцеватость ориентирована в северо-северо-восточном направлении и, таким образом, наложена на основное складчатое сооружение и осложняющую его поперечную складку. Видимо, в процессе формирования рудовмещающей складки породы толщи Лапа Сека были осложнены сначала зонами рассланцевания северо-восточного направления (диагональными по отношению к ее шарниру), а затем северо-западного и широтного простириания. Вдоль этих разрывов проявилось волочение пород, в связи с чем погружающаяся шарнирная часть складки оказалась осложненной мелкими складками волочения, а свод представлен протяженным волнообразно изгибающимся гребнем. Восточная часть его, начиная с уровня около 1 км от поверхности, пережата и заключена среди кварц-хлоритовых филлитов. Вдоль гребня, используя круто падающие на юг зоны рассланцевания субширотного (в пережатой части северо-восточного и северо-западного) направления, развилось перегибающееся лентообразное рудное тело (Главное). Оно почти полностью заключено в горизонте слюдисто-кварц-анкеритовых сланцев (рис.51). Лишь на западном фланге тело отчасти проникает в филлиты. Следуя погружению свода складки, лентообразное тело полого склоняется на восток и прослеживается на протяжении около 5000 м от поверхности до глубины 2500 м (на 1.1 .1984 г). Мощность его изменяется от 0,5 до 28 м. Максимальные мощности более характерны для западного фланга рудного тела, где оно приурочено к субширотному либо к северо-западному интервалу зоны рассланцевания, пересекающему непережатую часть свода рудовмещающей складки. От верхнего гребня до нижней границы рудной ленты по вертикали насчитывается от 150 до 200 м.

Наиболее прихотливо изогнуто складками волочения южное крыло рудовмещающей антиклинали. Вплоть до глубины 2000 м от поверхности, по данным Ч.Ф.Парка и Р.А.Мак-Дормида, опубликованным в 1966г., в всячем боку Главного рудного тела локализовано еще несколько рудных тел. Среди них основное значение имеют Южное и X. Это пластовые рудные тела, заключенные в средней части горизонта кварц-анкеритовых сланцев. Они полого, согласно с падением горизонта погружаются на восток. Мощность их составляет, как правило, 1–5 м. Однако в сводах мелких складок волочения пластовые рудные тела используют секущие зоны рассланцевания северо-восточного и северо-западного направлений и, следуя им, образуют рудные "гребни", мощность которых достигает 15 м (см.рис.51). На северном крыле складки, умеренно осложненной складками волочения и зонами рассланцевания, проявлены либо секущие маломощные (1–2 м) и непротяженные, либо пластовые рудные тела. Они залегают на границе подошвы горизонта кварц-анкеритовых

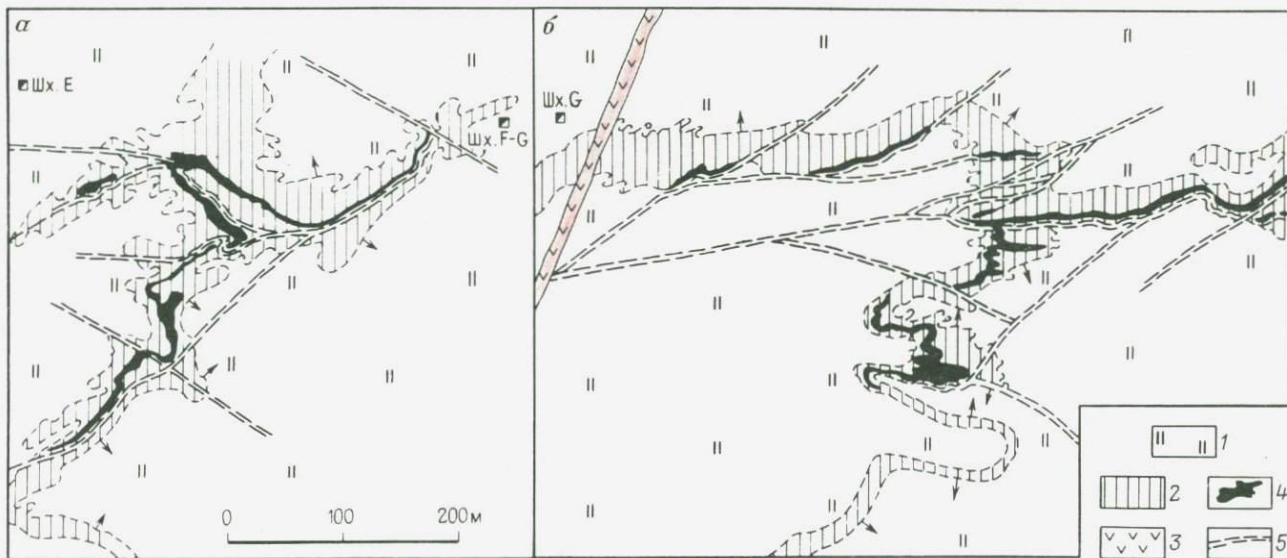


Рис. 51. Схема месторождения Морроу-Велью на горизонтах 1043 м (а) и 1777 м (б) от поверхности. Составлено по материалам Д.Е.Гаира и Ч.Ф.Парка, Р.А.Мак-Дормида.

1 — породы вулканогенно-терригенной формации (Лапа-Сека); 2 — горизонт слюисто-кварц-анкеритовых сланцев; 3 — последние диабазы; 4 — залежи вкрапленных руд; 5 — дорудные зоны расщепления.

сланцев и кровли подстилающих кварц-хлоритовых филлитов. И те и другие приурочены к зонам рассланцевания. При перегибе рудовмещающего горизонта и пересечении его зоной рассланцевания, "контактные" руды проникают в кварц-анкеритовые сланцы, приобретая секущее положение. Содержания золота в пластовых рудах несколько уступают ему в секущих.

Рудные тела месторождения сложены метасоматическими рудами. Они представляют собой скопления густой вкрапленности сульфидов в кварцевом метасоматите. Последний кое-где содержит также и гнезда сульфидов. По сведениям Ч.Ф.Парка и Р.А.Мак-Дормида, руды, как правило, состоят на 40–60 % из метасоматического кварца. Кроме того, присутствуют турмалин, гранат, кианит, альбит, серицит, анкерит. Среди сульфидов преобладает пирротин. Значительно меньшая часть приходится на арсенопирит, пирит и халькопирит, которым подчинены вольфрамит и шеелит. Еще более редко встречаются тетраэдрит, борнит, сфалерит, галенит, антимонит. Золото сравнительно равномерно распределено во вкрапленных рудах. Видимо, ассоциирует оно с сульфидами Pb, Zn, Cu. Золото тонкое, в виде микропросечек заключено в арсенопирите, отчасти в пирротине. Очень редко более крупные золотишки наблюдаются в кварце. Кварц-золото-сульфидные залежи в обоих боках постепенно сменяются кварцевыми, затем кварц-серицитовыми и кварц-альбитовыми метасоматитами. На протяжении 5000 м по падению заметных изменений в минеральном составе руд с глубиной не отмечено.

*Месторождение Кем-Мотор.* Расположено в северной части Зимбабве. Это месторождение тоже комбинированного типа. Однако его согласные жильные тела не всегда являются таковыми. С глубиной они сменяются зонами косесекущих прожилков, проникающих в подошву граувакковой толщи. По сведениям К.В.Стоува [44], на месторождении к 1975 г. было добыто около 147 т Au. Оно считается отработанным. На рудоносном участке известно три главных жильных тела. Одно из них, субсогласное, Централ Мотор (субмеридионального простирания с крутым падением на запад под углом 75–80°), развито в подошве толщи граувакк. В его лежачем боку расположены секущая жила Кем (и локализованные на восточном фланге той же рудовмещающей зоны рассланцевания жилы Эйлин Аланна, Аризона и Эглантайн) и жила Петрол. Они падают на юг под углом 65–75° и размещаются в хлоритовых сланцах и метабазахальтах.

Кроме них на верхних горизонтах известна протяженная согласная жила Кем Спур субмеридионального простирания, а на нижних — серия прожилковых зон аналогичной ориентировки (рис.52). Они прослеживаются в толще метабазахальтов, недалеко от ее кровли. Месторождение примечательно также и тем, что один из сторонников образования руд золота сингенетично с накоплением вмещающих вулканитов — Р.Е.П. Фрипп — создал в 1980 г. умозрительную модель подобного формирования этого рудного объекта. Согласно этой модели, секущие жилы Р.Е.П. Фрипп рассматривает в качестве образований, фиксирующих рудоподводящие каналы, достигшие дна верхнеархейского моря, а согласные

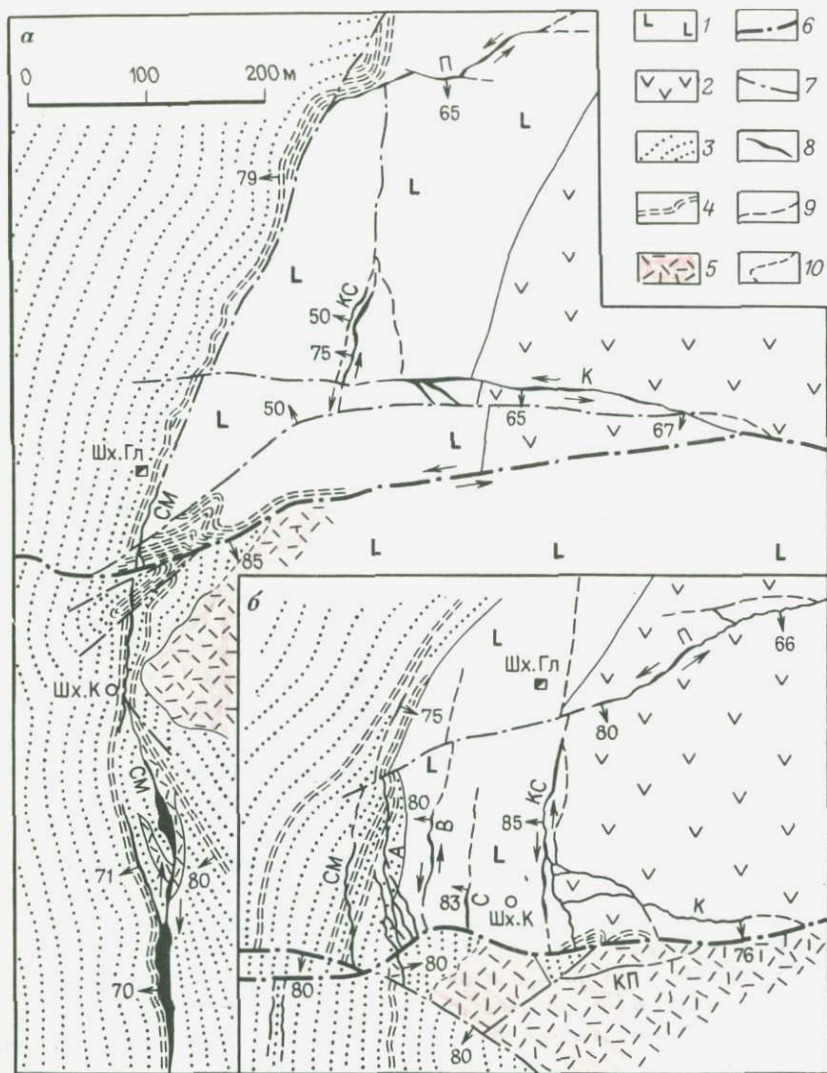


Рис. 52. Месторождение Кем-Мотор. Планы 8-го (а) и 23-го – 1085 м (б) горизонтов. По Р.А.Пеллетье, с некоторыми изменениями.

Стрелками показаны внутрирудные движения. Золоторудные тела и жилы: К – Кем, КС – Кем Спур, КП – Кем Параллел, СМ – Сентрал Мотор, А – Петрол, А, В, С – жилы "лежащего бока". Шх. Гл. и К – шахты Главная и Капитальная Круглая.

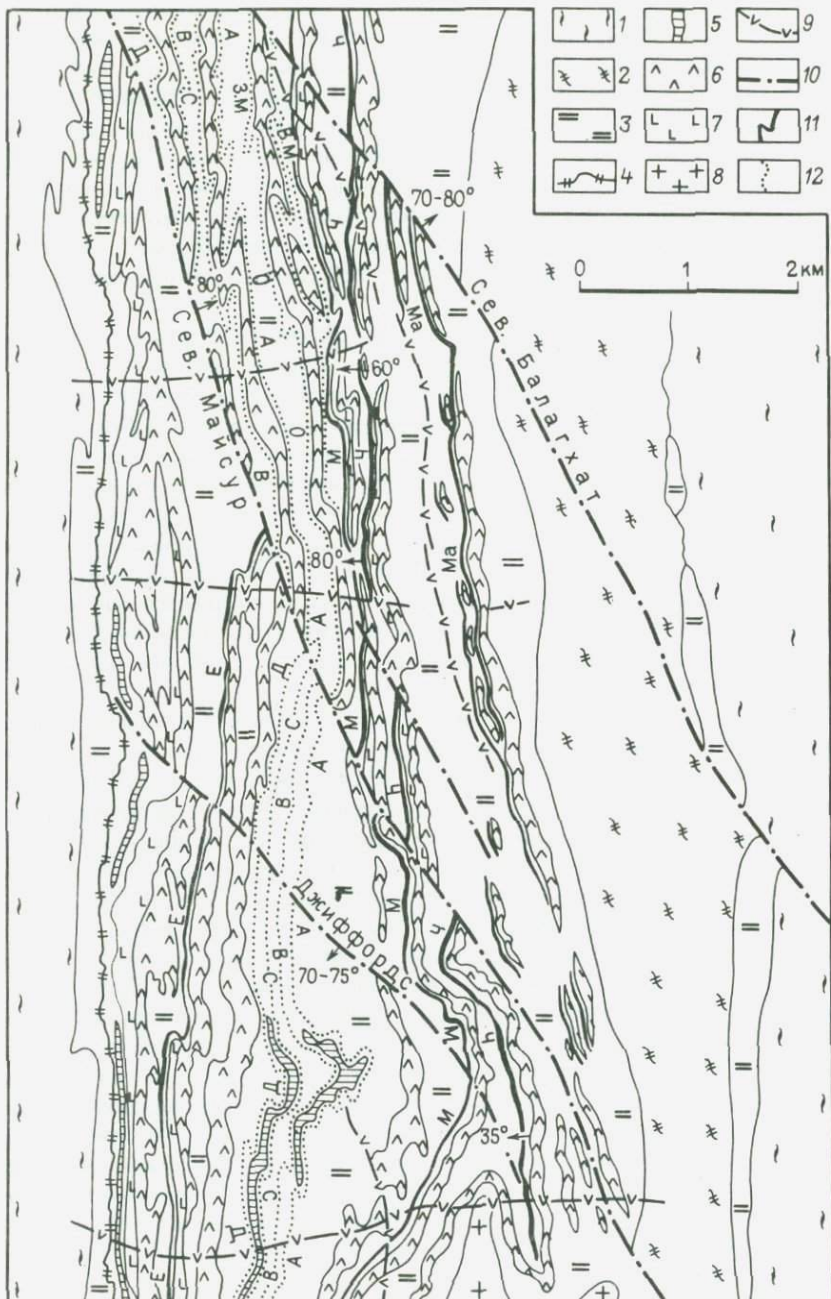
1 – метабазальты; 2 – хлоритовые сланцы; 3 – аркозы и конгломераты; 4 – прослои графитизированных алевролитовых сланцев; 5 – субвулканические фельзиты; 6 – рудоконтролирующий разлом; 7 – прочие разрывы; 8 – золоторудные тела; 9 – жилы с бедными рудами и предполагаемые; 10 – предполагаемые контакты

рудные тела — в виде минерализованных пластов, возникших одновременно с накоплением кластических осадков. Таким образом, в качестве основного довода в пользу выдвигаемой модели Р.Е.П.Фрипп приводит только положение рудных тел Кем-Мотора по отношению к слоистости вмещающих пород и полностью игнорирует некоторые структурные, морфологические и минералогические особенности рудного объекта, исключая подобные умоглядные построения. Поэтому автор работы более подробно проанализировал геологию и структурные особенности месторождения, опираясь на фактический материал, опубликованный в 1970, 1964, 1935 и 1932 гг. Н.В.Блиссом, Р.А.Пеллетье, Д.В.Барнеттом и А.М.Мак-Греггором.

Исходя из планов, разрезов и зарисовок участков и рудных тел месторождения, необходимо указать, что оно как бы делится на две части протяженным разломом. Он круто падает на юг и отделяет северную часть месторождения с секущими рудными жилами Кем и Петрол и серией субсогласных жил Кем-Спур и др. от южной, где установлена лишь одна субсогласная жила Централ Мотор. Геологическая ситуация, выявленная на 23-м горизонте месторождения (около 1085 м ниже современной поверхности), фиксирует крупное левостороннее смещение по разлому, достигающее не менее 170–250 м (см.рис.52). Соответственно южнее вулканитов, вмещающих рудные тела, оказываются расположенными мощные слои перекрывающих их граувакк, лишенные какого-либо оруденения. Подобное смещение — одно из наиболее ранних, до рудных по возрасту.

Как известно, в южной части месторождения проявлено главное рудное тело объекта — Централ Мотор. На верхних горизонтах (в частности, на восьмом горизонте, в 274 м от поверхности) оно представлено массивной золото-сульфидно-кварцевой жилой, приуроченной к четкой зоне рассланцевания субмеридионального направления. Зона разветвляется в средней части (см.рис. 52). Западная ветвь ее следует согласно вдоль лежачего бока пласта углистых сланцев, а восточная — частично вдоль висячего бока дайкообразного тела фельзитов, а частично — рассекая его апофизы и слоистость граувакк и отступая от другого пласта углистых сланцев. При этом максимальные мощности жилы (до 20 м) фиксируются в интервалах с северо-северо-западным простиранием, в то время как отрезки, отклоняющиеся на северо-северо-восток, оказываются маломощными. Это свидетельствует о формировании жильного вещества в трещинных полостях, приоткрывавшихся в процессе внутрирудных левосторонних смещений в плане. По представлениям же Р.Е.П.Фриппа, на месте жилы должен был возникнуть пласт, содержащий вкрапленность золотоносных сульфидов. Понятно, что рудоносная зона рассланцевания, к которой мог бы примыкать пласт, должна быть послерудным нарушением, не пересекать какие-либо магматические образования, не разветвляться и т.д.

На верхних горизонтах жила Централ Мотор достигает тектонических швов разлома, выполненных графитовым веществом, и пересекает их, проникая в лежачий бок нарушения (см.рис.52). С глубиной юж-



ная часть жилы Централ Мотор (находящаяся в висячем боку широтного разлома) постепенно выклинивается. Наоборот, северная часть жилы и вмещающая ее субсогласная зона рассланцевания (лежащий бок разлома) расщепляются вниз по падению на ряд ветвей, пересекающих в разрезе различные слои граувакк. Ветви сопровождаются несколькими зонами золото-сульфидно-кварцевых прожилков. Одна из прожилковых зон, развитая в вулканитах, под острым углом пересекает их слои и северный фланг ее прослеживается в граувакках. Аналогичная разветвленность характеризует и расположенное восточнее разрывное нарушение жилы Кем Спур. Южный фланг ее вблизи тектонического шва лежащего бока разлома образуют структуру, подобную "конскому хвосту". Жила разделяется на веер рудных прожилков северо-западного, меридионального и северо-восточного направлений (см.рис.52). При этом западный фланг секущей жилы Кем (широтного простирания), в свою очередь, расщепляется на три ветви, ограничивающиеся согласной рудоносной зоной Кем Спур.

Казалось бы, подобная ситуация действительно позволяет ставить вопрос о рудоподводящей роли секущих нарушений. Однако факты свидетельствуют о пересечении согласного рудовмещающего нарушения Кем Спур другой секущей жилой — Петрол, достигающей межформационного разрыва, отделяющего вулканиты от перекрывающих граувакк. Очевидно, что все рассмотренные нарушения и оруденение в них могли возникнуть только под "покрышкой" пород, эпигенетически. Из приведенных материалов также следует, что секущие широтные и субсогласные разрывы меридионального направления выступают в качестве сопряженной системы рудоносных разрывов, возникших близодновременно в консолидированной твердой среде — в вулканитах и толще граувакк.

Наконец, четко фиксируется стадийное формирование жильных тел месторождения. Ранние ассоциации — кварцевые и пирит-арсенопирит-кварцевые, более поздние — кварца, доломита, сфалерита, галенита, халькопирита и антимонита. Золото выделяется в конце процесса минерализации. Среднее содержание его в руде 10—14 г/т. С глубиной устанавливается обеднение руд карбонатами и сульфидами, и особенно антимонитом. Подобные примеры вертикальной минеральной зональности и последовательности кристаллизации минералов также типичны для эндогенного рудообразования.

*Месторождение Колар, Индия.* Расположено в 102 км на восток от г.Бангалор. Золото добывалось за тысячу лет до н.э. из окисленных

---

**Рис. 53.** Геологическая схема золоторудного поля Колар. По С.Нарайянавами и др., Б.К.Драва Рао, И.В.Суббараман (несколько упрощено автором). Золоторудные жильные зоны: Ч — Чемпион, М — Манди, Ма — Маскум, О — Ориенталь, ЗМ и ВМ — Западный и Восточный Мак-Тэггарт, зоны А,В,С,Д,Е.

1 — гнейсы Пенинсула; 2 — гнейсы Чемпион; 3 — рассланцованные амфиболиты; 4 — железистые кварциты; 5 — графитизированные и сульфидизированные амфиболиты; 6 — зернистые и массивные амфиболиты; 7 — "волокнистые" амфиболиты; 8 — граниты; 9 — послерудные долериты; 10 — дорудные разломы; 11 — золоторудные жильные зоны, кварцевые; 12 — то же, сульфидно-кварцевые.

руд (до уровня грунтовых вод). Шахтная добыча началась с 1880 г. и продолжается непрерывно до настоящего времени. Считается, что всего добыто более 850 т Au, выработки достигли глубины 3350 м. Месторождение сильно истощено, на 1.1. 1987 г. его запасы оценивались Ж.—Ж.Баше [12] в 35 т Au.

Месторождение размещается в середине узкого (4,5—6,5 км) пояса метавулканитов (рис.53), расположенного в восточной части золотоносной Дарварской провинции. Пояс протягивается на 80 км в субмеридиональном направлении в гнейсах Пенинсула ( $AR_1-AR_0$ ), образуя на южном фланге две ветви, проникающие на ЮЮВ и ЮЮЗ. По представлениям И.Свами Нас и М.Рамакришна, а также Б.П.Радхакришна, изложенным в 1981 и 1983 гг., пояс в гнейсах Пенинсула образует глубокопроникающую синклиналиную складку. Наиболее древние породы его развиты вдоль восточной границы — это гнейсы Чемпион. Центральная и западная части представлены пачками рассланцованных амфиболитов, чередующихся с мощными горизонтами (от десятков до 300 м) зернистых, массивных и волокнистых, в основном актинолитовых амфиболитов, а также пластами железистых кварцитов, объединяемых в группу Саргур (абс.возраст 2,9 млрд.лет).

До последнего времени считается, что месторождение Колар приурочено к серии сжатых складок, ориентированных косо по отношению к простиранию пояса и наложенных на его главную синклиналиную структуру. Предполагаемые оси складок проводятся от массива гранитов Бисанатам (на юге) в северо-северо-западном направлении до гранитов Патна. В этом же направлении прослежены три главных разлома — Балагхат, Майсур и Джиффордс, круто падающих на ВСВ. С.Нарайянавами и др. в 1964 г. предположили, что эти нарушения прослеживаются вдоль наложенных складок и даже в килевой части некоторых из них (Джиффордс). Однако анализ графических материалов свидетельствует, что складки представлены мелкими эшелонированными формами, видимо, связанными с разломами. В частности, показанные на разрезах правосторонне эшелонированные складки не имеют левосторонне эшелонированных аналогов, и соответственно положение осевых плоскостей "наложенных косесекущих складок" оказывается неопределенным. Разломы по направлению суммарных смещений должны быть отнесены к левосторонним (в плане) сместителям. Главное рудоконтролирующее значение отводится разлому Майсур, вдоль лежачего бока которого рудные тела проникают на максимально установленную глубину (рис.54).

Из 26 выявленных золотосодержащих кварцевых жил и жильных зон, видимо, до 3/4 добытого металла приходится на жилу Чемпион (разрабатывалась до глубины 3350 м), а остальное — на жилу Ориенталь и в меньшей мере Манди и Западный и Восточный Мак-Тэггарт. Из них лишь жила Ориенталь эксплуатировалась на протяжении 3 км и на глубину более 2 км, остальные — не более 350 м от поверхности. Промышленное оруденение в этих рудных телах проявлено только в восточном крыле пояса между разломами Майсур и Балагхат и далее на север на расстоянии 0,5—1 км от последнего. Вдоль западной грани-

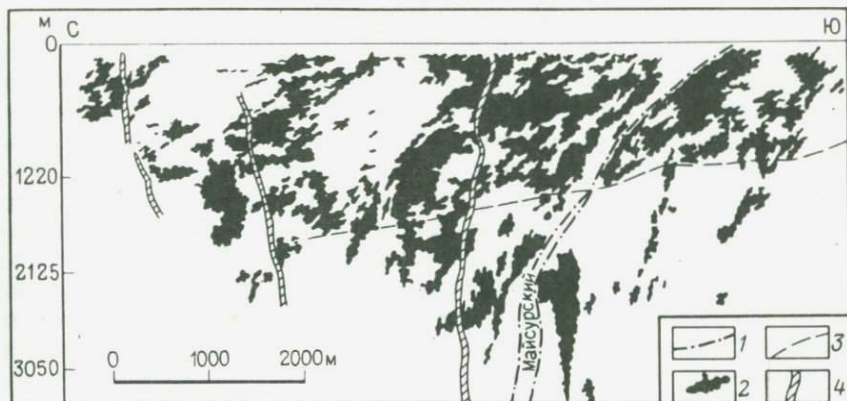


Рис. 54. Продольная проекция жильной зоны Чемпион, иллюстрирующая размещение богатого оруденения. По С.Нарайнасвами и др.

1 — дорудные разломы; 2 — золоторудные столбы; 3 — граница размещения полого- и крутосклоняющихся рудных столбов; 4 — послерудные долериты

цы пояса, как установили в 1985 г. М.М.Махерджи и В.К.Натараджан, наблюдаются лишь золото-арсенопирит-кварцевые прожилки, локализованные в зоне Сейтс Гэп протяженностью 200 м. Все рудные тела, кроме главного — Чемпион, падают на верхних горизонтах на запад под углом около  $50^\circ$ . Предполагается, что они пересекают первичную слоистость амфиболитов, погружающихся под более крутыми углами [24]. Жила Чемпион имеет более крутое падение (около  $60^\circ$ ) и, по-видимому, согласна со слоистостью на северном фланге и в центральной части. К югу, вблизи разлома Джиффордс жила выполаживается (угол падения  $30-50^\circ$ ). Здесь она представляет собой секущее образование, которое состоит из нескольких правосторонне эшелонированных жил. Секущее положение жилы остается неизменным до глубины около 1000 м на ее южном фланге. До глубины 1800 м на северном фланге сохраняется ее согласное залегание и наклон под углом  $60^\circ$ . Скорее всего, рудоносное нарушение жилы Чемпион выполняло роль главного разрыва, с которым сочленились (выше современной поверхности) оперяющие сколы, вмещающие жильные тела Ориенталь, Манди, Мак-Тэггарт и др. На глубинах ниже 1000–1800 м падение жильных тел Чемпион и Ориенталь приближается к вертикальному. Жила Ориенталь, видимо, также становится согласным телом. Однако начиная с указанных глубин протяженность в плане и вертикальный размах рудных столбов в обоих жильных телах существенно сокращаются.

Рудные тела представлены сравнительно маломощными (1–1,5 м) жилами четковидной формы, сменяющимися жильными зонами. Последние состоят из нескольких субпараллельных прожилков также четковидного облика. Мощность жил и зон изменчива. В местах пережимов сохраняется один прожилок или цепочка четок кварца мощностью 10–15 см.

Вместе с тем в раздувах жильных зон мощность их возрастает до 8 м. Контакты жильных тел четкие. Приурочены они, как показал И.С.Рожков, к узким зонам рассланцевания и поэтому сопровождаются многочисленными согласными трещинками кливажа разлома. Золото в рудных телах распределено неравномерно. В плоскости их выделяют четкие рудные столбы. Для понимания закономерностей их размещения важное значение имеет положение периодически повторяющихся групп мелких складок, в которые смяты рудовмещающие зоны рассланцевания. В этих зонах обнаружены главным образом правосторонне-, значительно реже — левосторонне эшелонированные складки. Они подобны одна другой и имеют зигзагообразную и клиновидную форму. Шарниры их всегда круто погружаются на север. Складки наблюдаются в зеленосланцевом поясе на протяжении 20 км, значительно южнее и особенно севернее месторождения, что нельзя объяснить проявлением полосы наложенных кососекущих складок.

Складки в рудовмещающих зонах рассланцевания повторяют мелкую складчатость, в которую смяты пачки амфиболитов (с различной степенью рассланцевания) и пласты железистых кварцитов. Амплитуды складок в этих породах изменяются в пределах десятков — сотен метров. Проследим поведение их на рудоносной территории с юга на север.

Умеренно осложнена складками территория, расположенная к ЮЗ от разлома Джиффордс. Вблизи западной границы сланцевого пояса пласты базальтово-кварцевитовой толщи смяты в левосторонне эшелонированные складки, изогнутые сравнительно "мягко". Развитые восточнее амфиболитовые пачки характеризуются правосторонне эшелонированными складками (см.рис.53). Севернее, между разломами Джиффордс и Майсур, пласты базальтово-кварцевитовой толщи и амфиболиты (до жильной зоны "Е") сначала смяты в правосторонние, а ближе к разлому Майсур — в левосторонние складки. Восточнее зоны "Е", в амфиболитах проявлены только правосторонние складки, причем дополнительно изогнутые между сближающимися южными флангами обоих вышеназванных нарушений (см.рис.53).

К северо-востоку от Майсурского разлома морфология мелких складок наиболее сложная. С запада на восток выделяются зоны правосторонних эшелонированных складок, последовательно сменяющихся левосторонними, и наоборот. Первая граница проходит между рудными зонами "С" и "В", вторая — между Манди и Чемпион. В последнем случае на смену левосторонним вновь приходят правосторонние складки. Отмеченные особенности мелких складок присущи складкам волочения и приразломного типа, которые могли возникать в том или ином пласте амфиболовых сланцев при волочении более интенсивно рассланцеванной пачки пород по менее рассланцеванной или породы, заключающей зону рассланцевания, — по ненарушенной.

Появление групп мелких складок в рудовмещающей зоне Чемпион ведет к трансформации развитых в ней линейно вытягивающихся жильных тел с убогим оруденением в систему седловидных жил, согласных со складками и погружающихся на север или в систему эшелонированных

жилообразных линз. Это наблюдается для жилы Чемпион в случае “приоткрытости” участков зон расщепления только в восточных крыльях складок волочения, подобных друг другу. Группы седловидных жил и эшелонированных жилообразных линз отличаются сравнительно богатым оруденением и объединяются в рудные столбы.

Особенности размещения рудных столбов в плоскости жильных зон месторождения Колар подробно рассмотрены на примере жилы Чемпион. На поверхности и верхних горизонтах рудника промышленное оруденение по жиле устанавливается с небольшими перерывами на протяжении более 8 км. На глубину оруденение распространяется, непрерывно сокращаясь по протяженности. Оно как бы образует треугольник с вершиной, расположенной в самой глубокой точке рудника вблизи разлома Майсур (см.рис.54). В лежачем боку разлома известен рудный столб, сравнительно богатые руды которого распространяются, видимо, до отметки 3500 м от поверхности, а может быть, и глубже. Именно такие закономерности подтверждают мысль о рудоподводящей роли разлома. Все рудные столбы в плоскости жилы Чемпион склоняются на север.

Достаточно четко выделяются две группы рудных столбов – верхних и нижних горизонтов. Наиболее протяженны столбы верхних, в меньшей степени средних горизонтов. Обычно они непрерывно прослеживаются по склонению на 500–2000 м, максимально достигая в средней части жилы 3700 м (см.рис.54). Столбы нижних горизонтов менее протяженны (обычно сотни метров, вблизи разлома Майсур – 800 м).

Столбы верхних (отчасти средних) горизонтов пологосклоняющиеся. Угол склонения изменяется от 15–20 до 50°. При этом склонение с юга на север становится все более пологим. Столбы нижних (отчасти низов средних) горизонтов склоняются круто (от 70 до 90° также в северном направлении). Изменение происходит по условной пологопогружающейся линии, проводимой на южном фланге жилы Чемпион на глубине около 1000 м от поверхности, а на северном – в 1800 м от нее (см.рис.54). Параллельно с возрастанием угла склонения резко изменяется протяженность рудных столбов в плане. Если богатое оруденение столбов первой группы прослеживалось выработками верхних горизонтов непрерывно в плане на 200–300 м, то на нижних этот параметр сокращается до 20 м. Нетрудно заметить, что увеличение крутизны склонения и вместе с тем уменьшение размеров рудных столбов наблюдается в наиболее глубокой части рудоносной зоны Чемпион, считающейся согласной со слоистостью вулканитов. Очевидно, с линии перехода секущей части зоны в согласную шарниры оруденелых складок волочения погружаются на глубину под более крутым углом.

Прямолинейность кососекущих разломов – Балагхат, Майсур, Джиффордс – предполагает, что движения по субмеридиональным рудовмещающим зонам расщепления (а следовательно, и проявление оруденелых складок волочения в их зонах) могли быть вызваны более амплитудными перемещениями вдоль названных разломов. Возникновение последних и перемещения по ним могли быть связаны с образованием синк-

лиального сооружения сланцевого пояса и заложением нарушений в качестве сопряженных с ним разрывов.

Жилы и жильные зоны с промышленными рудами, развитые в восточном борту пояса, характеризуются существенно кварцевым составом (сульфидов не более 1 %). В центральной части пояса располагаются промышленные золото-сульфидно-кварцевые тела (рудных минералов до 10 %). Кварц рудных тел от светло- до голубовато-серого цвета, пересечен сеткой взаимно перпендикулярных трещин. Он характеризуется чередованием полос крупно- и тонкозернистых агрегатов, блоковым и перистым угасанием зерен в шлифах. Помимо него установлены диопсид, куммингтонит, тремолит, эпидот, биотит, турмалин, гранат, волластонит, дюрмортьерит, изредка хлорит. Из рудных минералов наибольшее значение принадлежит пирротину, которому подчинены пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, халькопирит и встречающиеся в отдельных участках жил шеелит, магнетит и ильменит.

Золото ассоциирует с теллуридами — гесситом, алтаитом, калаверитом, высокопробное — 900—950. Золотинки имеют комковидную и пластинчатую форму, находятся в сростании с теллуридами, а также выполняют микропросечки в кварце. В золото-сульфидно-кварцевых телах главные рудные минералы — пирротин и подчиненный ему арсенопирит. Среднее содержание Au в руде, добытой в 1880—1960 гг., 15,5 г/т; в настоящее время — от 4 до 5 г/т. Отсутствие корреляции между содержаниями золота и количеством сульфидов, обычность сростаний его с теллуридами, выполнение им микротрещин в кварце свидетельствуют о наложенности и более позднем проявлении благородного минерала. Околорудные изменения довольно специфичны [11]. Непосредственно к контактам золото-кварцевых тел примыкает тонкая оторочка диопсида, последовательно сменяющаяся зонами амфиболов и эпидотов, а затем кварц-биотитовыми метасоматитами. Метасоматиты вдоль золото-сульфидно-кварцевых образований сложены гранатом, амфиболом и кальцитом. Мощность околорудноизмененных пород изменяется от сантиметров до 15 м.

## ПЛАСТОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождения, принадлежащие к указанной группе, сравнительно редки. Как правило, их рассматривают в качестве стратиформных и имеющих гидротермально-осадочный генезис. Однако некоторые черты свидетельствуют, скорее, об эпигенетичности и наложенности руд на складчатую и разрывную структуру рудоносных участков. Наиболее широко известны подобные месторождения в Канаде и Зимбабве. В Канаде это крупнейшее рудное поле Хемло и эксплуатирующиеся с конца 1970-х гг. месторождения Сильверстак (Дойон), Боскьют, Думагами, Экуити и др., отработанное месторождение Буффало-Анкерит, в Зимбабве — Джумбо, Торонто и Венайс в поясах Мазое, Умтали и Мидленд, в Заире — Агборабо, Горумбва и др., в ЮАР — Мурчисон и др.

*Рудное поле Хемло.* Расположено севернее оз.Верхнее. Запасы Au на 1.1.1987 г., по различным сведениям, составляли от 680 до 750 т, запасы эксплуатирующихся месторождений — 590 т. По представлениям Б.Фрейзена и др. [26], Р.Велья [48], а также публикациям Д.Харриса и Д.Г.Шихена в 1984 г., месторождение размещается в субширотном поясе терригенно-вулканогенных пород (абс. возраст 2,6–2,8 млрд. лет), примерно в 2,5–3 км от его южного борта. Породы образуют южное крыло довольно широкой синклинальной складки западно-северо-западного направления. Наиболее древние среди них — основные вулканиды и перекрывающие их так называемые нижние граувакки. На них залегают фельзитовая толща и верхние граувакки. Слоистые породы, особенно граувакки, вмещают маломощные (около 5 м) полевошпат-порфиновые и фельзитовые силлы. Описанная толща рассланцована (преобладает сланцеватость слоистости). Фельзитовые породы преобразованы в кварц-мусковитовые, базальты — в хлоритовые и хлорит-амфиболовые сланцы. Верхние граувакки содержат гранат, ставролит, кианит, биотит, хлоритоид. К северо-востоку и юго-западу от участка месторождения вулканиды и терригенные породы прорваны массивами гранодиоритов.

На месторождении разведано четыре главных пластообразных рудных залежи (с запада на восток): "А" и "В" Лак Минералс, Голден Джиант и Восточная залежь участка Тек-Корона (рис.55). Они локализованы между кровлей фельзитовой толщи (кварц-мусковитовых сланцев) и подошвой верхних граувакк (ритмичных песчаников, туфопесчаников и подчиненных алевролитов). Между Восточной залежью Тек-Корона и Голден Джиант проявлено западное тело низкосортных руд, а к западу от Лак Минералс (тело "А") разведана небольшая пластовая залежь "С". Залежь полностью развита в фельзитах, образуя, таким образом, как бы нижний горизонт оруденения. Примерно на том же уровне под главной железью Голден Джиант в метафельзитах установлена другая маломощная рудная зона с бедным невыдержанным оруденением. Рудные залежи круто склоняются в северо-западном направлении и вытягиваются на большее расстояние по падению (до 1100 м), чем по простиранию (100–800 м). В связи с этим промышленные руды некоторых из них были установлены бурением только на глубине (например, в теле "В" Лак Минералс и Голден Джиант). Залежи представляют собой мощные тела, прослеженные на большую глубину (см.рис.55). Мощность изменяется постепенно от 3 до 45 м, в среднем 15–25 м.

Перечисленные выше литературные источники недостаточно четко излагают строение рудных залежей. Так, указывается, что в залежи Голден Джиант установлены руды трех разновидностей: 1) кварцевые с молибденитом (Au 10–15 г/т, Mo 0,1 %), 2) серицитовые (около 6 г/т), 3) молибден-баритовые (барита 20–25 %, Mo 0,1 %, Au проявлено спорадически). Наиболее развиты кварцевые руды, среди которых в отдельных частях кровли локализованы молибден-баритовые, а во фланговых частях залежи — серицитовые. Au хорошо коррелируется с Mo, и, наоборот, корреляционная связь его с пиритом не устанавливается.

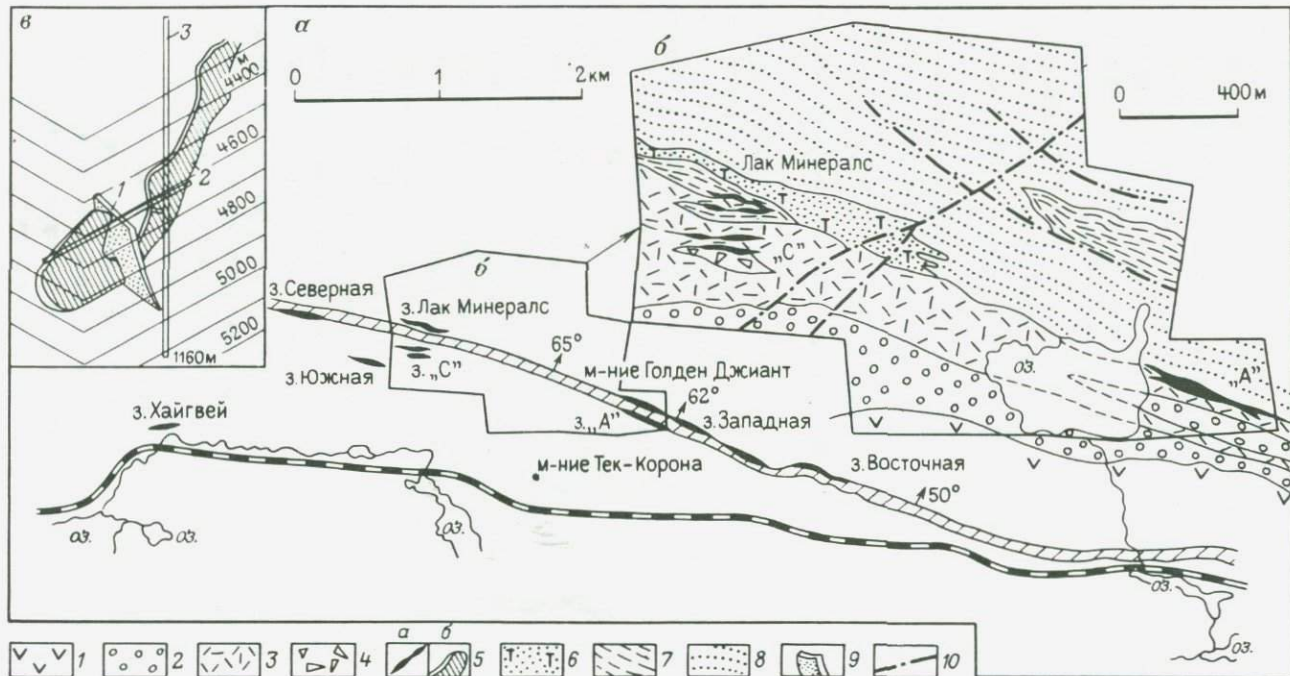


Рис. 55. Схема золоторудной зоны Хемло (а), месторождения Тек-Корона – план (б) и блок-диаграмма (в). По материалам Mining magazine, 1985, vol, 152, № 7, с некоторыми упрощениями.

1 – основные вулканиты; 2 – нижние граувакки; 3 – фельзиты; 4 – брекчия фельзитов; 5 – пластообразные золоторудные залежи; 6 – туфопесчаники; 7 – алевролиты; 8 – ритмичные песчаники и подчиненные алевролиты; 9 – дайка диабазовых порфиров; 10 – разрывы

Рудные залежи на участке Лак Минералс локализуются преимущественно в самой кровле фельзитов и представляют скопления ритмично повторяющихся золотосодержащих кварц-мусковитовых, обогащенных пиритом, или кварц-баритовых слоев (мощность от 1 мм до нескольких метров), разделенных прослоями кислых пирокластов или песчаников с четко видными контактами. По направлению от лежачего бока залежи к висячему в рудах устанавливается минеральная зональность — в лежачем боку они баритовые, а к висячему постепенно становятся кварц-пирит-золото-молибденовыми, содержащими сульфиды Sb и As. При этом в висячем боку рудных залежей пирит в ассоциации с кварцем слагает слои и слои от нескольких сантиметров до 1 м мощности. Они чередуются с пиритизированной мусковит-кварцевой породой, в которой сульфид Fe равномерно рассеян в виде очень мелких зерен. Намечается и зональность по латерали — на фланговых выклинивающихся частях золоторудных залежей относительно возрастает серицитизация, количество сульфидов Sb и As и, наоборот, сокращается роль пирита, молибденита и особенно барита. Золото, как и в залежи Голден Джиант, тесно ассоциирует с молибденитом, но вместе с тем и с пиритом. Встречается свободное, в виде золотинок размером от 20 до 100 мкм по границам зерен, иногда и в виде микропросечек в пирите. Отношение Au : Ag = 4 : 1.

Все исследователи отмечают наличие четкой контактовой поверхности вдоль висячего бока рудных залежей, смятость некоторых рудных и разделяющих их прослоев в z- и s-образные складки. Однако отсутствие детальных наблюдений над распространением окolorудных метасоматитов, последовательностью образования минералов и другими особенностями месторождения не позволяет достаточно надежно обосновать генезис Хемло. Не совсем обычный состав руд и особенно пространственное сочетание молибденита, других сульфидов и барита предполагает их полигенную природу. Возможен гидротермально-осадочный генезис кварц-мусковит-пиритовых залежей и наложенность на них гидротермальной метасоматической вкрапленности сульфидов и золота, кристаллизация которых сменилась выпадением барита.

Следует отметить, что и упоминавшиеся выше пластовые золоторудные месторождения имеют черты, которые не согласуются с принятым для них гидротермально-осадочным генезисом. Так, золоторудные месторождения Канады (Боскьют, Сильверстак (Дойон), Зимбабве (Венайс, Лонели, Антелоп, Джумбо, Торонто и др.) и Заира (Агборабо, Горумбва и др.) локализуются в породах базальт-андезитовой, контрастной базальт-андезит-риолитовой формаций. Залежи сложены метасоматическими скоплениями вкрапленных сульфидов (5–15 %) в кварц-серицитовой породе. Вкрапленность сочетается с сульфидно-кварцевыми прожилками. Среди рудных минералов на таких месторождениях, как, например, Сильверстак (запасы Au на конец 1984 г. 59 т при содержании его в руде 5,1 г/т) и Боскьют (на конец 1979 г. 29 т при содержании Au в рудах 4,8 г/т), устанавливаются теллуриды, в том числе теллуриды Au. На месторождении Сильверстак значительное количество

Au кристаллизуется в прожилках, сложенных кварцем, пиритом и халькопиритом. Эти прожилки на восточном фланге рудного тела 2 под острым углом пересекают тонкую сланцеватость регионального типа. На западном продолжении рудной зоны № 2 установлены золото-сульфидно-кварцевые жилы, пересекающие штоки гранодиоритов и гранитов, интрузирующие рудовмещающие вулканиты.

Таким образом, представления о том, что возникновение руд золота сингенетично с накоплением вулканитов на дне морского бассейна, встречают серьезные возражения. Обычно сторонники подобных взглядов все секущие рудные образования относят к переотложенным, т.е. более поздним по сравнению с пластовыми. Однако на месторождении Сильверстак пластовые золоторудные залежи, а также шток, интрузирующей вмещающие породы, не деформированы. Шток пересечен золотосодержащими телами. По составу они аналогичны пластовым рудным образованиям.

Описанные стратиформные месторождения золота Сильверстак, Боскьют, а также расположенное восточнее Думагами локализируются вблизи зоны крупного широтного разлома Кадиллак, который выступает южным прибортовым и мобильным нарушением архейского зеленосланцевого пояса Абитиби. Необходимо напомнить, что это региональное рудоконтролирующее нарушение для золотого эндогенного оруденения пояса. В пределах его почти все золоторудные месторождения, в том числе и пересекающие штоки кислых пород наподобие лестничных жил или залежей вкрапленных руд (например, рассмотренные выше месторождения Сигма-Ламак, Кемфло и др.) характеризуются проявлением теллуридов Au (наряду со свободным Au). Ни у одного исследователя, изучавшего эти месторождения, нет сомнения в том, что рудовмещающие штоки интрузировали после складчатости, регионального метаморфизма и возникновения кливажа. Следовательно, и формирование золотого оруденения в пределах пояса произошло после всех этих процессов и внедрения штоков. Возможно, вблизи разлома Кадиллак в поздний архей произошло наложение золотого оруденения на дометаморфические, сингенетичные с вулканизмом пластовые зоны кварц-пирит-серицитовых пород и серноколчеданные залежи. Не всегда кажущаяся стратиформность может быть опровергнута фактами послескладчатого формирования золотого оруденения. Поэтому определенный интерес представляет месторождение пояса Абитиби Буффало-Анкерит, приуроченное к другому рудоконтролирующему разлому — Дестор-Поркьюпайн, вытянутому вдоль северной границы пояса.

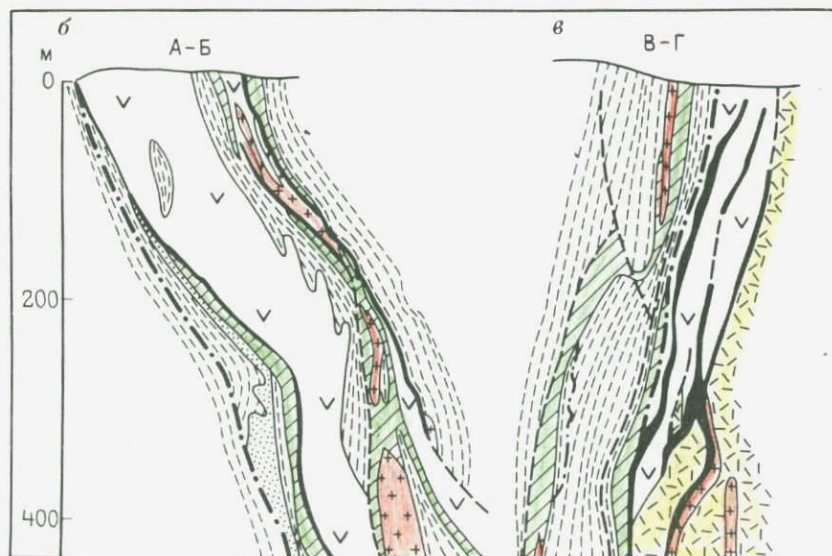
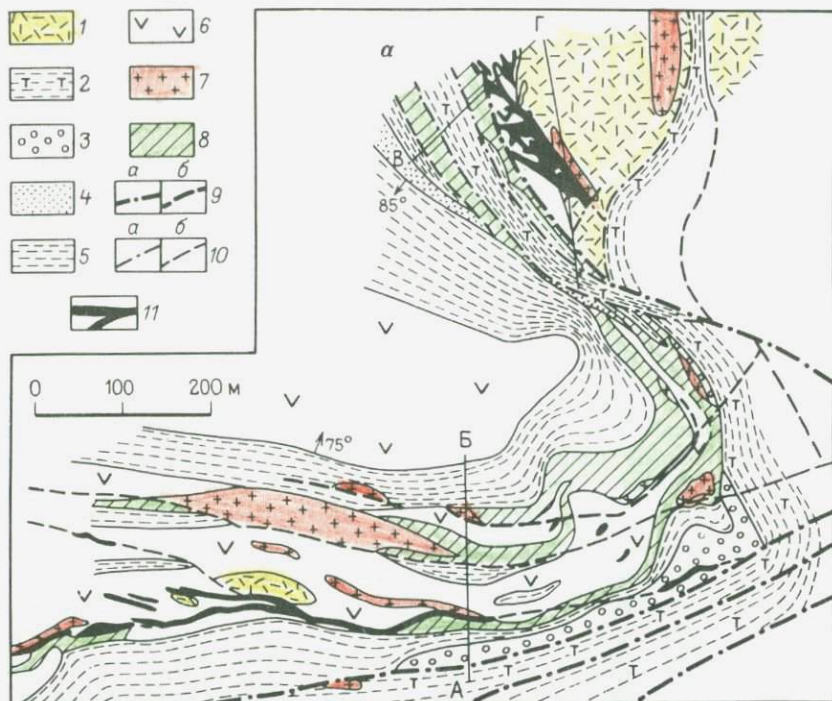
По сведениям К.Г.Бертони [14] и А.Р.Кинкеля, опубликованным в 1948 г., на месторождении, эксплуатировавшемся в 1926–1953 гг., из руд было извлечено 29,8 т Au. Месторождение считается отработанным. Оруденение приурочено к породам группы Киватин ( $AR_2$ ). Они представлены металавами дацит-андезит-базальтовой формации, содержащими прослойки песчаников и конгломератов.

На участке месторождения эти породы смяты в широтную синклиналь, центриклинально замыкающуюся у тектонических швов разлома

Дестор-Поркьюпайн. Оруденение представлено сравнительно протяженными (до 600 м с перерывами) субпластовыми жилами пирит (7 %) - карбонат (13 %) - кварц (15 %) - турмалинового (65 %) состава. Мощность их нередко достигает 10 м. Жильное вещество цементирует брекчию измененных вмещающих пород. Жилы, залегающие в кровле дацитов, сопровождаются, кроме того, зонами вкрапленности золотоносного пирита, увеличивающими мощность рудных тел. Субпластовые жильные тела наблюдаются на обоих крыльях синклинали (рис.56). Размещаются они вблизи подошвы и кровли metabазальтов (южное крыло) и вдоль контакта последних и подстилающих метадацитов (северо-восточное крыло).

В разрезе оруденение более выдержанно, чем в плане. Так жилы, протягивающиеся вдоль подошвы metabазальтов, вытягиваются непрерывно на глубину более 400 м. Жилы, залегающие в кровле этих пород, прослеживаются на глубину более 300 м (в плане – около 250 м). При детальном анализе схем и разрезов (см.рис.56) нетрудно убедиться, что так называемые пластовые жилы на южном крыле антиклинали приурочены к сколам, опирающим разлом Дестор-Поркьюпайн. Под очень острым углом они и вмещающие их зоны дробления пересекают конгломераты и песчаники, подстилающие metabазальты. Такое же секущее положение занимают апофизы, отделяющиеся от жил. Некоторые из апофиз приурочены к дайкообразным телам субвулканических кварцевых порфиров. Оруденение на северо-восточном крыле размещается в зоне расщелачивания, косо секущей metabазальты и подстилающие метадациты. Местами оно вытягивается по контакту этих пород, а частично следует по контакту с дайкой субвулканических кварцевых порфиров. От рудного тела, локализованного в metabазальтах, отделяется целая серия апофиз, которая под острым углом пересекает пласт этих вулканитов. Все апофизы заканчиваются, достигая тектонического контакта metabазальтов и хлорит-талковых сланцев, сопровождающегося анкеритовыми метасоматитами.

Таким образом, только при детальном анализе размещения рудных тел устанавливается их кососекущее положение по отношению к пластам метавулканитов, проникновение кварц-карбонат-турмалиновых жил в подстилающие песчаники и конгломераты, ограничение секущих апофиз межпластовыми разрывами, размещение одной и той же субпластовой залежи то на хлоритовых сланцах, то на конгломератах, переход ее в metabазальты. Участками жильные тела тяготеют к контактам даек субвулканических кварцевых порфиров, которые иногда занимают четкое секущее положение в толще терригенно-вулканогенных пород (см. рис.56). Все это в совокупности свидетельствует об эпигенетичности руд золота, что подтверждает также многостадийность минералообразования и проявление золота в виде микропросечек в раннем пирите, подвергшемся динамометаморфизму. Месторождение, в отличие от большинства золоторудных объектов, характеризуется сравнительно слабой пространственной связью с метасоматитами, сформировавшимися много раньше золотого оруденения. Метасоматиты наиболее широко проявлены



**Рис.56.** Геологический план горизонта 320 м (а) и разрезы по линиям А—Б (б) и В—Г (в) месторождения Буффало-Анкерит. По А.Р.Кинкелю, с некоторыми изменениями.

1 — дациты; 2 — хлорит-талковые сланцы; 3 — конгломераты; 4 — туффиты; 5 — хлоритовые сланцы; 6 — андезито-базальты; 7 — кварцевые порфиры; 8 — карбонатизированные андезиты; 9 — швы рудоконтролирующих разломов: а — прослеженных, б — предполагаемых; 10 — мелкие разрывы: а — прослеженные, б — предполагаемые, 11 — золотоносные кварц-турмалиновые жилы

вблизи кровли метабазальтового горизонта, где они, видимо, использовали при возникновении субпластовые зоны рассланцевания и дробления. Кварц-карбонат-турмалиновые жилы лишь на южном крыле синклинали местами совпадают с зонами анкеритовых метасоматитов. Большая часть их на обоих крыльях складки не использует метасоматических зон, которые, таким образом, безрудны на этом месторождении. Являясь дозолотыми образованиями, они лишней раз подтверждают наложенность золотого оруденения на сформировавшуюся складчатую и разрывную структуру.

## ВЫВОДЫ

1. Чаще всего месторождения и секущие рудовмещающие разрывы несмотря на разнообразие рудовмещающей среды развиваются в горизонтах метаандезитов, чередующихся с горизонтами базальтов, диабазов или дацитов, а при отсутствии чередования вулканитов различного состава — в андезитах или базальтах, осложненных прорывающими их субвулканическими телами кислого состава (кварцевыми и полевошпатовыми порфирами, альбитофирами, дацитовыми порфиритами и т.д.). По представлению автора, массовое формирование трещин и руд происходит преимущественно в среде, монотонность которой нарушается прослоями вулканитов иного состава (особенно пирокластами) или наличием интрузирующих пород. Иногда в роли образований, вызывающих неоднородность среды, выступают пластичные, обычно серпентинизированные ультрабазиты. При наличии их вулканиты оказываются в положении хрупкой, компетентной породы, в которой сосредоточивается трещинообразование.

Гораздо реже месторождения локализуются в горизонтах (и тем более толщах) вулканитов кислого состава. В подобной среде, видимо, нивелируются индивидуальные прочностные свойства отдельных горизонтов, а также различия между лавами и пирокластами. В результате трещинообразование происходит сравнительно равномерно во всем объеме среды, способствуя появлению оруденения рассеянного типа.

2. Месторождения, размещающиеся в зеленокаменно-измененных и амфиболизированных терригенно-вулканогенных толщах докембрийских зеленосланцевых поясов щитов, характеризуются проявлением в одних случаях секущих рудных тел, в других — секущих и подчиненных им согласных или субсогласных, в третьих — пластовых залежей.

3. Секущие, субсогласные, а в ряде случаев и согласные со слоистостью золоторудные тела развиты преимущественно в зонах расщепления различной мощности. Они представлены полосами кливажных трещинок разлома, которые примыкают к протяженным тектоническим швам или плоскостям скольжения, сопровождающимся боковыми опоясывающими сколами. В узлах сопряжения их с главным швом или плоскостью скольжения полосы кливажных трещинок смяты в прихотливо и волнообразно изогнутые псевдоскладки волочения, а иногда в обычные сжатые складки приразломного типа, своды которых довольно строго следуют направлению зон расщепления. Псевдоскладки более простой формы, а чаще флексуорообразные перегибы трещинок устанавливаются и в других менее осложненных звеньях зон расщепления.

Образование перегибов кливажных трещинок всех упомянутых разновидностей в зонах расщепления обусловлено ранним заложением и многократным подновлением этих разрывных нарушений в умеренно пластичных вулканогенных породах. При подновлении зон расщепления происходило смятие и волочение одних полос кливажных трещинок вдоль других, и особенно энергично в местах сложных подвижек между главными швами или плоскостями скольжения и боковыми сколами.

Наряду с рудовмещающими зонами расщепления в более хрупких вулканитах или горизонтах терригенных образований возникли обычные секущие и даже межпластовые зоны дробления, выполненные брекчией измененной вмещающей породы, а иногда — рудосные разломы значительной мощности и протяженности. Многообразие типов секущих рудовмещающих нарушений обусловило проявление рудных тел сложного строения и морфологии.

4. Среди секущих рудных тел ведущим типом являются зоны прожилкового оруденения, массивные жилы и жилы с брекчиевой текстурой руд. Зоны прожилкового оруденения значительной протяженности и мощности имеют сложное внутреннее строение. Наряду с участками, состоящими из субпараллельных прожилков, совпадающих с направлением зон, некоторые звенья последних сложены z-, s- и крюкообразно изогнутыми сравнительно короткими прожилками, чередующимися с пластинами измененной и сульфидизированной породы в отношении от 3 : 1 до 1 : 2 (по массе, мощности). Полосы таких изогнутых и подобных один другому прожилков нередко вытягиваются на многие десятки метров. На таких интервалах прожилки используют приоткрытые кливажные трещинки, смятые в псевдоскладки волочения и флексуры. Морфология прожилковых зон также сложная. Для них характерны резкие зигзагообразные перегибы, чередование участков различной мощности. Подобные прожилковые зоны имеют геологические границы только в том случае, когда изогнутые прожилки отделяются от поверхностей тектонических швов или плоскостей скольжения. Жилы представляют собой более выдержанные и мощные рудные тела, особенно с брекчиевой текстурой руд.

Наиболее однородны зоны прожилково-вкрапленного и вкраплен-

ного оруденения. Границы их определяются опробованием, а наиболее обильная и, как правило, рудная вкрапленность приурочивается к разрывам (или участкам их), представленным сериями сближенных субпараллельных плоскостей скольжения. Между ними заключены пластины измененных и сульфидизированных пород. Ориентировка их и плоскостей скольжения совпадает с залеганием главных разрывных нарушений. Лишь изредка оруденение в прожилково-вкрапленных и вкрапленных зонах прерывисто. В таком случае, как правило, оно тяготеет к узлам сочленения с главным швом (плоскостью скольжения) пучков оперяющих сколов. Последние обычно сопрягаются под острым углом с главным разрывом, в месте сопряжения нередко возникает тектоническая брекчия.

5. Рудные тела жильного типа преимущественно сложены малосульфидными кварцевыми и карбонатно-кварцевыми рудами, реже сульфидно- (карбонатно)-кварцевыми. На многих объектах в рудах развит турмалин и (или) альбит. Количество рудных минералов не превышает 5–8 %. В прожилково-вкрапленных и вкрапленных рудах преобладают сульфидные минералы, наряду с которыми нередко устанавливаются, с одной стороны, оксиды, а с другой — теллуриды.

6. Руды простого состава, представлены агрегатами, возникшими в результате проявления преимущественно двух-трех стадий минералообразования. При этом в раннюю стадию кристаллизуются основные массы кварца, раннего железистого карбоната — анкерита, почти все оксиды, вольфрамит или шеелит, молибденит, а также такие жильные минералы, как турмалин, альбит, серицит, хлорит. Из рудных минералов преобладает пирит. Средние стадии минералообразования преимущественно кварцево-сульфидные или кварцево-теллуридно-сульфидные. Преобладают сульфиды Fe (пирит), Cu и Zn, изредка устанавливается арсенопирит и пирротин. Количество теллуридов очень невелико. Как правило, это теллуриды Au, Au-Ag, Bi.

Только на месторождении Калгурли и нескольких других небольших объектах значительные объемы Au оказались связанными с Te. Выделяется золото, завершая средние стадии минерализации. Во вкрапленных рудах жильные минералы (главным образом кварц, реже альбит, анкерит) — ранние метасоматические образования, они, в свою очередь, по трещинкам и границам зерен и агрегатов замещаются более поздними сульфидами, оксидами, теллуридами.

7. Золото чаще свободное, выделяется в одной, реже — в двух парагенетических ассоциациях минералов. В жильном кварце золотишки имеют размер от десятков микрометров до 3 мм, во вкрапленных рудах, в сульфидах — первые микрометры — десятки микрометров. Минералами-носителями выступают кварц и пирит, реже анкерит и некоторые ранние сульфиды — халькопирит, пирротин. Au высокопробное — от 850 до 950, отношение Au к Ag всегда много больше единицы. Кристаллизуется золото преимущественно при температуре 200–300 °С.

8. Процесс рудообразования длительный. Начинается он при температурах 400–500 °С и завершается кристаллизацией кальциевых и мар-

ганецсодержащих карбонатов при температуре 80–120 °С и менее. Ореолы гидротермально-измененных пород преимущественно протяженные и мощные (на порядок и более сравнительно с рудными телами). Непосредственно вблизи руды — это агрегаты, сложенные новообразованными кварцем, анкеритом, серицитом, пиритом, изредка турмалином, на удалении — хлоритом, биотитом, альбитом. В магнезиальных породах околорудно-измененные зоны представлены магнезит-тальковыми образованиями. Вкрапленные залежи и зоны чаще сопровождаются пиритизированной, окварцованной и хлоритизированной породой.

9. Пластовые месторождения, предположительно возникавшие сингенетично с накоплением вмещающих пород, в большинстве случаев залегают в кровле вулканитов кислого состава, перекрывающихся песчаниками и глинисто-сланцевыми горизонтами, реже — в породах последовательно дифференцированной базальт-андезитовой формации, чередующихся с горизонтами карбонатных, карбонатно-терригенных пород и кварцитов. Увеличения мощности каких-либо из перечисленных подразделений рудовмещающих формаций в местах залегания руд не установлено, так же как и проявлений субвулканических тел.<sup>1</sup>

На примере зимбабвийских месторождений пояса Булавайо, Гванда и других устанавливается повсеместная локализация залежей вкрапленных руд, увеличение их мощности и интенсивности оруденения в шарнирах мелких складок, в том числе приразломных складок и складок волочения. Последние осложняют рудовмещающие слои, что, однако, не свидетельствует в пользу образования руд Au сингенетично с накоплением пород. Дело в том, что все рудные образования возникают стадийно, многие из рудных минералов — метасоматическим путем, замещающая не только минералы вулканитов, но и интродуцирующих их даек, силлов и мелких штоков субвулканических кварц-полевошпатовых порфиоров, фельзит-порфиоров, альбитофиоров и других пород. Отсутствие детальнейших наблюдений над составом гидротермалитов всяческого и лежащего бока также не позволяет определенно судить о генезисе некоторых пластовых золоторудных образований. Руды, как правило, метасоматические, вкрапленные. Залегают они в окварцованной и серицитизированной породе. Преобладающая форма рудных тел — пластовая, иногда линзообразная, уплощенная.

10. Структура крупных и крупнейших рудных объектов, принадлежащих к рассматриваемому типу, специфична.

Крупные и крупнейшие месторождения размещаются в участках рудных узлов и полей, отличающихся неоднородной рудовмещающей средой. При этом рудные объекты локализуются в мощных толщах слабо- или неполно дифференцированной базальт- (или диабаз)-андезитовой формации, в верхней части вулканогенного разреза. Неоднород-

---

<sup>1</sup> Как известно, руды Cu, Pb и Zn, сингенетичные с накоплением вулканитов или терригенных пород, локализуются в участках рудовмещающих горизонтов, мощность которых в 1,5–2 раза превышает мощность их неоруденелых частей; нередко они сопровождаются субвулканическими телами.

ность его создается терригенными грубообломочными породами, перекрывающимися вулканиты, или широким проявлением интрузивных и субвулканических мелких штоков и даек кислых, а изредка и щелочных пород — кварц-полевошпатовых и кварцевых порфиров, альбитофиров, диоритов, монзонитов, сиенитов. Штоки и дайки образуют цепочки, зоны, "рои", с которыми пространственно совпадают рудовмещающие разрывы и рудные тела. Крупнейшие и крупные рудные объекты проявляют тесную пространственную связь с локальными, реже — с региональными рудоконтролирующими разломами. При этом отдельные звенья этих нарушений, осложненные пучками разрывов, иногда используются рудными телами. На других месторождениях рудные тела в совокупности образуют широкую и протяженную рудную систему, отделяющуюся от рудоконтролирующих (чаще локальных) разломов.

Рудные объекты характеризуются крупными и крупнейшими запасами руд (многие десятки — 100 млн.т и более) с содержанием Au около 5–10 г/т. Месторождения отличаются от рядовых сосредоточением таких крупных запасов руд в пределах сравнительно ограниченной полосы. В пределах ее оруденение приурочено к протяженным разрывным нарушениям двух типов: а) к широким системам многочисленных рудовмещающих зон расщепления и дробления, которые кулисообразно (а иногда эшелонированно) сменяют друг друга по простиранию и на глубину; б) к мощным рудоносным разломам. Разрывы обоих типов нередко унаследуют контакты субвулканических и интрузивных штоков и даек и, видимо, отличаются древним заложением и многократным обновлением. Менее четко обнаруживается приуроченность крупных скоплений руд к узким сводам и киям складок или сводам осложняющих и более мелких приразломных складок, складок волочения, флексур и т.д.

Системы рудовмещающих разрывов и рудоносные разломы обуславливают развитие систем рудных тел и рудных зон, прослеживающихся на километры по простиранию и в глубину (на Поркьюпайне — на глубину до 2,5 км, а на Коларе — возможно до 3,5 км от современной поверхности). Способствует этому древнее заложение рудовмещающих нарушений, что обуславливает подчиненность, а чаще отсутствие дорудных разрывов поперечного направления (т.е. потенциальных ограничителей оруденения). В результате в широких системах рудных тел и более узких рудных зонах оруденение носит непрерывно-прерывистый характер — оно непрерывно в системе-зоне, представленной чередующимися, сменяющимися друг друга, выклинивающимися и вновь появляющимися рудными телами значительных параметров. Последние преимущественно сложены прожилково-вкрапленными, реже вкрапленными или прожилковыми рудами. Руды почти всегда используют резкие перегибы (псевдоскладки волочения) рудовмещающих зон расщепления, что приводит к повторяющимся волнообразным перегибам рудных тел, чередованию режимов и мощных раздувов, отсутствию четких геологических границ.

Специфична зональность размещения оруденения по латерали и на

глубину. В центральных звеньях рудных систем и зон размещаются максимально крупные, мощные для данного рудного объекта и наиболее глубоко проникающие рудные тела. Наряду с этим для оруденения характерно постоянство состава руд; находящихся даже на крайних флангах рудных систем и зон, и постоянство соотношений слагающих их минеральных ассоциаций. Средние содержания золота во фланговых рудных телах не более чем в 1,5–2 раза меньше, чем в телах центральных звеньев рудной системы и зоны. В целом для крупных месторождений средние содержания благородного металла в рудах, как правило, меньше по сравнению с рядовыми месторождениями, а распределение более равномерное.

#### ГЛАВА V

### ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СКЛАДКАХ ВУЛКАНОГЕННО-СЛАНЦЕВЫХ И ПЕСЧАНИКО-СЛАНЦЕВЫХ ПОРОД

Рассматриваемые месторождения размещаются в складчатых системах различного возраста:  $AR_2$  — в зеленосланцевом поясе Абитибби, Канада (месторождение Пеймор),  $PR_1$  — в Бирримской системе (Ашанти, Престеа и др. в Гане), в Ахаггарской, Алжир, и поясе Адола, Эфиопия (Лега-Демби), в системах Пайн-Крик, Варамунга и Великой Песчаной Пустыни, Северная Австралия (Теннант-Крик, Пайн-Крик, Телфер и др.),  $PR_2$  — в поясах Блэк Хиллс, США (крупнейшее месторождение Хомстейк) и Аделаида, Южная Австралия, в каледонидах и герцинидах — в Аппалачской и Австралийско-Тасманийской системах (Гимпи, Кобар, Хилгров, Дейлсфорд и др.),  $MZ$  — в Кордильерах Аляски, Канады и США (Мазер Лод, Джуно, Чичагов, Френч Галч и др.), в Южно-Новозеландской системе (Рифтон), в альпидах — в Колумбийских Андах (Титириби и др.). Оруденение представлено линейно вытянутыми рудными поясами и узлами в миогеосинклинальных или граничащих с ними краевых частях эвгеосинклинальных зон. Приурочено оно к мощным слабо- и умеренно метаморфизованным толщам песчанико- и вулканогенно- (иногда карбонатно-песчанико)-сланцевых пород. Формируются толщи на коре континентального типа, в условиях умеренного погружения кристаллического фундамента.

Рудовмещающие толщи — главная составная часть разреза геосинклинального структурного яруса. Предрудный магматизм слабый — это редкие массивы и более поздние (постскладчатые) штоки калий-натриевых гранитов — кварцевых диоритов, дайки кислого и щелочного состава, редко габбродиоритов и габбродиабазов. Локализации руд способствует избирательное трещинообразование в мощных горизонтах песчанико-алевролитовых, глинисто-сланцевых и филлитовых сланцев, а также наличие углеродистого вещества, которое легко мигрирует еще в дозолотоносных растворах и накапливается в зонах дорудных разрывов. Восстановительные свойства вещества, избирательное метасоматичес-

кое замещение горизонтов глинистых и карбонатно-глинистых пород, наличие полупроницаемых региональных экранов способствуют возникновению крупных и крупнейших скоплений руд. Роль региональных экранов выполняют молассовые образования, перекрывающие толщи геосинклинального структурного яруса.

В подвергающихся орудению песчанико-сланцевых толщах, смятых в сжатые складки ( $H > B$ , где  $H$  — амплитуда складки, а  $B$  — половина ее ширины) с большой амплитудой (многие сотни метров — первые километры), установлены комбинированные месторождения с золото-кварцевыми секущими и седловидными жилами (например, Дейлсфорд). Согласно жилы этого своеобразного подтипа месторождений полностью идентичны седловидным телам таких пластовых объектов, как Бендиго, Стювел, Клунс, Каслмейн и др.<sup>1</sup> Это свидетельствует об эпигенетичности как тех, так и других месторождений.

Размещение рудных полей и месторождений почти полностью контролируется комбинацией складчатых и разрывных элементов структуры — изгибами сводов и килей, переходом линейных складок в брахиформные, складками, проявляющимися в погружениях антиклинорий и сочетанием их с регионально-рудоконтролирующими (часто продольными) разломами, их перегибами, узлами разветвления и сочленения последних с пучками локальных разрывов. В связи с контролем орудения складками и разрывами различного внутреннего строения далее будут рассмотрены объекты с секущими рудными телами жильного и прожилкового типов, простой и сложной формы и месторождения, представленные залежами вкрапленных руд. Среди рудных объектов рассматриваемого типа к настоящему времени установлено только три, обладающих крупнейшими суммарными запасами, — Хомстейк, Мазер-Лод (США), Ашанти (Гана). Довольно редки и крупные месторождения с суммарными запасами от 100 до 300 т — Престеа (Гана), Пеймор (Канада), Теннант-Крик, Гимпи и Телфер (Австралия), Лега-Демби (Эфиопия), Салсиль (Франция).

#### **МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ СЕКУЩИМИ ПЛИТООБРАЗНЫМИ ЖИЛАМИ**

*Рудное поле и месторождение Ашанти.* Это линейно вытянутое рудное поле. Приурочено к узкой тектонической зоне северо-восточного направления, вытянутой более чем на 10 км. Добыча на месторождении была начата в 1897 г. Согласно Ж.-Ж.Баше [12], к 1.1.1987 г. из недр его добыто около 480 т Au. Общие запасы оцениваются в 93 т золота со средним содержанием 15 г/т (Afric. Techn. Review, 1985, vol. 62). В основу описания легли материалы, опубликованные А.Катсоном, Н.Р.Джаннером, Д.Л.Фаррингтоном в 1930, 1932 и 1941 гг., а

<sup>1</sup>Последние приурочены к складкам малого вертикального размаха с амплитудой в 3—10 раз меньшей.

также новые данные F. Ntiamoah Agyakwa, вышедшие в 1979 г., и сведения, изложенные в 1984 г в статье Ghana—time for action.

Оруденение развито в толще графитизированных филлитов и углистых глинисто-серицитовых сланцев, содержащих подчиненные прослои песчаников и конгломератов. Кровля толщи представлена карбонатно-хлоритовыми и амфиболовыми сланцами, не подвергшимися оруденению. Из интрузивных образований на рудном поле установлены редкие дайкообразные штоки габбродиабазов, дайки альбитовых диабазов и альбитофиров дорудного возраста. Толща слагает верхнюю часть многокилометровой Верхнебирримской группы пород ( $PR_1$ ). Слоистые глинистые породы метаморфизованы слабо -- в них возникли новообразованные кварц, серицит, небольшое количество хлорита и железистого карбоната, хлоритоида. Породы интенсивно рассланцеваны. Преобладает сланцеватость слоистости, по ориентировке которой намечаются главные складки рудного поля. С юго-востока складчатые сооружения осложнены Тарквейским прогибом, заполненным в основном грубообломочными породами позднего  $PR_1$ . Северо-западная бортовая часть его осложнена продольными региональными взбросами, по которым верхнебирримские породы надвинуты на конгломераты Тарквы. Последние вблизи них подвернуты, опрокинуты и погружаются под крутым углом на СЗ (рис.57). В висячем боку региональных взбросов (т.е. к северо-западу от них) располагается рудовмещающая тектоническая зона Ашанти, то приближающаяся к ним на 300—500 м, то удаляющаяся на 1,5 км и более. Зона приурочена к пучку сжатых складок клиновидной формы северо-восточного простирания. Исходя из ориентировки сланцеватости, устанавливается, что оси складок располагаются на расстоянии 150—700 м одна от другой (см.рис.57). Таким образом, складки, видимо, малоамплитудны, своды их очень узки, а крылья погружены под углом около 70—75°.

Рудовмещающее нарушение представляет собой небольшое звено региональной зоны рассланцевания и трещиноватости, протягивающейся на 150—170 км. На месторождении Ашанти ее максимальная ширина достигает 800 м. Здесь она представлена полосой рассланцевания, сочетающейся с более узкими зонами брекчированных филлитов и сланцев с плоскостями скольжения и тектоническими швами (сопровождающимися обильным антраксолитом и другими минералами углерода). Швы и зоны брекчирования используют наиболее нарушенные осевые плоскости складок, в связи с чем вблизи их сводов они перегибаются, приспособляясь к направлению плоскостей. Плоскости, расположенные вправо (по ходу наблюдения) от рудоносных зон, а затем унаследуемые изгибающимися участками последних, также подвергаются оруденению. Таким образом, наиболее благоприятны для оруденения узлы, в которых перегибы клиновидных складок, их узкие своды осложняются несколькими соединяющимися между собой рудовмещающими зонами брекчирования и тектоническими швами.

Именно к такому узлу приурочено месторождение Ашанти. Роль главного нарушения играет зона дробления жилы Обуасы, круто падаю-

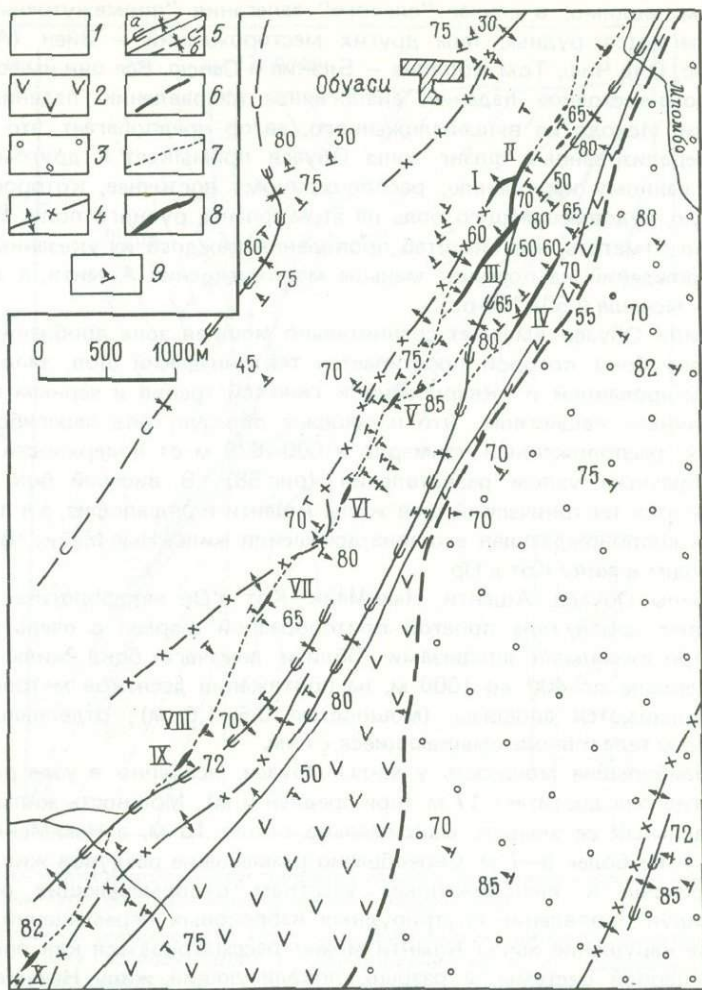


Рис. 57. Схема рудного поля Ашанти. По Н.Р.Джаннеру, дополнено материалами А.Катсона и Д.Л.Фаррингтона. Золоторудные тела: I — Инсинсим, II — Ашанти, III — Обуаси, IV — Кот д'Ор, V — Эйен, VI — Жюстис, VII — Олд Чиф, VIII — IX Том Коллинз-Блэкис, X — Сансю.

1 — углеродистые филлиты и глинисто-серпичитовые сланцы; 2 — карбонатно-хлоритовые и амфиболовые сланцы; 3 — конгломераты, кварциты и алевролиты Тарквы; 4 — оси антиклиналей; 5 — оси синклиналей: а — прослеженных, б — предполагаемых; 6 — зона регионального взброса; 7 — рудоносные зоны расщеливания; 8 — золоторудные тела; 9 — направление и угол падения сланцеватости

щая на СЗ. Зона дробления на небольшом участке в плане и на верхних и средних горизонтах в разрезе занимает положение осевой плоскости клиновидной складки. На юго-западном продолжении жилы Обуаси последовательно, на расстоянии 700–800 м друг от друга (иногда 1500–

1600 м, видимо, в случае "слепого" залегания "промежуточных" жил располагаются рудные тела других месторождений — Эйен (Ayeinm), Жюстис, Олд Чиф, Том Коллинз — Блэкс и Сансю. Все они имеют обратное, юго-восточное падение, аналогичное направлению падения жилы Ашанти. Исходя из вышеизложенного, автор предполагает, что южный, неминерализованный фланг зоны Обуаси примыкает к другому более выдержанному нарушению, расположенному восточнее, которое играет главную рудовмещающую роль на этом фланге рудного поля. Небезынтересно отметить, что масштаб проявления каждого из указанных выше месторождений на порядок меньше месторождения Ашанти, а запас золота — меньше в 50—150 раз.

Жилу Обуаси вмещает сравнительно мощная зона дробления, вдоль всячего бока которой простирается тектонический шов, заполненный пиритизированной и окварцованной глиной трения и черным графитизированным веществом. Это нарушение образует ряд перегибов. Один из них, расположенный примерно в 600—670 м от поверхности, служит своеобразным узлом разветвления (рис.58). В всячий бок разрыва отделяются тектонический шов жилы Ашанти и ряд апофиз, а в лежащий — шов и сопровождающая его зона дробления жилы Нью-Мейк. Выше она переходит в жилу Кот д'Ор.

Жилы Обуаси, Ашанти, Нью-Мейк—Кот д'Ор морфологически представляют собой тела простой плитообразной формы с очень редкими и непротяженными апофизами. Вблизи лежащего бока жилы Обуаси, в интервале от 400 до 1000 м, на протяжении десятков метров иногда прослеживаются апофизы (мощностью 0,5—1,5 м), отделяющиеся от главного тела и вновь смыкающиеся с ним.

Наибольшая мощность у жилы Обуаси, особенно в узле разветвления, где она достигает 17 м (при средней 5 м). Мощность жилы Ашанти в отдельных ее звеньях максимально около 10 м, а Нью-Мейк — Кот д'Ор — не более 5—7 м. Своеобразно размещение раздувов жил. Все они приурочены к выположенным участкам рудовмещающих разрывов, фиксируя проявление внутрирудных взбросовых перемещений. В этом случае нарушение жилы Ашанти может рассматриваться как оперяющий скол первой системы, а разрыв, локализирующий жилу Нью-Мейк, — в качестве нарушения, выполнявшего роль отрывной трещины. Последняя, видимо, служила соединительным звеном между двумя параллельными взбросами — жил Обуаси и Кот д'Ор. По ряду признаков (увеличению мощности на перегибах и, наоборот, глины трения в затирающихся участках, ориентировке редких оперяющих сколов) вдоль разрывов, наряду со взбросами, проявлялась и сдвиговая составляющая перемещений (вдоль разрывов Обуаси и Ашанти—правостороннее смещение, вдоль Кот д'Ор — левостороннее). Кроме того, непосредственно к главным жилам примыкают псевдоскладки волочения, образованные в филлитах изгибающимися трещинками рассланцевания. Оси складок, например, в всячем боку жилы Обуаси ориентированы в плане субмеридиально (с падением на восток под углом 45—60°).

Своеобразны взаимоотношения жилы Ашанти (и субпараллельных

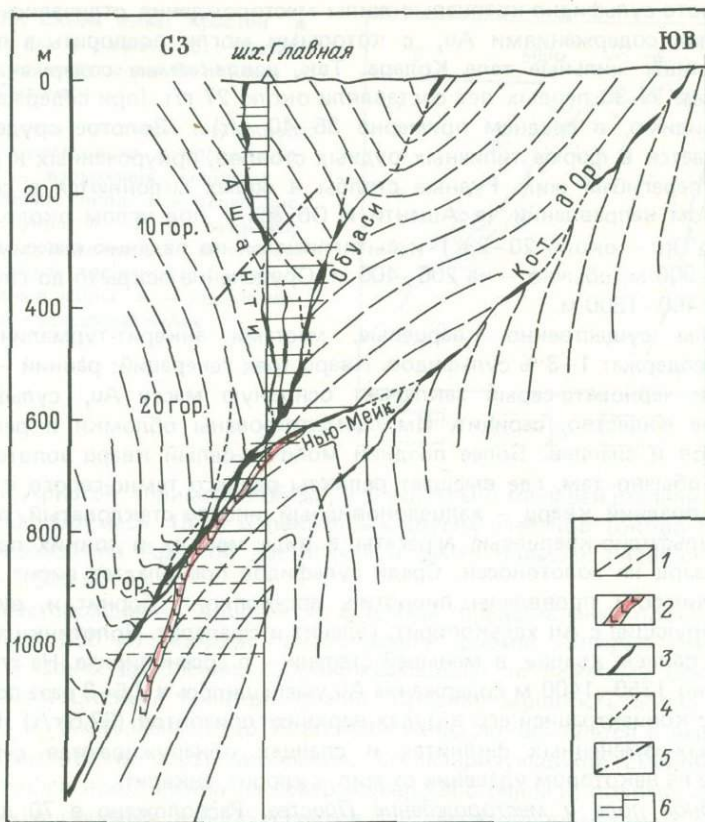


Рис.58. Разрез, иллюстрирующий соотношения главных жил месторождения Ашанти. По Н.Р.Джаннеру, дополнен материалами Д.П.Фаррингтона.

1 — ориентировка сланцеватости слоистости филлитов и глинисто-серицитовых сланцев; 2 — дайка габбродиабазов; 3 — золоторудные жилы; 4 — фланги оруденелых зон рассланцевания; 5 — прочие разрывы; 6 — шахта с системой квершлагов

апофиз) с жилой Обуаси и поведение первой в разрезе (см.рис.58). В узле разветвления Обуаси мощность отделяющейся жилы Ашанти ( и других апофиз) изменяется от 2 до 5 м. Ветви характеризуются близким к субмеридиональному простиранием (с падением на запад под углом около  $80-85^\circ$ ). Однако через 20–50 м после отделения от жилы Обуаси каждая из ответвляющихся жил изгибается, приобретает северо-восточное направление и юго-восточное падение (угол около  $75-80^\circ$ ), а мощность жильного вещества сходит почти на нет. В отдельных разрезах подобные слабо оруденелые швы прослеживаются вверх по восстанию до уровня 300–350 м от современной поверхности. Выше жила Ашанти устанавливается в виде изогнутого тела, постепенно изменяющего мощность от первых до 7 м.

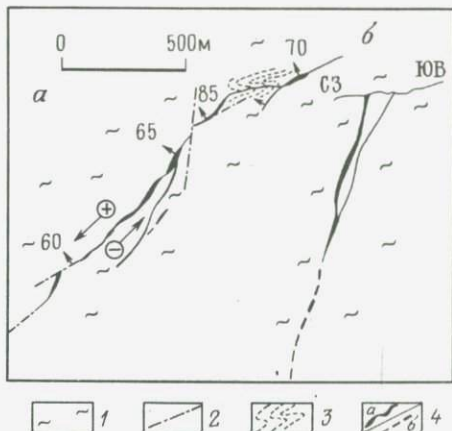
Золото-сульфидно-кварцевые жилы месторождения отличались очень высокими содержаниями Au, с которыми могли поспорить в первое время лишь жильные тела Колара. Так, извлекаемые содержания Au в среднем за 30 первых лет составляли около 27 г/т (при содержании в руде, видимо, в среднем примерно 35–40 г/т). Золотое оруденение размещается в форме типичных рудных столбов, приуроченных к раздвигам и перегибам жил. Рудные столбы в жилах склоняются в северо-восточном направлении (в Ашанти и Обуаси – под углом около 45°, в Кот д'Ор – около 20–25°) и вытягиваются по падению максимально на 800–900 м, обычно – на 200–400 м. Оруденение вскрыто до глубины около 1450–1500 м.

Жилы существенно кварцевые, местами анкерит-турмалин-кварцевые, содержат 1–3% сульфидов. Кварц трех генераций: ранний – дымчатый и черновато-серый заключает основную массу Au, сульфидов, углистое вещество, серицит. Им сцементированы обломки и реликты филлитов и сланцев. Более поздний молочно-белый кварц золотоносен редко, обычно там, где вмещает реликты раннего темно-серого кварца. Самый поздний кварц – халцедоновидный, иногда стекловатый, пересекает сульфидно-кварцевые агрегаты в виде мелких и тонких прожилков. Кварц не золотоносен. Среди сульфидов преобладает пирит, затем по значимости проявлены пирротин, арсенопирит, борнит и, видимо, ассоциирующие с Au халькопирит, галенит и сфалерит. Золотинки заключены в раннем кварце, в меньшей степени – в арсенопирите. На глубине примерно 1350–1400 м содержание Au уменьшилось в 2,5–3 раза по сравнению с концентрацией его в рудах верхних горизонтов (37,5 г/т). В околорудных-измененных филлитах и сланцах обнаруживаются серицит, пирит, а на некотором удалении от жил – хлорит, анкерит.

*Рудное поле и месторождение Престеа.* Расположено в 70 км на ЮЗ от Ашанти. Это аналогичное по типу рудное поле, включает главное (Аристон) и несколько мелких месторождений. Рудное поле протягивается узкой полосой на 48–50 км и также размещается в висячем боку региональных взбросов, отделяющих надвинутые по ним вулканогенно-терригенные породы группы Верхнего Биррима от более молодых кварцитов и конгломератов прогиба Тарквы. Оруденение приурочено к полосе рудоносных зон расслаивания и дробления северо-восточного простирания, круто падающих на СЗ (обычно под углом от 60 до 70°). Это тектоническое нарушение примерно в середине перегибается и разделяется на пучок разрывов, протягивающихся на юго-юго-запад. В юго-западном направлении прослеживается только один из них. К этому участку перегиба и разветвления приурочены главное месторождение поля Аристон, а также Брумасы, в то время как на северо-восточном фланге залегают средние (Марлю, Бисичем) и мелкие рудные объекты (Богосу, Одумасы, Дейнсу, Мпасем). К юго-западному флангу тектонической зоны приурочены рудоносные участки только небольшого масштаба (Анфарга, Бондаи, Туапим). Всего, по данным Ж.-Ж.Баше [12], из недр рудного поля, начиная с 1901 по 1.1.1987 г., добыто около 230 т благородного металла. При этом основная часть получена из месторож-

Рис.59. Схема жилы Аристон в плане (а) и разрезе (б). Составлено по материалам В.Г.Купера и Н.Р.Джаннера.

Стрелками показаны внутрирудные перемещения в плане, плюсом — вздымание, минусом — опускание пород. 1 — углеродистые филлиты; 2 — разрывы; 3 — псевдоскладки волочения кливажных трещинок; 4 — золоторудные жилы: а — прослеженные, б — предполагаемые



дения Аристон (примерно 65%), в значительно меньшей степени — Марлю (15%), Брумаси (5%) и некоторых других участков (около 15%). На месторождении Аристон достигнута и самая большая глубина разработок — 1500 м.

Месторождения Аристон и Брумаси представлены протяженными (1400 и 350 м) жилами плитообразной формы, которые локализовались в зонах дробления, сопровождающихся по лежачему боку тектоническим швом с глиной трения. Средняя мощность жилы Аристон 0,5–3 м (максимально до 10 м). Обе жилы локализируются в выположенных интервалах зоны дробления, характеризующихся сменой северо-восточного простирания на северо-северо-восточное, и, видимо, формировались в процессе взбросо-сдвигов (с левосторонним типом смещения в плане). По сравнению с месторождением Ашанти жилы Аристон и особенно Брумаси еще более выдержанны и характеризуются плавными перегибами и постелечными изменениями мощности. Примечательно отвлечение от их лежачего бока вверх по восстанию маломощных апофиз, использующих оперяющие сколы (рис.59).

Золото в плоскости жил распределено неравномерно и образует чередующиеся четкие рудные столбы, склоняющиеся в юго-западном направлении под углом от 35 до 55°. В жиле Аристон столбы прослеживаются по склонению максимально на 750–800 м (обычно на 250–400 м). Среднее содержание Au в богатых рудах до глубины 650 м — 17,5 г/т, в рядовых — от 4 до 12 г/т. Руды сульфидно-карбонатно-кварцевые. Кварц существенно преобладает в рудном веществе, где он представлен двумя генерациями серого и светлого матового цвета. Серый кварц брекчирован и цементируется светлым, содержащим основную часть сульфидов (около 5–7%) — пирита, халькопирита, пирротина, арсенопирита, а также реже встречающихся сфалерита, галенита и антимонита. В сростках с ранним кварцем проявлен анкерит. Поздний кальцит пересекает в виде прожилков сульфидно-кварцевые агрегаты или цементирует брекчию. Золото представлено зернами в сером кварце и микро-

просечками в арсенипирите, а также по границам кристаллов этого минерала и пирита. Пробность Au около 900, отношение Au : Ag в рудах — 11 : 1. Вдоль жил проявлены четкие зоны околорудных метасоматитов: в висячем боку — кварца, пирита, отчасти арсенипирита, сменяющиеся на удалении агрегатами серицита, кварца и карбоната, и в лежачем боку — зоны кварцево-анкеритовых метасоматитов. При этом наблюдаются частые параллельные линзочки-четки анкерита, использующие трещинки расщепления (или плоскости слоев).

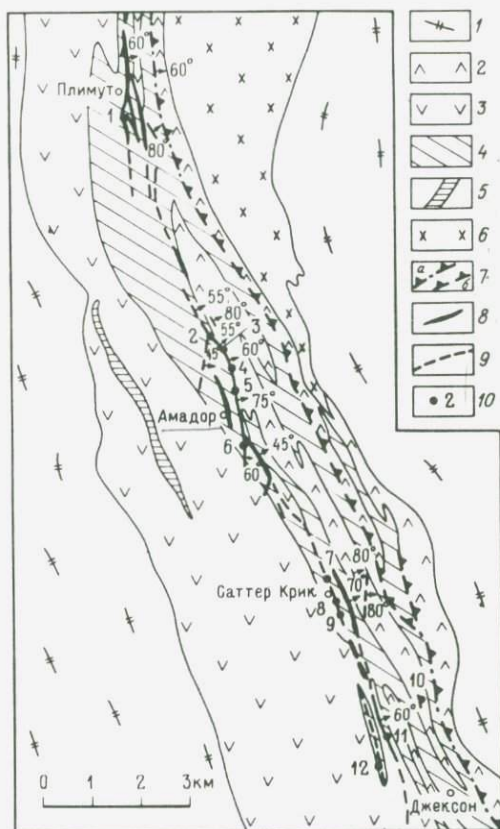
*Месторождения рудного узла Мазер-Лод.* Узел, или, как его называет С.Д.Шер [10], рудный пояс, объединяет три линейные зоны золотокварцевых тел. Зоны, находящиеся на расстоянии 8—20 км одна от другой, вытягиваются параллельно в северо-северо-западном направлении. Центральная зона наиболее протяженная и заключает большую часть запасов Au. Ближе к северо-западному флангу ее расположен участок длиной около 15 км (округ Амадор), где было извлечено, по подсчетам С.Д.Шера, 239 т Au (из всех зон — примерно 420 т). В последнее время к югу от Амадора, в округах Калаверас и Туломен, начал эксплуатироваться участок Сонора. Запасы его составляли на 1.1.1983 г. 104 т Au (Northern Miner, 1984, vol. 70, № 26). Таким образом, суммарные запасы Au (включая извлеченное) в двух северо-западных округах зоны превышают 360—370 т. Приведенная ниже геология округа Амадор рассматривается по материалам, опубликованным А.Нопфом в 1929 г. и дополненным В.Л.Вайтхедом в 1942 г. Учтены также сведения обобщающих работ [10, 12, 18], Р.М.Смита [42] и публикации автора в 1979 г.

Оруденение округа Амадор развито в лежачем боку разлома Чикаго. Здесь проявлена неширокая полоса (2,5—5 км) черных углистых сланцев, подстилающихся хлоритовыми сланцами формации Марипоза ( $J_3$ ). Они слагают крыло антиклинальной складки и круто, под углом 65—80°, падают на СВ. В осевой части ее обнажаются черные углистые филлиты и амфиболовые сланцы формации Калаверас (С—Р). Кроме того, они распространены в висячем боку разлома Чикаго и, видимо, надвинуты по этому взбросу на углистые и хлоритовые сланцы (рис.60). Местами разлом пересекает контакт формации  $J_3$  и С—Р. Разлом Чикаго только в отдельных участках вмещает слабо золотоносные кварцевые жилы (например, на руднике Плимут). Зона главных золото-кварцевых жил размещается западнее, на расстоянии 0,5—1,2 км от разлома. Жилы приурочены к другому субпараллельному разрывному нарушению, состоящему из отдельных звеньев, смыкающихся друг с другом изогнутыми и обычно неоруденелыми флангами.

В округе Амадор полоса углистых и хлоритовых сланцев, а также рудоносные нарушения (которые видимо, представляют собой залеченный минеральным веществом рассредоточенный, полностью неоформившийся разлом) изменяют первоначальное северное простирание на юго-восточное. Звенья его левозшелонированные. Все они круто, а иногда под углом около 45° падают в восточном направлении. Некоторые из них изгибаются и сопровождаются протяженными оперяющимися сколами, вытягивающимися субмеридионально. Другие веерообразно расщеп-

Рис.60. Структурно-геологическая схема округа (рудного поля) Амадор. По А.Нопфу и В.Б.Кларку.

1—2 — формация Калаверас (С—Р): 1— черные филлиты, подчиненные кварциты, известняки и кремнистые сланцы; 2 — амфиболовые сланцы; 3—4 — формация Марипоза ( $J_3$ ): 3 — хлоритовые сланцы; 4 — углисто-глинистые сланцы; 5 — диабазовые порфириды, ( $J_3$ ); 6 — метадиориты,  $K_2$ ; 7 — рудоуправляющий разлом: а — прослеженные участки, б — предполагаемые; 8 — золото-кварцевые жилы; прослеженные на поверхности; 9 — то же, "слепые" 10 — рудники, их номера и названия: 1 — Плимут, 2 — Фримонт, 3 — Трежер, 4 — Банкер-Хилл, 5 — Ориджинел Амадор, 6 — Кейстон, 7 — Юрика, 8 — Сентрал Юрика, 9 — Саут Юрика, 10 — Онида, 11 — Кеннеди, 12 — Аргонавт



ляются. Оперяющие сколы отделяются преимущественно от лежащего бока главных разрывов. Они имеют более крутое падение и нередко проникают вместе с приуроченными к ним жилами-апофизами на большую глубину, чем основные рудные тела (рис.61). Иногда в лежащем боку главных рудных тел устанавливаются параллельные маломощные тела.

Средние части и перегибы звеньев, их ветви и оперяющие сколы вмещают золоторудные тела трех типов: 1) преобладают жилы плитообразной формы, им подчинены: 2) линейные штокверки в углстых сланцах; 3) зоны золотоносных сульфидов в анкеритизированных углстых и зеленых сланцах. Жилы, как правило, сопровождаются по всякому боку тонким слоем пиритизированной глиники трения. Это в основном тела, косо пересекающие слоистость, что наиболее отчетливо наблюдается в разрезах (см.рис.61). В случае пересечения контактов черных и хлоритовых сланцев (например, на рудниках Плимут, Сентрал Юрика, Кеннеди, Кейстон, Ориджинел Амадор и др.) фиксируются сдвиго-взбросовые перемещения (с левосторонним типом движения в плане). Аналогичные смещения, видимо, протекали синхронно с рудообразованием,

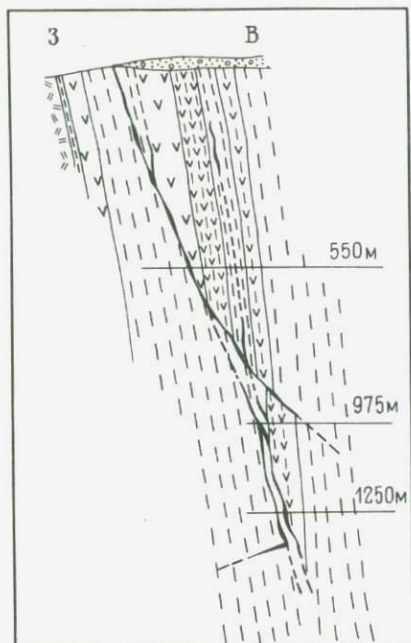


Рис.61. Разрез через месторождение Централ Юрика. По А.Нопфу.

1 — андитовые базальты; 2 — хлоритовые сланцы; 3 — переслаивание хлоритовых и углисто-глинистых сланцев; 4 — углисто-глинистые сланцы; 5 — наносы; 6 — золото-кварцевые жилы; 7 — фланги жил с бедными рудами

в связи с чем раздувы жил преимущественно приурочены к выположенным интервалам рудовмещающих нарушений. На некоторых месторождениях они достигают 15 м, но обычная мощность жил — первые метры. Анализ размещения оруденелых оперяющих сколов в лежащем боку главных нарушений свидетельствует об их закономерном появлении. Оказывается, оперяющие сколы и жилы-апофизы отделяются под более крутым углом от лежащего бока главных разрывов и жил на участках их "нижнего"

выклинивания. Очевидно, оперяющие трещины и апофизы в совокупности образуют нижний пучок разветвления главных разрывов на участках их выклинивания по падению (см.рис. 61). Он аналогичен верхнему пучку оперяющих разрывов и рудных тел, расположенному на затухании главного разрыва вверх по восстанию<sup>1</sup>. Последний отличается от нижнего пучка появлением жильных тел-апофиз висячем боку главного разрыва.

На примере рудника Плимут А.Нопф показал переход золото-кварцевых жил в линейные штокверки. При этом содержание Au в последних снизилось в 50 раз. Обычно разрабатывались участки штокверков с содержанием Au несколько выше 3—4 г/т. Штокверки приурочены к полосе сближенных и соединяющихся между собой плоскостей скольжения. Такие участки, по-видимому отражают разрывы, возникшие при малоамплитудных перемещениях. Зоны золотоносной сульфидной вкрапленности в черных углистых и зеленых хлоритовых сланцах являются околорудными метасоматитами. Они содержат 3—4 % вкрапленности пирита

<sup>1</sup> Очевидно, многие рудоносные разрывы и жильные рудные тела при выклинивании в любом направлении (вверх, вниз, на флангах) переходят в пучки трещин и апофиз.

и арсенопирита, с которыми и связана их золотоносность. Это приводит к существенному увеличению мощности рудных тел. Метасоматит представлен агрегатом тонкозернистого анкерита, серицита, альбита и кварца (в углистых сланцах над последним преобладает анкерит, кроме того, появляется брейнерит и тонкие прожилки кварца). Такие метасоматиты сопровождают обычно плитообразные жилы; мощность их от 1 до 5 м. Значительно реже встречаются они в виде самостоятельных рудных тел. Среднее содержание Au в них около 12 г/т, а иногда повышается до 35 г/т.

В золоторудных жилах кроме кварца присутствуют анкерит, кальцит, изредка альбит. Руды малосульфидные. Масса рудных минералов не превышает 1–2 %. Главное значение принадлежит пириту, в меньшей степени арсенопириту. В еще меньших количествах развиты сфалерит, галенит, халькопирит и блеклые руды. В ассоциации с золотом встречается петцит. Золото довольно высокопробное – 790–840. Помимо кварца, оно заключено в пирите и арсенопирите в виде микропросечек. До глубины 1200–1300 м пробность Au не меняется. В рудных телах золото размещается неравномерно, образуя рудные столбы с крутым склонением (преимущественно в северном направлении). Они обрабатывались до глубины 1200 м (в отдельных рудниках почти до 1500 м непрерывно).

Другое месторождение рудного узла Мазер-Лод – Карсон-Хилл залегает в иной геологической обстановке. Расположено оно в 48 км на юго-юго-восток от рассмотренных месторождений. Ему посвящена статья Б.В.Кларка и П.А.Лайдона, опубликованная в 1962 г. К 1948 г. на месторождении было добыто более 30 т Au.

Участок месторождения протягивается с СЗ на ЮВ на 3 км и по линейной плотности оруденения <sup>1</sup> (около 10 т на 1 км) сходно с округом Амадор (около 20 т на 1 км). Однако, в отличие от других рудных объектов округа, месторождение локализуется в углистых филлитах формации Калаверас или на контакте с прорывающими их телами ультрабазитов (преобразованными в серпентиниты) и дайкообразными штоками габбро. Филлиты и перекрывающие хлоритовые сланцы Марипоза образуют серию малоамплитудных складок северо-западного простирания. К своду одной из складок приурочено два рудоносных разрыва. Они разновозрастны, приурочены к контактам тел ультрабазитов и базитов и резко коленообразно перегибаются, унаследова ранние трещины западно-северо-западного и северо-северо-западного направления (рис.62). Западное нарушение более выдержанно. А.Нопф полагал, что оно представляет собой продолжение основного канала разлома Мазер-Лод. Другое, Восточное нарушение, расположенное за пределами участка, показанного на рис. 62, смыкается с Западным разломом флангами. Для Восточного разлома характерны более резкие перегибы. Один из швов нарушения на протяжении 800–900 м следует в западно-северо-западном направле-

<sup>1</sup> Это понятие включает количество золота (извлеченного из недр и заключенного в них), которое приходится на единицу длины (в частности, на 1 км) линейной рудоносной зоны.

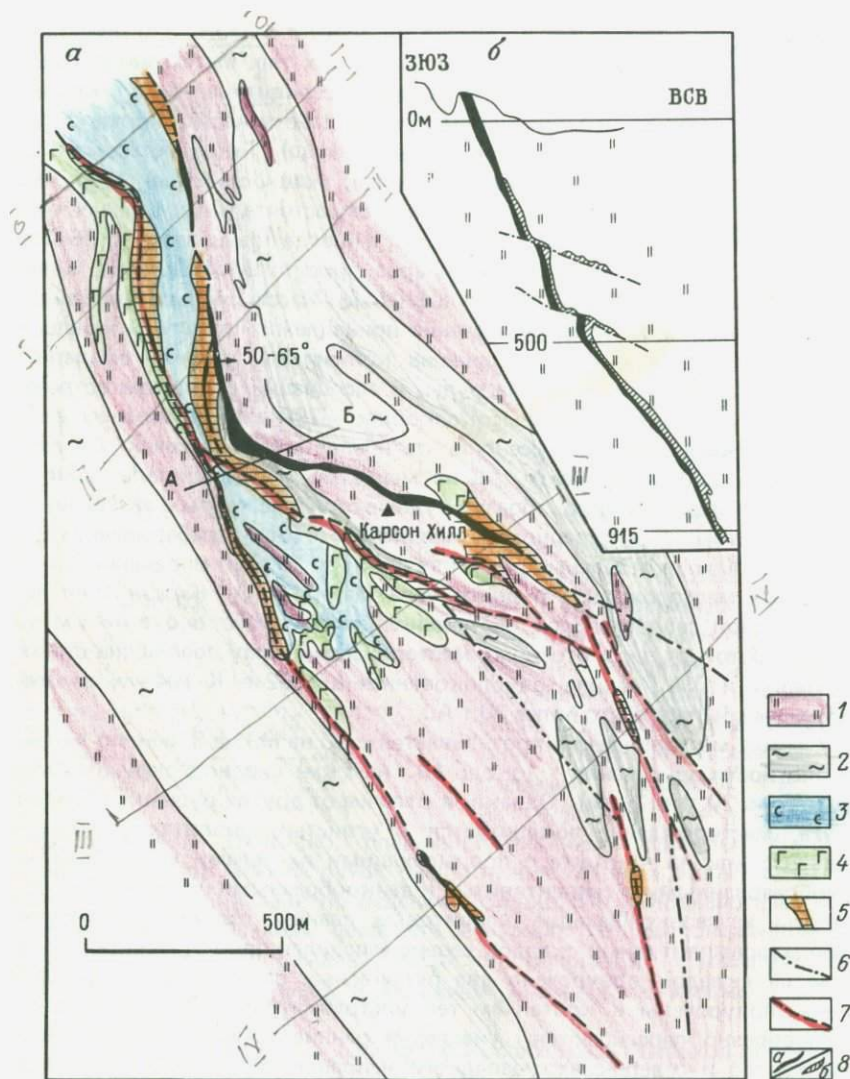


Рис.62. Геологическая схема (а) и разрез по линии А-Б (б) через месторождение Карсон-Хилл. По В.Б.Кларку и П.Л.Лайдону.

1 — углистые филлиты (С); 2 — хлоритовые сланцы (J); 3 — серпентиниты; 4 — габбро и диориты; 5 — анкерит-кварцевые метасоматиты (на удалении от жил — с тальком и серицитом); 6 — разрывы; 7 — золоторудные анкерит-кварцевые жилы, маломощные; 8 — они же, мощные — а и зоны вкрапленных руд — б

нии. От его лежачего бока отделяется серия ветвящихся рудоносных оперяющих сколов. Сколы, в отличие от первого, Западного разлома, проявлены главным образом в филлитах или на контакте их с хлоритовыми сланцами и только на северном фланге — на контакте с серпентинитами.

Наличие сравнительно хрупкой рудовмещающей среды (филлиты), проявление полостей вдоль благоприятно ориентированных интервалов Восточного нарушения (участки запад-северо-западного простирания приоткрывались в процессе левосторонних взбросо-сдвигов, как и в округе Амадор), а также расположение в висячем боку, видимо, основного рудоносного "канала" привели к образованию мощной (до 13 м в раздувах) жилы Бул. Главное промышленное значение жилы определили почти вертикально-погружающиеся рудные столбы. Некоторые из столбов непрерывно обрабатывались, начиная от поверхности до горизонта 1360 м. В горизонтальном срезе такие столбы прослеживаются на 30—100 м. Таким образом, на месторождении Карсон-Хилл подтвердилось, что кристаллизация золота может протекать в пределах одного тела, имеющего вертикальный размах до 1,5 км при перепаде температуры кристаллизации между самым верхним и нижним уровнями не менее чем на 70—100 °С.

В поперечном разрезе рудные столбы состоят как бы из двух составных частей. Наиболее богатые руды (13—18 г/т) — это массивный грубозернистый белый кварц жильного тела с агрегатами хлорита и вкрапленностью сульфидов (пирита, сфалерита, галенита, халькопирита, блеклых руд) и теллуридов (калаверита, гессита, петцита, сильванита, мелонита). К ним с висячего бока примыкают золотоносные анкерит-кварцевые и серицит-анкерит-кварцевые метасоматиты с вкрапленностью пирита. Они развились по филлитам висячего бока (см.рис.62). Мощность их от 1 до 10 м, содержание Au — 2,5—3 г/т. Интересно также соотношение жилы Бул с поперечными дорудными разрывами северо-восточного простирания. Жила взбрасывается по ним на амплитуду 20—50 м и вместе с тем вдоль них распространяются (до 100 м) золотоносные кварцевые метасоматиты. Очевидно, перемещениями были затронуты еще неминерализованные трещины рудовмещающей системы, а последующее оруденение протекало как по ним, так и по сместителям.

*Месторождение Дейлсфорд* является примером рудного объекта, занимающего промежуточное положение между типично секущими и согласными (седловидными) жилами. Месторождение расположено в Австралии, штат Виктория, в 70 км на юг от крупнейшего рудного поля Бендиго, знаменитого развитием типичных седловидных жил в аналогичных песчанико-сланцевых толщах ордовика. Из руд месторождения Дейлсфорд было извлечено 15,5 т Au. При изучении его использованы материалы, опубликованные в 1953 г. В.Барагванатом. На одном из участков месторождения развито несколько ярусов маломощных седловидных жил, заключенных в сводах узких антиклинальных складок. Мощность аркообразных жил в шарнирах достигла 1,5 м, вниз по западному и восточному крыльям оруденение проникало на 6—20 м. Вдоль шарнира антиклинали каждая аркообразная залежь прослеживалась не более чем на 40 м. Содержание Au было высокое — до 45 г/т, но быстро падало по мере снижения мощности рудных седел. Большая часть седловидных залежей в антиклиналях Дейлсфорда имеет мощность 0,15—0,5 м.

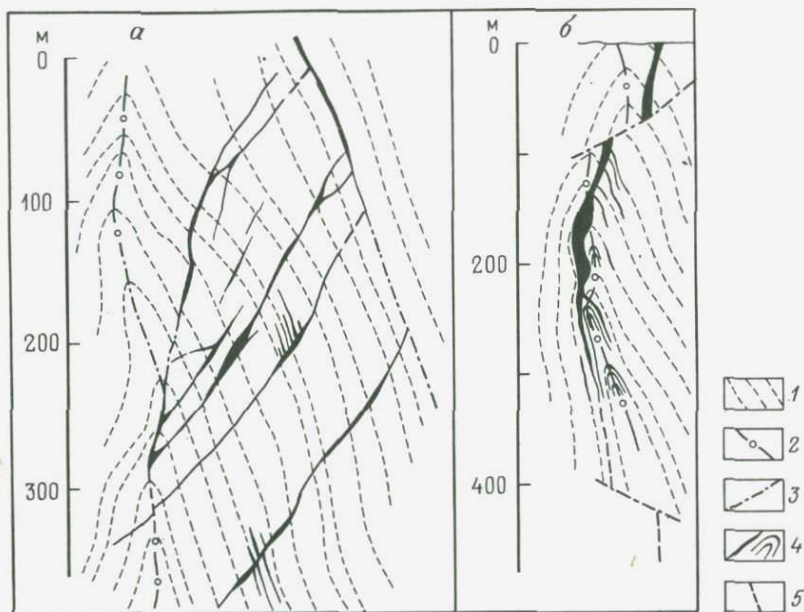


Рис.63. Разрез месторождения Дейлсфорд (а), по В.Барагванату, и Мэлдон (б), по А.А.Мэсону и Б.П.Веббу.

1 — песчанико-глинисто-сланцевые породы О и их слоистость; 2 — оси антиклиналей; 3 — разрывы; 4 — золоторудные жилы и прожилки; 5 — фланги жил

Основная часть добытого на месторождении Au заключена в серии маломощных секущих жил. Они развиты в восточном крыле сравнительно широкой (около 500 м) клиновидной антиклинали, крылья которой погружаются под углом  $60-70^\circ$ . Жилы вытягиваются в плане вдоль простирания оси складки и падают на запад под углом  $50-70^\circ$ . Некоторые из них начинаются от осевой плоскости клиновидной антиклинали, которая может быть проведена по резкому перегибу слоев и представляет собой трещинное нарушение. На небольшом интервале (на глубине 280–300 м) она вмещает маломощную золотокварцевую жилу Каунтер (рис.63). Скорее всего, осевое трещинное нарушение служило каналом, по которому поднимались золотоносные растворы. Вверх по восстанию секущие жилы сливаются с послойными пластовыми телами, выполняющими роль экранов. Пластовые жилы прослеживаются по падению не более чем на 120–150 м. Состав руд Дейлсфорда и Бендиго идентичен. Жильным выполнением в седловидных и секущих жилах является массивный молочно-белый, иногда стекловатый кварц. Рудных минералов содержится не более 2%, главный — крупнозернистый пирит, подчиненный — арсенопирит. Очень редки галенит, сфалерит, антимонит, бурнонит. В отдельных местах жил наблюдается ранний молибденит. Золото высокопробное (до 900), заключено в кварце, крупное (до 2–3 мм и более).

*Месторождение Салсинь.* Расположено во Франции, на юге Центрально-Французского срединного массива. Это объект, в котором рудные жилы совмещаются со штокообразными залежами метасоматических руд. Месторождение известно с XIV в., однако промышленная эксплуатация первичных руд началась только с 1907 г. К концу 1986 г. из руд извлечено около 80 т Au, запасы его на конец 1982 г. составляли 22,5 т, среднее содержание 9 г/т [12,19]. При составлении очерка использованы статьи Д.Г.Рейнольдса и Ф.Толлона, опубликованные в 1965, 1969 и 1971 гг.

Размещается месторождение в образованиях геосинклиналию структурного яруса складчатой системы PZ<sub>3</sub>. Главные рудовмещающие породы — терригенно-карбонатная формация (Є) — филлиты, сланцы и песчаники, которые подстилаются доломитами, переслаивающимися с песчаниками и известняками и, наконец, самыми древними в разрезе известковистыми сланцами. Мощность ее более 450 м. На севере рассматриваемой площади (рис.64) эти породы, видимо, надвинуты на более молодые сланцы "X" (предположительно O). На юге они перекрыты конгломератами (P). Главной структурой служит продольный (по отношению к складчатости) крутопадающий разлом "Фай 420". Он как бы разделяет рудоносную площадь на два тектонических блока, различных по строению. Первый из них, северо-западный, представляет собой часть крыла складки, надвинутой на сланцы "X". Сложено оно переслаиванием наиболее древних песчаников, доломитов и известняков. Эта часть крыла складки подверглась сравнительно слабому оруденению. Локализовано оно в серии трещин меридионального и северо-западного простиранья, проникающих в сланцы "X" и быстро выклинивающихся.

В юго-восточном блоке рудовмещающие породы смяты в серию сильно опрокинутых на СЗ, почти лежащих складок. Шарниры их погружаются в северо-восточном направлении. При этом в наиболее ярко проявленных синклиналиях они представлены филлитами и сланцами, а также песчаниками, переслаивающимися с доломитами и известняками. Эти породы рассечены в поперечном направлении несколькими пучками сближенных разрывов, падающих на восток под углом 50–60°. Разрывы в каждом пучке размещаются эшелонированно — почти каждый западный разрыв в разрезе прослеживается выше относительно нарушения, расположенного восточнее.

В 500–700 м южнее разлома "Фай 420" почти параллельно ему прослеживается разлом Барран. Именно между этими нарушениями (структурной связкой, "парой" разломов, объединенных одинаковой ориентировкой и типом внутрирудных движений) развиты указанные пучки меридиональных разрывов, сосредоточившие в зонах основную часть запасов руд и золота. Это пучки (с востока на запад) Рамель, жила № 6 и Фонтэн де-Санте, погружающиеся на восток. Вдоль каждого из них ступенчато сброшены (в разрезе) контакты различных слоев и горизонтов. При этом разрывы, прослеживающиеся в горизонте переслаивающихся доломитов, известняков и песчаников, сопровождаются лентообразными залежами сульфидно-вкрапленных метасоматических руд. Длинной

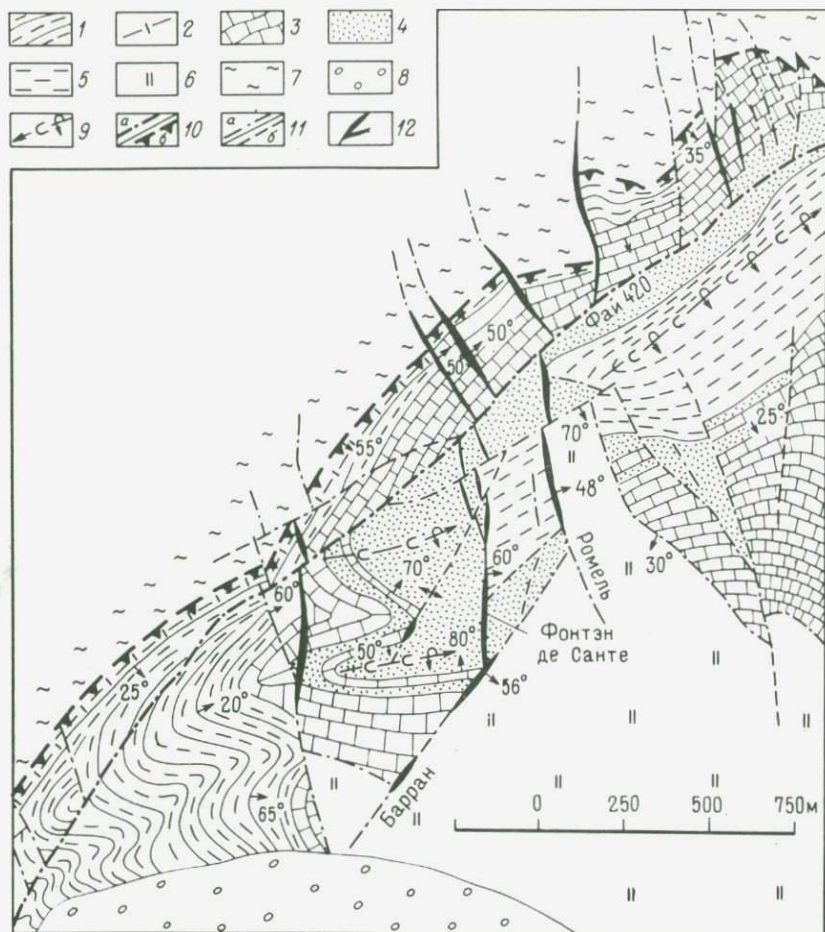


Рис. 64. Геолого-структурная схема месторождения Салсинь. По Ж.Крузе, М.Реконгу и Ф.Толлону.

1 — кристаллические сланцы (С); 2 — рассланцеванные филлиты (O); 3 — известковистые сланцы (O); 4 — переслаивание филлитов и известковистых сланцев (D); 5 — переслаивание известняков и доломитов (D); 6 — песчаники (D); 7 — филлиты и хлоритовые сланцы; 8 — конгломераты (P); 9 — оси опрокинутых синклиналей; разломы: 10 — региональные; 11 — локальные: а — прослеженные, б — предполагаемые; 12 — золоторудные тела

стороной они вытягиваются вдоль линии пересечения разрыва с горизонтом. Проникая в песчаники и филлиты (вверх), а также в известковистые сланцы (вниз по разрезу), залежи переходят в жилы сульфидно-кварцевого состава. Жилы имеют мощность 1–2 м. Залежи распространяются в карбонатной породе в висячий и лежащий бока от трещин-каналов. Это не сплошные лентообразные тела. Заканчиваясь в одном слое карбонатных пород, разделенном песчаником, они вновь начинаются

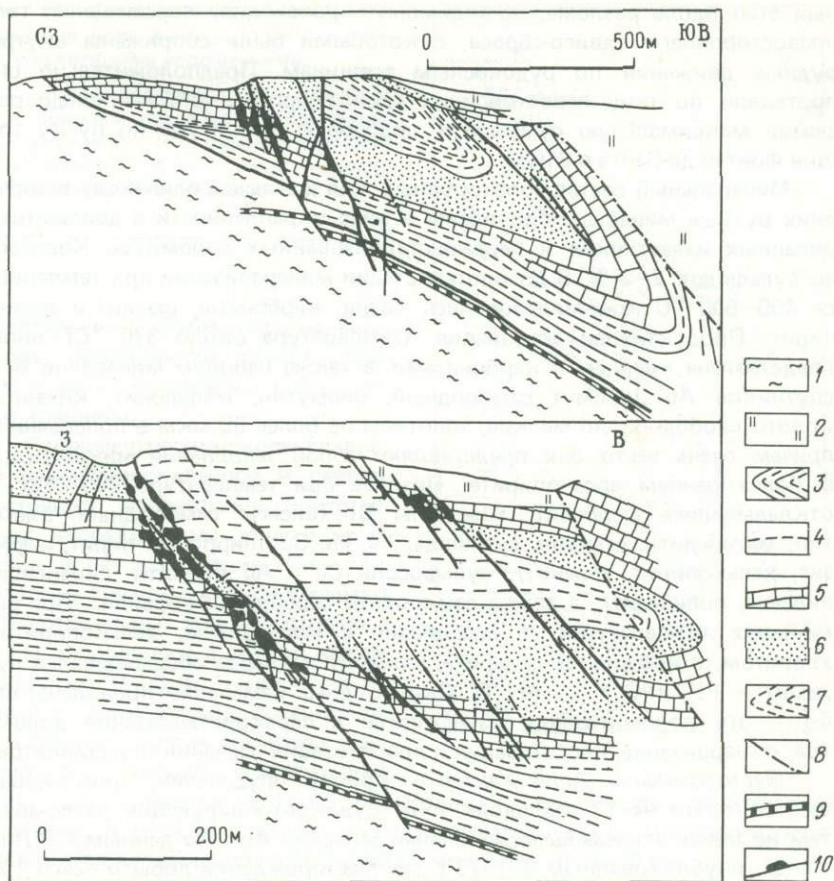


Рис.65. Разрезы через месторождения Салсинь. По Ж.Крузе, М.Рекоингу, Ф.Толлону.

1 — кристаллические сланцы; 2 — рассланцованные филлиты; 3 — известковистые сланцы; 4 — прослой глинисто-сланцев; 5 — переслаивание известняков и доломитов; 6 — песчаники; 7 — филлиты и хлоритовые сланцы; 8 — разрывы; 9 — пластовые золотосодержащие сульфидные тела; 10 — жилы и залежи вкрапленных сульфидных руд.

в другом, в ниже- или вышележащем слое известняка (рис. 65). Мощность залежей достигает 20 м. Кроме рассмотренных рудных жил и залежей, глубокими скважинами выявлено пластовое тело бедных золотопирит-арсенопиритовых руд метасоматического генезиса. Локализовано оно в трещинах надвига. Рудовмещающие разрывы сопряжены с разломом "Фай 420", от которого они отделяются и прослеживаются в северо-западный и юго-восточный тектонические блоки (в последнем — до поверхности разлома Барран). Разлом "Фай 420", видимо, может рассматриваться в ранге рудоконтролирующего нарушения. Во внутрируд-

ный этап вдоль разлома, по-видимому, происходили перемещения типа правостороннего сдвига-сброса, с которыми были сопряжены внутрирудные движения по рудоносным трещинам. Предположительно они протекали по типу левосторонних сдвига-сбросов. Д.Ж.Рейнольдс рассчитал максимальную суммарную сбросовую амплитуду по пучку трещин Фонтэн-де-Сантэ в 210 м.

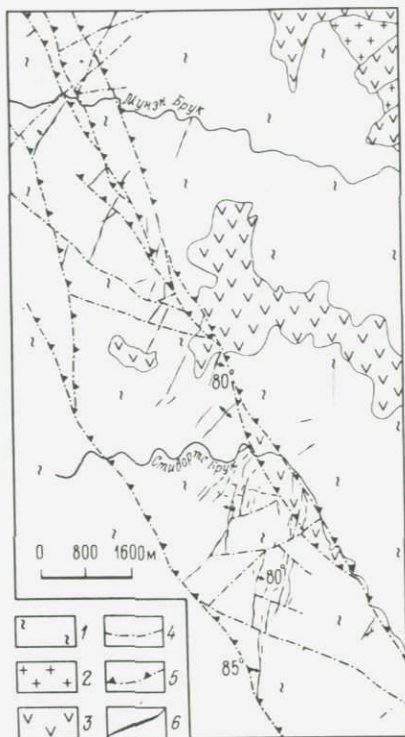
Минеральный состав золоторудных жил и залежей одинаков; в последних рудные минералы проявлены в виде вкрапленности в доломитизированных известняках и перекристаллизованных доломитах. Количество сульфидов 2–3 %. В дозолотые стадии минерализации при температуре 400–500 °С кристаллизовались кварц, карбонаты, шеелит и арсенопирит. Продуктивная ассоциация (температура около 370 °С) вновь представлена кварцем и карбонатами, а также набором минералов  $V_i$  — спутников Au (висмут самородный, висмутин, мальдонит, козалит). Золото свободное, но мелкое, золотины не более 50 мкм в поперечнике, причем очень часто они представляют собой заполнения микротрещин в более раннем арсенопирите. Позднее при температуре 200–300 °С откладывались ферберит, минералы  $V_i$  (висмут самородный, висмутин, матильдит), станнин, сульфиды Fe, Pb, Cu (пирротин, пирит, марказит, халькопирит, галенит), сульфосоли Cu и Ag (прустит, пираргирит, пирсеит, полибазит), а также самородное серебро и кобеллит. При еще меньших температурах, в ассоциации с марказитом, халькопиритом, хлоритом, в прожилках сидерита, кальцита и кварца образовывался лудламит —  $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 4H_2O$ . Околорудные изменения проявлены слабо — это доломитизация известняков и перекристаллизация доломитов, окварцевание, биотитизация и хлоритизация песчаников и филлитов.

*Месторождение Аппе Хантер* — пример оруденения, прослеживающегося почти на 13 км вдоль зоны рудоконтролирующих разломов и тем не менее отличающегося малыми запасами Au. По данным С.Р.Лишманда, опубликованным в 1973 г., на месторождении добыто всего 1,2 т Au. Оставшиеся запасы его, видимо, также небольшие. Месторождение расположено в штате Новый Южный Уэльс, Австралия.

С.Р.Лишманд указывает, что оруденение локализовано в монотонной толще глинистых сланцев (C–D), содержащих редкие линзы песчаников, а иногда и мелкогалечных конгломератов. Толща характеризуется многокилометровой мощностью. Породы круто падают на восток. В нескольких километрах к СВ от месторождения они прорваны массивом гранитов (P). Все эти образования, а также золоторудные жилы перекрыты местами сохранившимися покровами базальтов (P). Рудоконтролирующие разломы протягиваются в север-северо-западном направлении. Видимо, от лежачего бока одного из них отделяются оперяющие сколы, размещающиеся сравнительно равномерно на протяжении более 12 км (рис.66). В южной части месторождения они имеют субмеридиональное простираение. В средней и северной частях они вытягиваются на ЮЗ, при этом отделяются не от главных швов рудоконтролирующих разломов, а от оперяющих их разрывов северо-западного и западно-северо-западного

Рис. 66. Геологическая схема месторождения Аппе Хантер. По С.Р.Лишман-ду, с некоторыми упрощениями.

1 — глинистые сланцы; 2 — граниты; 3 — покровы послерудных базальтов; 4 — разрывы; 5 — рудоконтролирующие разломы; 6 — золото-кальцит-кварцевые жилы и прожилки



простираются. Субмеридиональные сколы проявляются пучком, причем с ними сопряжены субширотные трещины.

Рудовмещающие сколы главного субмеридионального и северо-восточного направления представлены маломощными зонами дробления и рассланцевания. Они удивительно прямолинейны и вмещают субвертикальные золото-кварцевые жилы и прожилки с редкой вкрапленностью (видимо, около 1–3%) более поздних пирита, арсенопирита, галенита, редких аргентита и антимонита. Наиболее протяженные жилы вытягиваются на 1–1,5 км. Мощность их — первые десятки сантиметров. В редких раздувах она возрастает до 1,5 м. Прожилки прослеживаются непрерывно на 300–500 м, мощность их 5–15 см.

Золото преимущественно локализуется в центральных частях жил и прожилков, при этом распределяется в них крайне неравномерно. Например, из одной выборки массой 32 кг было извлечено 6 кг Au. Обычны также гнезда со средним содержанием Au от 45 до 75 г/т. Как правило, разрабатывались небольшие участки маломощных жил с содержанием Au около 20 г/т. Основная добыча велась из наиболее протяженных жил. В частности, из жилы Ройэл Стандарт (длиной 1200 м и мощностью от 0,25 до 1 м) получено более 0,5 т, из жилы Фаллерс (протяженность 1300 м) — 150 кг, а из других — от 1–2 до нескольких десятков килограммов Au.

Рассмотренные особенности месторождения позволяют высказать некоторые соображения относительно малого масштаба оруденения. Из приведенных параметров следует, что при развитии оруденения на протяжении 13 км и глубине распространения его на 200–300 м рудный объект должен был бы заключать не менее 3–3,5 млн. т руды и около 15–20 т Au даже при коэффициенте рудоносности 0,25. Однако запасы его далеки от этого. По представлению автора, малый масштаб

оруденения можно объяснить рядом неблагоприятных причин. К ним могут быть отнесены: 1) монотонность, "простота" разреза рудовмещающей толщи и в целом структуры рудоносного участка. Это привело к возникновению удивительно прямолинейных разрывов рудовмещающей системы, потенциально не обладавших перегибающимися участками, которые могли бы приоткрываться в период поступления рудоносных растворов; 2) эта же простота структуры обусловила рассредоточенность рудовмещающих трещин и оруденения; соответственно минеральное вещество обособилось не в протяженных системах сменяющих друг друга разрывов, не в пучках их, а в разобщенных нарушениях; 3) малые амплитуды внутрирудных перемещений и малое приоткрытие рудоносных разрывов, что способствовало формированию маломощных жил, несмотря на их нередко значительную протяженность (более 1 км); 4) "слабость" внутрирудных движений обусловила также подновление кальцит-кварцевых жил лишь в их локальных отдельных отрезках; это вызвало крайне неравномерное распределение позднего золота и обособление его в маломасштабных гнездах и прожилках. Очевидно, могут быть приведены и другие причины.

#### **МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ СОЧЕТАНИЕМ ЖИЛ, ПРОЖИЛКОВ И ЗОН ШТОКВЕРКОВОГО И ПРОЖИЛКОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ**

Указанная группа сравнительно немногочисленна. Она включает три значительных рудных объекта — Лега Демби. Пеймор и Аляска-Джунго, из которых в настоящее время только Пеймор характеризуется суммарными запасами Au в количестве более 100 т. Следует отметить, что при пространственном сочетании в пределах одного месторождения рудных тел различной морфологии основную часть руды и Au составляют прожилковые и штокверковые руды. Сложенные ими золоторудные тела отличаются от жил значительно большей мощностью, более равномерным распределением металла и, главное, большими (нередко на порядок) запасами руд. Правда, прожилковые и штокверковые руды, как правило, в 1,5–3 раза беднее жильных.

*Месторождение Лега Демби.* Находится в Южной Эфиопии. Открыто в 1979 г. Располагается в восточной части грабен-синклинальной меридиональной структуры шириной от нескольких до 10 км. Борты постройки сложены гранито-гнейсами ( $PR_2$ ), а также прорывающими их гранитами и дайкообразными телами габбро, габброамфиболитов и серпентинитов. Мафические и ультрамафические породы тяготеют к тектонически нарушенной прибортовой зоне постройки, свидетельствуя о ее древнем заложении, а также древнем возникновении продольного прибортового разлома. Сама постройка сложена смятыми в серию складок графитизированными сланцами и филлитами кварц-серицитового и хлоритового, в меньшей степени кварц-амфиболового и кварц-талк-актинолитового состава ( $PR_2 - PZ_1$ ). Синклинальные складки, видимо, представляют

более широкие элементы структуры, определяя грабен-синклиналиную природу постройки.

По предварительным представлениям, положение месторождения контролируется изогнутой частью прибортового разлома (приобретающей северо-северо-западное простирание) и пучком пересекающих его крутопадающих разрывных нарушений северо-восточного направления. От одного из них, развитого на северном фланге месторождения, и начинается золотоносная полоса жил и сочетающихся с ними прожилков. Она распространяется с небольшими перерывами на юг на протяжении 1300 м (рис.67). Рудоконтролирующий разлом, отделяющий биотитовые гнейсы борта грабена от рудовмещающих сланцевых пород, сопровождается узкой прерывистой пластиной тальк-тремолитовых сланцев. Висячем боку разлома прослежен горизонт (мощность 80–100 м) переслаивающихся графитизированных сланцев кварц-серицитового, амфиболового, актинолитового состава, вмещающий большинство жильных и практически все золоторудные тела. Рудовмещающие породы выше по разрезу сменяются однородными кварц-серицитовыми сланцами (мощность горизонта от 100 до 150 м), а затем амфиболитами. Рудоносная полоса, обнаруженная в горизонте графитизированных переслаивающихся сланцев, представляет собой интенсивно минерализованную широкую субсогласную зону рассланцевания. Исходя из внутреннего строения и морфологии зоны, можно представить, что в ней, видимо, возникло несколько сближенных субпараллельных швов, характеризовавшихся наибольшей выдержанностью, и соединяющие их более короткие трещины. В настоящее время зона представлена несколькими ветвящимися жилами, сменяющимися системами прожилков. В виде ореола они сопровождают жилы с обоих боков (рис.68). Морфологически жильная полоса четко видна. Раздувы ее, имеющие ширину в плане максимально до 150 м, чередуются с пережимами, в которых жильное вещество может почти совершенно отсутствовать. По-видимому, некоторая аналогия будет наблюдаться и в отдельных разрезах. Четких контактов жил проследить обычно не удается. При затухании почти все они расцепляются на прожилки, постепенно выклинивающиеся как по простиранию, так и в разрезе. Сравнительно мощные массивные участки жил измеряются метрами. Во всех же остальных случаях в существовании кварцевом веществе устанавливаются слабо замещенные слойки и слои сланцев, а нередко их остроугольные обломки и реликты.

Количество кварцевого вещества в жилах изменяется от 40 до 70 % и более. Мощность отдельно взятых прожилков измеряется от 1–2 мм до 30 см. Подмечено, что мощность жильной полосы возрастает на перегибах сланцевого горизонта, там, где он приобретает северо-северо-западное направление. Мощность горизонта не оказывает никакого рудоконтролирующего влияния. Так, жильная полоса и оруденение на северном фланге месторождения проявлены в участке сланцевого горизонта, имеющего мощность не более 50 м. Наряду с этим в центральной части месторождения мощность рудовмещающих сланцев возрастает до 120 м.

Контур золотого оруденения на месторождении определяется толь-

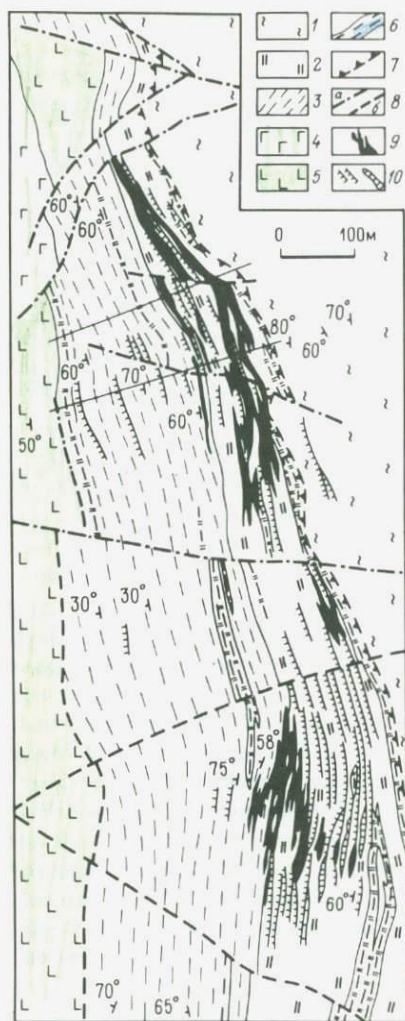


Рис. 67. Северный и Центральный участки месторождения Лега-Демби. План. 1 — гранито-гнейсы; 2 — графитизированные филлиты и кварц-серicitовые сланцы; 3 — кварц-хлоритовые и амфибол-тальк-актинолитовые сланцы; 4 — габбро; 5 — габбро-амфиболиты; 6 — серпентиниты; 7 — региональный рудо-контролирующий разлом; 8 — разломы; а — прослеженные, б — предполагаемые; 9 — золоторудные тела вкрапленно-прожилковых руд; 10 — убого- и незолотоносные сульфидно-кварцевые прожилки

ко опробованием. Рудные тела, как правило, пространственно совпадают с жилами, характеризующимися ленточной (за счет проявления "погруженных" в кварц слойков и обломков слойков сланцев) и брекчиевой текстурой, с боковыми прожилками-апофизами, соединяющимися с жилами или располагающимися между двумя сближенными жильными телами, значительно реже — с обособленными полосами прожилков.

Минеральное вещество на 85 % представлено кварцем, на 13—14% — серицитом, гидрослюда, турмалином, сидеритом, баритом, реликтами полевого шпата. Всего 0,5—1,5%

приходится на рудные минералы. Кварц представлен двумя генерациями. Мелкозернистый поздний кварц развивается по раннему крупнокристаллическому, причем чаще всего это устанавливается вдоль альбандовых частей жильных тел. С крупнокристаллическим кварцем ассоциируют мелкие зерна вольфрамита и шеелита, с мелкозернистым — преобладающие в рудах сульфиды: пирит, халькопирит, галенит. Им сопутствуют редко проявленные сфалерит, блеклые руды, арсенопирит, пирротин, буланжерит, марказит, пентландит, самородное серебро. Сульфиды образуют вкрапленность и сростки от 1—2 мм до 2 см.

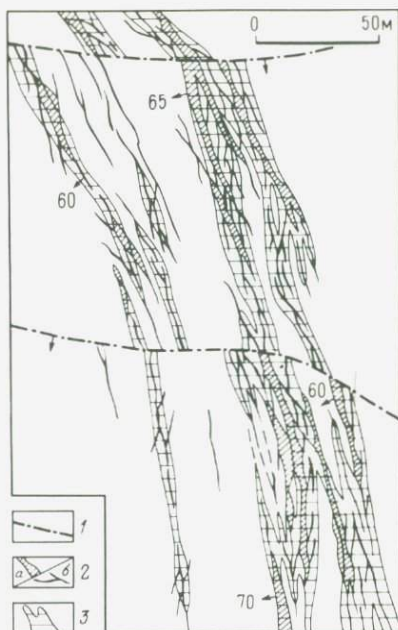
Рис.68. Внутреннее строение золоторудных залежей Северного участка. План.

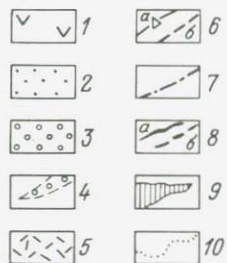
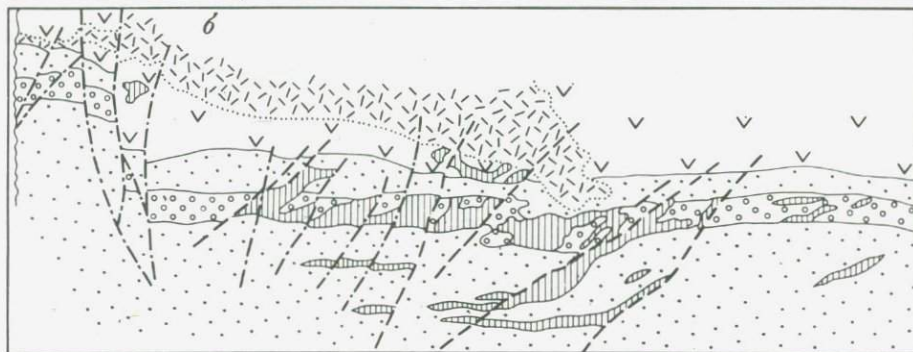
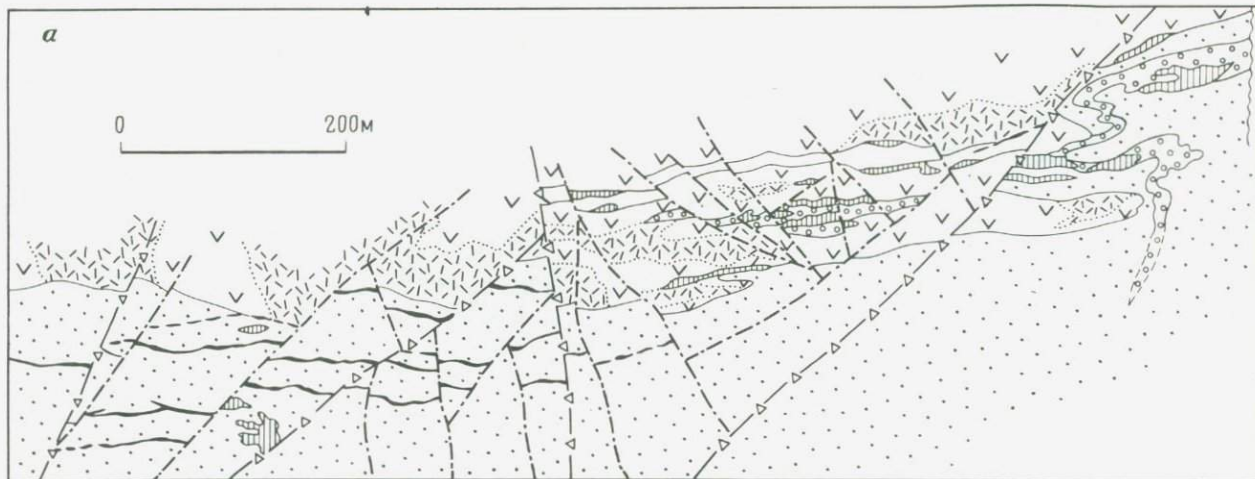
1 — дорудные поперечные разрывы;  
2 — сульфидно-кварцевые жилы — а и прожилки — б; 3 — золоторудные тела

Пробность золота 850 — 870, встречается оно как в мелко, так и крупнозернистом кварце, лишь изредка отмечается в сростках с сульфидами — пиритом и галенитом. В кварце проявлены золотины комковатой, комковато-угловатой и неправильной формы. До 35 % золотины имеют размер более 0,5 мм, а некоторые — до 9 мм. Обнаружены самородки до 2 см в поперечнике. Мелкое золото — от 10 до 100 мкм. Золото распределено крайне неравномерно, содержания его изменяются от следов до 400 г/т, достигая в рудных телах в среднем от 6 до 11 г/т. Околорудные изменения представлены окварцеванием и серицитизацией.

*Месторождение Пеймор-Брулен* — интересный пример локализации в неодинаковой среде рудных тел различной формы и внутреннего строения. Расположено оно в пределах архейского зеленосланцевого пояса Абитиби, Канада. Начиная с 1911 по 1986 г. из недр участка Пеймор добыто около 98 т Au и участка Брулен (1939—1953 гг.) — 7,5 т [12, 14]. Геология месторождения изложена в трудах Р.В. Бойля [17], С.Д.Шера [10], автором в 1982 г., в статье П.Прайса и Р.К.Брея, опубликованной в 1948 г.

Месторождение локализовано в основании мощной толщи терригенных пород группы Тимискаминг ( $AR_2^2$ ), которая перекрывает более древние вулканиты дацит-андезит-базальтовой формации, принадлежащей к группе Киватин ( $AR_2^1$ ). В группе Тимискаминг руду вмещают следующие горизонты (снизу вверх): агломератов, конгломератов и "северных" граувакк; существенно сланцевый с частыми тонкими прослоями песчаника; перекрывающих их южных песчаников (с прослоями кварцитов) и конгломератов. Они слагают северное крыло синклинальной складки, несколько опрокинутой на ЮЮВ. Южное крыло, видимо, "срезано" разломом Дестор-Поркьюпайн, имеющим региональное рудо-контролирующее значение. В результате на участке месторождения мощность рудовмещающих пород группы Тимискаминг не более 700—900 м. Оруденение в виде линейной зоны, вытянутой на 3,5 км субпараллельно





разлому, прослеживается на расстоянии 400–800 м от этого нарушения. В пределах месторождения можно выделить четыре различных участка, отличающиеся структурой, составом рудовмещающих пород, морфологией и внутренним строением рудных тел. Это западный фланг, центральная часть и восточный фланг рудной зоны Пеймор и расположенный в юго-западном секторе рассматриваемой территории участок Брулен.

Наиболее интересна геология зоны Пеймор. Западный и восточный фланги ее развиты в породах терригенной формации, центральная часть — в вулканитах группы Киватин (рис.69). Такая особенность объясняется более поздним образованием и наложенностью субширотных трещин рудовмещающей системы на уже сформировавшуюся к периоду оруденения структуру рудоносного участка. Структура последнего была обусловлена проявлением поперечных крутопадающих разрывов двух направлений: северо-западного и северо-восточного. Этими нарушениями еще в дорудный этап развития был пересечен и смещен контакт терригенных пород и вулканитов. В результате блок последних, расположенный в центре месторождения, “выдвинут” в сланцево-песчаниковую толщу (см.рис.69). Контакт различных групп пород, в частности на западном фланге Пеймора, по-видимому, был также тектонический. Это подтверждается приуроченностью к нему золоторудных сульфидно-кварцевых жил. Контакт и секущие разрывы северо-западного и северо-восточного простираний сыграли локальную рудоконтролирующую роль в период минерализации.

Линейная зона рудовмещающих трещин формировалась на западном фланге участка в горизонте “северных” граувакк на расстоянии всего нескольких десятков метров от тектонического контакта с вулканитами. Зона прослеживается от поверхности так называемого Шахтного разлома северо-западного простирания (на западном фланге) вплоть до поперечных разрывов центральной части месторождения (см.рис.69). В разрезе золоторудные сульфидно-кварцевые жилы отделяются от тектонического контакта и, постепенно удаляясь от него, прослеживаются непрерывно вниз по падению, погружаясь почти вертикально на 1000 м и более. Это сравнительно небольшой мощности (0,15–4,0 м) массивные плитообразные тела с четкими контактами, приуроченные к типичным трещинам скалывания с хлоритизированной и пиритизированной глиной трения темного цвета. Изредка в жилах устанавливается брекчия песчаника, а в отдельных местах — короткие апофизы, характеризующиеся более пологими углами падения (см.рис.69).

---

**Рис.69.** Изменение морфологии и строения золоторудных тел, развившихся в различных породах месторождения Пеймор-Брулен: *а* — центральная, *б* — восточная части месторождения. По П.Прайтсу и Р.К.Е.Брею, с некоторыми изменениями.

1 — вулканиты дацит-андезит-базальтовой формации; 2 — граувакки, песчаники и сланцы; 3 — пласты конгломератов; 4 — их возможные продолжения; 5 — интенсивно анкеритизированные породы; 6 — дорудные разрывы: *а* — установленные, *б* — предполагаемые; 7 — послерудные трещины; 8 — золоторудные жилы: *а* — прослеженные, *б* — с бедными рудами и предполагаемые; 9 — зоны прожилково-вкрапленных руд; 10 — границы анкеритизации

В центральной части месторождения геологическая обстановка и структура изменяются. Оруденение локализуется в субширотных зонах расланцевания, развившихся в карбонатизированных андезитах, а также в дацитах и туфах приконтактной полосы вулканитов Киватин. Рудные тела представлены обычными для вулканитов полосами изогнутых прожилков сульфидно-кварцевого состава. Протяженность зон в плане чаще 50–70 м, мощность 3–8 м. По падению каждая из них непрерывно прослежена не более чем на несколько десятков метров. Прожилковое оруденение заключено между поперечными дорудными разрывами северо-северо-западного и северо-восточного простирания, вычленяющими блок вулканитов из общей структуры месторождения. Проникая из вулканитов в северные граувакки и конгломераты, прожилковое оруденение сменяется штокверковым и прожилково-вкрапленным. Прослеживается оно к востоку от блокоразделяющего разрыва центрального участка на 200 м (с перерывами – на 350 м).

На восточном фланге Пеймора оруденение, по-видимому, связано с проявлением пучка секущих минерализованных разрывов северо-восточного простирания. Локализуется оно в горизонте северных граувакк и отчасти – в заключенном среди них прослое конгломератов (мощностью около 20 м). Наиболее мощные рудные тела проявлены в местах пересечения конгломератов минерализованными секущими разрывами северо-восточного простирания. Оруденению подвергается весь пласт конгломерата и частично перекрывающие и подстилающие песчаники (см.рис. 69 б). Мощность рудных тел возрастает максимально до 30 м (обычно 10 – 15 м). Представлены они сетью прожилков сульфидно-кварцевого состава (иногда штокверкового типа), сопровождающихся вкрапленностью рудных минералов, распространяющейся по песчанистому цементу конгломератов. Среди этих рудных тел в более четких трещинах наблюдаются сравнительно выдержанные жилы и прожилки мощностью от 5 см до 1,5 м. Протяженность зон прожилкового и прожилково-вкрапленного оруденения в плане и разрезе около 200 м. Указанные руды – основной поставщик Au, хотя содержание его (около 3,5 г/т) примерно в 2 раза ниже по сравнению с жильными рудами.

Пеймор является примером, иллюстрирующим взаимоотношения рудных тел с поперечными разрывами дорудного заложения. Кроме сравнительно протяженных нарушений северо-западного и северо-восточного направления, игравших локальную рудоконтролирующую роль, рудоносный участок в дорудное время был пересечен сравнительно мелкими разрывами тех же систем. Одни из них, возникшие до заложения широтных рудоносных трещин, выступали в период рудообразования в роли ограничителей жил и прожилково-вкрапленных зон, возникшие позже – в роли дорудных сместителей еще неминерализованных разрывов (см.рис.69). Последние преобладали. Поэтому в мелких соседних тектонических блоках на западном фланге Пеймора число рудных жил и прожилков чаще совпадает.

На участке Брулен в песчаниках, переслаивающихся с подчиненными алевролитами, развиты исключительно линейные штокверки сульфидно-

карбонатно-кварцевых руд. Они ограничиваются поперечными дорудными разрывами как в плане, так и в разрезе. Мощность штокверков иногда приближалась к 40 м, однако чаще наблюдались тела, которые прослеживались на расстояние от 20 до 80 м при мощности от 1 до нескольких метров. Штокверковые тела приурочены к четко проявленным секущим зонам рассланцевания, круто падающим на юг.

Руды на месторождении малосульфидные (2–3% рудных минералов), кварцевые, а на участке Брулен, в меньшей степени на западном фланге Пеймора — анкерит-кварцевые. Из рудных минералов резко преобладает пирит, которому подчинены пирротин и сфалерит. В еще меньшем количестве наблюдаются халькопирит, галенит и арсенопирит, причем последний чаще устанавливается в жильных телах. Жилы сопровождаются маломощными зонами окolorудного изменения — серицитизацией, окварцеванием, хлоритизацией; для зон прожилкового и штокверкового оруденения более характерны окварцевание, пиритизация. Рудные тела в вулканитах сопровождаются также зонами анкеритизированных и пиритизированных пород.

*Месторождение Аляска-Джуно* наряду с другим, называемым Аляска-Тредвелл, является главным промышленным объектом линейного рудного поля, расположенного вдоль побережья Тихого океана, США. Из руд его, по данным С.Д.Шера [10] и П.Р.Бредли, опубликованным в 1932 г., к началу 50-х гг. (когда эксплуатация завершалась) было получено более 70 т Au. Геология месторождения составлена по материалам Р.Г.Вайленда, Л.Вернеке, А.Ф.Баддингтона и Т.Чепина, А.К.Спенсера, появившихся в печати в 1960, 1932, 1929 и 1906 гг.

Месторождение объединяет участки, последовательно сменяющие друг друга с СЗ на ЮВ на протяжении 5,5–6 км — Эбер, Джуно, Граунд-Хог, Силвер Куин и Глесиэр. Первые два дали основную долю Au. Рудное поле приурочено к узлу пересечения субпродольных зон рассланцевания и секущего их пучка субширотных зон дробления. Оно расположено в пределах сланцевой толщи, слагающей моноклиналь, круто (60–65°) падающую на СВ. Все оруденение развивается в мощном горизонте углистых глинистых, слюдисто-глинистых, известняково-глинистых, иногда филлитовидных сланцев черного цвета (С). Горизонт заключен между подстилающими зелеными хлоритовыми сланцами, расположенными в юго-западной полосе, и полосой перекрывающих кристаллических серицит-амфиболовых сланцев. Они прослеживаются в северо-восточной части рудного поля (см.рис.30). Последние являются результатом контактового метаморфизма пород гранитным батолитом Берегового хребта. Он находится восточнее моноклинали. Горизонт черных сланцев содержит прослой кварцитов и зеленых сланцев, а также прослой и линзы известняков. Мощность его изменяется от 500 до 800 м. В некоторых разрезах она существенно сокращена в связи с проявлением силлов габбро (мощностью от десятков до 150 м), которые особенно многочисленны в висячем боку горизонта, т.е. они служат своеобразной границей оруденения. Переход горизонта черных углисто-глинистых сланцев и филлитов в подстилающие зеленые сланцы постепенный. Сначала чередуют-

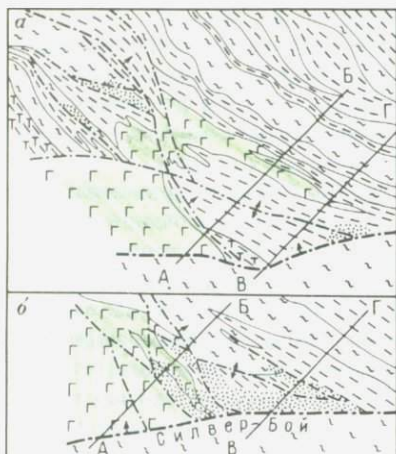


Рис.70. Геологическая схема участка Эбер: а — на поверхности, б — ниже на 650 м, на горизонте 153 м. По Л.Вернике, с некоторыми упрощениями.

1 — туфогенные сланцы; 2 — хлоритовые сланцы; 3 — силлы габбро; 4 — углистые глинистые и филлитовидные сланцы; 5 — локальный рудоуправляющий разлом; 6 — прочие разрывы; 7 — зоны вкрапленно-прожилкового оруденения

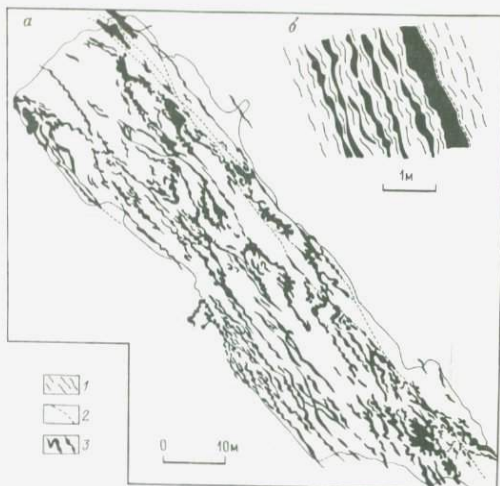
ся прослойки обеих пород, а затем начинают преобладать зеленые сланцы над черными. Все породы рассланцованы. Трещинки сланцеватости расположены более меридионально по сравнению с плоскостями слоистости и характеризуются почти вертикальным падением.

Оруденение золото-анкерит-кварцевого состава приурочено к разрывным нарушениям, которые представляют комбинацию зон рассланцевания северо-западного простирания (кливаж разрыва) с кососекущими и послойными плоскостями скольжения. Местами углистые сланцы в пределах зон смяты в складки волочения. На участке Эбер подобные рудоносные зоны рассланцевания появляются от поверхности поперечных (субширотных) зон дробления, в частности разлома Силвер Бой и оперяющих его разломов (рис.70). На всех прочих рудоносных участках (Джуно, Граунд-Хог, Силвер Куин и Глесиэр) рудоносные зоны рассланцевания отделяются от субширотных перегибов межпластовых нарушений.

Оруденению подвергаются разрывы, тяготеющие к лежащему боку горизонта черных сланцев, где с последними чередуются прослойки зеленых. Сложность внутреннего строения рудоносных зон рассланцевания и приуроченность их к литологически разнотипным, быстро сменяющимся в разрезе породам, обусловили сложное строение заключенных в них золоторудных тел. Вдоль сближенных плоскостей скольжения проявлены пучки субпараллельных прожилков, линз и маломощных жил (до 0,5 м), которые сопровождаются группами s- и крюкообразно изогнутых прожилков. Иногда они объединяются в амёбовидные гнезда с ветвящимися короткими апофизами (рис. 71). Изогнутые прожилки, очевидно, используют полости отслаивания в складках волочения. В пределах рассланцованной породы одни из прожилков сравнительно прямолинейны, а другие, использующие комбинацию плоскостей скольжения или кливажа разлома и трещинок регионального рассланцевания, резко перегибаются, соединяются в гнезда и сопровождаются апофиза-

Рис. 71. Строение прожилковых зон (участок Эбер): а — осложненных мелкими складками волочения (план); б — простого строения (разрез). По Л.Вернеке.

1 — углистые филлитовидные сланцы и сланцеватость; 2 — трещины с глиной трения; 3 — золоторудные анкерит-кварцевые прожилки



ми. Однако, как указал еще А.К.Спенсер, почти всегда в зонах рассланцевания удастся наметить преобладающие прожилки определенной ориентировки ("лидеры").

Основная часть золота заключена в минеральном веществе существенно анкерит-кварцевых прожилков и гнезд. В разделяющих их измененных сланцах распространена сравнительно редкая вкрапленность пирита (не более 2 % от массы породы), которая заключает незначительную часть Au. В связи с этим рудные тела пространственно совпадают с участками сгущения, концентрации кварцевых и анкерит-кварцевых образований в зонах рассланцевания, и границы их определяются только опробованием. Сложность внутреннего строения золоторудных тел приводит к своеобразному парадоксу — поскольку в разных частях зон рассланцевания повторяются субпараллельные и соединяющиеся между собой прожилки, а также группы седловидных тел и неправильных амёбообразных гнезд с ответвлениями, то рудные тела, оконтуриваемые по низкому бортовому содержанию металла и характеризующиеся низкими средними содержаниями его (около 2,5–3 г/т в Джуно), отличаются сравнительно равномерным распределением золота как в плане, так и в разрезе. По той же причине рудные тела характеризуются большой мощностью. На участке Эбер они представлены несколькими субпараллельными рудными линзами, вытягивающимися в плане на 150–250 м и прослеживающимися по падению на 250–400 м. Мощность рудных тел изменяется от 10 до 25 м, максимально составляя в раздувах 35 м. Линзообразные залежи прожилковых руд протягиваются в северо-западном направлении, начиная от поверхности сброса Силвер Боу. По всяческому боку сброса (на глубине 450–500 м от поверхности) также устанавливается участок золото-кварцевых штокверковых руд, что свидетельствует о рудоконтролирующей и одновременно рудовмещающей роли, выполняемой нарушением (рис.72). Разведочные работы показали, что верхняя граница ору-

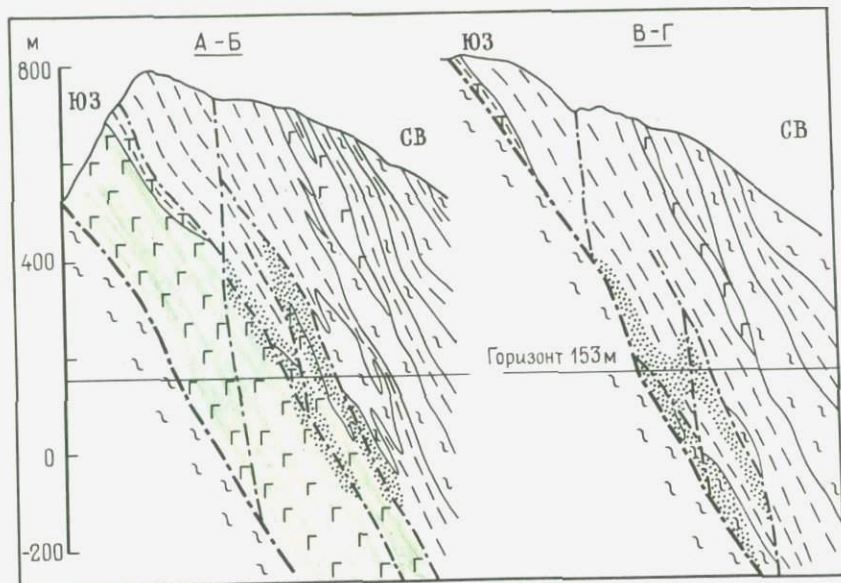


Рис.72. Разрезы через участок Эбер по линиям А-Б и В-Г. По Л.Вернеке. Усл. обозн. см.на рис.70

денения погружается к юго-востоку, в сторону сброса Силвер Боу примерно под углом  $15-20^\circ$ . В целом вертикальный размах оруденения превышает 900 м.

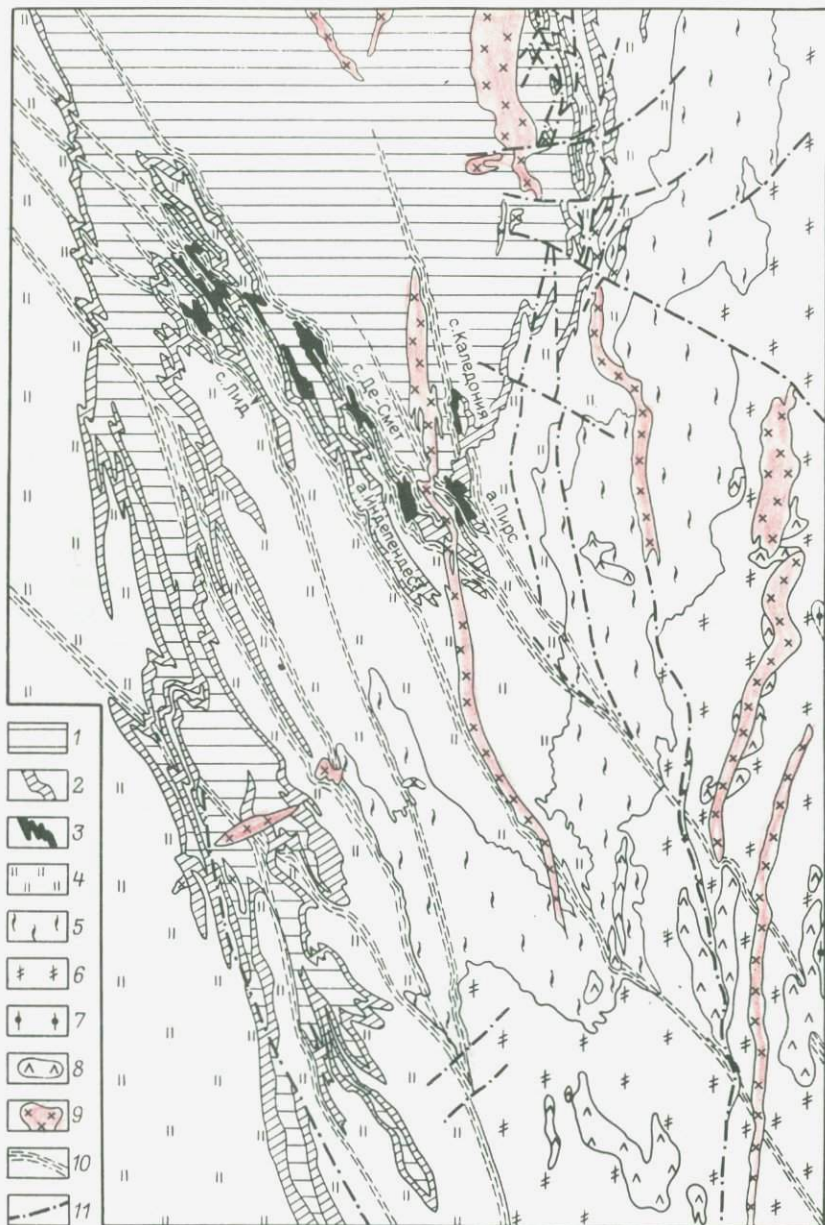
На участках Силвер Куин и Глесиэр наряду с более четкими зонами прожилкового оруденения установлены отдельные золоторудные жилы и пучки жил небольшой протяженности (около 150 м). В косом направлении они пересекают слои углисто-глинистых сланцев, а некоторые являются согласными с напластованием пород.

Руды месторождения относятся к типичным малосульфидным. Главные жильные минералы — кварц и анкерит, которым подчинены кальцит, альбит, серицит и более редкий родохрозит. Рудных минералов не более 2%. Преобладает пирит, но, кроме того, в существенных количествах развиты магнетит и антимонит. Из сульфидов присутствуют также пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит и молибденит. Им количественно подчинены реальгар, аурипигмент и даже самородный мышьяк. Золото заключено в основном в кварце и анкерите (где оно обычно тонкое, невидимое), в меньшей степени — в пирите. Углисто-глинистые сланцы и филлиты, вмещающие золоторудные прожилки и гнезда, как правило, окварцованы, отчасти серицитизированы и пиритизированы. Прослои хлоритовых сланцев подвержены биотитизации.

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВКРАПЛЕННЫХ РУД

Месторождения этой группы характеризуются рудными телами, которые представляют собой скопления метасоматитов, заключающих вкрапленность, в меньшей степени гнезда рудных минералов и сравнительно равномерно рассеянное в них и метасоматитах золото. Обычно оно содержится в руде в количестве от нескольких до 12 г/т. Месторождения группы довольно многочисленны. Чаще это мелкие объекты, но известны очень крупные, как Хомстейк в США, а также крупные и средние месторождения, например, Теннант-Крик, Кобар, Марлю и др. Секущее положение зон золотоносной вкрапленности, развитие околорудных метасоматитов в подстилающих и перекрывающих породах, отсутствие метаморфизма руд, проявление их брекчиевых разностей свидетельствует о формировании их под "покрышкой" перекрывающих пород.

*Месторождение Хомстейк.* При составлении его очерка были использованы материалы С.Д.Шера [10], а также А.Л.Слотера, Д.А. Нобла и Дж.О.Хардера, опубликованные в 1973, 1950 и 1948 гг. Месторождение непрерывно отрабатывается с 1878 г. В настоящее время эксплуатационные работы ведутся на глубинах 2200–2400 м. За период 1878–1986 гг. из руд извлечено 1040 т Au (за 1878–1970 гг. — около 900 т Au и 200 т Ag [10], к 1978 г. — 990 т Au [12]). Месторождение расположено в северной части геотектонической постройки, называемой американскими геологами Блэк-Хиллс. Постройка, видимо, представляет собой часть складчатой системы миогеосинклинального или близкого к нему типа (поздний  $PR_2$  — С). Рудовмещающая терригенная толща претерпела умеренный прогрессивный метаморфизм, нарастающий с ЮЗ на СВ, в частности, в пределах месторождения — биотитовой и амфибол-биотитовой ступени. Рудные тела локализованы в горизонте тонкополосчатых сидероплезит- (хлорит) - кварцевых (карбонатно-кварцевых) и куммингтонит-кварцевых (амфиболовых) сланцев мощностью 60–90 м. Он заключен в нижней части толщи сланцево-кварцито-филлитового состава ( $PR_2$ ) общей мощностью около 5700 м. Она смята в серию сильно сжатых складок, опрѐкнутых на запад. Шарниры их погружаются на Ю под углом от 15 до 45°, а борта осложнены дополнительными складками волочения и приразломного типа (рис.73). Почти повсеместно наблюдаемый региональный кливаж строго параллелен слоистости. Мелкие складки представляют собой элементы наложенной поперечной складчатости, которым придается большое рудолокализирующее значение. Последние в сланцевых толщах, как известно, очень часто образуют своеобразные постройки типа "структурных гребней", которые представляют собой свод смятого в узкую клиновидную складку карбонатно-кварцевого горизонта (или горизонта кристаллических сланцев). Гребни наподобие узких и высоких клиновидных арок вдаются в облекающие их более пластичные молодые филлиты. В шарниры арок, как правило, "нагнетается" порода смятого горизонта и мощность его возрастает. Вместе с тем гребни фиксируют направления разрывов, перемещения по которым и привели к их возникновению, причем в первую очередь фиксируют положение зон



рассланцевания, образующихся в тонкослоистых терригенных породах.

Учитывая это обстоятельство, автор попытался наметить такие зоны, используя ориентировку "структурных гребней", а также места проявления обычных складок, резких z-образных перегибов маркирующих слоев, а также другие особенности геологической ситуации и геоморфологии рудоносной площади. В результате выяснилось, что месторождение приурочено к узлу пересечения пучком сближенных зон рассланцевания (северо-западного простирания) горизонта карбонатно-кварцевых и куммингтонитовых сланцев. Куммингтонит-кварцевые сланцы наблюдаются, как правило, вдоль зон рассланцевания и, возможно, являются продуктом динамометаморфизма пород сидероплезит-кварцевого горизонта. В пределах рудоносного участка горизонт пересечен узким поясом третичных даек риолитов, риолит-порфиров, монцонитов и эгириновых сиенитов. Пояс даек вытягивается меридионально. Однако, проникая в участок горизонта, нарушенный зонами рассланцевания, дайки используют их ориентировку. Косвенным образом это подтверждает наличие зон рассланцевания и их древнее, скорее всего докембрийское, заложение. Мощность даек в большинстве случаев около 3 м. Зоны сформировались, по-видимому, вслед за основной фазой складчатости, пересекая и деформируя основные протяженные антиклинали и синклинали. Оруденение приурочено к восточному крылу наиболее протяженной меридиональной антиклинали Пуэрмен (см.рис.73 и 74). Крыло, осложненное пучком зон рассланцевания, преобразовано в систему сильно сжатых антиклиналей (Пирс, Индепенденс) и синклиналей (Каледония, Де-Смет, Лид), а также осложняющих их "структурных гребней", приразломных и складок волочения. Шарниры и гребни всех этих складчатых форм погружаются на ЮВ под углом около  $45^\circ$  (а иногда — около  $10^\circ$ ), также подчиняясь направлению пучка древних зон рассланцевания. Примечательно, что на СВ и ЮЗ от этих нарушений, складки прослеживаются уже меридионально; лишь структурные гребни, осложняющие их крылья, по-прежнему вытягиваются на ЮВ. В пределах пучка зон рассланцевания приразломные и складки волочения, структурные гребни и z-образные перегибы слоев куммингтонитовых и сидероплезит-кварцевых сланцев вмещают залежи, гнезда и прожилки хлорит-кварцевых метасоматитов с реликтами сидероплезита, биотита и куммингтонита, содержащие до

---

**Рис.73.** Геологическая схема рудного поля Хомстейк. По Дж.А.Ноблу и А.Л.Слотеру, с некоторыми изменениями и упрощениями.

1 — тонкопосчатые графитизированные филлиты (свита Пуэрмен); 2 — графитизированные куммингтонитовые и карбонатно-кварцевые сланцы (свита Хомстейк); 3 — рудовмещающие куммингтонитовые сланцы Хомстейк; 4 — филлиты и кварциты (Эллисон); 5 — неслоистые кристаллические сланцы и филлиты (Нортвестерн); 6 — серицитизированные и пиритизированные кристаллические сланцы с прослоями железистых кварцитов (Флэгроп); 7 — массивные филлиты (Гризли); 8 — силлы амфиболитов; 9 — штоки и дайки риолитов, риолит-порфиров и монцонитов (Р); 10 — докембрийские зоны рассланцевания, намеченные по геоморфолого-геологической ситуации; 11 — прочие разрывы того же возраста

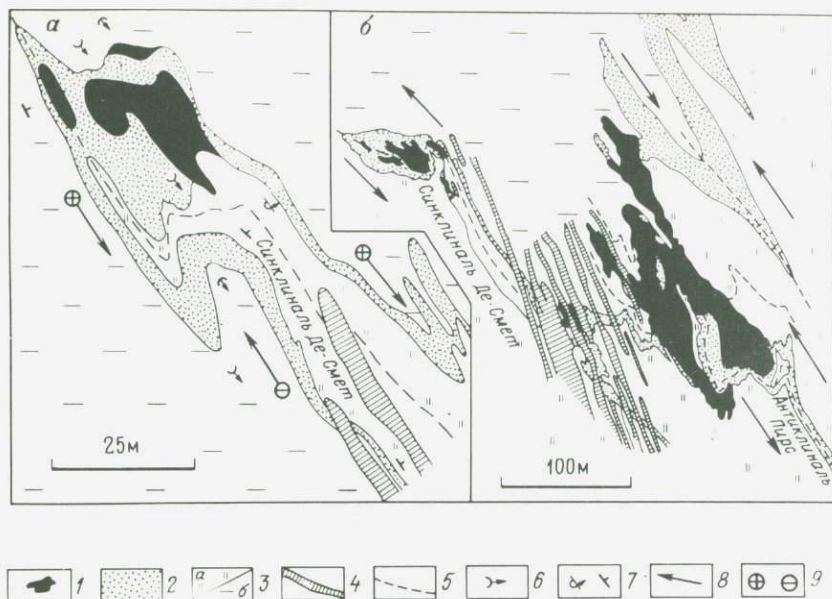


Рис.74. Взаимоотношения золоторудных тел: Главного, Южного, Северного и № 5 со складками на горизонтах 793 м (а) и 701 м (б). По А.Л.Спотеру.

1 — рудные тела; 2 — куммингтонитовые и карбонатно-кварцевые сланцы свиты Хомстейк; 3 — породы свит: а — Эллисон (филлиты и кварциты), б — Пуэрмен (графитизированные филлиты); 4 — дайки риолитов; 5 — оси складок; 6 — погружение килей и сводов складок; 7 — направление падения пород; 8 — направления перемещений (в плане), генерировавших складки волочения; 9 — то же, в разрезе (плюс — вздымание, минус — погружение)

8 % вкрапленности сульфидов (главным образом пирротина, пирита и арсенопирита) и рассеянное в них золото. Кроме горизонта куммингтонитовых и сидероплезит-кварцевых сланцев, аналогичные по составу тела метасоматитов, но значительно меньшего масштаба, обнаружены в подстилающих графитизированных филлитах свиты Пуэрмен. Однако содержание благородного металла в них ниже промышленно извлекаемого.

На месторождении выделяют шесть наиболее крупных рудных тел. Каждое из них представляет собой сочетание нескольких залежей метасоматитов, с максимальной мощностью в шарнирах и гребнях мелких дополнительных складок, и соединяющих их маломощных изгибающихся и прерывистых тел четковидной и линзообразной формы. Они вытянуты согласно перегибам крыльев дополнительных складок. Перечислим основные крупные залежи: Каледония (расположенная в киле одноименной синклинали), Главное Южное и Северное тела (в своде антиклина-

ли Пирс и на крыле этой антиклинали и синклинали Де Смет<sup>1</sup>), № 5 (в киле синклинали Де Смет), № 7,9 и 11 (в структурных гребнях и приразломных складках, осложняющих киль сравнительно широкой синклинали Лид). Все они склоняются на ЮВ, подчиняясь углу погружения сводов и килей рудовмещающих складок, и представляют собой пологопогружающиеся на очень большую глубину трубообразные тела сульфидно-хлорит-кварцевых руд. В связи с тем, что с глубиной осевые плоскости складок приближаются друг к другу (за счет более крутого наклона восточных складок), оруденение на нижних горизонтах становится более сосредоточенным.

Если проследить в деталях положение золоторудных метасоматитов относительно кровли и подошвы рудовмещающего горизонта, легко заметить, что в разных сечениях как в плане, так и в разрезе рудные залежи располагаются незакономерно и косо ориентируются к кровле и подошве горизонта (см.рис.74). Например, на каком-то уровне один фланг залежи может ограничиваться перекрывающимися филлитами и кварцитами Эллисон, а другой фланг — подстилающими серыми филлитами Пуэрмен, в одном разрезе структурный гребень карбонатно-кварцевых сланцев Хомстейк (вдающийся в филлиты и кварциты Эллисон) оказывается лишенным оруденения, а в другом разрезе вмещает несколько чередующихся (наподобие четок) золоторудных линз. Более того, считается обычным, что золотоносные линзы проникают на десятки метров из пород рудовмещающего горизонта в подстилающие филлиты Пуэрмен и перекрывающую филлит-кварцевую толщу Эллисон. Отмечено, что в участках, где амплитуда дополнительных складок увеличивается, оруденение проявляется наиболее интенсивно. Золоторудные залежи имеют максимальную мощность и протяженность. О мощности и протяженности в плане таких прихотливо изогнутых тел судить трудно. Однако, чтобы иметь представление, отметим, что максимальная ширина (или мощность) Главного рудного тела в его средней части на глубине около 1 км от современной поверхности около 40 м. В горизонтальном срезе оно протягивается примерно на 200 м. Главное рудное тело, следуя погружению свода антиклинали Пирс, наподобие столба руды прослеживается вплоть до самых глубоких горизонтов месторождения (т.е. от современной поверхности на глубину 2400 м и, очевидно, на еще более низкие горизонты).

Дж.А.Нобл полагал, что мелкие осложняющие складчатые формы, погружающиеся на ЮВ, — главные рудовмещающие элементы. Их рудовмещающую роль Дж.А.Нобл обуславливает растяжением пород в сводах,

---

<sup>1</sup> Как следует из публикации А.Л.Слотера в 1973 г., этот геолог полагает, что Главное рудное тело было разделено на две части послерудным сместителем. Однако фраза в работе этого геолога: "Обе части рудного тела остаются связанными узкой полосой (рудоносных —Е.Н.) пород формации Хомстейк" свидетельствует о том, что подвергшиеся оруденению породы не смещены, а указанная залежь с глубины 1160 м и ниже разделяется на две изолированные линзы.

в шарнирах и на перегибах, т.е. образованием полостей, от которых в стороны, как от каналов, происходил последовательный рост хлорит-кварцевых метасоматитов. На последнее обстоятельство указывает положение изогнутых золоторудных залежей, преимущественно локализуемых в перегибах сводов и килей основных и мелких осложняющих складок, располагающихся между древними зонами рассланцевания.

А.Л.Слотер в статье 1973 г. на схемах показал стрелками направление относительных перемещений пород, приводивших к формированию мелких дополнительных складок. В плане показаны левосторонние движения. Очевидно, такой тип движений был принят и для намечаемых зон рассланцевания. Как видно на некоторых схемах (см.рис.74), подобными направлениями перемещений вызвано образование левосторонне расположенных относительно друг друга рудных залежей, нередко сливающихся в единое тело. В разрезе рудные залежи (в случае повторения ими перегибов складок волочения) фиксируют опускание западных блоков пород относительно вздымающихся восточных. Таким образом, формирование залежей метасоматических руд, по-видимому, происходило в полостях мелких дополнительных складок, возникавших между каждыми двумя субпараллельными зонами рассланцевания в процессе опускания восточных бортов (относительно западных) и левосторонних движений в плане. Минералообразование, видимо, протекало в два цикла — докембрийский и кайнозойский. В ранний цикл локализуются тела, состоящие из кварца, биотита, граната, хлорита и арсенопирита, реликтов сидероплезита и куммингтонита. В следующий этап того же цикла в метасоматических телах появляются новообразования кварца и перекристаллизованных биотита, граната, куммингтонита, а также анкерит, альбит, пирротин. В завершающий третий этап возникли мономинеральные пирротиновые жилы мощностью 2—5 см и протяженностью от метров до первых десятков метров. Изредка в этих жилах встречаются кварц и арсенопирит.

Кайнозойский цикл минералообразования ознаменовался наложением на метасоматические тела и возникновением пространственно разобщенных жилкок кварц-пирит-кальцитового состава, а также серицита, флюорита, целестина, ангидрита, гипса, хлорита, опала, доломита, родохрозита и разнообразных рудных минералов — спекулярита, магнетита, сфалерита, галенита, халькопирита, реальгара и самородного мышьяка. С.Д.Шер отмечает, что Au проявлено в виде сравнительно крупных золотин и тонкодисперсных образований, тесно связанных с ранним арсенопиритом. Пробность Au —820. Вместе с тем известна золотоносность куммингтонитовых сланцев, не вмещающих видимой минерализации. Поздний пирротин золотоносен слабо (4,5 г/т). Пирит-кальцитовые жилы (P) также содержат Au. Среднее содержание его за период отработки 1957—1966 гг. около 9 г/т, в настоящее время — 5,5—7 г/т. Сульфидно-кварцевые залежи сопровождаются сравнительно мощным ореолом окварцованных и хлоритизированных сланцев. В них установлены биотит и вкрапленность арсенопирита.

*Рудное поле Теннант-Крик.* Месторождения поля несколько сво-

еобразны. В первую очередь это объекты рассредоточенного типа, которые представляют целую систему многочисленных рудных залежей, расположенных друг от друга на расстоянии от многих сотен метров до первых километров. На каждом из объектов развиты обычно одна-две рудные залежи, распространяющиеся на глубину 300–500 м. Вместе с тем значительные параметры каждой из них, очень высокие (по современным требованиям) содержания Au обуславливают наличие его значительных запасов. В частности, из недр Теннант-Крик, исходя из данных Ж.—Ж.Баше [12], с 1934 до конца 1986 г. было извлечено около 100 т Au. В последнее десятилетие на рудниках Теннант-Крик каждый год получают не менее 3 т Au. По данным того же геолога, запасы его на рудном поле оценивались не менее 50 т. Геологически месторождения отличаются, кроме того, своеобразным составом руд, в которых 20–30 и даже 80 % принадлежит оксидам Fe. Необычна форма рудных тел, представленных штоками, залежами и трубами.

Указанные особенности объясняются в первую очередь своеобразным контролем оруденения в пределах рудного поля, площадь которого 13 x 6 км. Месторождения приурочены к двум смежным складкам (антиклиналь—синклиналь), осложненным серией продольных разломов, часть из которых использует осевые плоскости главных или осложняющих дополнительных складчатых форм. Помимо структурного, важное значение имеет литологический контроль оруденения. В частности, большинство промышленных месторождений приурочено к так называемой формации Джуно. Она представлена чередующимися алевролитами, алевропесчаниками, граувакками с подчиненными прослоями гематитовых и кремнистых сланцев, а также железистых кварцитов. Перекрывается она толщей риолитовых порфиров, возможно, выступающей в качестве элемента, экранировавшего золотоносные растворы. Подстилаются песчанико-сланцевые породы образованиями формации Каррамен. Эта формация образована переслаивающимися граувакками и серицитовыми алевролитами, содержащими прослойки полосчатых железистых кварцитов. Породы формации вмещают ряд золоторудных залежей, в частности рудные тела месторождения Джуно-Майн.

Главные антиклинальная и синклинальная складки вытянуты в широтном направлении. Максимальное погружение кия синклинали и свода антиклинали устанавливается в их средних частях. Таким образом, в продольной плоскости складки напоминают: синклиналь—ладью с вздернутым носом и кормой, антиклиналь — арку. В связи с этим синклиналь замыкается на восточном фланге рудного поля, будучи открыта на противоположном, а замыкание антиклинали наблюдается в юго-западной части рудоносной площади.

Большая часть месторождений представлена одним-двумя штоками или трубообразными рудными телами вкрапленных руд, локализованными в перемежающихся пластах и горизонтах небольшой мощности (5–30 м) алевролитов, алевропесчаников и кварцитов, тонкопереслаивающихся алевролитов и песчаников или, наконец, кремнистых сланцев и песчаников (рис.75). В однородных горизонтах кварцевых или

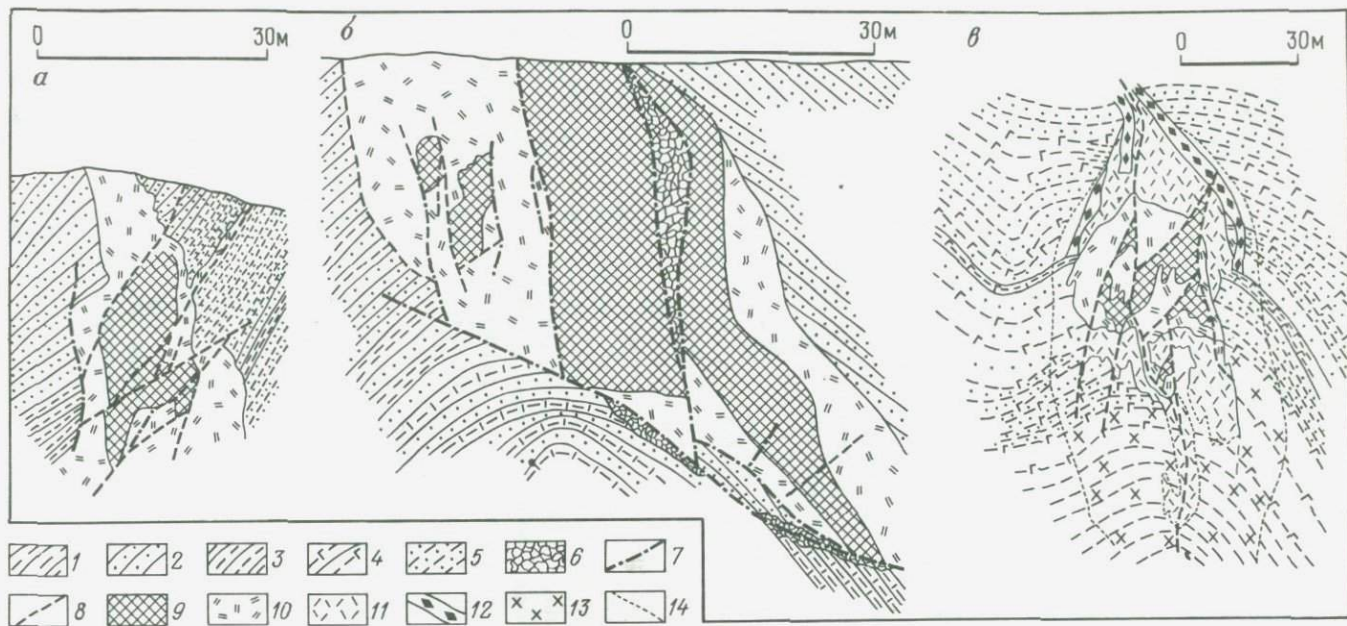


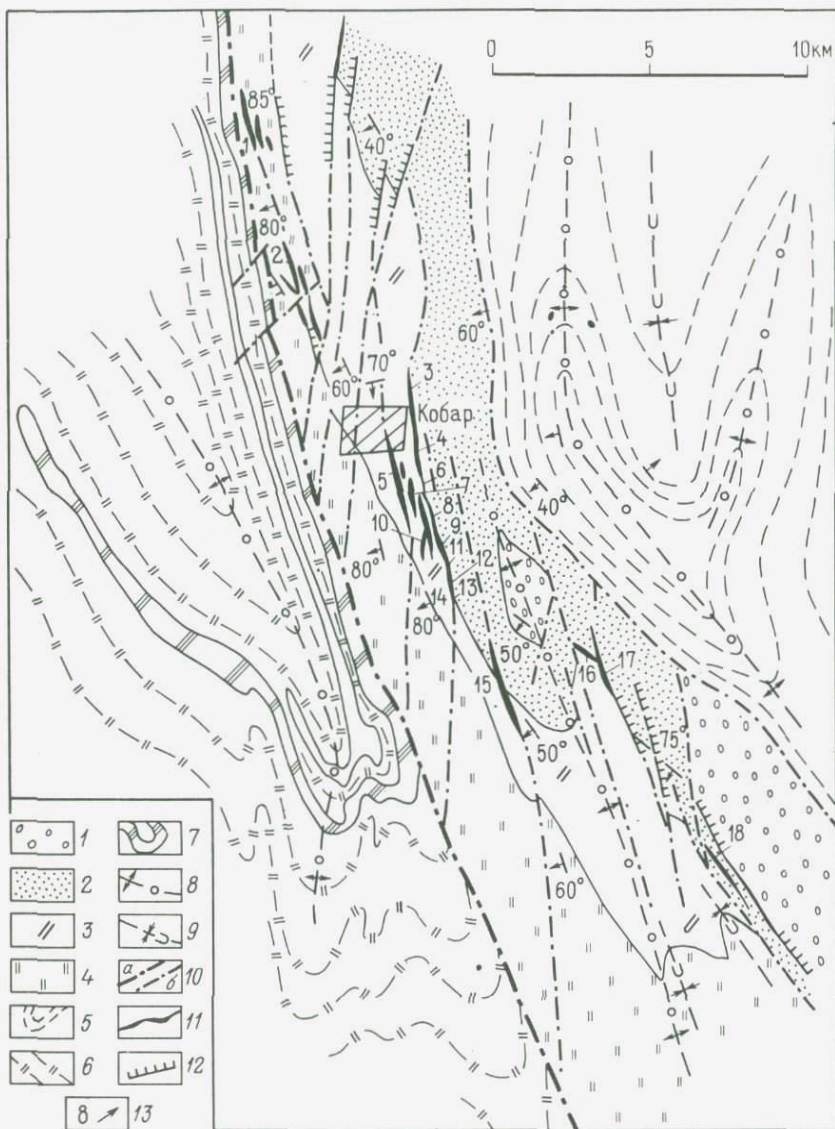
Рис.75. Разрезы через рудоносные участки рудного поля Теннант-Крик: *а* – Нобл-Ноб, *б* – Эльдорадо, *в* – Джуно. По Д.Ф.Иваначу и Р.Ларджу.

1 – кремнистые сланцы; 2 – песчаники; 3 – глинистые сланцы и алевролиты; 4 – глинисто-гематитовые сланцы; 5 – переслаивание глинистых сланцев и песчаников; 6 – зоны дробления; 7 – дорудные разрывы, прослеженные; 8 – то же, предполагаемые; 9 – золоторудные кварц-гематит-халькопиритовые залежи; 10 – кварц-хлорит (магнетит) - гематитовые зоны; 11 – тальк-магнетитовые зоны; 12 – доломитизированные породы; 13 – хлоритизированные породы; 14 – границы хлоритизации

туфогенных песчаников вкрапленные руды наблюдаются значительно реже. Рудные тела представлены крутопогружающимися столбами и близкими к изометричной форме залежами с четкими контактами. Они, видимо, определяются узлами пересечения двух или даже трех систем минерализованных трещин и тектонических швов. Чаще всего это крутопадающие субширотные (продольные) разрывы и трещины северо-восточного простирания. Как правило, залежи размещаются во внутренних частях значительно более крупных штокоподобных тел гематит- и магнетит-халькопирит-кварцевого состава. Они достигают в поперечнике 100 м и более. При этом в пределах золоторудных залежей кварц-магнетитовые образования нередко представляют собой рудную брекчию, которая цементируется кварц-сульфидными прожилками с халькопиритом и висмутовыми минералами. Эти тела сложены густой сетью кварц-магнетитовых и кварц-гематитовых прожилков, переходящих к периферии в более кварцевые образования, а в центре — в почти сплошные магнетиты. Кварц-халькопирит-магнетитовые штоки имеют четкое секущее положение в толще переслаивающихся сланцевых и песчаниковых пород. Нередко границы их определяют пересекающимися минерализованными разрывами и поэтому достаточно прямолинейны. Более того, фланги магнетит- и гематит-кварцевых залежей иногда тупо ограничиваются плоскостями и швами дорудных нарушений (например, на месторождении Рисинг Сан и др.).

Р.Лардж в публикации 1980 г. на примере месторождения Джуно-Майн показал, что рудная минерализация распространяется в граувакс-сланцевых породах в стороны от крутопадающего оруденелого тектонического контакта. При этом висячем и лежащем боках канала размещаются метасоматиты внутренней зоны, имеющие кварц-магнетит-халькопирит-хлоритовый состав. Они последовательно сменяются расположенными ближе к периферии и вверх по разрезу тальк-халькопирит-магнетитовыми, доломитовыми и хлоритовыми метасоматитами (см.рис.75). Золоторудная минерализация распространена внутри ореола кварц-магнетит-халькопирит-хлоритовых метасоматитов. На руднике Джуно-Майн метасоматиты на периферии зоны содержат от 4 до 10 % магнетита. В средней части концентрация рудных минералов иногда достигает 80 %. Метасоматиты оказываются переполненными магнетитом, который придает им облик массивных рудных образований.

Золоторудная минерализация тяготеет к участкам метасоматитов, обогащенных магнетитом. Кроме этого минерала установлены пирит, халькопирит, эмплектит, селенсодержащие висмутовые сульфосоли, самородный висмут, висмутин, лиллианит, айкинит, редкие пирротин, галенит, сфалерит, марказит. Из жильных минералов в руде развиты кварц и доломит. В 1972 г. средние содержания в руде составляли: Au 76,5 г/т; Bi 0,61 %, Cu 0,42 %, Se 0,05 %. В целом для руд поля содержания Au — 26 г/т, а в 1950—1951 гг. достигали 61,6 г/т [10], т.е. были одними из самых высоких в золоторудных месторождениях неосоциалистического мира. Золото обычно тонкое и заключено в халькопирите и висмутовых минералах. Однако повсеместной корреляции Au с Cu и Bi не



устанавливается. Это подтверждает, что халькопирит и минералы *Vi* являются больше минералами-хозяевами, чем спутниками. Проба *Au* очень высокая — 950–985. Для руд часто характерны колломорфные структуры, что, наряду с кристаллизацией гематита и марказита, свидетельствует об их близповерхностном генезисе.

*Медно-золоторудное поле Кобар.* Расположено в Новом Южном Уэльсе, Австралия. Согласно публикации У.Брука в 1980 г., главные месторождения Чесни—Нью-Осидентал, а также Грейт-Кобар и Нью-Кобар, разрабатываемые с 1871–1891 гг., дали к концу 1957 г.: *Au* 39,8 т, *Ag* 64,7 т, *Cu* 136 180 т, *Pb* 4110 т. Геология месторождений рассмотрена Д.Ф.Сангстемом [39], а также Р.Т.Расселом и Б.Р.Левисом, Б.П.Томсоном, К.С.Дж.Малолэндом и Е.О.Райнером, К.В.Б.Итеном, К.Дж.Салливаном и др.

Рудное поле приурочено к прибортовой части горст-антиклинальной структуры, вытягивающейся в ССЗ- направлении на 90 км. Оно имеет линейную форму и прослеживается вдоль западного борта горст-антиклинали почти на 30 км, хотя полоса собственно золоторудных и медно-золоторудных месторождений имеет протяженность 2,5–3 км и располагается в центральной части минерализованной площади (рис.76). Вдоль западной границы горст-антиклинальной постройки, отделяя песчаники и сланцы (*S*) от кварцитовых и сланцево-кварцитовых толщ (*D*<sub>1</sub>), протягивается с севера на юг региональный рудоконтролирующий взброс, падающий круто на В. На широте рудного поля он плавно перегибается, приобретая северо-северо-западное простирание. От выгнутой части в сланцевые и песчаниковые толщи (*S*) отделяется пучок субмеридиональных разломов. Те из них, которые приспособляются к нарушенному западному контакту ядерной части горста, сложенной туфогенными песчаниками и алевропесчаниками (*S*), выступают в роли локальных рудоконтролирующих и рудовмещающих нарушений. В частности, к ним приурочены рудные тела основных золоторудных месторождений Чесни—Нью-Осидентал, Грейт-Кобар и Нью-Кобар. Если рассматривать это протяженное рудное поле с ЮВ на ССЗ, нетрудно заметить, что оруденению подвергаются тектонические нарушения, расположенные напо-

Рис.76. Геолого-структурная схема медно-золоторудного поля Кобар. По Б.П. Томсону, У.Бруку.

1 — туфогенные песчаники, конгломераты с прослоями алевролитов (*S*); 2 — туфогенные песчаники и алевропесчаники (*S*); 3 — сланцы и алевролиты (*S*); 4 — кварциты, песчаники и глинистые сланцы (*S*); 5 — песчанико-сланцевая толща, венчающаяся известняками и кварцитами (*S-D*); 6 — кварциты и глинистые сланцы (*D*); 7 — кварциты (*D*); 8 — оси антиклиналей; 9 — оси синклиналей; 10 — разломы: региональные — *a*, локальные — *b*; 11 — промышленные рудные зоны; 12 — зоны бедных руд; 13 — номера и названия месторождений: 1 — КСА, 2 — Споттед Леопард, 3 — Тарсис, 4 — Ист-Кобар, 5 — Грейт-Кобар, 6 — Олд Форт Борис, 7 — Допвилл, 8 — Нью-Кобар, 9 — Чесни, 10 — Глэдстоун, 11 — Баррабинджи, 12 — Маунт Плезент, 13 — Вуд Дак, 14 — Нью-Осидентал, 15 — Пик, 16 — Корнейшн, 17 — Бичворт, 18 — Куин Би

добие левосторонне эшелонированных трещин (см.рис.76). При этом максимальное сосредоточение руд  $\text{Cu}$  устанавливается от центральной до северо-северо-западной части полосы, руд  $\text{Au}$  — в центральной части,  $\text{Ag}$  — в интервале между основными скоплениями  $\text{Au}$  и  $\text{Cu}$ . Интересно, что отношение  $\text{Ag} : \text{Cu}$  снижается умеренно от северо-северо-западного фланга поля к центру (от 1:1430 до 1:3300 в Глэдстоне), а  $\text{Au} : \text{Cu}$  резко возрастает (от 1:100 000 до 1:600 в Нью-Кобаре), что, возможно, свидетельствует о большей корреляционной связи  $\text{Ag}$  и  $\text{Cu}$  и меньшей —  $\text{Ag}$  и  $\text{Au}$ . Действительно, на фоне сравнительно небольших изменений серебро-медного отношения, золото-серебряное, достигая максимума в Грейт-Кобаре (1:5), к ССЗ и ЮЮВ существенно снижается (до 1:74 и 1:13). На южном фланге поля распространены только руды  $\text{Cu}$ . Для отрезка рудного поля, локализирующего золотое оруденение, характерно отношение  $\text{Au} : \text{Cu}$  1:600 — 12 000,  $\text{Ag} : \text{Cu}$  — 1:2400 — 3300 и  $\text{Au} : \text{Ag}$  — 1:5—10.

Золотоносные нарушения вблизи центральной части рудного поля представлены зонами интенсивно рассланцованных, а местами брекчированных алевролитов и алевропесчаников, круто (под углом 80—85°) падающих на ССВ. Висячий бок на месторождениях Чесни—Нью-Осидентал и Нью-Кобар обычно примыкает к туфогенным песчаникам. Участками оруденение проникает в них. Месторождения Грейт-Кобар и расположенные южнее Допвилл и Глэдстон размещаются только в алевролитах. Зоны рассланцевания и брекчирования в очень косом направлении пересекают крутопадающие на СВ трещинки регионального кливажа. В зонах разрывных нарушений обнаруживается несколько наиболее четких субпараллельных тектонических швов, иногда соединенных диагонально расположенными плоскостями скольжения, унаследующими направление регионального кливажа. В местах сближения субпараллельных швов или в местах перегиба их (и приобретения субмеридионального простирания) от них отделяются пучки диагональных трещин скалывания. В этих участках зон рассланцевания наблюдается брекчия песчаников, в меньшей степени алевролитов, а также локализация линзообразных (в плане) образований кварцевых и хлорит-кварцевых метасоматитов (рис.77). Они содержат обильную вкрапленность, изредка мелкие гнезда пирита, пирротина, магнетита и халькопирита, а также других, редко проявленных сульфидов. Окварцевание, хлоритизация широким ореолом окружают вкрапленные руды и, кроме того, наблюдаются в зонах рассланцевания вне связи с рудной минерализацией.

Швы и плоскости скольжения, ограничивающие окварцованные тела, обычно выполнены прожилками, маломощными жилами и линзами кварца, также заключающими агрегаты сульфидов. Золото в кварце содержится в количестве, как правило, не более первых граммов, в то время как во вкрапленных кварцево-сульфидных рудах концентрация его обычно достигает 9—10 г/т и выше,  $\text{Cu}$  — 1,3 %. Протяженность золоторудных линз изменяется от 40 до 100 м, мощность от 3 до 25 м. Расстояние между ними в одних случаях приближается к 100 м, в других они следуют с небольшими перерывами друг за другом (см.рис.77).

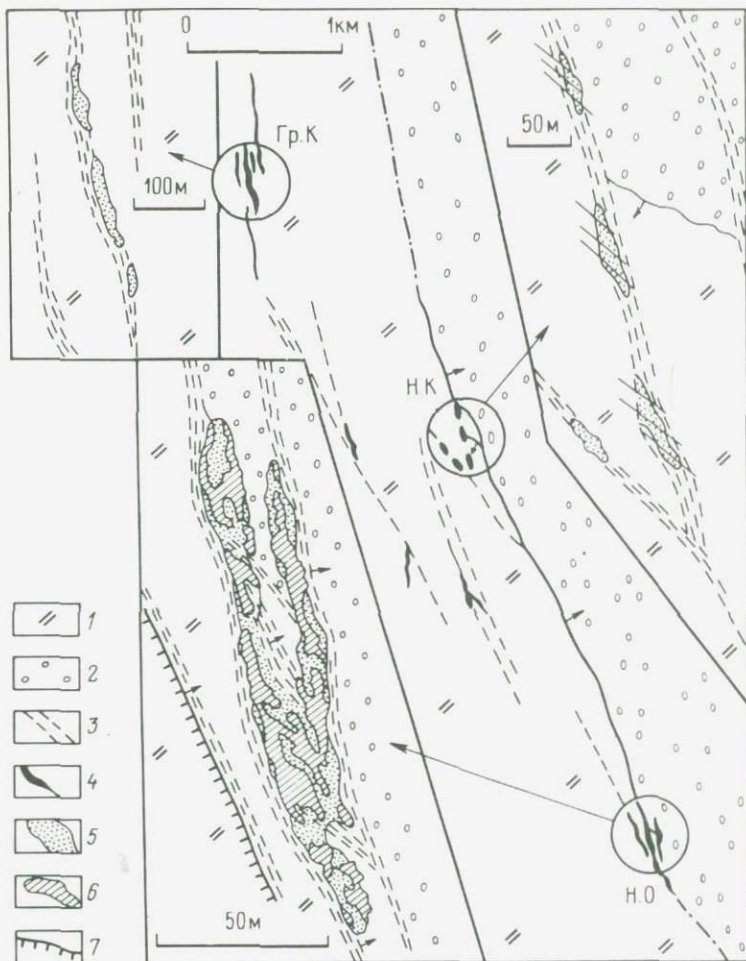


Рис. 77. Геологические схемы рудоносных участков Грейт-Кобар (Гр.К), Нью-Кобар (Н.К.) и Нью-Осидентал (Н.О.). По К.С.Дж.Малопенду и Е.О.Райнеру.

1 — сланцевая толща; 2 — конгломерато-песчаниковая толща; 3 — зоны рассланцевания; 4 — золоторудные тела; 5 — то же, сложенные рядовыми рудами; 6 — участки богатых руд; 7 — незолотоносные кварцевые жилы

Все они круто склоняются под углом около  $80^\circ$  в северном направлении. Максимальная глубина развития руд около 900 м от современной поверхности (Нью-Кобар). Кроме преобладающих сульфидов Fe и халькопирита, в хлоритово-кварцевом агрегате проявлена вкрапленность магнетита, сфалерита, галенита, висмутина и висмута самородного, арсенопирита, борнита, блеклых руд, встречаются прожилки и гнезда кальцита, изредка сидерита, а также чешуйки фуксита. Содержание рудных минералов в

рудах изменяется от 7 до 40 %, среднее содержание Au на разных месторождениях — от 9 до 12,2 г/т. Кроме вкрапленных руд на месторождении Грейт-Кобар разрабатывались линзы массивных руд, сложенных магнетитом, пирротином и халькопиритом, обычно окруженные ореолом промышленной рудной вкрапленности. Е.К.Эндрюс полагал, что сульфиды Pb и Zn — более поздние сравнительно с минералами Fe, Cu, Bi и, видимо, наиболее близки к периоду кристаллизации золота.

*Месторождение Марлю.* Геология его излагается по публикациям Н.Р.Джаннера и Т.Л.Фредерика 1935 и 1937 гг. Расположено оно на северо-восточном фланге рудного поля Престеа (Гана). Разрабатывалось в 30-е — начале 40-х гг. Запасы руд на 1936 г., при среднем содержании Au около 7 г/т, были определены в количестве 4,4 млн.т и Au 31 т.

Месторождение представляет собой типичный пример развития вкрапленных руд, образующих мощные линзообразные тела в анкерит-кварцевых метасоматитах. Аналогичные рудные тела разведуются в расположенном к ЮЗ месторождении Бисичем (3,3 млн.т руды на 1986 г., среднее содержание Au около 3,5 г/т, металла — 48 т). Приурочены они к мощным рудоконтролирующим зонам рассланцевания северо-северо-восточного простирания. Они вмещают, как правило, мощные, вытянутые на многие сотни метров золото-сульфидно-кварцевые жилы месторождений Престеа и Брумаса, а также Бондаи, Туапим и др. в том же рудном поле.

Месторождение Марлю представлено двумя протяженными (500 и 400 м) и несколькими мелкими рудными линзами (рис.78). Мощность главных линз около 30 и 20 м, среднее содержание Au 6,7 и 8 г/т соответственно. Протяженность их по падению до 200 м. Вмещают их графитизированные филлиты, перемежающиеся с редкими горизонтами рассланцованных туфов (мощностью 20—100 м). Рудоконтролирующие зоны рассланцевания под очень острым углом пересекают трещинки регионального кливажа, простирающиеся на СВ и круто (60—70°) падающие на СЗ. Подмечено, что протяженная южная линза на рудоносном участке локализуется в месте сочленения с рудоконтролирующим нарушением боковой меридиональной зоны рассланцевания. Аналогичную позицию, видимо, занимает и северная линза. Сразу ниже поверхности она разделяется на две ветви, в том числе на затухающую восточную ветвь (см.рис.78). Последняя может быть также интерпретирована как тело, разविшееся в боковой зоне рассланцевания.

Характерная особенность рудных тел — наличие в средней части массивных кварцевых жил с богатым золотым оруденением. Они приурочены к перегибам зоны рассланцевания и окаймлены мощным ореолом хлорит-анкерит-кварцевых метасоматитов. В контуре рудных линз метасоматиты содержат около 3 % вкрапленности арсенопирита и пирита, а также подчиненную им вкрапленность пирротина, халькопирита, сфалерита, галенита, антимонита. Основная часть золота ассоциирует с арсенопиритом. Границы рудных тел определяются только опробованием. Следует отметить, что вкрапленное оруденение характеризуется сравнительно бедными рудами. Вертикальный размах его также значительно меньше. Однако большая мощность и сравнительная равномер-

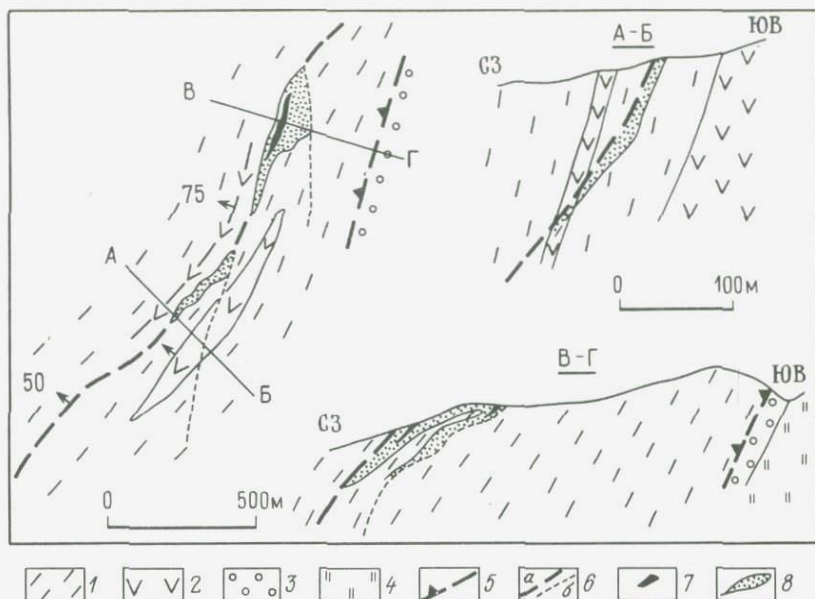


Рис.78. Схема месторождения Марлю и разрезы по линиям А-Б и В-Г. По Т.Л.Фредерику.

1 — графитизированные филлиты ( $PR_1$ ); 2 — андезиты; 3 — конгломераты Тарк-вайской группы ( $PR_1$ ); 4 — кварциты той же группы; 5 — региональный взброс; 6 — разрывы: а — локальные рудоконтролирующие, б — оперяющие сколы; 7 — линзы кварцевых руд; 8 — залежи вкрапленных руд

ность распределения Au в рудных телах, возможность эксплуатации их наиболее дешевым карьерным способом в последнее время резко повысили интерес к ним в несоциалистическом мире.

**Месторождение Телфер** — пример локализации стратиформных рудных объектов в сланцево-песчаниковых толщах. В последнее время оно изучено Д.С.Тирвиттом [47], по материалам которого и приводится его описание. Месторождение расположено в северо-восточной части Западной Австралии. С апреля 1977 г. его стали разрабатывать. К июлю 1984 г. из руд было извлечено около 33 т Au (в среднем за год около 4,7 т). До последнего времени в карьерах велась добыча сравнительно богатых окисленных руд. Среднее извлекаемое содержание Au в руде за 7 лет 9,6 г/т. Специалисты считают, что в конце 1986 г. рудник был обеспечен рудой не менее чем на 10—12 лет. Месторождение по масштабу оруденения приближается к крупному.

Золоторудная минерализация развита в свите песчаников, переслаивающихся с горизонтами аргиллитов и глинистых сланцев. Песчанико-сланцевая свита залегает среди мощной карбонатно-кварцито-терригенной толщи раннепротерозойского возраста. Месторождение приурочено к сводам двух широких брахиантиклинальных складок — Главной и

Западной. Главная брахиантиклиналь вытягивается более чем на 10 км в северо-западном направлении. Почти на продолжении ее, несколько западнее, как бы эшелонированно, расположена Западная брахиантиклиналь. Она простирается на 1,5 км также в северо-западном направлении и представляет собой складчатый элемент, осложняющий юго-западное крыло Главной антиклинали (рис.79). Крылья обеих складок погружаются под углом от 15 до 40°, при этом юго-западное крыло Главной брахиантиклинали местами осложнено и другими дополнительными мелкими складчатыми формами. Участок перехода свода западной антиклинали в восточное крыло характеризуется проявлением продольных флексуобразных перегибов. В связи с этим шарнир складки местами сменяется крутопадающим крылом, затем постепенно приобретает пологое падение (см.рис.79). В сводовой части обеих складок прослежены пласты золотоносных руд. Они представляют собой почти целиком окварцованные аргиллиты с вкрапленностью золотоносных пирита, халькопирита и других сульфидов. В Главной брахиантиклинали, в плане, они непрерывно, наподобие эллипса, с максимальным размером 3 x 1 км окружают ее свод. В Западной складке золотоносные пласты прослеживаются с редкими перерывами на протяжении 2 км в юго-западном крыле брахиантиклинали, проникая в ее периклинальные замыкания.

Выделяют два основных рудоносных горизонта, вмещающие сближенные слои с золотым оруденением. Это верхние, так называемые рифы "Е" (3 слоя), проявленные в средней части горизонта аргиллитовых сланцев, и слои так называемой Рудной зоны лежащего бока (от 3 до 5 слоев), заключенные в песчаниках, содержащих в подошве тонкие прослои аргиллитов. Между обоими рудоносными горизонтами развит практически незолотоносная пачка песчаников мощностью 60 — 70 м (см.рис.79).

Три верхних золотоносных слоя окварцованных и пиритизированных аргиллитовых сланцев (рифы "Е") имеют мощность от 1 до 8 м каждый и содержание Au от 3,2 до 7,9 г/т. Как правило, они располагаются друг над другом на расстоянии от первых до 10 м. Однако эта закономерность нарушается непосредственно в средней части свода Западной складки. Дело в том, что из перечисленных трех золотоносных слоев (рифов "Е") стратиграфически выдержаны только два верхних. Нижний слой ("Е ноль"), расположенный в перегибе шарнира складки, расслаивается на три разобщенных сближенных и невыдержанных прослоя (см.рис.79). Они находятся друг над другом на расстоянии первых метров. Особенно примечательно то обстоятельство, что мощность участка горизонта аргиллитовых сланцев, вмещающего максимальное количество золотоносных слоев и прослоев, возрастает по меньшей мере в полтора раза (т.е. до 90 м). Такое закономерное увеличение мощности рудовмещающих сланцев и выклинивание золотоносных пластов в случае уменьшения ее свидетельствуют о том, что рудообразование происходило во впадине морского дна, синхронно с вмещающими глинистыми (илистыми) осадками, путем замещения их проникавшими золотоносными растворами глубинного происхождения.

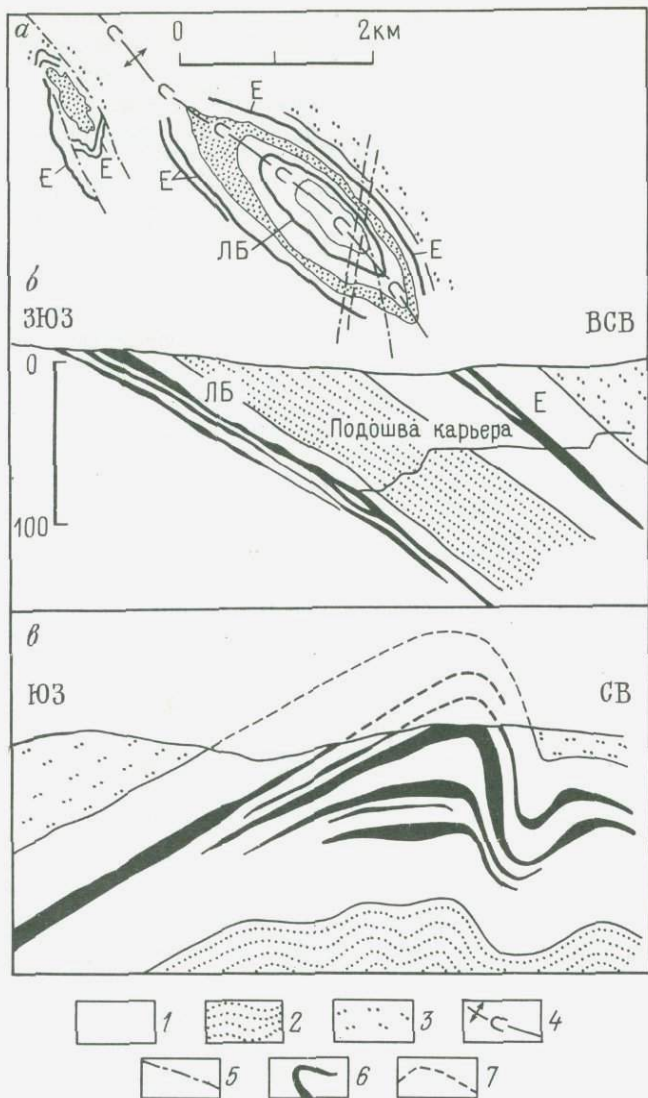


Рис.79. Схема золоторудного поля Телфер — а и разрезы через северо-восточное крыло Главной антиклинали — б и северную периклинали Западной антиклинали — в. По Д.С.Тирвайту, с упрощениями.

Е,ЛБ — рудные зоны Е и Лежачего бока.

1 — песчанико-сланцевая толща с прослоями кварцитов; 2 — горизонт песчаника Рим и Медиа с прослоем аргиллитов; 3 — "верхние" песчаники Кемп; 4 — оси антиклиналей; 5 — разрывы; 6 — пласты золотосодержащих пород; 7 — эродированные участки золотосодержащих пластов

Слои Рудной зоны лежащего бока расположены примерно в 70 м ниже рифов "Е". Эти слои менее выдержанны. Так, два верхних слоя на отдельных интервалах сливаются в один, а нижний — иногда фашиально выклинивается. Мощность каждого изменяется от 1 до 5 м. Расстояние от кровли верхнего пласта этой зоны до подошвы самого нижнего изменяется от 10 до 25 м, содержание Au от 3,1 до 10,8 г/т.

Выходящие на поверхность рудные пласты интенсивно затронуты окислением. До глубины около 100 м они представляют собой золотоносную кварц-лимонитовую массу. Золото укрупнено, и размер золотинок достигает 2 мм. Первичные руды менее богаты Au. В золотоносных пластах они образованы агрегатами почти нацело окварцованного аргиллита с зернами и включениями сидерита и вкрапленностью тонкозернистого пирита, халькопирита и некоторых других минералов Cu. Местами агрегат золотоносного окварцованного аргиллита пронизан обильными иглами турмалина. Золото, видимо, заключено в сульфидах, и главным образом в пирите, оно очень мелкое — 5–30 мкм. Кроме окварцевания рудоносных слоев, даже глубокое бурение не отмечает каких-либо иных изменений вмещающих пород.

На планах, приведенных Д.С.Тирвиттом [47], в районе юго-восточного периклинального замыкания свода Главной брахиантиклинали показано пересечение золотоносных пластов сланцев несколькими разрывами субмеридионального направления (см.рис. 79,а). Здесь проявлены разрывные нарушения северо-западного простирания, как бы ограничивающие в Западной брахиантиклинали распространение золотоносных пластов в ее северо-восточное крыло. Д.С.Тирвайт утверждает, что в карьерах зоны нарушений сопровождаются кварцем, лимонитом, видимо, реликтами карбонатов и золотой минерализацией. Возможно, некоторые из описанных разрывов служили рудопоподводящими каналами.

## ВЫВОДЫ

1. Месторождения рассматриваемого типа характеризуются секущим (по отношению к ориентировке слоистости) положением рудных тел или, в частном случае, проявлением как секущих, так и согласных золоторудных образований (тела комбинированного типа).

2. Месторождения, имеющие средние и крупные запасы золота, формируются преимущественно в горизонтах и толщах однородных по составу терригенных и вулканогенно-терригенных пород, испытавших слабый и умеренный метаморфизм, а также в вулканогенно-сланцевых, глинисто-сланцевых и алевролитовых, песчаниковых, филлитовых, кварцево-глинисто-серицитовых, карбонатно-кварцевых сланцах, которые содержат слойки и линзочки углистого (изредка графитизированного) вещества. Объем прослоев песчаников в благоприятных для оруденения сланцевых породах и сланцев — в песчаниках не более 10–20%. Концентрация углистого вещества чаще изменяется от первых до десяти процентов и возрастает по мере приближения к рудо-вмещающим разрывам. В зонах последних концентрация углистого вещества достигает максимума.

Это объясняют сравнительно легким растворением углерода, миграцией и переотложением его в трещинных каналах при динамометаморфизме. Углистое вещество и антракосолит в некоторых тектонических швах и зонах дробления образуют слои мощностью до 2 м. В зонах нарушений оно представлено, кроме того, асфальтитами, изредка графитом. Предполагается, что золото извлекается из рудоносных растворов в связи с восстановительными свойствами углистого вещества.

Лучшая проницаемость горизонтов и толщ сравнительно однородных пород обуславливает проявление литологического контроля оруденения. Вместе с тем мощные толщи монотонных по составу песчаниковых или сланцевых пород способствуют проявлению рассеянного оруденения (по всему объему пород) с небольшими запасами золота.

3. Рудные тела, заключающие значительные запасы золота, чаще формируются в отдельных участках протяженных разрывных нарушений, нередко имеющих региональное значение. В связи с большой протяженностью, мощностью и, видимо, проницаемостью последних оруденение может распространяться на глубину до 2,5 км от современной поверхности, а мощность золоторудных тел достигать десятков метров.

4. Региональные рудоконтролирующие нарушения, выполняющие на отдельных участках рудовмещающую роль, прослеживаются непрерывно вдоль протяженных антиклинальных структур значительной степени сжатости. Этим обусловлена линейная форма рудных полей (и месторождений), вытянутых иногда на десятки километров при ширине в первые сотни метров, приуроченность месторождений к наиболее нарушенным сводам протяженных антиклиналей, а также "пунктирное" расположение рудоносных участков в пределах рудных полей, когда один участок после некоторого перерыва сменяет другой, размещаясь на продолжении той же разрывной структуры. Характерно также развитие только одной системы рудовмещающих (обычно крутопадающих) трещин и рудных тел, которые вытягиваются вдоль оси складок.

5. В нелинейных рудных полях (изометричной формы), связанных с непротяженными и различно ориентированными складками, возникают и развиваются рудовмещающие нарушения двух и трех систем, они опережают региональные или локальные рудоконтролирующие разломы. Изометричные рудные поля пространственно совпадают преимущественно с непротяженными складками, характеризующимися умеренным наклоном крыльев.

6. Рудовмещающие разрывы представлены преимущественно двумя типами нарушений — зонами рассланцевания и зонами сближенных субпараллельных трещин. Первые только в общих чертах могут быть названы зонами рассланцевания, а на самом деле представляют собой сложное сочетание полос рассланцеванной породы с тектоническими швами, зонами и участками дробления и трещиноватости. Во вторых субпараллельные трещины также чередуются с маломощными зонами дробления. Одна из главных особенностей разрывов — проявление образованных в связи с ними приразломных складок и складок волочения. Последние устанавливаются в виде малых форм (с размахом в десятки

сантиметров – первые метры) внутри зон рассланцевания, где они сопровождают наиболее четкие разрывы (тектонические швы и протяженные плоскости скольжения).

Поперечные нарушения дорудного заложения имеют различное значение для локализации оруденения в линейных и изометричных рудных полях и месторождениях. Влияние их незначительно при развитии жил в зонах линейных нарушений и существенно – при образовании зон прожилкового и штокверкового оруденения. Поперечные разрывы выступают в роли ограничителей либо сместителей еще неминерализованных трещин. В первом случае число жильных тел, залегающих в разных боках поперечного разрыва (т.е. в смежных тектонических блоках), неодинаково. Необходимо также отметить длительную жизнь поперечных нарушений, в частности проявление нарушений послерудного возраста, смещающих не только жилы, но и контакты пород. Для зон прожилкового и штокверкового оруденения поперечные разрывы нередко выступают ограничителями рудных тел.

7. Рудные тела, приуроченные к разрывным нарушениям сложного строения, представлены морфологически разнообразными типами, нередко сменяющимися друг друга в зоне одного разрыва. За исключением плитообразных жил и прожилков, они не имеют четких геологических границ. Границы их определяются *опробованием*.

Развиты массивные тела, сложенные рудами выполнения (залечивающими разнообразными приоткрывшимися трещинные полости), и тела вкрапленных руд метасоматического генезиса. Наиболее сложное строение имеют зоны, в которых продольные жилы и прожилки сочетаются с гнездами и диагональными соединительными прожилками, а иногда и сериями зигзагообразно изогнутых скоплений руд, фиксирующих полости отслаивания в складках волочения. Телами наиболее простого внутреннего строения выступают выдержанные плитообразные жилы массивного облика различной мощности – от 10 м до прожилков в 10–20 см. Жилы характеризуются наличием редких, но мощных и протяженных апофиз, играющих роль самостоятельных рудных тел (нередко с более богатыми рудами по сравнению с главным телом). На верхних горизонтах апофизы с богатыми рудами отделяются от висячего бока жил (верхний пучок жил), а на нижних – от лежачего и являются менее мощными и золотоносными (нижний пучок). В связи с изложенным большинство рудных полей и месторождений отличаются проявлением в пределах одних рудоносных участков плитообразных жил, сочетающихся с зонами прожилков, а также зон прожилкового и штокверкового оруденения, залежей и зон вкрапленных руд. Нередко между жилами или прожилками отмечается вкрапленность сульфидов, содержащих золото. В результате жильные и прожилковые зоны иногда сменяются зонами прожилково-вкрапленного оруденения. Нередко четко проявлен литологический контроль оруденения – нарушенные слои туфогенных песчаников, прослои рассланцованных вулканитов, горизонты и слои карбонатно-кварцевых пород вмещают тела вкрапленных метасоматических руд, а филлиты, сланцы, песчаники – жильные тела руд выполнения.

206

Это дает основание некоторым исследователям причислять подобные рудные тела к стратиформным образованиям.

8. Необходимо отметить, что месторождения рассматриваемого типа характеризуются рудными телами, нередко имеющими очень большую постепенно изменяющуюся мощность (до 50 м). Распределение золота в них равномерное, содержания его не отличаются высокими значениями. Руды являются предельно бедными. Концентрация Au в рудных столбах в 1,5–3 раза выше, чем в рядовых рудах. Однако, наряду с предельно бедными, для некоторых месторождений среднего и крупного масштаба характерны очень богатые (по современным требованиям) руды, в которых содержания Au 20–40 г/т и более. Богатые руды отличаются повышенным содержанием брекчии вмещающих пород (нередко представляющей “разорванные”, нарушенные слои гидротермально измененного углистого алеволита, песчаника, графитизированного филлита и т.д.), более высокой концентрацией рудных минералов и разнообразием их видов. Брекчия, углистое вещество, скопления рудных минералов – “концентраторы” золотинок.

9. Для месторождений, использующих в качестве рудовмещающих разрывы региональных (или локальных) рудоконтролирующих нарушений (т.е. их отдельные элементы, которые, как правило, выполняются плитообразными жилами), типичен большой вертикальный размах оруденения, достигающий 2 км и более. Оруденение, в котором жильные тела сочетаются с прожилковыми, штокверковыми, а также зоны прожилково-вкрапленного и вкрапленного оруденения преимущественно характеризуются значительно меньшим вертикальным размахом от нескольких до многих сотен метров. Лишь на Хомстейке, как исключение, трубообразные залежи вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд проникают на глубину более 2,5 км от поверхности.

10. Руды отличаются очень простым составом. Они, как правило, малосульфидные (иногда и убогосульфидные), кварцевые, содержащие от 1 до 3 % рудных минералов. Карбонаты в рудах редки. Рудные минералы представлены ограниченным набором сульфидов – пиритом, пирротином, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, арсенипиритом. Из предшествующих им рудных минералов, как правило, наблюдается вольфрамит или шеелит. Оксиды Fe, сульфосоли, минералы Ag, Bi экзотичны. Большая часть золота – свободная, заключена в кварце, меньшая – в сульфидах: пирите, арсенипирите, халькопирите, иногда в сфалерите. Значительная доля золотинок (первые десятки процентов) в кварце имеет сравнительно крупный размер (более 0,5 мм), наблюдаются самородки.

11. Процесс минералообразования характеризуется малым количеством стадий (2–3). В раннюю стадию происходила кристаллизация основных объемов кварца (при температуре выше 300 °C). В результате форма и внутреннее строение рудного тела определялись до проявления сульфидов. Последние и золото, по мнению автора, кристаллизуются из относительно малых по объему порций растворов при сравнительно умеренной температуре – от 150 до 300 °C. Ранний кварц обычно пред-

ставлен несколькими генерациями. Концентратором золота выступает деформированный темно-серый и серый кварц, загрязненный реликтами углистого вещества и обломками вмещающих пород. Золото высокопробное (около 800–900). В существенно сульфидных телах оно выделяется в конце рудообразования, широко используя микротрещиноватость рудных минералов. Главным среди них иногда оказывается арсенопирит, что сильно затрудняет технологическую переработку руд.

12. Зоны околорудно-измененных пород маломощны (чаще от десятков сантиметров до первых метров). Наиболее характерны окварцевание и серицитизация, реже — хлоритизация песчаников и сланцев. Туфогенные породы, прослои рудовмещающих вулканитов подвергаются анкеритизации, в них возникают агрегаты кварца, карбонатов Mg — Fe, серицита (лиственитовые агрегаты).

## ГЛАВА VI

### МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННО-ВТОРОСТЕПЕННЫХ ТИПОВ

#### СКАРНОВО-ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Это наименее распространенные рудные объекты. Они составляют доли процента среди месторождений других геолого-промышленных типов. Сведений о добыче Au в несоциалистическом мире на сравнительно значительных месторождениях рассматриваемого типа в настоящее время в каких-либо информационных источниках не встречается. По оценкам [12,17], с определенной долей вероятности можно полагать, что в несоциалистическом мире из всех мелких скарново-золоторудных участков в сумме добывают несколько сотен килограмм Au в год.

Крупных объектов среди месторождений скарново-золоторудного типа не известно. Из недр наиболее значительного по запасам и полностью отработанного за период с 1904 по 1955 г. месторождения Никель Плейт (Канада, Британская Колумбия) было извлечено около 54 т Au. Второе место по запасам принадлежало месторождению Холдон в КНДР. Другие месторождения в этой стране — Суан, Сонхын имеют значительно меньшие запасы Au. В настоящее время основные запасы "скарнового" золота сосредоточены на месторождении Ити в Кот-д'Ивуар (19 т). Другие объекты (Кейбл и Элхорн в США, Заркашан в Афганистане и др.) относятся к мелким месторождениям.

Скарново-золоторудные объекты размещаются в золотоносных провинциях и зонах, пространственно совпадающих с эвгеосинклинальными поясами складчатых систем самого различного возраста — от  $PR_1$  до KZ. Оруденение проявляется среди терригенных и вулканогенно-терригенных толщ, карбонатных горизонтов и слоев, прорванных поздние и посторогенными интрузивными штоками от гранитоидного до габбро-диоритового состава. В редких случаях оруденение, как правило имею-

щее непромышленное значение, приурочено к контактам батолитоподобных массивов.

Важное значение для размещения оруденения имеют крупные рудо-контролирующие разломы, к которым на удалении от полей распространения карбонатных пород обычно пространственно тяготеют месторождения золота других типов. В результате скарново-золоторудные объекты соседствуют с месторождениями золота других типов. Локальные разломы, оперяющие рудоконтролирующие нарушения регионального значения, либо сами локализируют зоны и полосы скарнов и наложенные на них золоторудные тела, либо сопровождаются боковыми оперяющими трещинами, которые используют контакты карбонатных и алюмосиликатных пород, фиксирующиеся скарновыми залежами. Последние практически в девяти случаях из десяти выступают лишь рудовмещающей средой для золотого оруденения. Золоторудные тела не всегда приурочены к направлению скарновых зон. Нередко они пересекают их, размещаются обособленно на фланге месторождения. Образуются они в пироксеновых известковых, как правило, более железистых разностях скарнов, являющихся, видимо, сравнительно благоприятной средой для вкрапленных оксидных и сульфидных минералов, особенно тех, в состав которых входит железо. Изредка наблюдается как бы цементация массивными или густовкрапленными рудами брекчированного скарна. Золото распределяется крайне неравномерно и при значительном вертикальном развитии скарновых залежей чаще тяготеет к их верхним уровням. Наименее благоприятны для образования руд магнезиальные породы (доломиты, доломитизированные известняки, магнезиально-тальковые сланцы). Сформировавшиеся в них или на контакте с гранитоидами залежи магнезиальных скарнов вмещают мелкие гнезда непромышленных сульфидно-силикатных руд. Нередко в последних устанавливается боросиликатная минерализация. В качестве примеров промышленных месторождений рассмотрим Никель Плейт с характерными пирит-арсенопиритовыми рудами и Тсенксгивен (Филлипины) с рудами магнетит-теллуридно-сульфидного состава.

Геология месторождения *Никель Плейт* (Брит. Колумбия, Канада) изложена в трудах Д.А.Барра [13], В.Р.Бэкона в 1978 г., Дж.Лэмба, Дж.Б.Буша и К.Т.Вильямса в 1957 г. Локализовано оно на пологом (20°) западном крыле симметричной антиклинали. Крыло сложено мощной толщей известняков и подстилающих известковистых аргиллитов (с подчиненными туфами и кварцитами). Осадочные породы перекрывают поверхность выравнивания древних гранитоидов (рис.80).

На рудоносном участке известняки пересечены пучком разломов северо-западного простирания, большей частью падающими на ЮЗ. По ним произошел взброс юго-западных блоков пород (в том числе и гранитоидов) и соответственно погружение пород карбонатной и карбонатно-сланцевой формаций в приосевой части складки. Перемещения сопровождались образованием в осадочных толщах пологих приразломных складок, погружающихся на СЗ. Образование их завершилось введ-

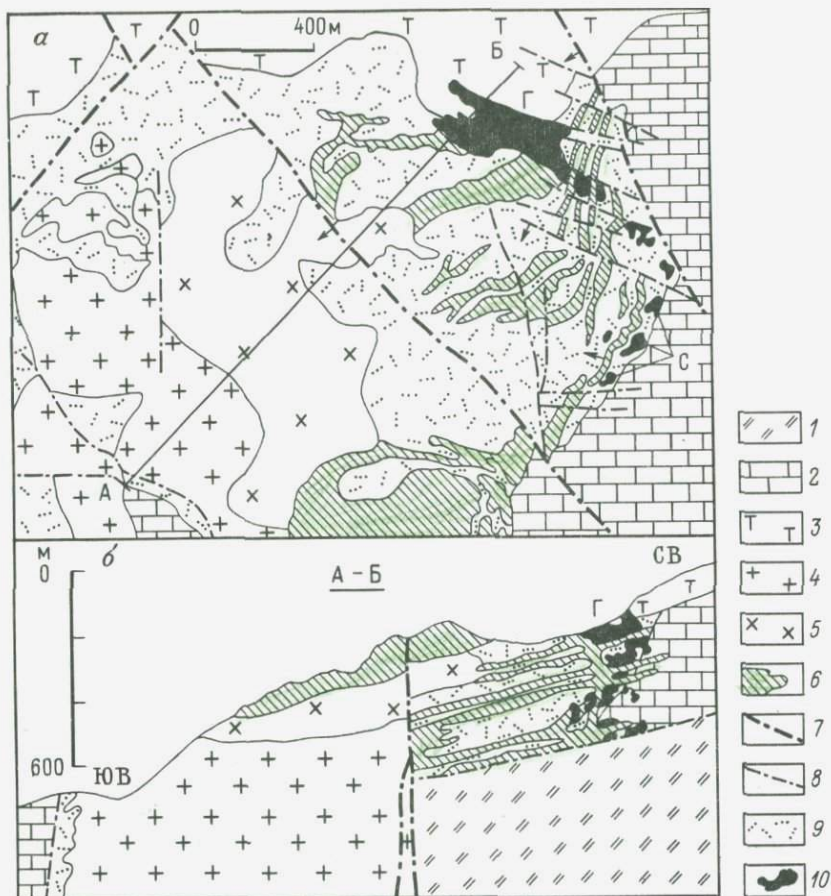


Рис.80. Схема (а) и разрез по линии А-Б (б) месторождения Никель Плейт. По Д.А.Барру, с некоторыми упрощениями.

Г – Главная залежь, С – залежи Саннисайд.

1 – аргиллиты с подчиненными туфами, кварцитами и известняками; 2 – известняки; 3 – туфы и туфобрекчии; 4 – гранодиориты; 5 – авгитовые диориты; 6 – габбро и кварцевые габбро; 7 – разломы; 8 – второстепенные разрывы; 9 – скарны; 10 – золоторудные залежи

рением серии силлов кварцевых габбро и габбродиоритов, а также авгитовых диоритов. В узле, представляющем собой тектонический контакт (по главному северо-западному разлому) древних гранодиоритов и толщи известняков, расслоенной силлами (наподобие "слоеного пирога"), произошло формирование пологой скарновой залежи. Проследиваясь вдоль разлома, она полого поднимается на СВ, следуя серии силлов, и постепенно переходит в окварцованные и, наконец, неизменные известняки. Примечательно, что скарнирование не охватило распрост-

раненные ниже известковые аргиллиты, отделенные от известняка межформационным надвигом. В скарнах, частично в окварцованных известняках локализовались три группы рудных тел, представленные золото-содержащей сульфидной вкрапленностью. Главное тело заключает 85 % запасов руды месторождения, однако с невысокими содержаниями золота. Две другие пространственно тяготеющие к нему рудные линзы значительно меньших размеров (см.рис.80) содержат золото, концентрация которого в 2,5 раза выше, чем в Главном теле. Главное тело также представляет собой пологую линзообразную залежь западно-северо-западного простириания, разветвляющуюся на флангах. Верхняя ее часть (в пироксеновых скарнах и окварцованных известняках) на глубине локализуется в окварцованных известняках (развитых в лежачем боку). Секущие ветви — апофизы рудного тела — проникают в слабо измененные известняки. Мощность золоторудного тела достигает 35 м, протяженность в плане 700 м и по падению 300 м. Границы промышленных руд довольно четкие, так как они приурочены к зонам расщепления и тектоническим трещинам.

Несколько уплотненных трубообразных рудных тел образуют группу Саннисайд (см.рис.80) и рудную "трубу" Морнинг. Они приурочены к плавно изогнутым киям и сводам приразломных складок и размещаются по контакту известняков и изогнутых силлов основных пород и диоритов. Рудные трубы полого ( $20-30^\circ$ ) погружаются на запад. Эти рудные тела сложены золоторудными сульфидно-карбонатно-кварцевыми прожилками. Некоторые из них выполняют трещины, рассекающие и скарнированные известняки и силлы, что указывает на наложенность более поздней золотой минерализации на скарновую залежь. Руды представлены довольно густой (от 10 до 50 %) вкрапленностью сульфидов, среди которых преобладает арсенопирит. Кроме него присутствуют пирит, сфалерит, халькопирит. Среднее содержание золота в руде 13,5 г/т.

*Месторождение Тсенксивен* расположено в юго-западной периферической части рудного поля Багио (Филиппины). Описано оно К.Дж. Каллоу в 1967 г., а также Л.Бринером в 1969 г. Разрабатывалось эпизодически, с начала 50-х до конца 60-х гг. Количество добытого Au оценивается в 8—10 т. Рудоносный участок приурочен к тектоническому субмеридиональному контакту штока постмиоценовых порфиридных диоритов, прорывающих известняки серии Зиг-Заг ( $N_1 - N_2$ ), а на глубине — подстилающие туфы и туфогенные сланцы ( $N_1$ ). Оруденение приурочено также к тектонически нарушенным контактам даек-апофиз диоритовых порфириров и в меньшей мере — к стратиграфической границе туфов и известняков (рис. 81). Вдоль некоторых разрывов западно-северо-западного простириания (совпадающих с ориентировкой даек-апофиз) в известняках развились трубообразные залежи густовкрапленных руд, погружающиеся в западном направлении под углом  $50^\circ$ , используя слоистость вмещающих пород.

Вдоль контакта диоритового штока скарны и оруденение прослеживаются более чем на 350 м. Оно имеет прерывистый характер и представлено цепочкой, в основном линзо-, трубо- и гнездообразных тел, преи-

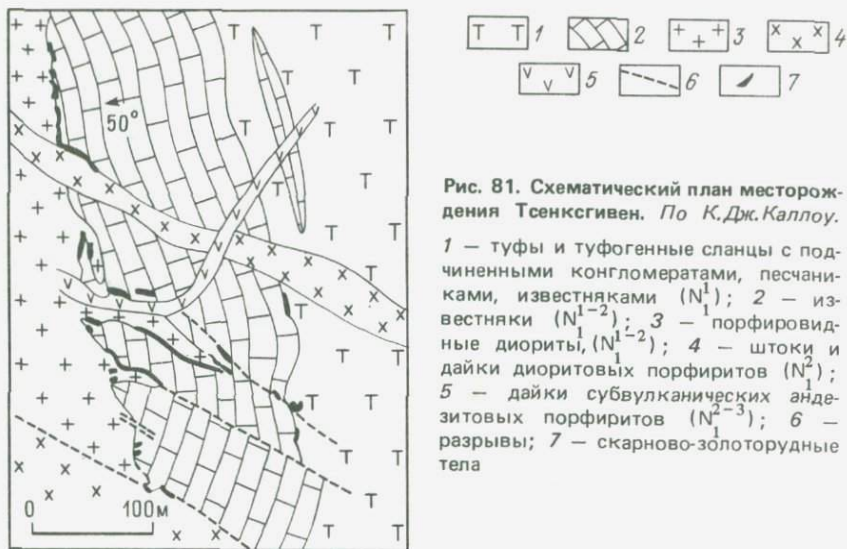


Рис. 81. Схематический план месторождения Тсенксигвен. По К.Дж.Каллоу.

1 — туфы и туфогенные сланцы с подчиненными конгломератами, песчаниками, известняками ( $N_1^{1-2}$ ); 2 — известняки ( $N_1^{1-2}$ ); 3 — порфириновые диориты, ( $N_1^{1-2}$ ); 4 — штоки и дайки диоритовых порфириров ( $N_2^2$ ); 5 — дайки субвулканических андезитовых порфириров ( $N_2^{2-3}$ ); 6 — разрывы; 7 — скарново-золоторудные тела

мощественно тяготеющих к субмеридиональным интервалам контакта штока и западно-северо-западным участкам контактов даек-апофиз. Размер скарново-золоторудных тел в плане от 5 x 3 до 70 x 10 м. Максимально разобщены и имеют минимальные параметры гнезда вдоль стратиграфической границы известняков и туфов, а также на северном и южном флангах контакта штока. По падению этого контакта скарново-золоторудные тела прослеживаются в виде разобщенных скоплений руд более чем на 150 м, при этом они пространственно тяготеют к наиболее крутым перегибам контактовой поверхности. Видимо, формирование скарнов происходило на фоне сбросо-сдвиговых (правосторонних в плане) перемещений вдоль этой поверхности.

Скарны диопсид-тремолитовые с эпидотом, везувианом, хлоритом (в известняках) и гранатом (в гранитах). Они метасоматически замещены массивными скоплениями магнетитовых и гематитовых руд с сульфидами — сфалеритом, пиритом, халькопиритом, галенитом и арсенипиритом, а также более редкими теллуридами: алтаитом, гесситом, петцитом, сильванитом. Массивные скопления по периферии сменяются ореолом вкрапленных руд, содержащих от 50 до 10 % рудных минералов. В 1965 г. содержание в рудах составило : Au 36 г/т, Ag 171 г/т (при соотношении Au: Ag= 1:5), Zn 12,1 %, Cu 0,6 % и Pb 0,36 %. Золото высокопробное, основная часть его заключена в пирите, в виде микропросечек, меньшая — связана с теллуридами. Очень редко золотишки наблюдаются среди минералов скарна. После 1965 г. и углубления эксплуатационных работ содержание Au в рудах резко упало, масштаб и мощности тел значительно сократились, они сменились главным образом мелкими спорадически локализованными гнездами.

На примере описываемого скарнового месторождения легко отмечаются специфические черты, присущие золото-серебряно-теллуридному оруденению крупнейшего по запасам рудного поля Багио. Особенно это касается проявления в рудах Тсенксгивена теллуридов и минералов Ag. Очевидно, несмотря на совершенно различную среду (скарны и известняки), состав руд претерпел небольшие изменения по сравнению с рудами Багио, кристаллизовавшимися в породах андезит-риолитовой формации. Вместе с тем изменилась морфология рудных тел (гнезда, линзы, трубы вместо ветвящихся жил), на порядок уменьшились их параметры и вертикальный размах оруденения, крайне изменчивым стало содержание благородных металлов, во много раз возросла сульфидность руд. Очевидно, природа золотоносных растворов была аналогична растворам золото-серебро-теллуридных объектов рудного поля Багио. Иные условия кристаллизации руд, иная среда обусловили формирование скарновых залежей, прерывистость золотого оруденения и малый масштаб месторождения.

## ВЫВОДЫ

1. Скарново-золоторудные месторождения характеризуются локализацией руд сравнительно небольшого масштаба на ограниченной территории в различных структурно-литологических ловушках.

2. Основная часть руд приурочена к непротяженным участкам тектонически нарушенных контактов штоков преимущественно габбрового, габбродиоритового и диоритового состава с горизонтами и толщами известково-карбонатных или терригенно-известково-карбонатных пород. Для локализации оруденения наиболее благоприятны участки, на которых штоки имеют прихотливо изогнутые контакты с небольшими "западниками" и "карнизами", нависающими над карбонатными породами. Образованию скарновых руд, кроме того, способствуют апофизы, отделяющиеся от штоков и проникающие в карбонатную среду, а также более поздние дорудные дайки обычно кислого и щелочного состава, рассекающие те и другие породы. Оруденению благоприятствуют древние по заложению разрывные нарушения, рассекающие тектонический контакт алюмосиликатных и карбонатных пород, а также смятие последних в экзоконтактной зоне в мелкие складки. Вдоль апофиз штоков, даек, в местах сочетания секущих и пластовых разрывов с перегибами карбонатных пород, в экзоконтакте интрузивов локализуются второстепенные секущие скарновые и золоторудные тела. Следовательно, образование скарново-золоторудных объектов подчиняется литологическим и структурным особенностям приконтактных участков.

3. Главные золоторудные тела приурочены к наиболее протяженным контактовым скарновым залежам, мощность которых прямо зависит от конфигурации контакта. Максимальна она в его тектонически нарушенных, смещенных и изогнутых участках, в местах сочленения апофиз и пересечения даек. Скарновые залежи прослеживаются непрерывно, но характеризуются различной интенсивностью развития скарновых минералов вдоль нарушенного участка контакта. Рудные тела представлены

прерывистыми контактными линзами, гнездами, реже столбообразными залежами, залегающими в гранат (гроссуляр-андрадит)-пироксеновых (диопсид-геденбергитовых) и амфиболовых (тремолитовых) скарнах. Рудные тела меньшего масштаба, локализованные в карбонатной экзоконтактной зоне интрузивов, приурочены преимущественно к амфибол-пироксеновым скарнам и представлены мелкими гнездами и короткими линзо- и трубообразными телами секущего, а частью пластового или комбинированного типов.

4. Рудные тела по всем параметрам намного меньше скарновых контактовых (биметасоматических) и секущих (и пластовых) залежей инфильтрационного типа. Обычно протяженность контактовых рудных тел десятки—первые сотни метров при мощности от 1 до 10 м и более. Параметры рудных гнезд значительно меньше — чаще 3—5 × × 7—10 м в плане и 10—20 м на глубину. Секущие золоторудные тела в залежах инфильтрационных скарнов преимущественно вытягиваются на первые десятки метров. Мощность золоторудных тел (чаще 1—5 м), как правило, изменяется скачкообразно, поэтому и непрерывно вытягивающиеся тела характеризуются резкими раздувами и пережимами.

5. Ориентировка золоторудных тел преимущественно совпадает с контактными залежами скарнов. В случае несовпадения золоторудные линзы и трубы частью проникают в окварцованные известняки, сменяющие экзоскарны. Руды иногда выступают в роли минерального вещества, цементирующего и замещающего брекчию скарна. Очевидно, золоторудные тела кристаллизовались после значительного перерыва, последовавшего за формированием скарновых залежей. Скарны играют роль вмещающей среды, проницаемой и благоприятной для проникновения поздних золотосодержащих растворов. Ориентировка залежей инфильтрационных экзоскарнов и золоторудных тел, как правило, совпадает.

6. Золоторудные тела преимущественно представлены массивными гнездами пирит-халькопирит-гематитовых и главным образом магнетитовых руд, сочетающихся с густо- и убоговкрапленными скоплениями сульфидных и сульфосольно-сульфидных руд. Менее обычно проявление густовкрапленных пирит-арсенопиритовых руд. Контакты вкрапленных тел сравнительно резкие. Оксидные и сульфидно-оксидные руды, как правило, развиваются, замещая пироксены Ca и Fe, амфиболы Ca, эпидот и везувиан, а сульфиды и подчиненные сульфосоли откладываются, замещая ранние магнетит, гематит, пирит, халькопирит и перечисленные алюмосиликаты и силикаты. Иногда вдоль границ золоторудных тел (особенно секущих) устанавливается лиственизация скарнов и образование в них карбонатов Mg—Fe, талька, пирофиллита, мусковита, кварца.

7. Золото чаще парагенетически тесно связано с сульфидами и сульфосолями Cu и образует в них микропросечки протяженностью в десятки микрометров. Наряду с ним распространены очень мелкие золотишки изометричных очертаний (первые мкм), а с пирит-арсенопиритовыми рудами — тонкодисперсное золото. Распределение содержания Au в рудах обычно не поддается прогнозированию. Оно может быть высоким (до 40 г/т) и низким, причем нередко максимальным в пережимах рудных

тел. Это, видимо, объясняется его крайне неравномерным распределением, нередко не подчиняющимся геолого-минералогическим особенностям. Рудные тела, наблюдаемые на одном уровне скарновой залежи, редко прослеживаются на ее нижние горизонты или фланги. Характерен малый вертикальный размах оруденения, составляющий первые сотни метров, резкое, скачкообразное снижение содержания Au с глубиной.

#### МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ЛОКАЛИЗОВАННЫЕ В ЗОНАХ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ЭКЗО- И ЭНДОКОНТАКТОВ ГРАНИТОИДНЫХ И ГРАНИТО-ГНЕЙСОВЫХ МАССИВОВ

Тей  
и, з-

Рассматриваемый тип месторождений довольно широко распространен в капиталистических и развивающихся странах. К нему принадлежат шесть крупных золоторудных полей и месторождений, в том числе два с запасами более 200 т Au (Маунт-Морган в Австралии и Грасс-Валли в США) и четыре с запасами от 100 до 200 т (Сентрал-Сити — Айдахо-Спрингс в США, Глоб-Феникс в Зимбабве, Чартерс-Тауэрс в Австралии, Высокий Тауэрс в Австрии). Рудные поля приурочены к эвгеосинклинальным зонам складчатых систем и тектономагматически активизированным срединным массивам и выступам фундамента платформ различного возраста. В частности, они известны в прибортовых частях некоторых архейских зеленосланцевых поясов, в областях развития батолитоподобных массивов и крупных штоков в протерозойских и герцинских, а также мезозойских и альпийских складчатых системах.

По особенностям геологической позиции анализируемые рудные объекты напоминают месторождения второго важного геолого-промышленного типа, приуроченного к хрупким геологическим образованиям. Они тяготеют к определенному геологическому элементу — зоне деформированного контакта. Характерно, что деформации подвергается обычно не вся полоса прямолинейно вытягивающегося контакта, а участок с неровными изогнутыми границами. При этом наиболее протяженные разрывные нарушения, как правило, не сопровождаются оруденением, а имеют секущее положение по отношению к линии контакта. Некоторые из них выполняют роль рудоконтролирующих разрывов. В экзо- и эндоконтактной зоне к ним примыкают многочисленные золоторудные тела, а по удалении от контакта вдоль них размещаются другие рудоносные участки, как правило, меньшего масштаба. Таким образом, максимальной концентрации оруденение достигает как бы в узле пересечения контакта гранитоидного или гранито-гнейсового массива рудоконтролирующим разломом.

Средой, вмещающей гранитоидные массивы, в складчатых системах служат слоистые толщи, контрастно отличающиеся от них прочностными свойствами. Они представлены расланцованными вулканитами основного и андезитового состава, хлоритовыми и амфиболовыми сланцами, серпентинитами, кварц-серицитовыми сланцами и серицит-хлоритовыми филлитами, терригенными и карбонатно-терригенными толщами, т.е. породами, пластичными по сравнению с гранитоидами или гранито-гней-

сами. Иногда минерализации подвергаются породы, заключенные в крупных останцах (в поперечнике до 8 км), сохранившихся в кровле гранитоидных или гранито-гнейсовых массивов. Останцы могут быть представлены как терригенными, так и кристаллическими породами. Подобная обстановка чаще наблюдается в активизированных срединных массивах и выступах фундамента платформ.

В связи с обычным проявлением рудовмещающей среды, богатой кремнеземом, на месторождениях преимущественно развиты жильные тела с рудами выполнения, хотя параллельно с ними иногда устанавливаются и залежи метасоматической сульфидной вкрапленности. Как правило, образуются они чаще не в гранитоидной среде, а в примыкающих к ней блоках вулканитов, амфиболитов или даже терригенно-карбонатных пород.

Широкое проявление разрывных нарушений, по мнению автора, обуславливает две другие характерные черты рассматриваемых золоторудных полей: это, во-первых, их блоковое строение и чередование продуктивных оруденелых блоков со слабо минерализованными и, во-вторых, зональное проявление минерализации. Как правило, ранняя — концентрируется в центральных блоках рудного поля, а более поздняя (в том числе и продуктивная золотоносная) — “поражает” его периферические части.

*Рудные поля Грасс-Валли и Невада-Сити.* Они образуют узел, расположенный в западной части штата Невада, США. По подсчетам С.Д.Шера [10], из недр его извлечено 324 т Au, при этом для Грасс-Валли и Невада-Сити оно относится примерно как 5 : 1 (270 и 54 т). Последний раз эксплуатационные работы на руднике Грасс-Валли велись в 1957 г., поэтому описание месторождений приводится как по материалам С.Д.Шера [10] и В.В.Кларка [18], так и по более ранним трудам В.Д.Джонстона, К.А.Логана и Р.Фармина, опубликованным в 1930—1941 гг.

Рудный узел расположен в пределах Калифорнийско-Колорадского сегмента складчатого пояса Центральных Кордильер (MZ), среди смятых в линейные складки вулканогенно-терригенных пород (PZ). Они прорваны крупнейшим гранитным батолитом Сьерра-Невада и сравнительно мелкими сателитами. К ним приурочены рудные поля Грасс-Валли и Невада-Сити.

На рудном поле Грасс-Валли оруденение размещено вдоль апикальной части гранодиоритового массива, вытянутого с севера на юг на 8 км. Массив прорывает филлитовидные, хлоритовые и амфиболовые сланцы PZ. Эти породы представляют собой результат метаморфизма довольно мощной (видимо, не менее 2 км) толщи андезитов, диабазов и диабазовых порфиритов, которая вмещает крупные согласные тела серпентинитов линзообразной формы, а также габбро и диориты. Оруденение связано с восточным контактом массива, который пересечен крутопадающей зоной расщепления субмеридионального направления. В северном направлении она разделяется на ряд ветвей, которые деформируют погруженную контактовую полосу массива и вмещающие его сланцы и серпентиниты. Видимо, важное значение имеет серия крутопадающих

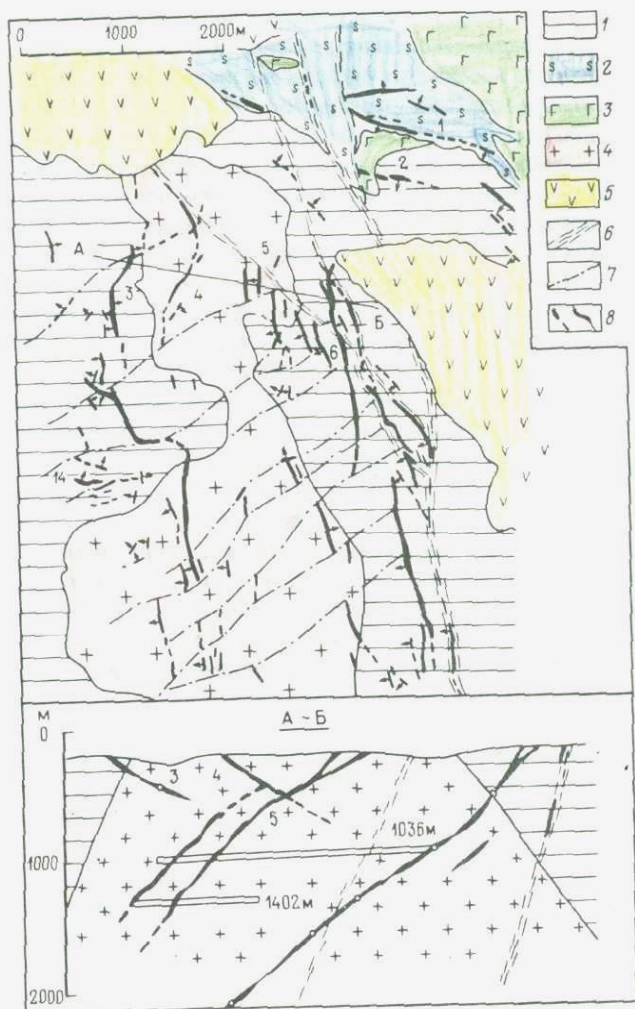


Рис.82. Геологическая схема (а) и разрез А-Б (б) через рудное поле Грасс-Валли. По В.Д.Джонстону и Дж.Б.Нобелю.

1 — глинисто-сланцевые, хлоритовые и амфиболовые сланцы (С); 2 — серпентиниты (С); 3 — габбро и диориты (МЗ); 4 — гранодиориты (МЗ); 5 — молодые андезиты и их пирокласты (N); 6 — зоны расланцевания, намеченные по косвенным геологическим данным; 7 — поперечные разрывы ("кроссинги"); 8 — золотокварцевые жилы, в том числе главные: 1 — Мэрилленд, 2 — Саут Айдахо, 3 — Роки Бар, 4 — Дромадер, 5 — Пенсильвания, 6 — Эмпайр

разрывов восточно-северо-восточного простирания, названных В.Д.Джонстоном "кроссингами". Они в поперечном направлении пересекают гранодиоритовый массив и, по-видимому, ограничиваются, упираясь в поверхность северо-западной ветви зоны расланцевания (рис. 82). Кроссинги намечены на площади по совпадению с их направлением некоторых

золоторудных жил, а также по положению фланговых ограничений последних. Кроссинги образуют довольно равномерно развитую систему разрывов, пересекающую массив от одного контакта до другого. Р.Фармин установил развитие вдоль них даек диабазов, а также приуроченность к ним золоторудных прожилков и даже жил.

Кратко охарактеризованная система нарушений, осложняющая контактовую зону гранодиоритового массива, контролирует развитие рудных тел, которые представлены золото-кварцевыми жилами плитообразной формы. Различают три группы рудных жил: 1) выдержанные, наиболее протяженные (до 2 км) плитообразные, мощностью 0,3–3,5 м, субмеридионального простирания с пологим (35–45°) падением на запад, которые размещаются вдоль восточного экзо- и эндоконтакта гранодиоритового массива; 2) меньшей протяженности (от 200 до 1000 м) меридионального, субширотного, северо-западного и восточно-северо-восточного простирания (с преимущественным падением в западные и северные румбы), локализованные вдоль деформированной полосы западного экзо- и эндоконтакта массива; 3) субширотного простирания (чаще 400–1500 м), с преимущественным падением на юг, расположенные вблизи северо-восточного погружения массива, в серпентинитах и на контакте их с габбро и сланцами. Жилы первой группы связаны с зоной рассланцевания, пересекающей сланцы восточного экзоконтакта гранитоидного массива. Они выполняют оперяющие трещины скола (так называемой первой системы), сочленяющиеся с перегибами зоны рассланцевания или перегибами ее ветвей. Жилы второй группы используют самостоятельно развившиеся трещины различных направлений, ограничиваются по простиранию крутопадающими слабо минерализованными разрывами и кроссингами. Жилы третьей группы залегают в лежащем боку зоны рассланцевания и фиксируют вторую систему сочленяющихся с ней оперяющих трещин скола.

Жилы первой и третьей групп прослеживаются на значительное расстояние на поверхности, отличаются большой протяженностью на глубину (см. рис. 82). Так, жила Пенсильвания отрабатывалась от поверхности на протяжении 1800–2000 м по падению (до глубины около 1000 м), а жила Эмпайр — 3350 м по падению (до глубины 1800 м).

Среднее содержание Au в рудах изменяется от 8 до 15 г/т. Распределено оно неравномерно. Разрабатываются обычно рудные столбы, большая часть которых размещается в местах пересечения жил слабо минерализованными кроссингами, а также на перегибах трещин и выполняющих их жил. Руды преимущественно имеют брекчиевую текстуру. Жильный кварц переполнен остроугольными, а частично изометричными, округлыми, замещенными по краям тектоническими обломками. Э.Хоув в работе 1924 г. высказал мысль о том, что в некоторых участках жил брекчия не перемещалась и не была дезориентирована, т.е. внутрирудные движения представляли сдвига-раздвиги<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> По-видимому, субмеридиональные разрывы — левосторонние, а субширотные — правосторонние сдвига-раздвиги.

В жильном кварце содержатся кальцит и анкерит, сульфидов насчитывается не более 2–4 %. Главный среди них – пирит. Ему подчинены сфалерит, халькопирит, галенит, пирротин, более редкий арсенопирит. В виде единичных находок упоминаются теллуриды. Золото заключено в кварце и ассоциирует с галенитом. В нескольких жилах обнаружен ранний шеелит. Жилы сопровождаются узкими ореолами серицитизированных, анкеритизированных и пиритизированных гранодиоритов. В хлоритовых и амфиболовых сланцах вокруг жил установлены также ореолы лиственитов (представленных агрегатами кварца, анкерита, серицита).

Рудное поле Невада-Сити расположено в 4–5 км на СВ от Грасс-Валли. Оно приурочено к тектонически нарушенному перегибу контакта крупного гранодиоритового массива (MZ), который изменяет субширотное простирание на северо-западное. Вдоль контакта массива прослеживается прорываемая им полоса глинистых и слюдисто-глинистых сланцев с подчиненными кварцитами (С). Сланцы отделяют гранитоиды от расположенных южнее хлоритовых и амфиболовых сланцев (PZ), содержащих крупные линзы (0,5 x 3 км) серпентинитов (рис. 83). Во многих местах породы перекрыты тонкими покровами андезитов и риолитов (Р).

В связи с тем, что полоса сланцев сыграла роль своеобразной "смазочной прокладки" (сминавшейся пластично), хрупкой деформации подвергся южный эндоконтакт гранодиоритового массива. Здесь возникла основная часть трещин и золоторудных жил. Особенно деформирован изогнутый и прослеживающийся на СЗ участок контакта. От него и от разрывов, субпараллельных тектоническому контакту массива, отделяется несколько сколовых нарушений северо-западного простирания. Некоторые из них вмещают протяженные жилы (Чемпион, Невада-Сити, Спениш и др.), а с другими слабо минерализованными сочленяется серия субмеридиональных север-северо-восточных жил (Маунтинизер, Калифорния и др.). Максимальная протяженность их достигает 2 км, мощность 0,3–1,5 м (в раздувах до 5 м). В центральной части жил наблюдаются полости, выстланные кристаллами кварца и пирита. На глубину жила Чемпион была прослежена на 850 м.

В восточной части поля от перегиба тектонического контакта в гранодиориты прослеживается несколько пучков разрывов северо-западного – северо-северо-западного простирания. Между ними развилась другая группа непротяженных (200–500 м) широтных жил. С юга с перегибом контакта сочленяется крупное сколовое нарушение, вмещающее жилу Лава Кэп (см. рис. 83). Это одна из протяженных (около 1,5 км) и мощных (3–5 м) жил рудного поля, давшая четвертую часть золота. Руды и околорудные метасоматиты по составу аналогичны описанным для Грасс-Валли.

*Рудное поле Глоб-Феникс.* Оно приурочено к восточной прибортовой части архейского зеленосланцевого пояса Мидленд (Зимбабве), который развился среди купольно-гнейсовых структур Зимбабвийско-Танзанийского щита Африканского континента. Рудное поле детально описывалось А.М.Мак-Грегором в 1937 и 1947 гг., И.Гольдбергом в 1957 и

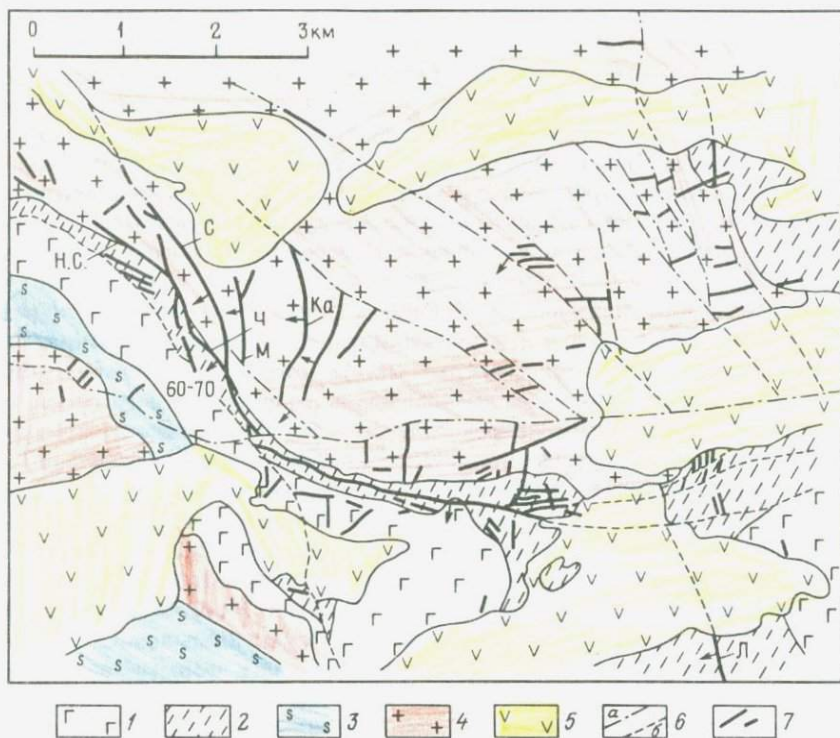


Рис.83. Схема рудного поля Невада-Сити. По В.Линдгрёну и К.А.Логану.

1 — хлоритовые и амфиболовые сланцы (С); 2 — глинистые и слюдяные сланцы, кварциты (С—Р); 3 — серпентиниты (С—Р); 4 — гранодиориты (МЗ); 5 — молодые андезиты и риолиты (N); 6 — разломы: а — намеченные по косвенным геоморфолого-геологическим данным, б — предполагаемые; 7 — золото-кварцевые жилы, в том числе главные: С — Спениш, НС — Невада-Сити, Ч — Чемпион, М — Маунтайнер, Ка — Калифорния, Л — Лава Кэп

1962 г., Н.М.Гаррисоном в 1970 г., К.В.Стоувом [44] и С.Д.Шером [10]. Настоящий очерк составлен с использованием всех перечисленных работ. С 1898 по 1965 г. на рудном поле добыто 146 т Au. В связи с последующим резким сокращением добычи считается, что к концу 1986 г. она в сумме составила больше 155 т. Оставшиеся запасы — 15 т [12].

Рудное поле приурочено к приконтактной полосе гранито-гнейсов ( $AR_0$ ) и более молодых магнетитовых и тальковых сланцев, мраморов и серпентинитов ( $AR_1$ ). Более удаленные от контакта рассланцованные амфибол-хлоритовые сланцы (метаандезито-базальты) с горизонтами кварцитов не подверглись оруденению. Контакт гранито-гнейсов образует дугу, слабо выгнутую на ЮЗ (рис.84). На участках северо-западного простиранья контакт тектонически осложнен протяженными субпараллельными разрывами и секущим разломом северо-восточного направления. В процессе минерализации все эти разрывы выступали в роли локаль-

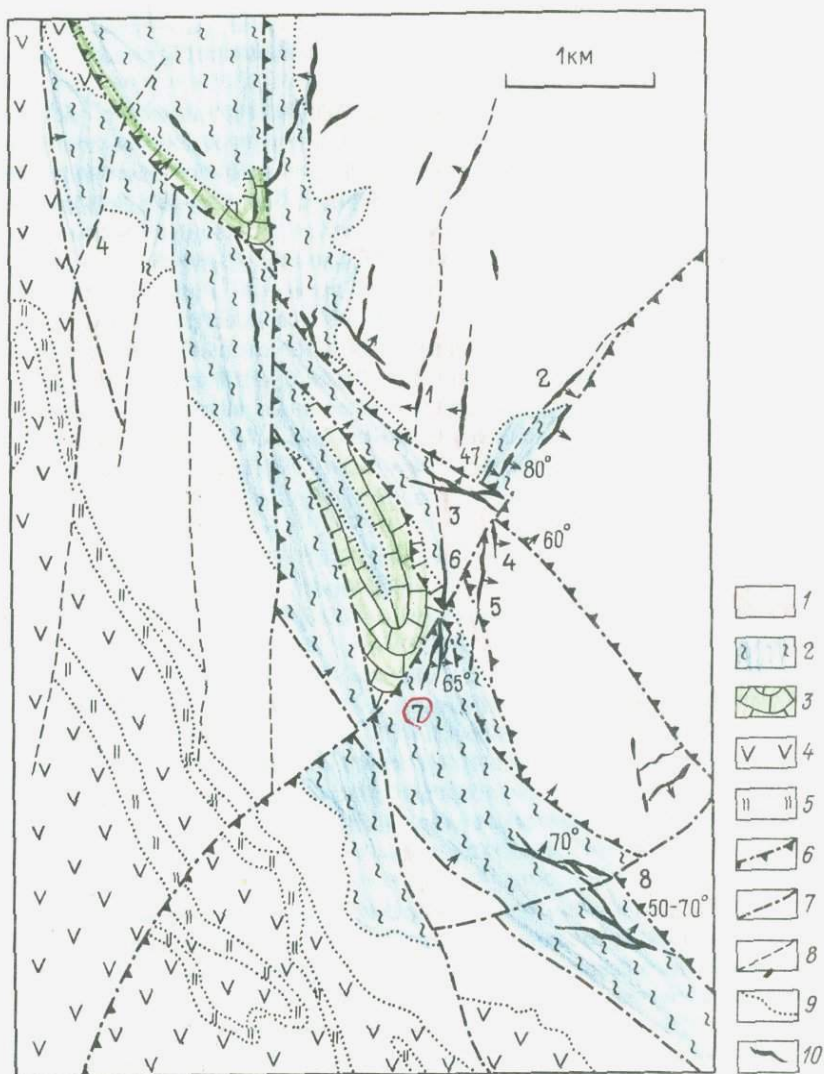


Рис.84. Геолого-структурная схема рудного поля Глоб-Феникс. По А.М.Мак-Грегору, К.В.Стоуву, с некоторыми изменениями.

1 — гранодиориты, гранито-гнейсы ( $AR_0$ ); 2 — серпентиниты ( $AR_1$ ); 3 — магнетитовые, тальковые сланцы, мраморы ( $AR_1$ ); 4 — метаандезито-базальты ( $AR_1$ ); 5 — джеспелиты ( $AR_1$ ); 6 — рудоконтролирующие зоны расланцевания; 7 — прочие разрывы; 8 — предполагаемые разрывы; 9 — контакты; 10 — жильные золоторудные тела; главные рудоносные участки: 1 — Примроуз Скелетен, 2 — Мэри Дрим, 3 — Глоб, 4 — Джон Булл, 5 — Феникс, 6 — Феникс Параллельный, 7 — Джуно, 8 — Гейка

ных рудоконтролирующих нарушений. Севернее, в экзоконтактовой зоне субмеридионального участка гранито-гнейсов прослеживается другой рудоконтролирующий разрыв.

На рудном поле представлены три группы рудоносных разрывов и жил. В центре, в узле сочленения контакта и пересекающих его рудоконтролирующих нарушений северо-западного и северо-восточного простираний, сочленяясь с разрывом последнего направления, сформировались оперяющие субмеридиональные сколы и мощные жильные тела месторождений Феникс, Параллельный Феникс, Джон Бул и Джуно. В лежачем боку тектонического контакта возникли жилы месторождения Глоб (см.рис.84). Рудные тела перечисленных месторождений развиты главным образом в гранито-гнейсах. Лишь некоторые из них заключены в магнезиальных сланцах и мраморах. Здесь они образуют сложные морфологически и по строению довольно мощные ветвящиеся тела жильно-образной формы с многочисленными апофизами, окруженные ореолом сульфидной золотоносной вкрапленности. Апофизы располагаются висячем боку. Жилы метасоматического генезиса. С глубиной они проникают в гранито-гнейсы.

В гранито-гнейсах на всех рудоносных участках обособились жилы плитообразной формы. Они сложены рудами выполнения и погружаются на большую глубину. Еще в начале 60-х гг. эксплуатация велась на глубине 1500 м, позднее на 1600—1700 м от поверхности.

Начиная от поверхности до глубины 700 м, жилы в гранито-гнейсах отличались высоким содержанием Au. С.Д.Шер упоминает, что до 1932 г. оно не опускалось ниже 30 г/т. Глубже отмечается существенное снижение концентрации золота. На глубине ниже 1000—1200 м оно не превышало 15,4 г/т. И.Гольдбергом описан четко проявленный эффект экранирования руд в участках жил, расположенных под пересекаемыми ими дайками кератофинов. Содержание Au поднималось здесь до 90 г/т и выше.

Вторая группа жильных тел прослежена на месторождении Гейка. Здесь они локализованы только в магнезиально-тальковых сланцах и размещаются в ветвящихся сколах северо-западного простирания, оперяющих тектонически нарушенный контакт гранито-гнейсов. Морфологически и по простиранию они либо аналогичны ранее описанным жильнообразным телам месторождений Джуно и Феникс, либо представлены линейными штокверками. Содержание золота в рудах низкое. Третья группа мелких и маломощных жильных тел проявлена в экзо- и эндоконтакте северного участка гранито-гнейсов. Они локализованы в различно ориентированных сколах, оперяющих локальные рудоконтролирующие разломы меридионального и северо-западного простирания, осложняющие контакт массива.

Руды кристаллизовались в несколько стадий. В ранние произошло окварцевание пород и образование в них выделений кальцита и вкрапленности пирита и арсенопирита, а также леллингита, скутеродита, пирротина. После дробления ранних агрегатов в средние стадии возникает белый кварц и кристаллизуются сульфиды — борнит, сфалерит, халько-

пирит, галенит, тетраэдрит, бурнонит, буланжерит, джемсонит, калаверит и золото. Заканчивается процесс минерализации образованием дымчатого и серовато-белого кварца, бертьерита, гудмундита и обильного антимонита. Золото кристаллизуется одновременно с минералами Sb. В небольших количествах, видимо, оно также выделяется совместно с арсенопиритом и тетраэдритом средних стадий минерализации. На некоторых месторождениях наблюдается вертикальная минеральная зональность. Так, на верхних уровнях Глоб-Феникса широко проявлен джемсонит. В 400 м ниже поверхности его сменяют тетраэдрит, бурнонит и антимонит, а глубже 1000 м — минералы Pb — галенит и буланжерит. Для центральной части рудного поля наиболее характерны широкое развитие минералов Sb и "ослабление" их на флангах. Резко возрастает роль пирит-арсенопиритового минерального комплекса на севере рудного поля.

*Рудное поле Централ-Сити — Айдахо-Спрингс.* Оно расположено в северо-западной части рудного пояса Колорадо (США) Au, Au—Ag, Ag—Pb—Zn и Mo—W минерализации. По публикациям К.М.Райса и др. в 1982 г. и С.Д.Шера [10], за период основной эксплуатации (1859 — 1914 гг.) из руд было извлечено 186 т Au. Месторождение сильно истощено. При описании геологии рудного поля использованы также материалы П.К.Симса, Р.Г.Мознча, А.А.Дрейка, Е.В.Тукера, Т.С.Ловеринга и Е.Н.Годдарда, опубликованные в 1978, 1966, 1963 и 1950 гг.

Колорадский рудный пояс совпадает с северо-восточной зоной тектоно-магматической активизации, охватившей в ларамийское время складчатый выступ фундамента Северо-Американской платформы. Оруденение размещается в своеобразном острнце мусковитовых сланцев (рЕ), переслаивающихся с подчиненными гнейсами. Останец заключен среди менее интенсивно оруденелых биотит-плагиоклазовых гранито-гнейсов, от которых он отделен рядом крупных разломов северо-восточного и северо-западного — западно-северо-западного направлений. Главное рудоконтролирующее значение среди них имеет так называемая Зона рассланцевания, которая пересекает породы рудного поля с ЮЗ на СВ и круто падает на СЗ. Северо-восточный фланг ее оперяется разломами Файрфилд и Дори-Хилл, вытянутыми на северо-северо-восток и содержащими отдельные непротяженные жилы. Вдоль зоны рассланцевания и оперяющих разломов прослеживается золото-пирит-кварцевая, серебряная пирит-теллуровая и Zn — Pb, а также энаргит-флюоритовая и урановая минерализация (рис.85).

Разломы поперечного направления (с СВ на ЮЗ: Блэкхаук, Флойд-Хилл, Центральный, Южный и др.) обуславливают блоковое строение рудного поля и чередование рудоносных (с жилами самого разнообразного состава) и менее оруденелых блоков (главным образом с золотоносными жилами Ag — Pb и сереброносными жилами пирит-теллуровых руд). Все разломы древнего заложения. Зоны поперечных нарушений использованы ларамийскими интрузивными образованиями — наиболее ранними дайками гранодиорит-порфировой группы, сформированными вслед за ними сиенитовыми, монцонитовыми, гранит-порфиоровыми и

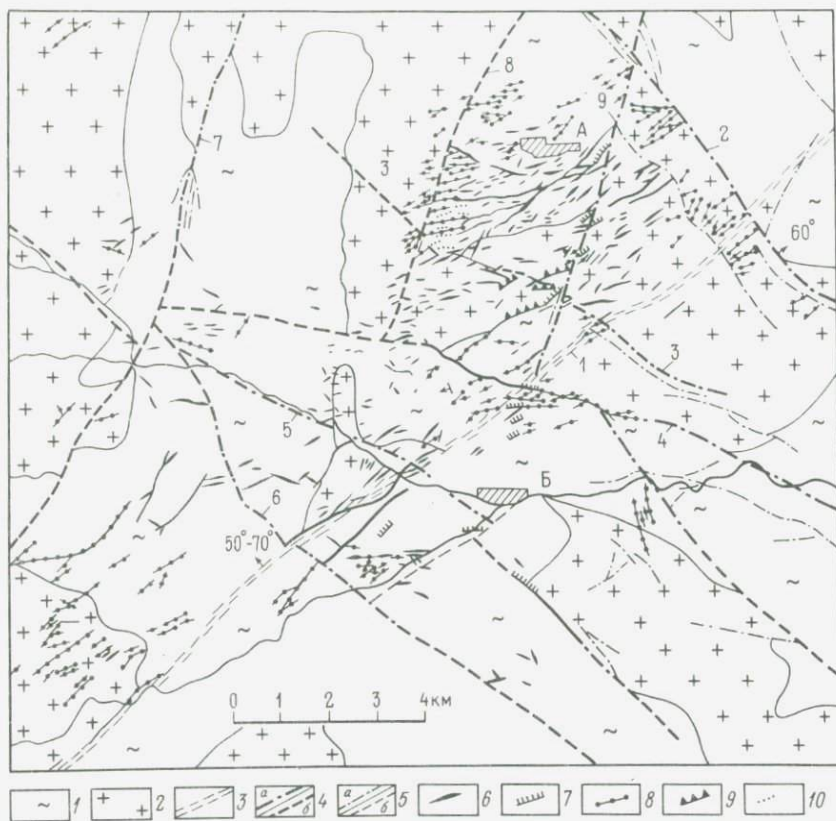


Рис.85. Схема геологического строения золоторудного поля Централ-Сити — Айдахо-Спрингс. По Т.С.Ловерингу и Е.Н.Годдарду.

Разломы: 1 — Зона рассланцевания, 2 — Блэкхаук, 3 — Флойд Хилл, 4 — Центральный, 5 — Айдахо-Спрингс, 6 — Южный, 7 — Апекс, 8 — Файрфилд, 9 — Дори-Хилл; города: А-Сентрал-Сити, Б-Айдахо-Спрингс.

1 — кристаллические сланцы (рС); 2 — гранито-гнейсы (рС); 3 — докембрийские рудоконтролирующие зоны рассланцевания; сбросы: 4 — главные: а — прослеженные, б — предполагаемые; 5 — непротяженные: а — прослеженные, б — предполагаемые; 6 — золотоносные пирит-кварцевые жилы; 7 — золотоносные пирит-теллуридно-кварцевые жилы; 8 — сереброносные галенит-сфалеритовые жилы; 9 — энаргит-флюоритовые жилы; 10 — жилы с уранинитом

аляскитовыми, а затем бостонитовыми и, наконец, послерудными кварц-латитовыми дайками и дайкообразными телами. Штоки и дайки гранодиоритов, сиенитов и монцонитов проявлены также и в Зоне рассланцевания. Бостонитовые дайки пересекают оперяющие разломы северо-северо-восточного простирания.

Северо-восточной границей рудного поля служит разлом Блэкхаук, который ограничивает несколько десятков Ag—Zn—Pb жил (см.рис.85).

Юго-западная граница менее четкая. За Южным сбросом золоторудные пирит-кварцевые жилы сменяются жилами  $Au-Zn-Pb$ , а затем  $Ag-Zn-Pb$  руд, которые постепенно затухают на флангах рудного поля. Западной и юго-восточной границами оруденения являются тела гранито-гнейсов, ограниченные зоной рассланцевания и разломами Апекс и Файрфилд. В целом оруденение значительно слабее проявилось в выступах гранито-гнейсов, как бы окружающих рудоносную площадь.

Наиболее насыщен золоторудными жилами северо-западный тектонический блок рудного поля, который заключен между оперяющими разломами Файрфилд и Дори-Хилл. Северная и центральная части блока представлены кристаллическими сланцами, южная — преобладающими гранито-гнейсами. Он пересечен редкой системой даек восточно-северо-восточного простирания, частью проникающих за разлом Дори-Хилл в другой клиновидный блок (см.рис.85). Последний сложен гранито-гнейсами и ограничен с ЮВ зоной рассланцевания. Рудоносный блок, заключенный между нарушениями Файрфилд и Дори-Хилл, имеет размеры 3 x 7 км. От одного нарушения до другого в нем прослеживается система многочисленных субпараллельных жил, расположенных на расстоянии 50—100 м, а иногда 10—20 м одна от другой (см.рис.85). Жилы залечивают трещины скола, унаследующие направления предшествующих им даек (которые развились, исходя из их морфологии, в более ранних трещинах отрывного типа).

В работе, опубликованной в 1963 г., П.К.Симс, А.А.Дрейк и Э.В.Тукер выдвинули идею проявления на рудном поле минеральной зональности горизонтально-центробежного типа. Согласно представлениям авторов, стержнем рудного поля является полоса золотого пирит-кварцевого оруденения, протягивающаяся с ЮЗ на СВ через все рудное поле. Подчеркнем, что в этой полосе, а также и в других зонах поля рудные жилы ориентированы в поперечном направлении. Стержневая полоса как бы окаймляется промежуточной зоной сульфидно-кварцевых жил с пиритом, сульфидами  $Pb$ ,  $Zn$ ,  $Cu$  и  $Au$ . В периферической зоне преобладают жилы  $Ag-Zn-Pb$  руд с карбонатами, баритом и флюоритом.

Однако внимательный анализ размещения оруденения свидетельствует о наличии зональности более сложного типа.

В рассматриваемом северо-западном блоке рудного поля, примерно в центральной части его заключена изометричная область безрудных ("незолотоносных") пирит-кварцевых жил (см.рис.85). С запада, севера и северо-востока она действительно окаймляется золотоносной зоной пирит-халькопирит-кварцевых и полиметаллических жил. В узле сочленения разломов Файрфилд и Флойд-Хилл (на юго-западе блока) в некоторых жилах появляется уранинит. Аналогичные жилы сложного состава сформировались вдоль восточной границы блока, где в их составе появляются самородное серебро и теллуриды. Нетрудно убедиться, что сложный состав жил, обособление в них ассоциации сульфидов  $Pb$ ,  $Zn$  и  $Cu$  пространственно связано с блокоразделяющим разломом Файрфилд и обусловлено поступлением растворов в зону этого нарушения. Развитие уранинита связано с разломом Флойд-Хилл, самородного  $Ag$ ,

теллуридов, энургита и флюорита — с разломом Дори-Хилл (см.рис.85). В блоке образовались жилы нескольких направлений. На рис. 85 четко видно, что главными направлениями для сколовых трещин и жил были северо-восточное (жилы Джеттисбург и Бэйтс) и субширотное (Вуд и Хартфорд). Вмещающие их трещины выступают оперяющими сколами блокоразделяющих разломов. В свою очередь, от трещин и жил обоих главных направлений отделяется система резко преобладающих сколов восточно-северо-восточного простирания и рудных жил. Таким образом, эти сколы — оперяющие нарушения четвертого порядка по отношению к Зоне расщепления (разрыву первого порядка) и оперяющим его разломам Дори-Хилл и Файрфилд (второго порядка). Жилы восточно-северо-восточного простирания одни из наиболее протяженных (например, Калифорния-Гарднер и сменяющая ее Меммос — 3,8 км). Отмечаются также прожилки длиной 20—30 м.

Морфология жил зависит от состава вмещающих пород. В расщепленных кристаллических сланцах — сложные ветвящиеся жилы со сравнительно мощной стволовой частью. Мощность жил — первые метры, увеличивается в раздувах до 12 м. В массивных докембрийских гранито-гнейсах и ларамийских гранодиоритовых штоках развиты менее мощные (доли — первые метры) жилы плитообразной формы. Установлено также несколько штокообразных тел оруденелых тектонических брекчий. Главное из них Пэтч. Размер его в плане максимально 120 x 220 м. На глубину рудный шток прослежен на 480 м. Он сложен угловатыми обломками гранито-гнейсов, сцементированных агрегатом кварца, пирита, халькопирита, теннантита, золотом. Брекчиевое тело сформировалось в узле пересечения мощной широтной зоны дробления (жила Калифорния) с широким веером трещин северо-восточного простирания, аналогичным структуре "конского хвоста".

В тектонических блоках центральной части рудного поля зональное размещение жил различного состава также обязано перемещениям вдоль блокоразделяющих разломов, которые служат каналами для рудоносных растворов разного состава. Это наглядно видно на примере разлома Центрального (или Эмерсон-Джем). На западном фланге он вмещает золоторудную пирит-халькопирит-кварцевую жилу, на восточном — сульфидную жилу  $Ag-Zn-Pb$  руд. Соответственно все апофизы, а также самостоятельные жилы (северо-восточного простирания), расположенные вблизи западного фланга разлома, — золотоносные и пирит-халькопирит-кварцевые, а вблизи восточного фланга — сульфидные  $Ag-Zn-Pb$  (см. рис.85). Локализованная в разломе теллуридная минерализация выразилась появлением в полиметаллических рудах теллуридов  $Ag$  и  $Au$ .

Золото в жилах характеризуется типичным столбообразным размещением. Рудные столбы контролируются узлами слияния (разветвления) жил и их апофиз, а также перегибами жильных тел. Имеются сведения, что некоторые рудные столбы были прослежены до глубины 800 м от современной поверхности, причем глубина эксплуатации определялась рентабельностью добычи, а не выклиниванием руд.

Формирование руд протекало последовательно в четыре стадии:

пирит-кварцевую, сульфидно-полиметаллическую, золотоносную кварц-теннантит-халькопиритовую и серебро-теллуридную (в числе рудных минералов — алтаит, колорадоит, креннерит, петцит, сильванит). Минерализацию U можно считать наиболее ранней, имевшей другой глубокий источник. Преобладают кварц-пиритовые и сульфидные Ag — Pb — Zn руды. В первых содержание  $\text{SiO}_2$  изменяется от 30 до 70 %, Cu — 1,5—16 %, Au — 30—90 г/т, Ag — 120—250 г/т. В сульфидных рудах максимальные содержания достигают: Pb 54 %, Zn 32 %, Cu 17 %, Au 4,5 — 90 г/т, Ag 165—1200 г/т. К.М.Райс и др. в публикации 1982 г. оценивают температуру образования этих руд от 280 до 360 °С, кристаллизация их довольно точно датируется 59—60 млн.лет. Из рудных минералов главные — пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, теннантит, эннергит, самородное серебро. Жильные минералы представлены кварцем, изредка халцедоновидным сидеритом, анкеритом, кальцитом, баритом, флюоритом. Образование околорудных метасоматитов предшествовало формированию самых ранних пирит-кварцевых жил, поэтому мощности тех и других образований несопоставимы. Обычно метасоматиты, примыкающие к жиле (мощностью 0,6—2 м), представлены кварц-серицит-пиритовыми агрегатами, внешней зоны — аргиллитами. Видимо, со сравнительно небольшой глубиной формирования для руд характерна серебрис-тость, наличие теллуридов, барита, халцедоновидного кварца.

*Месторождение Маунт-Морган.* Расположено в Квинсленде, Австралия. Является примером развития вкрапленного оруденения в деформированной экзоконтактовой зоне гранитоидного массива. По сведениям С.Д.Шера [10], начиная с 1882 до конца 1968 г. из руд получено 220 т Ац, а также 314 тыс.т Си, 550 тыс. т пиритового концентрата и около 23 т Аг. После 1968 г. эксплуатация велась эпизодически из-за почти полного истощения месторождения. Описание месторождения приведено в работах М.А.Ф.Федикова и Г.Дж.С.Говетта [22], Д. Фретса и Р. Болда [9], а также К.Д. Корнелиусом, Л.Дж.Лоуренсом, Х.Р.Э.Стейнсом в 1967, 1953 и 1965 гг., которые использованы автором.

Оно приурочено к останцу пород терригенно-карбонатно-вулканогенной формации (Д). Вулканыты (85—90 % объема) принадлежат к контрастной андезит-риолитовой субформации. Останец пород заключен среди гранитов (Р) и узкой полосой (0,5—1,2 км) вытягивается строго в северо-северо-западном направлении на 5 км, приурочен, по-видимому, к грабенообразной структуре. Положение рудоносного участка, вероятно, определяется проявлением узла пересекающихся древних по заложению разломов северо-восточного и северо-северо-западного простирания. Нарушение последнего направления совпадает с положением юго-западного борта грабенообразной структуры. Узел пересечения разломов фиксируется штоко- и дайкообразными субвулканическими телами кислого состава (Д), двумя системами северо-восточных и северо-западных пересекающихся даек диоритов и габбропорфиритов, из которых определенная часть является дорудными [10]. Практически точно в узле пересечения даек обособилось трубообразное сульфидно-вкрапленное тело, пережатое посередине (рис.86). Оно представляет в плане

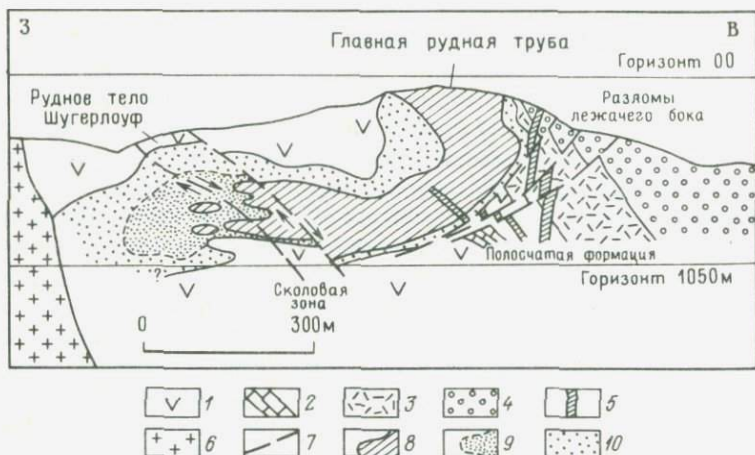


Рис.86. Разрез через месторождение Маунт-Морган. По Д.Фрейсу, Р.Болду и Л.Дж.Лоуренсу.

1 — массивные нижние кварцевые порфиры; 2 — известняки; 3 — фельзиты с прослоями кремнистых сланцев; 4 — верхние кварцевые порфиры с ксенолитами известняка и вулканитов; 5 — латиты; 6 — гранодиориты; 7 — разрывы; 8-10 — руды: 8 — массивные, 9 — густовкрапленные, 10 — убоговкрапленные

две залежи — Маунт-Морган и Сагеорлоуф — напоминающие цифру 8. Залежи соединены полосой слабозолотоносной сульфидной вкрапленности. В целом зона сульфидной минерализации вытянута в северо-восточном направлении на 700 м, ширина от 100 до 240 м. Рудные тела, оконтуриваемые в пределах сульфидной зоны, характеризуются в плане овальными очертаниями, максимальная протяженность 180 и 310 м. Прослежены они на глубину 300 м и представлены обильной (более 50 %) вкрапленностью сульфидов, а местами жилообразными скоплениями сплошных массивных руд в кварцевом метасоматите. Массивные руды кое-где цементируют угловатую тектоническую брекцию сильно окварцованных вулканитов или псевдобрекцию их. Установлена брекчия гранита и обломки сульфидных руд, цементированные кластическим материалом. Эти и подобные им особенности, связанные с оживлением рудоконтролирующих разломов и послерудным дроблением сульфидных руд, побудили К.Д.Корнелиуса в 1967 г. выдвинуть предположение о приуроченности оруденения к трубке взрыва газов.

Массивные и густовкрапленные руды (более 20–25 % сульфидов) на периферии залежей сменяются сульфидно-кварцевыми (около 20 % или менее сульфидов). Они окружены ореолом слабозолотоносных сульфидов. Мощность около 50 м. Эта внутренняя зона околорудных метасоматитов сменяется внешней пирит-серицитовая (шириной до 100 м), а затем хлоритовой (до 100 м мощности). Корни рудных залежей на глубине переходят в трубообразное тело безрудных, главным образом пирит-кварцевых метасоматитов с вкрапленностью сульфидов.

Они установлены до глубины 750 м. В первичных рудах (65 млн.т) содержание Au составляло в среднем 4,87 г/т, Cu 0,7 %, S 12 %. Сульфиды представлены пиритом, пирротинном, мельниковитом, марказитом, халькопиритом, дигенитом, тетраэдритом, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом, висмутинном, молибденитом, золотом и электруммом, калаверитом, петцитом, магнетитом, касситеритом. Как очень редкие упоминаются борнит, колорадоит и гессит. Л.Дж.Лоулерс показал, что видимое золото наблюдается только в халькопирите. Золотинки имеют размер 5–50 мкм. Однако основная часть золота субмикроскопического размера и заключена в пирите и кварце. До уровня 90 м ниже поверхности руды сильно окислены. Они состоят из решетчатого кварца, сыпучки его, каолинита и гидрогематита. Зона окисления была обогащена Au (30–150 г/т, а местами до 62 кг/т). Золото высокопробное — 998. Из зоны окисления добыто 70 т металла.

## Выводы

1. Большинство рудных полей и месторождений характеризуются рассредоточенностью рудоносных участков вдоль линии контакта гранитоидных и гранито-гнейсовых массивов и удаленностью крайних фланговых рудных тел на 10 км и более друг от друга. Широко проявлены субпоперечные (к линии контакта) дорудные разломы, разделяющие поля на тектонические блоки, которые имеют специфическое строение. Иногда рудоносные блоки чередуются со слабо оруденелыми.

2. Оруденение локализуется чаще в гранитоидах и гранито-гнейсах деформированной эндоконтактной зоны. Отношение запасов Au в гранитоидных породах к запасам в породах экзоконтакта чаще близко к 2–3:1. Породы экзоконтакта — преимущественно рассланцованные амфиболовые, хлоритовые, магнезиально-тальковые и филлитовые сланцы, вулканиты кислого состава, вулканогенно-терригенные и песчанниковые толщи.

3. Резко преобладают трещинные (жильные) месторождения с широко развитыми в роли рудовмещающих разрывов четкими и выдержанными зонами дробления умеренной мощности (первые метры и их доли). Им подчинены плоскости скольжения с тектонической глиной трения, зоны субпараллельных трещин. Соответственно главное развитие имеют плитообразные жилы (обычно выполненные рудами с брекчиевой текстурой). Значительно реже встречаются зоны прожилков и ветвящиеся жилы сложного строения, очень редки линейные штокверковые зоны.

4. Вкрапленные руды локализованы, как правило, в породах экзоконтактной зоны, где они тяготеют к узлам пересечения разрывов значительной мощности. С ними связано образование изометричных рудных штоков, а также трубо- и линзообразных залежей вкрапленных руд.

5. Руды отличает большой вертикальный диапазон развития, обычно достигающий 1000 м, а максимально — 1800 м.

6. В жилах характерно проявление рудных столбов, вытягивающихся непрерывно по падению на многие сотни и первую тысячу метров при сравнительно небольшой протяженности в плане (обычно десятки метров). Предполагается, что эта особенность объясняется устойчивостью термобаростатической обстановки в этап внутрирудной тектоники.

7. Для большей части жильных месторождений типичны существенно кварцевые малосульфидные руды. Реже устанавливаются кварц-сульфидно-полиметаллические (иногда также и сульфосолевые) и кварц-медно-сульфидно-сульфосолевые руды. Руды многостадийны, с большим количеством минеральных парагенезисов разного состава, но вместе с тем в них незначительно развиты барит, флюорит, карбонаты. Ранние минеральные парагенезисы характеризуются проявлением шеелита, средние—минералов Ni, As, Bi, Fe, а также выделяющихся вслед за ними сульфидов Pb, Zn, Cu. На ряде объектов в обилии кристаллизуются сульфосоли сложного состава, сульфоантимониты, минералы Ag, реже теллуриды. В поздних парагенезисах выделяются жильные минералы, а также поздние пирит, марказит, галенит, антимонит (иногда в обилии), некоторые сульфосоли Ag.

8. Золото выделяется нередко в двух-трех парагенезисах, совместно с кварцем и некоторыми сульфидами, в середине и ближе к концу процесса минерализации. В кварце оно, как правило, крупное, в сульфидах — мелкое, вплоть до дисперсного. Пробность чаще высокая (850—930). Содержания в рудах сравнительно высокие — в жильных часто более 10 г/т, во вкрапленных — около 4—5 г/т. Снижение концентрации благородного металла отмечается, как правило, в нижней части жил, причем происходит оно постепенно.

9. Околорудные изменения представлены лиственитизацией и березитизацией (в гранитах и гранито-гнейсах), изредка серицитизацией вмещающих пород.

10. Для сравнительно многих рудных объектов характерно проявление горизонтальной минеральной зональности. При этом в средних частях месторождений локализуются жильные тела с наиболее минералогически сложными и более сульфидными рудами, которые являются результатом многократного подновления и наложения более поздних минеральных ассоциаций на ранние. В последних обычно устанавливаются шеелит, арсенопирит, сульфиды Ni, сульфиды и сульфосоли Bi. На флангах рудных полей в трещинах, подновляющихся преимущественно в конце рудообразования, обособляются более простые, менее сульфидные руды. Наряду с кварцем в них присутствуют карбонаты, флюорит, изредка барит, а из рудных минералов — различные сульфосоли, редкие теллуриды и широко проявленный антимонит. Таким образом, зональность (структурного типа) объясняется последовательным открыванием разрывов, начиная от середины рудных полей к их периферии.

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ЗЕЛЕНОКАМЕННО-ИЗМЕНЕННЫХ ТЕРРИГЕННО-ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОДАХ ПРОТЕРОЗОЙСКИХ И ФАНОРОЗОЙСКИХ СКЛАДЧАТЫХ СИСТЕМ

Характеризуемые месторождения по масштабам уступают объектам некоторых других второстепенных типов. Доля их в общем балансе эндогенных месторождений зарубежного золота составляет 3,7 %. Распространение географически ограничено. Обнаружены они только в некоторых эвгеосинклиналиях PR, PZ, MZ—KZ. Установлено всего три объекта, имеющие (или имевшие) запасы Au более 15—20 т. Это месторождения Медден в складчатых системах PR на Аравийском полуострове, Голден-Плато (или Кракоу) в вулканитах складчатой системы герцинид Австралии и Тасмании и Вальд-Крик на Аляске (в вулканогенных породах складчатой системы MZ). Все остальные рудные объекты, расположенные в областях карельской (например, Энасен, Швеция) и протерозойской складчатости (Текуайт на юге Алжира, Сукари в Египте, Гебейт в Судане, Сабодала в Сенегале и др.), а также в эвгеосинклиналиях MZ—KZ Кордильер (Поларис-Такю, Бэнкс и др. в Канаде, Амалия, Империял в США и др.), характеризуются малыми запасами благородного металла.

Для всех перечисленных и других однотипных месторождений характерна локализация в разнообразных метапородах вулканогенных и терригенно-вулканогенных формаций. Их вмещают обычно зеленокаменно-измененные вулканиты слабо дифференцированной базальтовой, андезитовой и трахиандезит-дацитовой формаций, дифференцированных базальт-андезит-дацитовой и андезит-риодацитовой, а также контрастно дифференцированной андезит-риолитовой формации. Изредка с этими породами сочетаются горизонты и слои туфоалевролитов, глинистых пород и известняков, в меньшей степени — песчаников, кремнистых сланцев и кварцитов туфогенно- и кремнисто-терригенной, а также туфогенно-карбонатной формаций.

Контроль рудных полей и месторождений складчатыми, вулканотектоническими и разрывными структурами недостаточно четкий. Чаще отмечается пространственная связь рудоносных участков с рудоконтролирующими разломами и субвулканическими телами (штоками, дайками и морфологически сложными залежами, иногда штоками интрузивных пород) и менее четко — с элементами складок. Оруденение преимущественно проявлено в виде зон вкрапленных и вкрапленно-прожилковых (штокверковых) руд, реже в виде жил умеренной и малой мощности. Ниже излагается геология и структура месторождений, характеризующихся подобными золоторудными телами.

*Месторождение Поларис-Такю* — довольно типичный пример локализации серии залежей и жилообразных тел вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд. Это одно из малых и очень малых однотипных месторождений Канадской Кордильеры расположено на севере Британской Колумбии (Канада), в 200 км от Тихого океана. Геология месторождения изложена А.Смитом в 1948 г. По сведениям этого автора, за 1937—

1942 г. из руд месторождения получено около 4 т Au со средним извлекаемым содержанием 12,5 г/т. В начале 80-х годов оно подверглось ре-визии и на нем вновь возобновилась небольшая добыча.

На рудоносном участке развита толща тонкослоистых туфов и массивных туфобрекчий андезитового состава ( $T_3$ ), содержащих прослои и горизонты известняков. Пирокласты метаморфизованы в фации зеленых сланцев, рассланцованы и смяты в серию изоклинальных складок, открытых и круто погружающихся на СЗ. В волнисто изогнутом киле и северо-восточном крыле одной из таких синклиналей расположены золоторудные тела вкрапленных руд. Пространственно они тяготеют к локальному рудоконтролирующему разлому № 1, представляющему левосторонний сдвига-надвиг. В северо-северо-западном направлении он пересекает складку, располагаясь в плане почти параллельно фельзитовой дайке (рис. 87). В лежачем боку разлома № 1 (т.е. в киле складки) развились залежи вкрапленных руд, которые в поперечном направлении пересекают киль складки, погружающейся на СЗ. Залежи приурочены к зонам рассланцевания, фланги которых используют продольные трещины северо-западного и западно-северо-западного (вторая система оперяющих сколов), а также меридионального простирания (первая система оперяющих сколов). В связи с этим залежи имеют форму сегментов, обращенных выпуклой стороной на юг. Протяженность 200—300 м, мощность изменяется от 1 м на флангах до 12 м в средних частях. В узле сочленения главной залежи А с разломом № 1 развилось тело вкрапленных руд мощностью 40—45 м, которое использовало пучок зон рассланцевания широтного — восточно-северо-восточного простирания. Менее протяженные и мощные зоны вкрапленников также пересекают в поперечном направлении юго-восточное продолжение киля синклинали на Восточном участке месторождения.

В висячем боку разлома № 1, в участке, где горизонты туфов переслаиваются с горизонтами агломератов, возникли преимущественно короткие (30—50 м) и маломощные (1—3 м) залежи прожилково-вкрапленных руд. Приурочены они к субмеридиональным зонам рассланцевания (первая система оперяющих сколов), сочленяющимся чаще по падению с разломом № 1 (см. рис. 87). Примечательно, что вблизи контакта с серпентинизированными ультрабазитами и в участках пересечения слоев туфобрекчий в рудных залежах существенно возрастает количество арсенопирита и содержание Au. Залежи прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд представляют кварц-серицит-анкеритовые метасоматиты, содержащие несколько процентов вкрапленности золотоносного арсенопирита и переменное количество тонких (чаще 0,3—2 см) сульфидно-кварц-карбонатных прожилков. Золото тонкое (преимущественно первые микрометры), заключено в арсенопирите. Кроме того, наблюдались вкрапленники пирита, халькопирита, галенита и сфалерита, а также поздние прожилки кварц-антимонитового состава.

*Месторождение Сабодала* — пример оруденения прожилково-вкрапленного типа, сочетающегося с жильным. Расположено оно в Западном Сенегале. Разведка его была завершена национальной геологической

*asp, pi, H, Sn, Fe, ant, Au*

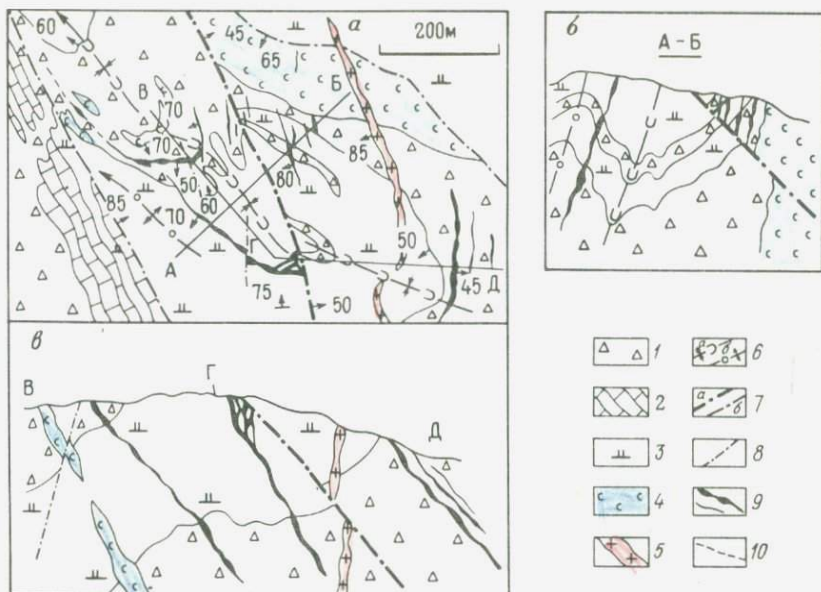


Рис.87. Геологическая схема, по А.Смиту (а) и разрезы (б,в) через месторождение Поларис-Такю.

1 — туфобрекчия андезитов ( $T_3$ ); 2 — известняки; 3 — тонкослоистые туфы андезитов; 4 — серпентинизированные ультрабазиты и амфиболиты; 5 — фельзитовые дайки; 6 — оси складок: а — синклинальных, б — антиклинальных; 7 — разломы: а — локальный рудоконтролирующий, б — прочие, 8 — мелкие разрывы; 9 — залежи и зоны прожилково-вкрапленных руд; 10 — слабо золотосные тела

службой совместно с BRGM в начале 80-х годов. Запасы Au 12 т при содержании в руде 4–7 г/т. В литературе месторождение кратко рассмотрено Е.М.Некрасовым и Н.А.Лебедевой в 1980 г. Представляет оно рудную зону северо-западного простирания, пересекающую слоистые, падающие на ЮВ (угол 70–75°) диабазы, их туфы и андезиты дифференцированной базальт-риолитовой формации. Оруденение связано со сравнительно прямолинейной зоной дробления, с висячим боком которой в центральной части сочленяется боковой разрыв северо-северо-западного — северо-западного, а с лежащим — разрыв северо-восточного простирания (рис.88). Местами зона приурочена к дайкам кварцевых порфиров, являющихся возможно конечными субвулканическими продуктами рудовмещающей формации. Протяженность зоны 500 м, мощность от 20 до 70 м. Она имеет довольно сложное строение. Северо-западный фланг ее упирается в межпластовое нарушение, развитое по контакту габбродиабазов и туфов, и не проникает в первые. Фланг представлен сравнительно мощной (первые метры) золото-сульфидно-кварцевой жилой, серией сопровождающих ее прожилков и междужилковой вкрапленностью сульфидов (главным образом пирита). Протяженность основной жилы около 100 м.

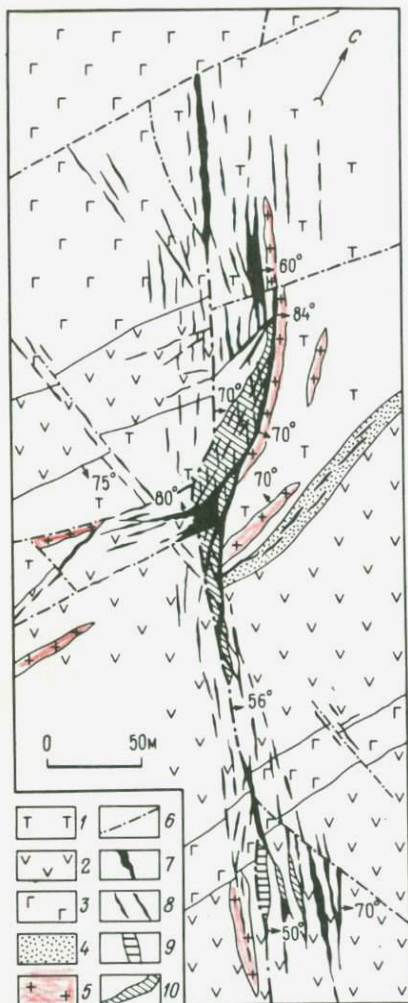


Рис.88. Структура рудоносной зоны Сабодала. План. По Е.М.Некрасову и Н.А.Лебедевой.

1—5 — породы (PR<sub>1</sub>): 1 — туфы диабазов; 2 — андезиты; 3 — диабазы; 4 — туфопесчаники; 5 — дайки кварцевых порфиров; 6 — дорудные разрывы; 7 — золото-сульфидно-кварцевые жилы и гнезда; 8 — рудные прожилки; 9 — кварцевые линзы с гнездообразным распределением руд Au; 10 — незолотоносные кварцевые линзы

В центральной части развита залежь жильных и прожилково-вкрапленных руд, вытянутых вдоль бокового разрыва всяческого бока, а частично вдоль главного нарушения. В узле сочленения разрывов обособилось гнездо сульфидно-кварцевых руд с четкой брекчиевой текстурой руд. К СЗ и ЮВ от него прослежена маломощная жила, примыкающая к всяческому боку зоны дробления и оперяющего разрыва (представленного плоскостью скольжения). Мощность жилы—от долей до 3 м, протяженность 250 м. На всем протяжении жила сопровождается сетью прожилков, развитых в лежачем боку рудовмещающих трещин, а также вкрапленностью золотосодержащих сульфидов. Мощность рудного тела возрастает до 18 м.

В юго-восточном направлении брекчирование ослабевает и наряду с этим затухают прожилки, сульфидная вкрапленность и золотое оруденение (см.рис.88). На юго-восточном фланге рудовмещающая зона дробления делится на серию ветвей, которые фиксируются пучком золоторудных жил и прожилков. Некоторые из жил сопровождаются сопутствующими прожилками и вкрапленностью золотосодержащих сульфидов. В юго-восточном направлении (в рассланцованных метадиабазях) жильное вещество, вкрапленность и оруденение исчезают.

Месторождение Голден-Плато (или Кракоу) расположено в Квинсленде, в средней части Австралийско-Тасманийской складчатой системы, простирающейся с севера на юг более чем на 4 тыс.км. Месторождение — пример развития жильного оруденения в регионально зеленокаменно-

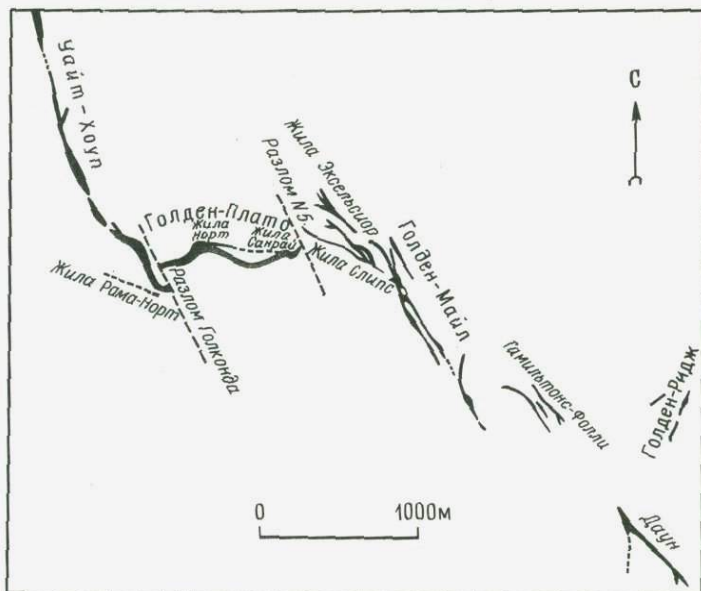


Рис.89. Схема размещения главных жил золоторудного поля Голден-Плато. По Д.Ренсому и Д.Найту.

измененных андезитов. За 1933—1972 гг. из его руд извлечено 17,4 т Au и 18,1 т Ag со средним извлекаемым содержанием Au в руде 12,4 г/т.

В настоящей работе использованы материалы Дж.В.Балея и Дж.Г.Брукса, опубликованные в 1953 и 1965 гг. Оруденение локализовано в метаморфизованных лавах и пирокластах дифференцированной риодацитово-вой формации, прорванных в восточной части рудоносной площади дайками риолитов. Считается, что они фиксируют жерловину вулканического аппарата. Однако в трещинной структуре месторождения последняя не отражается. Жильные минеральные тела месторождения продолжают с ЮВ на СЗ на 6,5 км, слагая s-образную рудную зону Голден - Плато (рис.89). Однако большая часть золота была получена из субширотного звена зоны, который протягивается на 1,5 км. Северо-западные, юго-восточные звенья приурочены к мощным зонам рассланцованных, трещиноватых и брекчированных вулканитов, круто падающих (около 80°) на СВ. При этом субширотное звено Голден-Плато в этой сколовой структуре оказывается как бы заключенным между ограничивающими его на западе и востоке двумя нарушениями (т.е. между двумя разломами). Строение фланговых звеньев, вероятно, было неодинаково к периоду минерализации. Западное звено структурно было более сосредоточенным, представляло собой единую зону дробления. В процессе минерализации в ней локализовались мощные кварцевые залежи линзообразно-уплощенной формы. Они соединены маломощными жилами и прожил-

ками или даже неоруденелыми участками дробленых вулканитов. Протяженность их изменяется от 400 до 1000 м. Морфология Восточного сколового звена иная. Это, видимо, серия плоскостей скольжения (возможно, сочетающихся с зонами дробления), которые, располагаясь эшелонированно, левосторонне в плане, последовательно сменяют друг друга с ЮВ на СЗ. Соответственно и минерализация в Восточном нарушении представлена левосторонне эшелонированными зонами кварцевых и карбонатно-кварцевых прожилков и маломощных жил.

Протяженность каждого из таких минеральных тел от 300 до 1000 м. Интересно проявление редких и маломощных жил-апофиз, приуроченных к оперяющим сколам меридионального простирания. Это обстоятельство, левосторонняя эшелонированность и некоторые другие факты (появление жил Рома-Норт и Слипс во фланговых оперяющих трещинах западно-северо-западного простирания) свидетельствуют, что среднее, соединительное звено сколовых разрывов и жил (Голден-Плато) заканчивало формирование в качестве элемента псевдоскладки волочения. При этом западный фланг этого звена, примыкавший к Западному нарушению, видимо, был малоподвижен, а Восточный — энергично сдвигался на СЗ. Это привело к своеобразному вращению пластины вулканитов, заключенной между Западным и Восточным нарушениями, справа на лево. Вращение трансформировалось в широтный перегиб сколового звена Голден-Плато, соединяющего два северо-западных разлома. Сколовые нарушения звена оказались при этом в положении трещин отрыва, оперяющих разломы. Они приоткрылись и локализовали сравнительно богатые руды золота. Возможно, поэтому рудные тела Голден-Плато заключают брекчию андезитов, окруженную крустификационными каймами нескольких генераций кварца, адуляра, анкерита и кальцита, сочетающихся с сульфидами. Между такими каймами, окружающими соседние обломки и смыкающимися между собой, нередко наблюдаются пустоты. В висячем боку количество "минерализованных" обломков и кайм сульфидов постепенно увеличивается, достигая максимума у тектонического контакта. Наоборот, к лежащему боку они сокращаются. Полоса брекчий постепенно сменяется редкой сетью трещин, зафиксировавшихся штокверком крустификационных прожилков. Подобное внутреннее строение рудных тел свидетельствует о формировании их в приоткрывавшихся зонах дробления. Главный жильный минерал — кварц, доля карбонатов в минеральном веществе изменяется от 5 до 20 % (в последнем случае — в крустификационных жилах Рома-Норт, Слипс и др.). Сульфидов в руде не более 2—3 %. Золото находится в ассоциации со сфалеритом, халькопиритом, пиритом, борнитом и теллуридами (особенно гесситом). В небольших количествах в рудах присутствуют также арсенопирит, марказит, дигенит.

Золото распределено неравномерно. Основное количество Au заключено в крутосклоняющихся рудных столбах (до нескольких десятков г/т), прослеженных от поверхности на глубину 240 м. Столбы приурочены к перегибам рудоносных зон дробления и жил рудных брекчий, которые наиболее отклоняются от широтного простирания к северо-западно-

азг, во, Ку, Г, Ю, Л, Тен. (93), микс-  
дис.

му, а также к местам расщепления жил (и зон дробления) на пучок ветвей, к участкам ограничения жил (и зон) поперечными дорудными разрывами северо-западного направления, в частности разломами Голконда и NS-12. В Восточном нарушении они, кроме того, приурочены к контактам риолитовых даек.

## ВЫВОДЫ

В первую очередь необходимо подчеркнуть, что запасы объектов характеризуемого типа лишь в исключительных случаях превышают 20 т Au. В то же время представители другого, промышленно важного типа, также размещающиеся в регионально метаморфизованных терригенно-вулканогенных толщах, но развитые в архейских зеленосланцевых поясах щитов в благоприятной геологической и структурной обстановке, характеризуются запасами, превышающими 1000 т Au. Поэтому, излагая типоморфные черты анализируемого типа, автор показывает и коренные отличия, объясняющие столь различный масштаб оруденения разнотипных рудных объектов.

1. Золоторудные месторождения формируются в эвгеосинклинальных зонах окраинно- и иногда внутриконтинентальных складчатых систем, начиная от PR до MZ – KZ.

2. Золоторудные месторождения отличает более длительный перерыв (нередко многие десятки и сотни млн.лет) между накоплением вулканитов (изредка с горизонтами терригенных пород), метаморфизмом их, складчатостью, внедрением комплекса штоков и даек и проявлением золотого оруденения. При всем разнообразии состава и возраста рудовмещающих формаций оруденение локализуется в породах, пертерпевших только зеленокаменный региональный метаморфизм.

3. Для оруденения только в отдельных случаях характерна пространственная связь с дорудными интрузивными штоками и дайками, а также жерловыми телами небольших вулканических аппаратов. Последние преимущественно представлены субвулканическими телами трубообразной формы, комбинированными субвулканическими образованиями (с венчающими "грибообразными" субсогласными и согласными телами) или дайками (представляющими разветвленные вверх по восставанию части субвулканических "труб"). Ограниченное проявление и малый масштаб интрузивных и субвулканических образований обусловили умеренное нарушение монотонности среды и слабое трещинообразование в ней.

4. Рудоносные участки представляют собой территории, заключающие одиночные рудные тела, залегающие вне связи с рудоконтролирующими разломами, или ограниченные серии рудных тел, пространственно тяготеющие к разломам и к переслаивающимся вулканитам различного состава. Перемежающиеся слои последних нарушают монотонность рудовмещающей среды и ее прочностных свойств, обуславливая концентрацию напряжений и трещин.

5. Существенно отличается от архейских золоторудных месторожде-

ний дорудная подготовка трещинной структуры рудоносных участков. Для рассматриваемого типа она протекает кратковременно, на фоне слабой тектонической активности. В результате вместо систем многочисленных рудоносных трещин и разломов, прослеживающихся на километры, закладываются и формируются непротяженные единичные разрывы или группы разрывов, рассредоточенные на значительной территории. Как правило, возникают два типа сравнительно маломощных разрывов — зоны рассланцевания простого строения и зоны дробления. Позднее заложение разрывов обуславливает ограниченность их дорудными поперечными трещинами.

6. В связи с кратковременностью дорудной подготовки рудовмещающих зон рассланцевания, их слабым подновлением и относительно небольшими перемещениями, эти нарушения представляют собой довольно короткие прямолинейные полосы рассланцеванной породы, ничем не напоминающие столь характерные для архейских месторождений (зеленосланцевых поясов) изогнутые зоны сланцеватости, сгофрированные в мелкие подобные псевдоскладки волочения  $z$ - и  $s$ - и крюкообразной формы.

Зоны рассланцевания, имеющие простое строение, сопровождаются редкими оперяющимися трещинами. Это сжатые нарушения, не обладающие раскрытыми полостями и поэтому минерализующиеся преимущественно как закрытые трещинные системы. Оруденение в них проявляется чаще при проникновении реакционноспособных растворов, метасоматически замещающих рассланцованную породу.

7. Другой распространенный тип непротяженных рудовмещающих нарушений представлен зонами брекчий, примыкающих к тектоническому шву (или плоскости скольжения). По мере удаления от него брекчия трансформируется в сеть трещин, а затем все более редкие трещины одного направления. В рудных телах, развитых в таких зонах брекчий, основной объем минерального вещества тяготеет к тектоническому шву, где и устанавливаются промышленные содержания золота, быстро убывающие по мере сокращения количества рудных и жильных минералов.

8. Вместо изгибающихся и мощных прожилковых зон, столь характерных для месторождений архейских зеленосланцевых поясов, на рассматриваемых рудоносных участках в зонах рассланцевания локализуется прожилково-вкрапленное, реже вкрапленное оруденение, а в зонах брекчий и дробления — сравнительно маломощные жилы (с брекчиевой текстурой руд), штокверки или жилы, которые комбинируются с гнездами, сопутствующими прожилками и вкрапленностью сульфидов. Апофизы редки и непротяжены, что свидетельствует о малоамплитудности внутрирудных перемещений.

9. Существенно отличаются руды по составу. Это сульфидно-кварцевые руды, включающие 3–5 % рудных минералов. Кроме кварца, из жильных минералов на некоторых объектах установлены карбонаты, в том числе анкерит. В числе главных сульфидов распространены пирит, реже арсенопирит. Им резко подчинены сульфиды  $Cu$ ,  $Pb$  и  $Zn$ , пирротин, а также еще более редкие блеклые руды, борнит,

жемсонит, буланжерит, антимонит. На единичных объектах устанавливаются из ранних минералов — шеелит, молибденит, магнетит и гематит, из ассоциирующих с сульфидами — теллуриды Au, Ag, Bi, из поздних — киноварь и барит.

10. Золото, заключенное в кварце, — крупное, в сульфидах — от тонкодисперсного до 50 мкм. Большинство золотинок при этом выполняют участки микротрещинок в пирите и арсенопирите и чаще ассоциируют с кварцем, реже с кварцем, халькопиритом или борнитом, теллуридами. Отмечено, что увеличение в жильном кварце сульфидов влечет за собой повышение содержания Au. Наиболее высокие значения его (обычно превышающие 10 г/т) отмечены для сульфидно-кварцевых жил, наиболее низкие (до 2 г/т) — для зон вкрапленных и прожилково-вкрапленных руд.

11. Вкрапленные и прожилково-вкрапленные руды приурочены к зонам кварцевых и анкерит-серцит-кварцевых метасоматитов. Штокверковые и жильные тела сопровождаются березитовыми и листовниковыми околорудными изменениями.

#### **ЗОЛОТОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В ГЛУБОКОМЕТАМОРФИЗОВАННЫХ ПОРОДАХ**

Этот тип золоторудных месторождений — наименее распространенный и наименее масштабный. Золоторудные объекты локализуются в древних породах, начиная от катархейского вплоть до кембрийского, а иногда и более молодого возраста. Вмещают их интенсивно метаморфизованные алюмосиликатные породы, находящиеся в фации гранулитов, полевошпатовых гнейсов и кристаллических сланцев. В частности, месторождения размещаются в породах кристаллического основания щитов (например, месторождение Ренко, Зимбабве, — в гранулитах  $AR_0$ , рудное поле Лупа, Танзания, — в гнейсах, гранито-гнейсах и гранитах  $AR_0$  и  $AR_1$ ), в гнейсах и кристаллических сланцах фундамента срединных массивов (некоторые месторождения Южной Кореи, например Кванъян, Унсан-Теюдон и др., а также рудного поля Андавакёра на Мадагаскаре и т.д.), в гнейсах и кристаллических сланцах фундамента некоторых складчатых систем PR и PZ (месторождения Чешского массива, Судет, Богемского, Армориканского и Центрально-Французского массивов в Европе). На наиболее значительном месторождении (Ренко, Зимбабве) запасы Au составили на 1.1.1982 г. 26,8 т (Mining journal, 1982, vol, 298, № 7661), а на месторождении Кро-Галле (Франция) — 18 т. На другом отработанном французском месторождении — Шателе было добыто около 11 т Au. Аналогичный масштаб характерен для рудного поля Андавакёра на Мадагаскаре.

Видимо, локализация месторождений в жестких породах, подвергшихся в основном хрупким деформациям, обусловила их тесную пространственную связь с крупными рудоконтролирующими разломами. Почти на всех месторождениях рудные тела при этом приурочены к склонам, оперяющим такие разломы. Некоторые из рудных тел тяготеют

к нарушенным контактам гнейсов и кристаллических сланцев или палингенных гранито-гнейсов.

*Месторождения Шени и Шателе.* Они локализованы в гнейсах  $PR_2$  фундамента Центрально-Французского массива (Франция). Описаны они в монографиях [10,12,19], а также А.Лапорте, Г.Обером и др. в 1965 и 1964 гг. Эти материалы положены в основу настоящего описания. Как свидетельствует А.Лапорте, месторождение Шени разрабатывалось с 1905 по 1945 г. и дало за это время 7,5 т Au при среднем содержании в руде 12 г/т. Месторождение локализовано в монотонной толще слюдяных гнейсов, вмещающих мелкие неправильные (амебовидной формы) инъекционные тела слюдяных и биотитовых гранитов. Контакты их постепенные и сменяются мигматитами. Оруденение пространственно тяготеет к изогнутому региональному разлому (Восточному) северо-восточного простираия, вместе с тем сравнительно выдержанному на рудоносном участке. Приурочено оно к нескольким оперяющим сколам (развившимся в северо-западном блоке разлома). Они смыкаются с разломом, прослеживающимся по азимуту 255–260°. Сколы круто падают на северо-северо-запад. Это зоны дробления, заключенные между трещинами висячего и лежащего блоков. Местами они переходят в плоскости скольжения и соединяются диагональными разрывами (рис.90). Главные зоны дробления протягиваются более чем на 500 м от разлома и на этом расстоянии сопровождаются вкрапленным оруденением. Еще далее на запад они сменяются сравнительно слабо минерализованными плоскостями скольжения. В плоскости нарушений вкрапленные руды склоняются под углом 20° на ЗЮЗ, представляя собой как бы единый рудный столб, выше и ниже которого (в поперечном вертикальном разрезе) были распространены маломощные забалансовые руды с содержанием золота менее 5 г/т. Максимальная мощность зон вкрапленного оруденения приближалась к 15 м (обычно около 5–7 м). Руды были прослежены примерно до глубины 250 м от современной поверхности.

В юго-восточном блоке разлома образовались маломощные жилы участка Андрэ. Они приурочены к оперяющим сколам другой системы. Это также смыкающиеся с разломом плоскости скольжения, которые почти параллельны ему и круто падают на ВЮВ. Еще далее на восток, в 500–700 м установлено несколько других маломощных золоторудных жил. Они не смыкаются с разломом, хотя выполняют субширотные сколы первой системы. Все это маломощные жильные тела, которые разрабатывались до глубины 30–40 м от поверхности.

В пределах вкрапленных руд концентрация сульфидов изменяется от 5 до 15 %. Главный минерал — пирит. Довольно широко в рудах развиты галенит и джемсонит, которым подчинены арсенопирит, сфалерит, халькопирит, тетраэдрит, буланжерит, антимонит. Золото тесно ассоциирует с джемсонитом и галенитом, в которых залечивает микротрещины. Свободное золото встречается в маломощных кварцевых жилах, где сульфидов не более 1–3 %. Набор их аналогичен перечисленным выше минералам. Жилы сопровождаются кварцевыми метасоматитами, а вкрапленные руды залегают непосредственно в них. На удалении

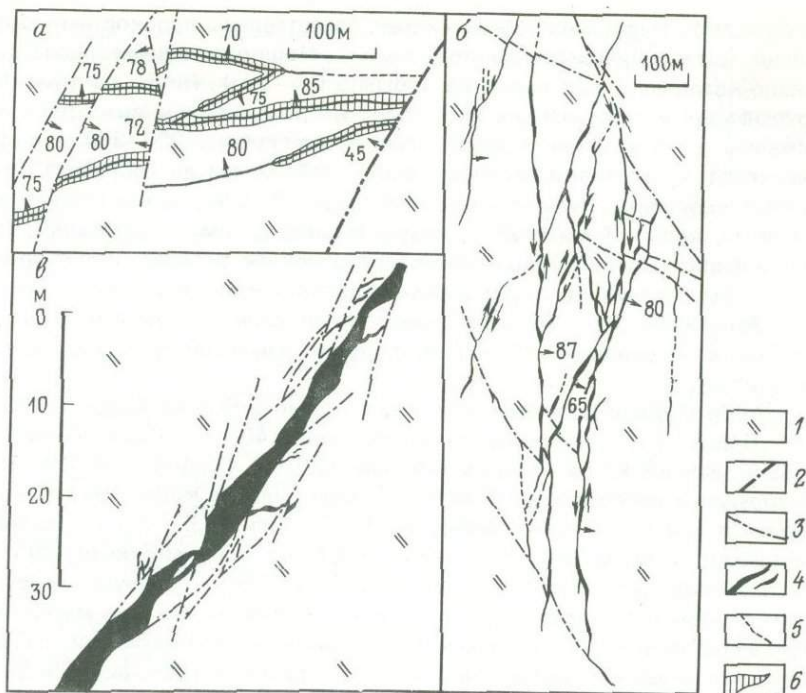


Рис.90. Соотношения дорудных поперечных разрывов и золоторудных жил на месторождениях: Шени (а), горизонт 80 м, по А.Лапорте и П.Сеенсма; Шателе (б), горизонт 228 м, по Д.Крузе; морфология жил в разрезе (в), месторождение Кро-Галле, по М.Орло и др.

1 — гнейсы и гранито-гнейсы; 2 — рудоконтролирующий разлом; 3 — дорудные поперечные разрывы; 4 — золото-кварцевые жилы; 5 — предполагаемые фланги жил; 6 — зоны вкрапленных руд

от жил и зон окварцевание сменяется серицитизированными, хлоритизированными и, наконец, слабо пиритизированными гнейсами.

На месторождении Шателе, которое эксплуатировалось в период 1895—1955 гг., было добыто 585 тыс.т руды. Среднее содержание золота, извлеченного из них, 18,5 г/т.

Месторождение расположено на некотором удалении от региональных разломов северо-западного простирания. Расположено оно в гнейсах, отчасти в гранулитах. Представлено маломощными жилами, приуроченными к двум сопряженным сериям крутопадающих сколов субмеридионального и северо-восточного простирания. Первые при образовании несколько опережали сколы второго направления и являются наиболее протяженными (до 1500 м) нарушениями на месторождении. Вторые, более пологие (угол падения 60—65° на ЮВ), смещали, видимо, в процессе минерализации субмеридиональные сколы (по правилу правостороннего сдвига в плане) или возникали между "парой" таких разрывов

(см.рис.90). Нарушения обеих систем представлены плоскостями скольжения (с тектонической глиной трения). Мощность залечивающих сульфидно-кварцевых жил невелика (обычно 0,5–1 м). Лишь на перегибах, сочленениях и пересечениях жил обоих направлений она возрастает максимално до 5 м. Жилы прослеживаются до глубины 200–250 м, а ниже переходят в прожилки, которые были прослежены до горизонта 357 м ниже поверхности. Руды – малосульфидные (2–5 % рудных минералов). Главный жильный минерал – кварц. Наряду с ним присутствуют кальцит и барит. Среди рудных минералов основное значение имеет арсенопирит. Ему подчинены пирит и редкие халькопирит, антимонит и лёллингит. Золотинки очень мелкие (значительная доля – первые мкм) и заключены в арсенопирите. Зоны околорудно измененных пород сложены березитами.

*Золоторудное поле Кванъян.* Расположено в Южной Корее, в 150 км от г.Пусан. Эксплуатировалось до середины 40-х гг. Описано оно под наименованием Ко-го в трудах International Geol. Congress, sess. XV, 1930, которыми и воспользовался автор. Запасы руды на конец 1927 г. оценивались в 390 тыс.т. при содержании 37 г/т (или 14,5 т Au). Предполагается, что за время эксплуатации из руд было извлечено около 20 т Au. Рудное поле размещается в гранито-гнейсах ( $PR_1$ ), образующих фундамент складчатого пояса, подвергшегося мезозойской тектоно-магматической активизации. Гранито-гнейсы перекрыты конгломератами, песчаниками и сланцами, прорванными штоками гранитов, гранофиоров и диоритовых порфиритов.

Основное оруденение (Южный участок) расположено в гранито-гнейсах  $PR_1$  между двумя дорудными меридиональными разломами, из которых западный выступает в роли регионального рудоконтролирующего нарушения. Вблизи него прослеживаются золото-сульфидно-кварцевые жилы Северного участка. Жилы обоих участков локализируются вблизи перегибов рудоконтролирующего разлома и приурочены к серии оперяющих сколов, сочленяющихся с этим нарушением. На Южном участке сформировались сколы (круто падающие на СЗ) и выполняющие их жилы двух направлений – северо-северо-восточного и северо-восточного, причем первые преобладают и сочетаются со вторыми, как бы пересекающими их, а на самом деле соединяющимися, сливающимися с ними и затем продолжающимися далее в северо-восточном направлении (рис.91).

Взятый отдельно рудоносный скол и приуроченное к нему рудное тело представляет собой образования эшелонированного типа. Разрывы и жилы северо-северо-восточного простирания состоят из ряда звеньев эшелонированных левосторонне, а северо-восточного – правосторонне. Каждое звено нарушения представлено, как правило, маломощной зоной дробления или плоскостью скольжения с графитизированной и пиритизированной тектонической глиной трения. Приуроченная к нему сульфидно-кварцевая жила обычно прослеживается на 150–300 м, после чего сменяется следующим звеном разрыва и следующей жилой. Средняя мощность последних 0,3–0,5 м. Видимо, разрывы обоих указанных

Рис.91. Схема рудного поля Кванъян. По материалам Международного геологического конгресса, 15 сессия.

1 — гранито-гнейсы (PR<sub>1</sub>); 2 — граниты; 3 — песчаники, конгломераты, сланцы; 4 — порфириды; 5 — гранофилы; 6 — рыхлые отложения (Q); 7 — предполагаемые разломы; 8 — золоторудные жилы: а — прослеженные, б — предполагаемые, "слепые"; 9 — внутрирудные движения



выше простираний закладывались как сопряженные сколы, возникавшие соответственно при право- и левосторонних сдвигах. Жилы Северного участка выполняют звенья трещинных нарушений, эшелонированных правосторонне (т.е. заложившихся в процессе левосторонних сдвигов).

Жилы сложены главным образом кварцем. В жилах наблюдаются си-

дерит, кальцит, флюорит, серицит, редко — полевоы шпат. Сульфидов не более 3—5 %. Преобладает среди них пирит, которому подчинены более ранние шеелит и молибденит, а также кристаллизующиеся вслед за сульфидом Fe пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит и более редкая киноварь. В кварце наблюдаются сравнительно крупные (более 1—3 мм) золотинки, но большая часть золота заключена в пирите и халькопирите. Зоны околорудных метасоматитов маломощные и сложены типичными березитами, содержащими редкую вкрапленность пирита и гнездышки и прожилки сидерита и кальцита.

*Месторождения рудного узла Лула.* Расположен на юго-западе Танзании, в породах фундамента западной части Танзанийско-Зимбабвийского щита Африканского континента. Считается, что к 1973 г. из недр узла было добыто 13,5 т Au и, по приблизительным оценкам, оставалось в них от 14 до 34 т Au. После 1973 г. месторождения не эксплуатировались. Лишь начиная с 1984 г. на месторождении Саза организована добыча Au в размере около 200 кг металла в год. Месторождения локализованы в гранито-гнейсах AR<sub>0</sub> и прорывающих их штоках гранитов и гранодиоритов с абс.возрастом 3200 млн.лет.<sup>1</sup>

Рудный узел характеризуется чрезвычайной рассредоточенностью оруденения — оно встречается на территории, форма которой напоминает треугольник, вытянутый на 90 км с З на В и с С на Ю по основанию его восточной стороны на 35—40 км. В пределах этой площади оруденение

<sup>1</sup> Возраст пород приведен в трудах Ю.З.Елизарьева и др., а также Е.А.Долгинова и др., опубликованных в 1976 и 1970 гг.

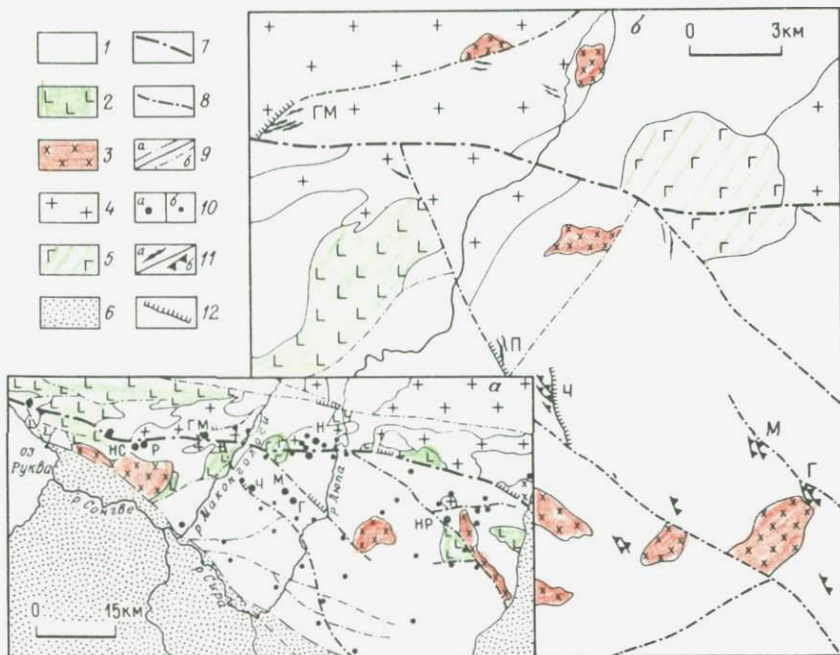


Рис.92. Упрощенная геологическая схема рудного узла Лупа (а) и поля Гэп Майн-Чапа и Чипока (б). Главные месторождения: НС — Новая Саза, Р — Резербек, ГМ — Гэп Майн, П — Персеверенс, Ч — Чапа и Чипока, М — Мензиес, Г — Галена, Н — Нтумби, НР — Найджел-Риф.

1 — гнейсы и гранито-гнейсы ( $AR_0$ ); 2 — габбро и габбродиориты ( $AR_0$ ); 3 — порфировидные роговообманковые граниты ( $AR_1$ ); 4 — слюдяные граниты ( $AR_1$ ); 5 — габбро, троктолиты ( $PR_3$ ); 6 — рыхлые отложения (N + Q); разломы: 7 — рудоконтролирующие, региональные; 8 — локальные; 9 — прочие: а — основные, б — второстепенные; 10 — месторождения: а — основные; б — второстепенные; 11 — золоторудные зоны: а — с пирит-кварцевыми, б — полиметаллическими кварцевыми жилами; 12 — незолотоносные кварцевые жилы

размещается неравномерно, проявляясь более "плотно" в четырех рудных полях (Люика—Новая Саза—Резербек, Гэп Майн — Чапа и Чипока, Нтумби и Найджел Риф). Наиболее крупные месторождения в этих рудных полях — Новая Саза (на котором было добыто Au 8,5 т, Ag 7,5 т и имеются значительные прогнозные запасы), Резербек (9,5 т прогнозных запасов Au), Нтумби (добыто 2 т и имеются перспективы обнаружения новых запасов), Чапа и Чипока (около 2 т прогнозных запасов). Указанные рудные поля и основные месторождения размещаются вдоль широтного рудоконтролирующего разлома регионального значения, приурочиваясь к его перегибам, сочетающимся с узлами сочленения локальных рудоконтролирующих разломов северо-западного простирания. Наиболее восточное рудное поле Найджел Риф размещается на сочленении локального разлома и оперяющего его широтного нарушения (рис.92).

Рудное поле Гэп Майн — Чапа и Чипока, которое является одним из типичных в рудном узле, контролируется перегибом регионального и одновременно сочленением с ним локального разлома. Последний также изгибается по простиранию. Месторождения Чапа и Чипока, Персеверенс приурочены к сколам северо-западного—северо-северо-западного направления, оперяющим рудоконтролирующие разломы. Месторождение Гэп Майн, которое локализовано в блоке гранитов, заключенных между региональным и локальным разломом северо-восточного простирания, представлено серией жил того же направления. На всех месторождениях оперяющие сколы вмещают золото-сульфидно-кварцевые жилы плитообразной формы. На месторождении Гэп Майн и месторождениях, развитых вдоль локального рудоконтролирующего разлома (см.рис.92), они сложены пирит-кварцевыми рудами. В удаленных от него жилах развиты также поздние сульфиды Pb, Zn и Cu, арсенопирит. Подобная минералогическая зональность, возможно, связана с повторными раскрытиями локальных рудоконтролирующих разломов и трещин, оперяющих их.

Довольно протяженны жилы лишь на главных месторождениях узла. В частности, на Сазе зона их прослежена на 3300 м, на Резербеке — на 1500 м. Обычно каждая жила в отдельности протягивается на 150—300 м (Чапа и Чипока, Персеверенс, Галена и др.), максимально — на 500 м (Гэп Майн). Жилы отличаются простотой формы — это плитообразные тела малой мощности (0,4—3,0 м) с четкими контактами. Апофизы, как правило, редки. Среднее содержание Au в рудах изменяется от 4 до 33,7 г/т (преимущественно 6—8 г/т). Богатые руды слагают гнезда и небольшие крутосклоняющиеся рудные столбы.

## ВЫВОДЫ

1. Золоторудные поля и месторождения, принадлежащие к рассматриваемому геолого-промышленному типу, характеризуются крайней рассредоточенностью оруденения и, в частности, обычным размещением месторождений и отдельных рудных тел на расстоянии первых километров друг от друга.

2. Месторождения, как правило, отличаются малым и очень малым масштабом оруденения и нередко представлены единичными рудными телами.

3. Рудоносные нарушения в большинстве случаев являются единичными плоскостями скольжения, реже маломощными зонами дробления, развитыми между ограничивающими их плоскостями скольжения и тектоническими швами. Указанные нарушения непротяженны и сравнительно маломощны.

4. Среди рудных тел преобладают прямолинейные плитообразные жилы небольшой мощности (от долей до первых метров) с четкими контактами и редкими апофизами. Значительно реже наблюдаются зоны сравнительно убогой сульфидной вкрапленности (5—15%), развитые в кварцевых метасоматитах.

5. Жилы и зоны вкрапленности имеют небольшую протяженность, редко превышающую 300 м. Тот же порядок определяет и их развитие на глубину.

6. В плоскости рудоносных нарушений промышленное оруденение размещается в центральных частях, переходя на флангах в забалансовые руды. Наряду с этим в промышленной части жил и зон выделяются мелкие гнезда и небольшие обычно крутосклоняющиеся столбы богатых руд. Содержание золота в рядовых рудах 4–7 г/т, в рудных столбах — до 40 г/т.

7. Руды простого состава, существенно кварцевые или малосульфидно-кварцевые. В жильных рудах количество рудных минералов редко превышает 2–5 %. Главный среди них — пирит, значительно реже — арсенопирит. Этим минералам подчинены сульфиды Cu, Pb и Zn, антимонит, а также реже появляющиеся блеклая руда, джемсонит, буланжерит и даже киноварь. В отдельных жилах и месторождениях пириту и арсенопириту предшествуют шеелит и молибденит.

8. Золото преимущественно заключено в кварце, где устанавливается в виде сравнительно крупных золотинок (в ряде жил наблюдаются его самородки и прожилки). В сульфидах, чаще в пирите и арсенопирите, золото тонкое (первые микрометры).

9. Зоны околорудного изменения, примыкающие к жилам, сложены кварцевыми метасоматитами, быстро сменяющимися кварц-серицитовыми и кварц-карбонатно-хлоритовыми зонами, содержащими вкрапленность, как правило, незолотоносного пирита.

#### МЕСТОРОЖДЕНИЯ В УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ КАРБОНАТНЫХ И ТЕРРИГЕННО- (ВУЛКАНОГЕННО)- КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩАХ

Месторождения этого типа <sup>1</sup> достаточно широко развиты в глинисто-карбонатных и терригенно-глинисто-карбонатных толщах, распространенных в Калифорнийско-Колорадском сегменте западной окраины Северо-Американской платформы, которая подверглась в мезо-кайнозой тектоно-магматической активизации. К этому времени относится и формирование месторождений золота. Географически почти все они размещаются в пределах золоторудного пояса штата Невада, США. Севернее располагается месторождение Меркур (Юта). На других территориях несоциалистического мира рудные объекты рассматриваемого типа чрезвычайно редки. Они известны в золоторудном районе (узле) Пилгримс-Рест (ЮАР), где оруденение также размещается в карбонатных толщах активизированной зоны платформенного чехла Каапваальского кратона. Для остальных территорий можно найти упоминания о наличии единичных месторождений малого масштаба, корреспондирующих с опи-

---

<sup>1</sup> Нередко они называются месторождениями "карлинского" типа по наименованию наиболее детально изученного представителя их, расположенного в штате Невада, США.

сываемым типом — в Японии, в странах Восточной Азии. Близко примыкает к этому типу месторождение Салсинь (Франция), которое локализовано в фундаменте Западно-Европейских герцинид, в терригенной толще, вмещающей горизонт известняков.

Эксплуатирующиеся руды характеризуются предельно бедными содержаниями, иногда ниже 1 г/т. Поэтому в разведку вовлекаются только те объекты, которые могут разрабатываться открытым способом с применением кучного выщелачивания руд. В настоящее время известно несколько десятков месторождений характеризуемого типа, однако только два из них — Карлин и Голд-Кворри — имеют запасы металла (включая извлеченный из недр) более 100 т.

*Месторождение Карлин.* Описание приведено в работах [10,37,38], а также трудах А.С.Радтке и др., Ф.В.Диксона и др., Д.М.Хаусена, П.Ф.Керра и др., опубликованных в 1980 и 1974, в 1979 и 1973 гг. Указанные первоисточники были использованы автором. К концу эксплуатации месторождения в 1982—1983 гг. из его недр было извлечено около 110 т Au [12].

Оруденение приурочено к верхней части формации Роберт Маунтин (D—S), представленной тонкополосчатыми слоями глинистых доломитов мощностью 245 м. Ниже она сменяется доломитсодержащими алевролитами. Породы формации падают в северном направлении под углом 25—40°. Перекрыты они серыми известняками формации Попович (D<sub>1</sub>). Последние обнажаются прерывистой полосой, так как на них и отчасти на породы D—S по крутопадающему взбросу Роберт Маунтин надвинуты тонкослоистые кремнистые и углисто-глинистые сланцы формации Винини (O<sub>2</sub>). На обоих флангах рудоносный участок (и в том числе взброс) пересечен двумя разломами (Западным и Восточным) северо-северо-западного простирания (рис.93). От Восточного разлома отделяется несколько дорудных даек гранодиорит-порфиоров (J<sub>3</sub> — K<sub>1</sub>). Разломы выступают в роли локальных рудоконтролирующих нарушений. Между ними заключено все золотое оруденение, представленное Восточным, Главным и Западным рудными телами пластовой формы, в целом согласными со слоистостью. Границы их определяются только опробованием. Каждое из них представляет собой не единый пласт, а систему пластовых залежей, выклинивающихся на флангах, в меньшей степени по падению, и сменяющихся (с небольшим перерывом) новыми залежами, расположенными стратиграфически несколько выше или ниже выклинившегося тела. На стыке Главного и Восточного рудных тел пластовые залежи размещаются в два яруса друг под другом. От лежащего бока некоторых пластовых залежей, вниз по падению отделяются секущие залежи-апофизы небольшой мощности (см.рис.93). Одна из апофиз, отщепляющаяся от центральной пластовой залежи Главного тела, прослеживается вверх по восстанию. Наличие секущих апофиз связано с тем, что рудоносный участок между рудоконтролирующими разломами пересечен, кроме того, двумя сериями секущих дорудных разрывов, вытянутых с севера на юг и на северо-восток. Падают они на восток и северо-запад. Залежи-апофизы пространственно совпадают,

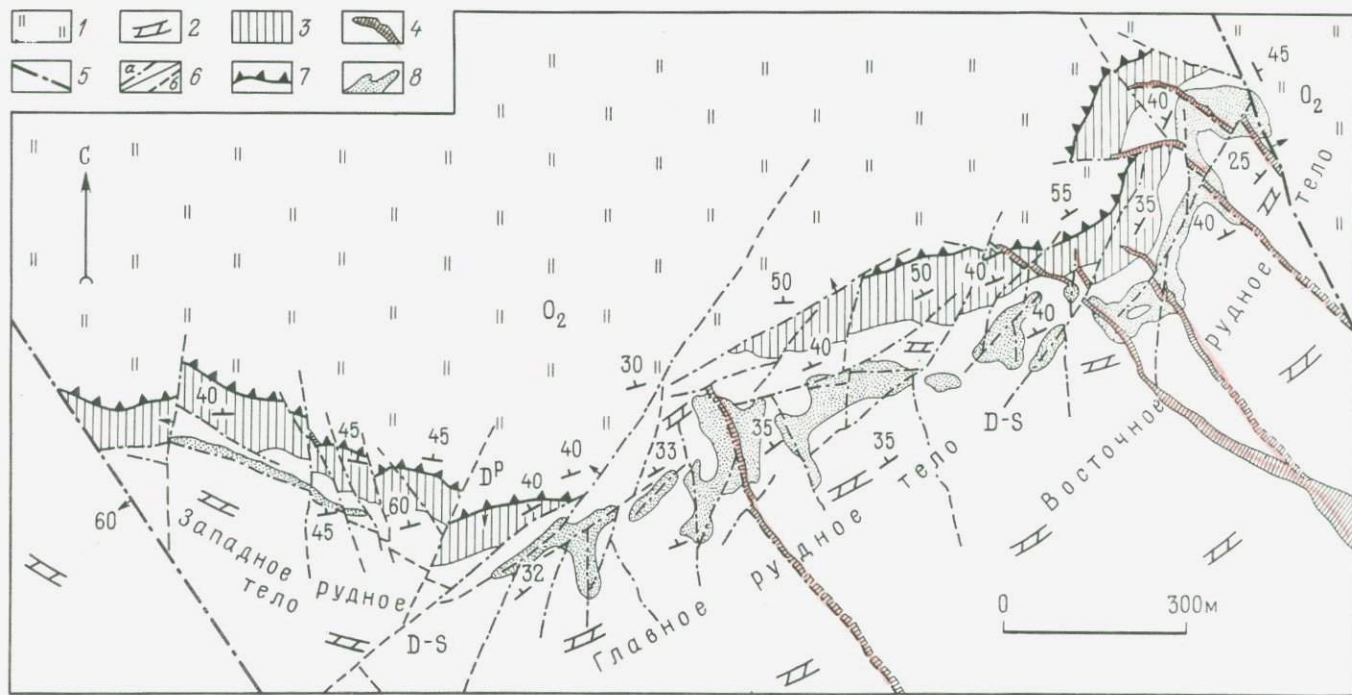


Рис.93. Геологическая схема месторождения Карлин. По А.С.Радтке и Ф.В.Диксону, с некоторыми упрощениями.

1 — кремнистые и углисто-глинистые сланцы ( $O_2$ ); 2 — глинистые доломиты (D-S); 3 — известняки ( $D_1$ ); 4 — дайки гранодиорит-порфиров ( $J_3-K$ ); 5 — протяженные, возможно рудоконтролирующие разломы; 6 — непротяженные разломы; а — прослеженные участки, б — фланговые участки, 7 — взброс Роберт Маунтинс; 8 — золоторудные залежи

по крайней мере, с первой серией нарушений, которые, вероятно, играли роль локальных каналов для поднимающихся рудоносных растворов.

Изучение руд, изотопии их, а также газово-жидких включений [37] показало, что залежи образовались в результате замещения карбонатных минералов, слагавших тонкополосчатые слои в углеродсодержащих доломитах. В ранние стадии минерализации карбонаты выщелачивались гидротермальными растворами и замещались кварцем, глинистыми минералами (от 20 до 60 % в массе руды) и пиритом (0,7–10 %). В продуктивную стадию кристаллизовалось золото (на 90 % тонкодисперсное, размером не более 0,2 мкм), киноварь, реальгар, аурипигмент, антимонит, самородный мышьяк. Стадия закончилась формированием баритовых жил и выделением в них галенита, сфалерита, халькопирита, теннантита, сульфоантимонитов Ag, иорданита. Эти жилы не содержат Au. Локализовались они в разрывах субмеридионального, отчасти северо-западного простирания, а также вдоль контактов даек и в межпластовых трещинах. А.С.Радтке и Б.Дж.Шейнер в 1970 г. установили рудоосаждающую роль углерода (обычно доли процента), заключенного в рудовмещающих доломитах. Выяснено, что золото частично осаждалось, а частично связывалось первоначально в золотоорганические соединения. Температура—в начале рудообразования 175–200 °С, поднялась к концу выделения сульфидов до 300 °С. Изотопия Н и O<sub>2</sub> свидетельствует об интенсивном смешении гидротермальных растворов с метеорными водами, чем, возможно, и объясняется скоротечное образование тонкодисперсного золота. Околорудные метасоматиты образуют зоны окварцованных и аргиллизированных пород, содержащие также новообразованный кальцит.

*Месторождение Релайф-Каньон.* Было открыто в северо-западной части штата Невада, США, в 70-х годах и описано Р.В.Витткоппом и др. [50], по материалам которых и рассматривается.

Оруденение локализовано в углеродсодержащих глинистых и доломитизированных известняках формации Натчез Пасс (T<sub>3</sub>) под экранирующей поверхностью пологого надвига. По нему на упомянутую формацию надвинута толща кварцитов, аргиллитов и сланцев формации Грасс-Валли (T<sub>2-3</sub>). Известняки под перегибом надвига были интенсивно раздроблены, брекчия их окварцована вплоть до образования обломков джаспероидного состава, в одних местах отделенных друг от друга глинистой массой, а в других — сцементированных кварцем и флюоритом. Зона брекчии по удалению от надвига постепенно переходит в сеть, а затем редкие кварцевые прожилки, пересекающие окварцованные, а во внешней части зоны — аргиллизированные известняки с вкрапленностью пирита. Зона пиритизированной брекчии и примыкающие к ней аргиллизированные известняки образуют руду мощностью от 30 до 75 м, протяженностью до 175 м. По падению оруденение прослежено скважинами более чем на 300 м. Золото в руде распределено сравнительно равномерно, содержания его изменяются от 1,4 до 2,4 г/т. Заключено оно в пирите (до 6 кг/т в монофракции).

*Месторождение Гэтчелл.* Расположено в северо-восточной части штата

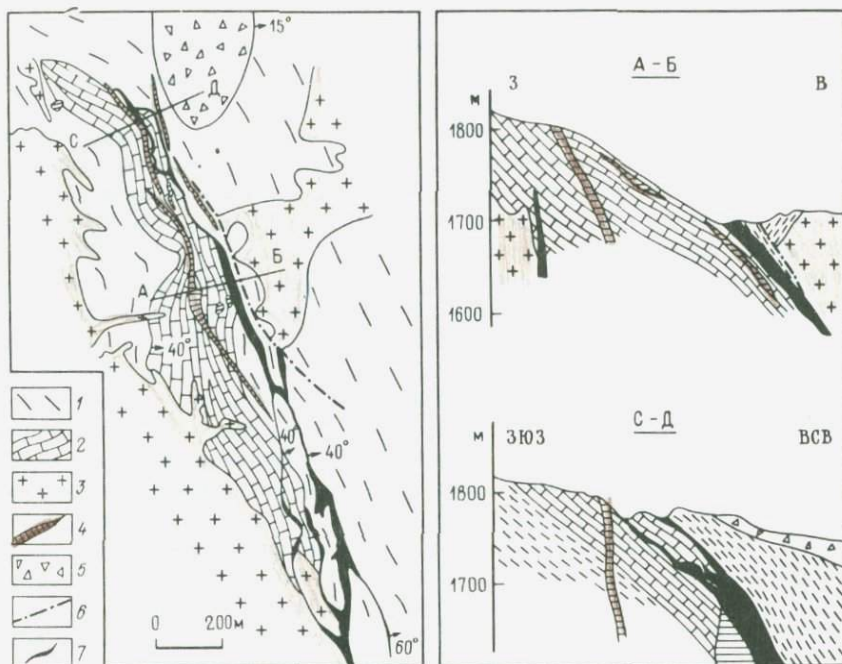


Рис.94. Геологическая схема месторождения Гэтчелл. По П.Джоралемону.

1 – аргиллитовые сланцы (Pz<sub>1</sub>); 2 – известняки (Pz<sub>1</sub>); 3 – гранодиориты МЗ; 4 – андезитовые порфириты (Р); 5 – риолитовые туфы (N – Q); 6 – разрывы; 7 – залежи прожилково-вкрапленных руд

Рис.95. Разрезы через месторождение Гэтчелл. По П.Джоралемону. Условн. обозн. см. на рис.94

Невада, США. Геология его описана П.Джоралемоном в 1951 г., материалами которого и воспользовался автор. Между 1943 и, видимо, серединой 60-х годов на руднике было получено около 15 т Au [10].

Вмещает оруденение осадочная толща (PZ), прорванная крупным штоком гранодиоритов (MZ) и дайками андезитовых порфиритов (Р). В рудной зоне развито ленточное тело с разветвлениями и апофизами, вытянутое в северо-северо-западном направлении на 2200 м. Приурочено оно к зоне дробления сброса, очень косо пересекающего все осадочные породы и проникающего на южном фланге в гранодиориты МЗ (рис. 94). Максимальной мощности рудные тела достигают в аргиллитах и на контакте этих пород и известняков (35 м). В известняках они маломощны (от 1 до 13 м). Рудное тело, разветвляющееся на поверхности и отличающееся развитием мощных трубообразных скоплений руд и апофиз, с глубиной объединяется в более выдержанную зону плитообразной формы (рис.95). Учитывая, что за год эксплуатационные работы 250

"углублялись" в среднем на 12–15 м, вертикальный размах оруденения ориентировочно достигал 400 м. На месторождении отрабатывались руды с содержанием более 3–5 г/т. Ими сложены довольно протяженные (в плане) рудные столбы (от 70 до 250 м). Обычно содержание Au колеблется от 0,3 до 2,5 г/т. Богатые руды сложены субпараллельными прожилками, развитыми в кварцевом, частью кварц-серицит-хлоритовом метасоматите, который содержит вкрапленность пирита и некоторых других сульфидов. В руде, примыкающей к тектоническим зонам, много глинистых минералов. В ней помимо кварца устанавливаются различные карбонаты, барит, флюорит, гипс. Сульфиды в жильном веществе и в метасоматитах, помимо пирита, представлены пирротинном, арсенопиритом, халькопиритом, марказитом, антимонитом, аурипигментом, реальгаром. Достаточно широко развиты ранние швелит и магнетит, обнаружено также позднее самородное серебро.

С прожилковыми и вкрапленно-прожилковыми рудами месторождения Гэтчелл корреспондируются жильные руды района (узла) Пилгримс Рест. Как следует из материалов Дж.У.Свайджерса, опубликованных в 1949 г., золоторудные жилы локализованы в мощной полого залегающей (5–15 ° на 3) толще доломитов Трансваальской группы (PR<sub>1</sub>). Большинство жил согласны со слоистостью, но некоторые на значительном протяжении косо, со смещением, пересекают слои доломитов, после чего вновь используют межпластовые трещины. Другие комбинируются с редкими крутопадающими и соответственно секущими золоторудными жилами. И те и другие имеют резкие контакты. С.Д.Шер [10] указывает на обычное развитие вдоль них тектонической глинки трения. Мощность согласных жил от 7 до 4,5 м (средняя 0,6 м). В жиле Глиннс разрабатывались руды с содержанием Au 14 г/т. Это убого-малосульфидные кальцит-кварцевые руды. Указывается, что мощность секущих жил наиболее изменчива и золото распределено в них неравномерно.

*Месторождение Джеррит-Каньон.* Признаки гидротермального генезиса его затушеваны. Локализовано оно в пределах упоминавшегося выше пояса золоторудных месторождений штата Невада, США, размещающихся в глинистых и углеродсодержащих карбонатных формациях PZ<sub>1</sub>. Джеррит-Каньон расположен в 115 км на восток-северо-восток от гидротермального месторождения Гэтчелл. Р.Б.Хаукинс в 1982 г. указывал на наличие запасов Au на конец 1980 г. в количестве 67,7 т при среднем содержании в руде около 7,4 г/т.

Руды на месторождении образуют пять разобщенных пластовых залежей, залегающих на расстоянии 90 м друг над другом в два яруса [15]. Локализованы они в верхней части (нижний ярус) и в кровле (верхний ярус) мощной толщи известняков Хансон-Крик (O). Толща полого (20–25°) падает на ЮВ. Залежи нижнего яруса приурочены к горизонту окварцованных черных битуминозных известковистых сланцев, фациально переходящих в битуминозные известняки. Залежь верхнего яруса приурочена к черным сильно окварцованным известковистым сланцам, которые согласно перекрываются тонкослоистыми алевритами Роберт Маунтинс (D–S). Пластовое оруденение связано с узла-

ми пересечения разломом Малборо-Каньон и его ветвями благоприятных углеродсодержащих битуминозных горизонтов известковистых сланцев, подвергшихся окварцеванию. Разлом и ветви в субмеридиональном направлении пересекают породы рудовмещающей формации. При этом к разлому примыкают не только нижние, но и верхнее золоторудное тело. Четко установлено увеличение мощности рудных железей вблизи этих нарушений. Для зон интересно отметить переотложение углеродистого вещества, которое образует черные, маслянистые на глаз линзы и даже жильные плитообразные тела графитистой массы. Оруденение прослеживается с перерывами с З на В на протяжении 3300 м. Протяженность отдельных рудных тел составляет от 400 до 1400 м. Большая часть руд заключена в четырех разобщенных залежах нижнего яруса. Мощность их достигает 60 м. Мощность залежи верхнего яруса меньше — 9—18 м.

Выявлены руды двух типов, так называемые углеродистые и оксидные. Первые представляют собой битуминозные темно-серые до черных окварцованные алевролитово-известковистые (или известково-алевролитовые) сланцы, содержащие вкрапленность пирита и арсениопирита, киноварь, реальгар, аурипигмент, а также тонкие прожилки арсениопирита, реальгара и аурипигмента, позднего барита и кварца с антимонитом. Особенно многочисленны они в кварцевых метасоматитах, окаймляющих руды. Свободного золота в углеродистых рудах не обнаружено, хотя содержание Au иногда достигает 30 г/т. Оксидные руды имеют более светлую окраску и содержат меньшее количество углерода. Небольшая часть золотинок в них видимая (под микроскопом), они имеют размер до 4 мкм.

## ВЫВОДЫ

Специфика месторождений рассматриваемого типа (часто называемого "карлинским") заключается в том, что оруденение в большинстве случаев оказывается представленным пластовыми залежами кварцевых метасоматитов джаспероидного (тонко- и даже скрытокристаллического) облика, содержащими довольно обильную вкрапленность пирита и сульфидов Sb, As, Hg, преобладающих над сульфидами цветных металлов. Специфична обстановка формирования руд. Почти все известные месторождения возникают в активизированных зонах передовых прогибов складчатых систем или окраин кратонов, платформ, в условиях полного отсутствия магматизма или его значительной рудиментности. В последнем случае меняется и морфология рудных тел — возросшая гетерогенность карбонатной среды обуславливает ее хрупкую деформированность, возрастание проницаемости и формирование в трещинных нарушениях золоторудных жил. Последние используют и пластовые нарушения, в связи с чем возникают рудные тела комбинированного типа.

Перечислим основные черты рудных объектов.

1. Месторождения в большинстве случаев представлены группой немногочисленных сближенных золоторудных тел стратиформного типа, залегающих в одном горизонте пород, благоприятном для замещения (но необязательно в одном пласте, слое) .

2. Рудные залежи, как правило, приурочиваются к узлам пересечения пластов, благоприятных для замещения, рассекающими их разрывными нарушениями. Реже рудные тела развиваются под изгибами тектонических поверхностей надвигов. В этом случае рудовмещающей служит тектоническая брекчия карбонатных пород, а рудные залежи выступают в качестве секущих образований.

3. Рудные тела наиболее часто представлены пластовыми залежами большой мощности в связи с оконтуриванием промышленных руд по низким и очень низким бортовым содержаниям золота. Контур промышленных руд определяется только опробованием. Руды заключены в кварцевых метасоматитах. Степень окварцевания пород по мере удаления от руд постепенно снижается. Обычно залежи прослеживаются по благоприятному для замещения пласту в сторону от секущего разлома. Мощность их вблизи этого нарушения максимальна. Вниз по падению от залежей отделяются секущие залежи-апофизы клино- и пламеневидной формы.

4. Состав руд очень простой. В телах джаспероидного кварца развита тонкая и сравнительно редкая вкрапленность пирита, марказита, антимонита, реалгара, аурипигмента, киновари или (и) циннобарита. Сфалерит, галенит, халькопирит более редки. Среди жильных минералов отмечаются флюорит, барит, гипс. Золото преимущественно невидимое, нередко дисперсное (размером менее 1 мкм). Чаще заключено в сульфидах. При этом пирит нередко оказывается главным послерудным и незолотосодержащим минералом. Золото обычно низкопробное, электрум.

5. Пластовые золотосодержащие залежи приурочиваются к пластам: а) карбонатных и глинисто-карбонатных пород (известковистым сланцам, мергелистым известнякам), отличающихся повышенной концентрацией углерода, хотя чаще она достигает долей процента; углерод связан с углистым веществом или битуминозными остатками органического происхождения; б) карбонатных пород, содержащих повышенное количество глинистых минералов. Углеродистое вещество и глинистые минералы нередко выступают новообразованными минеральными видами, накапливающимися в рудовмещающих пластах, и особенно в зонах рассекающих их разрывов. Углерод и глинистые минералы являются осадителями золота из "омывающих" их рудоносных растворов.

6. Залежи "джаспероидных" метасоматитов, а иногда и руды локализируются под тонкослоистыми карбонатными или глинистыми породами (нередко алеволитами), которые видимо, являются менее проницаемой средой по сравнению с рудовмещающим горизонтом.

7. Считается, что образование пластовых золоторудных залежей происходило в карбонатных породах при низких температурах, от менее 100 до 200 °С, на глубине первых сотен метров от древней поверхности.

8. Золото-кварцевые жильные тела, в редких случаях встречающиеся в карбонатных толщах, несут яркие следы эндогенного образования — это секущие тела с четкими контактами, выполняющие легко картируемые зоны разрывных нарушений. От обычных жильных тел их отличает метасоматическая природа руд, проявление мощных орео-

лов кварцевых метасоматитов, малый вертикальный размах оруденения, низкая сульфидность и простота состава руд, наличие в них характерных низкотемпературных минералов, таких, как реальгар, аурипигмент, киноварь, гипс.

## МЕСТОРОЖДЕНИЯ РУДНЫХ ТЕЛ СЕДЛОВИДНОЙ ФОРМЫ

Анализируемый тип месторождений разительно отличается почти от всех других рудных объектов развитием резко доминирующих согласных золоторудных тел, имеющих форму аркообразных и седловидных складок<sup>1</sup>. Запасы Au в недрах значительных месторождений этого типа, как правило, достигают 50 т, но в особо благоприятной обстановке, как исключение, поднимаются до 695,5 т (например, рудное поле Бендиго, Австралия, штат Виктория [10]) или около 160 т (месторождение Балларат в том же штате). Большая часть однотипных рудных объектов характеризуется малыми и очень малыми запасами благородного металла.

Специфично и распространение месторождений, локализующихся преимущественно в поясах терригенных пород палеозойских складчатых систем (в каледонидах Великобритании, Новой Шотландии, Аппалачей и Восточной Австралии — Тасмании). В этих геотектонических постройках размещается 94,5 % объектов рассматриваемого типа. По мнению автора, объясняется это своеобразием позиции размещения месторождений — только в мощных и очень мощных толщах частого переслаивания сравнительно тонких (от долей до первых метров) пластов песчаников, глинистых сланцев и алевролитов. Почти всюду — это углистые породы, смятые в подобные складки с узкими сводами шириной от многих метров до первых десятков метров. Крылья складок наклонены под углом не менее 50°. Мелкие складчатые формы, осложняющие крылья и своды, очень редки. Складки (и соответственно подобные повторяющиеся элементы их, например шарниры антиклиналей) располагаются на расстоянии 200—300 м, прослеживаясь, как правило, на километры, и имеют при этом выдержанную на всем протяжении небольшую амплитуду<sup>2</sup> — 150—300 м, а в исключительных случаях (например, некоторые складки рудного поля Бендиго) — 800—1200 м. Мощность рудовмещающих углисто-песчанико-глинисто-сланцевых толщ превышает, как правило, 2—3 км. Дорудные магматические образования, и в частности интрузивные штоки и дайки, в рудовмещающих формациях отсутствуют. Там же, где они проявляются, оруденению подвергаются более хрупкие дайки и штоки. В связи с этим коренным образом меняется геолого-промышленный тип месторождений — рассматриваемые рудные объекты

---

<sup>1</sup> Принято рудные тела и той и другой формы называть седловидными.

<sup>2</sup> Под амплитудой складки, например антиклинали, понимают расстояние от ее свода до уровня кия соседней синклинали.

переходят в месторождения второго промышленного типа, которые локализируются в хрупких геологических образованиях.

Сравнительно редко удавалось наблюдать взаимоотношения золоторудных тел седловидной формы с разрывами, которые можно отнести к рангу рудоконтролирующих нарушений. Обычно намечалось секущее нарушение, вмещающее золоторудное тело, от которого в сторону отходили согласные седловидные тела, располагавшиеся в несколько ярусов друг над другом в шарнире (или киле) складки. По мнению автора, такие секущие разрывы служили каналами, по которым поднимались золотоносные гидротермальные растворы. Нередко связь пластовых и секущих золоторудных тел не устанавливается. Еще более сложно подтверждается рудоконтролирующая (и рудовмещающая) роль продольных межпластовых (межформационных) разрывов. Фланговые части их вверх по восстанию (в разрезе) редко выходят за пределы узких замков складок, обычно сопровождаясь секущим золоторудным телом, вытянутым наподобие апофизы над аркообразной жилой. Автор предполагает, что затуханность рудоподводящих каналов объясняется трансформацией разрывов в пластичной толще в мелкие приразломные складки.

Несмотря на сложившееся мнение о резком преобладании на рудоносных участках седловидных золоторудных тел над секущими, в некоторых рудных полях последние проявляются довольно часто, поэтому можно говорить о существовании месторождений с рудными телами комбинированного типа (секущими и согласными). Подмечено, что к подобному типу месторождения все более приближаются по мере возрастания амплитуд рудовмещающих складок.

*Рудное поле Бендиго, Австралия*, расположено в 145 км на СЗ от Мельбурна. Начало эксплуатации коренных руд относится к 1853 г. Кроме того, из россыпей, источником которых несомненно послужили рудные тела поля, получено около 50 т благородного металла. Работы на золотоносной территории были постепенно свернуты в начале 60-х гг., хотя перспективы ее остались далеко не исчерпанными. Наиболее полные описания месторождений рудного поля опубликованы Дж.Мак-Эндрю в 1965 г., Д.Л.Стилвелом и Д.Е.Томасом в 1953 г., Д.М.Чейсом в 1949 г., Г.Е.Мак-Кинстри в 1942 г., в многочисленных еще более ранних статьях Д.Л.Стилвела и других исследователей. Автор попытался использовать основную часть перечисленных материалов.

Рудное поле вытягивается с северо-северо-запада на юго-юго-восток более чем на 20 км. Однако площадь, максимально насыщенная седловидными телами, располагается в полосе длиной 12 км и шириной до 3 км. В этой полосе в любом поперечном разрезе насчитывается 12–14 гребней главных почти равноудаленных друг от друга антиклинальных складок (шириной в среднем около 200 м.). В эти рудовмещающие складки собраны так называемые толща Бендиго 2–3 и более молодая толща Бендиго 4, которые отличаются только разновидностями датирующих их граптолитов. Таким образом, оруденение приурочено к синклинорному сооружению, по мнению автора, отражающему продольную грабен-синклизу

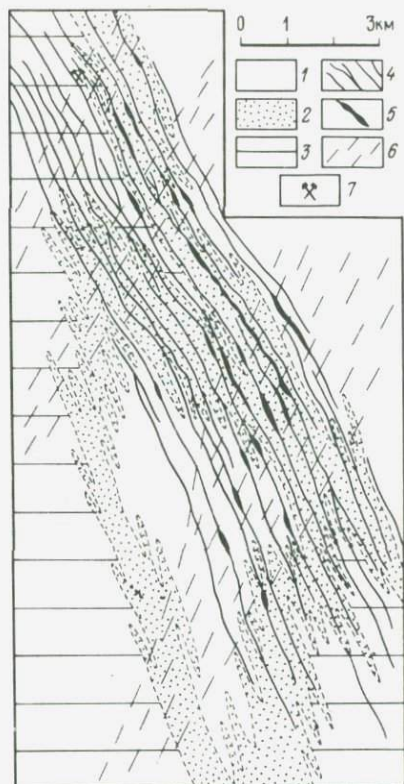


Рис.96. Расположение сводов оруденелых антиклиналей на рудном поле Бендиго. По Д.Л.Стилвелу и Д.Э.Томасу, с некоторыми изменениями

1—3 — песчанико-глинисто-сланцевые толщи 0: 1 — Бендиго-2—3, 2 — Бендиго-4; 3 — Чьютон; 4 — положение сводов антиклиналей; 5 — наиболее продуктивные участки сводов; 6 — скрытые зоны разломов фундамента; 7 — месторождение Катрин с преобладающими секущими золоторудными жилами

нальную структуру фундамента складчатой системы. Интересно отметить также следующее обстоятельство. Концентрация наиболее протяженных седловидных залежей установлена ближе к флангам системы "рудноносных" складок. При этом залежи как бы заключены в двух полосах зон разломов фундамента, диагонально проходящих с СВ на ЮЗ через всю систему складок (рис.96).

Автор предполагает, что такое расположение оруденелых участков антиклиналей связано с проявлением пучков рудоподводящих каналов, осложнявших грабен-синклинальную постройку фундамента.

Как правило, рудовмещающие породы представляют собой чередование слоев песчаников мощностью 1,5—3 м с прослоями углисто-глинистых сланцев или углистых алевролитов мощностью в несколько десятков сантиметров. Кровля золоторудных тел при этом всегда располагается под сланцами или алевролитами. Редкие сравнительно мощные (первые метры) прослои глинистых пород обычно слагают клиновидные гребни сильно сжатых антиклиналей, где слои "стоят почти на голове". Оруденение локализуется почти исключительно в сводах антиклинальных складок. Протяженность оруденелого свода складки (в ее продольной плоскости) в среднем около 600 м при колебании от 70 м до 2 км. Она, как правило, в 10 раз и более превышает протяженность "рудного крыла", распространяющегося от свода вниз на 20—50 м, в исключительных случаях — на 120 м. Мощность седловидных залежей в своде складки и на ее крыльях обычно изменяется в соотношении 8—20:1. Морфология некоторых сводов более сложна — крылья их наподобие буквы А соединя-

ются иногда одной-двумя перемычками, очевидно, секущими слоистость пород. Сравнительно мощные рудные тела (более 0,5–1 м на крыльях складки) обычно подобны и располагаются ярусами, одно над другим, примерно на одинаковом расстоянии. Это расстояние, "шаг", составляет 90–130 м, уменьшаясь в некоторых антиклиналях, наиболее насыщенных залежами, до 60 м (и составляя полшага) и возрастая в слабо-рудноносных до 270 м (локализуясь на расстоянии двойного шага). Как правило, между основными седловидными телами наблюдаются прожилки аналогичной формы (мощность их на крыльях менее 0,1–0,3 м). По падению максимальная глубина оруденения 1385 м, на этом интервале было установлено 24 седловидных жилы [10].

Распространившееся в последнее время мнение о проявлении на Бендиго рудных тел только складчатой формы (например, [4]) совершенно ошибочно. За более чем столетнюю эксплуатацию месторождений обычными считались следующие секущие рудные образования: 1) апофизы, отделяющиеся вверх по восстанию, от перегибов кровли рудных сводов; 2) серии апофиз, ответвляющиеся от крыльев залежей в ядерную часть складок; 3) апофизы, развившиеся вниз по падению от подошвы рудной залежи; 4) пучки пламенивидных маломощных жил и прожилков, отходящие от плоскостей секущих дорудных разрывов; 5) редкие секущие жилы, залечивающие участки протяженных зон дробления (рис.97). Следует отметить, что уже в середине эксплуатации (1923 г.) Д.Л.Стилвел обратил внимание на тектоническую глинку трения, развитую по всяческому боку крыла некоторых седловидных тел. Она фиксировала дорудные послонные смещения хрупких слоев песчаника косо вверх вдоль прослоев глинистых пород. Эти движения сопровождалось образованием полостей в сводах антиклиналей, залечивавшихся минеральным веществом. Большая часть жильных тел образовалась путем выполнения раскрытых полостей. Однако Д.Л.Стилвел отметил, что в 1920 г. В.Линдгрэн первым обратил внимание на наличие в жильном белом кварце реликтов темного, следов почти целиком замещенных овальных обломков песчаников и тонких линзовидных прослоев этой породы. Кроме нескольких генераций кварца, в том числе стекловатого, в рудах встречены анкерит и другие карбонаты, серицит, альбит. Количество сульфидов 1–2 %. Это пирит, арсенипирит, изредка ранний шеелит, иногда антимонит, бурнонит, а также пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит. Большая часть золотин крупная, более 1 мм, заключена в кварце. Золото, видимо, ассоциирует с галенитом и сфалеритом. Однако распределено оно в кварце неравномерно, явно накладываясь на этот жильный минерал в процессе внутрирудных подвижек. Так, отдельные сравнительно мощные "своды" кварцевых залежей остаются безрудными, и, наоборот, непротяженные секущие апофизы отличаются богатыми рудами. Обычно среднее содержание золота в руде довольно высокое и изменяется на разных участках рудного поля от 12 до 27 г/т.

Околорудные изменения слабые и проявлены вблизи контактов золоторудных тел новообразованием кварца, серицита, вкрапленников пирита и арсенипирита. Не будем повторять особенности геологии при



Рис. 97. Морфология некоторых седловидных жил, сопровождающихся апофизами, на различных рудниках Бендиго (по Р.Э.Томасу, с упрощенными): а — Вирджиния, б — Южная Вирджиния, в — Карлизи (зарисовка очистного забоя), з — Нью Ред-Вай энд Блю-Спек, д — Катрин, е — схематическое пространственное изображение части седловидной жилы Гарден Галли.

1 — песчаники и глинистые сланцы; 2 — золоторудные жилы и апофизы; 3 — предполагаемое продолжение разрывов

описании аналогичных, но менее масштабных, хотя и значительных по запасам (десятки тонн Au) рудных полей Стовел, Клунс, а также других, менее важных, расположенных вблизи Бендиго. Некоторые однотипные месторождения отличаются проявлением наряду с седловидными секущими золоторудными жил (иногда залежей вкрапленных сульфидных руд). Главный из таких рудных объектов — Балларат. Своды седловидных залежей в шарнирах рудоносных антиклиналей нередко сменяются протяженными секущими жилами. Они приурочены к плоскостям скольжения, которые сопровождаются углистым веществом, и ориентируются точно вдоль простирания складок, пересекая слои терригенных пород в разрезе. Для примера рассмотрим *месторождение Мэлдон*, где существенная доля запасов связана с секущими рудными телами (добыто 49,3 т Au). Месторождение расположено в 30 км на юго-юго-запад от Бендиго. Приводится оно по описаниям, опубликованным в 1953 г. А.А.Месоном и Б.П.Веббом.

На месторождении в разрезе намечаются как бы две оруденелые части. В нижней части месторождения оруденение проявлено с глубины 300 до 700 м от современной поверхности. Оно приурочено к своду антиклинали, погружающейся на С под углом около  $55^\circ$ . Антиклиналь имеет вертикальный размах 800—1000 м и расположена между складками, проникающими на значительно большую глубину. Седловидная залежь заключает 75 % запасов Au, крылья ее протягиваются по падению пластов антиклинали на 30 м. Однако наряду с этим рудным телом имеется

другое, прослеженное от поверхности до глубины 320 м. Представлено оно мощной (10—15 м) лентообразной залежью золото-кварцевых руд, прослеживающейся от поверхности до глубины 250 м. Она круто пересекает восточное крыло сильно сжатой антиклинали субмеридионального направления (см.рис.63). На глубине 250 м залежь проникает в свод складки и продолжается вниз по падению вдоль ее западного крыла до горизонта 320 м как *согласное тело*. В узле пересечения свода складки, в шарнире ее развилось несколько ярусов подобных седловидных золото-кварцевых жил и прожилков. В частности, одна из жил отделяется наподобие секущей апофизы от висячего бока главной залежи, а затем распространяется вниз по восточному крылу антиклинали как *согласное тело*. В верхней секущей части залежи от нее также отщепляется несколько других, но менее мощных апофиз, распространяющихся по слоистости. В пределах залежи оруденение развито крайне неравномерно. Оно в основном заключено в рудном столбе, под углом 35° склоняющемся на юг от поверхности до глубины 275 м (т.е. было заключено как в секущей, так и согласной части залежи).

От Бендиго через Мэлдон к Дейлсфорду прослеживается смена месторождений с резко преобладающими седловидными золоторудными залежами, рудными объектами с секущими рудными жилами. Параллельно возрастает вертикальный размах и ширина складок, а степень деформированности сводов снижается. Руды Мэлдона мало отличимы от руд Бендиго. Для них также характерны полосчатый кварц и наличие в нем слоев слабо замещенной породы, незначительное развитие сульфидов Cu, Pb, Zn, пирротина и пирита. Несомненно, что формирование золото-кварцевых руд в секущих и согласных трещинных полостях Дейлсфорда, Мэлдона и Бендиго происходило одновременно.

Использование крыльев клиновидных складок согласными разрывными нарушениями, а затем выполнение их жильными золоторудными телами рассмотрено многими канадскими геологами на примере месторождений Новой Шотландии (И.Р.Хендерсон в 1983 г., М.К.Грейвс и М.Зентили в 1982 г., И.Д.Киппи в 1976 г. и др.). Залегают они в углистой кварцито-песчанико-сланцевой толще (Є—О). Она смята в серию субширотных линейных складок, расположенных параллельно одна другой. Своды главных антиклиналей находятся на расстоянии 3—5 км, что при крутизне крыльев от 40 до 70° определяет их вертикальный размах в 5—7 км. Такие складки, как правило, безрудны. Однако крылья главных антиклиналей местами сопровождаются мелкими продольными складками, размах которых изменяется от 100 до многих сотен метров. Эти складки, по мнению автора, фиксируют скрытые разломы фундамента, выступающие в роли рудоконтролирующих нарушений. Те мелкие складки, которые имеют узкие своды, приближаются по форме к клиновидным и вмещают седловидные залежи. Это отмечается на месторождениях Дафферин, Миллер Лейк, Экум-Сэкум, Харриган Ков, Мусихид и др. На примере рудника Дафферин (см.рис.88) видно, что сгофрированное северное крыло главной складки осложнено послойным нарушением. Оно вмещает пластовую золото-кварцевую жилу, которая вверх

по восстанию переходит в секущую, использующую нарушенную разрывом осевую плоскость дополнительной антиклинали. Наряду с этим, от свода складки по ее южному крылу распространяется другое пластическое тело (с южным падением). В результате возникла седловидная залежь с секущей апофизой, отделяющейся от ее свода (см.рис.88). Под этой основной залежью установлено несколько ярусов мелких и непротяженных других седловидных тел золото-кварцевого состава.

Специфично внутреннее строение таких седловидных залежей. Л.В. Белл в 1948 г. опубликовал фотографии, иллюстрирующие руды седловидных тел месторождения Карибу в антиклиналях Новой Шотландии. На них видно, что жильный кварц заключает параллельные и местами перегибающиеся полосы и цепочки узких линз (чаще 20—50 x 2—4 см) окварцованного сланца. В свою очередь, они располагаются согласно с перегибами рудного тела в целом. Обособление их, очевидно, могло происходить только при проникновении гидротермальных растворов в чередующиеся и приоткрывшиеся плоскости слоистости, изогнутые в складки, т.е. в уже деформированные сланцы.

Г.К.Кук в 1930 г. привел также пример использования системой седловидных тел комбинации согласных и секущих нарушений. На месторождении Вест Лайк они локализовались в своде мелкой продольной антиклинали, которая имеет вертикальный размах 5—10 м. И.Р.Хендерсон в 1983 г. показал примеры слияния золото-кварцевых седловидных тел с почти вертикальными поперечными по отношению к ориентировке складок (т.е. субмеридиональными) рудными жилами. Вывод этого исследователя однозначен — седловидные золоторудные тела формируются в приоткрывшихся сводовых перегибах согласных разрывов одновременно с образованием жил однотипного состава в секущих трещинах. Сводовые полости приоткрываются в результате вовлечения шарнирных частей дополнительных складок в перемещения. Последние происходят вдоль наиболее четких послонных разрывов, трансформирующихся вверх по восстанию в секущие нарушения (рис.98). В этом случае понятно образование мощного южного "крыла" седловидной залежи — левая поверхность его оказалась в положении оперяющего отрыва и энергично приоткрывалась. Возможно, что некоторые дополнительные антиклинали Новой Шотландии, вмещающие послонные и седловидные тела, вообще сформировались незадолго до оруденения в качестве осложняющих приразломных складок. Такой механизм приоткрывания может быть применен и к "седлам" Бендиго, Мэлдона и других месторождений. Несомненное подтверждение автор видит в специфике локализации мало-мощных золото-кварцевых прожилков на ряде месторождений Новой Шотландии. На многочисленных зарисовках Г.В.Дуглас в 1948 г. показал, что они залечивают полости складок волочения, возникающих в сравнительно пластичном сланце, по которому в период внутрирудного этапа тектоники перемещаются кварцитовые слои (см.рис.98). Очевидно, приведенные факты могут быть объяснены только признанием наложенности процесса оруденения на уже сформированную складчатую структуру.

Подтверждение находим на месторождении Кэрولين в Британской

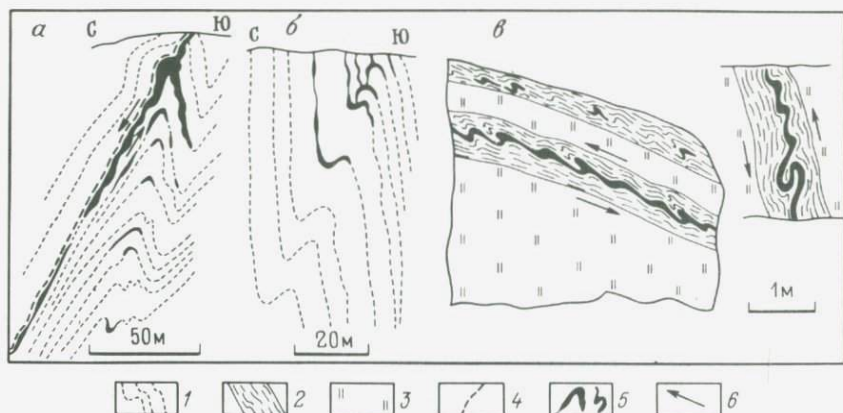


Рис. 98. Разрезы седловидных залежей с секущими апофизами на месторождениях: Дафферин (а) и Вест-Лайк (б), по Н.К.Куку и В.А.Джонстону, и зарисовки жил, выполняющих полости в складках волочения (в), по Г.В. Дугласу.

1 — песчанико-кварцито-сланцевая толща; 2 — сланцы; 3 — кварциты; 4 — разрывы; 5 — золоторудные кварцевые жилы и прожилки; 6 — направление внутрирудных перемещений

Колумбии, Канада, которое только по недоразумению относится некоторыми зарубежными геологами к объектам, возникшим близодновременно с рудовмещающими породами. Согласно Дж.Т.Шереру, Р.Дж.Е.Нейлсу [40], запасы Au на месторождении достигали на 1.1.1983 г. 5,4 т при среднем содержании его в руде 4 г/т. Оруденение локализовано в средней части конгломерато-песчанико-аргиллитовой толщи мощностью более 200 м. Залегает она на вулканитах, начинается базальными конгломератами. Толща смята в сильно сжатые складки. Свод рудовмещающей складки восточно-северо-восточного простирания слегка опрокинут на север. Северное крыло ее осложнено зоной дробления (закрывающей линзу аргиллитовых конгломератов и глинистых сланцев) и боковыми сколами, секущими пласты осадочных пород (рис.99). К одному из них, развитому в лежачем боку зоны дробления, приурочено небольшое золоторудное тело линзообразной формы.

В висячем боку зоны дробления проявлен пучок боковых сколов. Они расчлениают свод антиклинали и приуроченное к нему аркообразное золоторудное тело на серию почти продольных узких пластин. Под "северным опрокинутым крылом" аркообразного рудного тела установлено еще несколько залежей руд пластового и комбинированного типа. Последние частично вытянуты вдоль крутопадающих сколов, а частично используют пласты граувакк, глинистых сланцев и аргиллитов. Кровля главного аркообразного тела смещена каждым из секущих сколов на 1–5 м в разрезе (см.рис.99). Однако в одних пластинах висячим боком рудного тела служат грубослоистые, в других — тонкослоистые турбидиты, в третьих — аргиллиты. Примечательно другое. Если рудное тело сме-

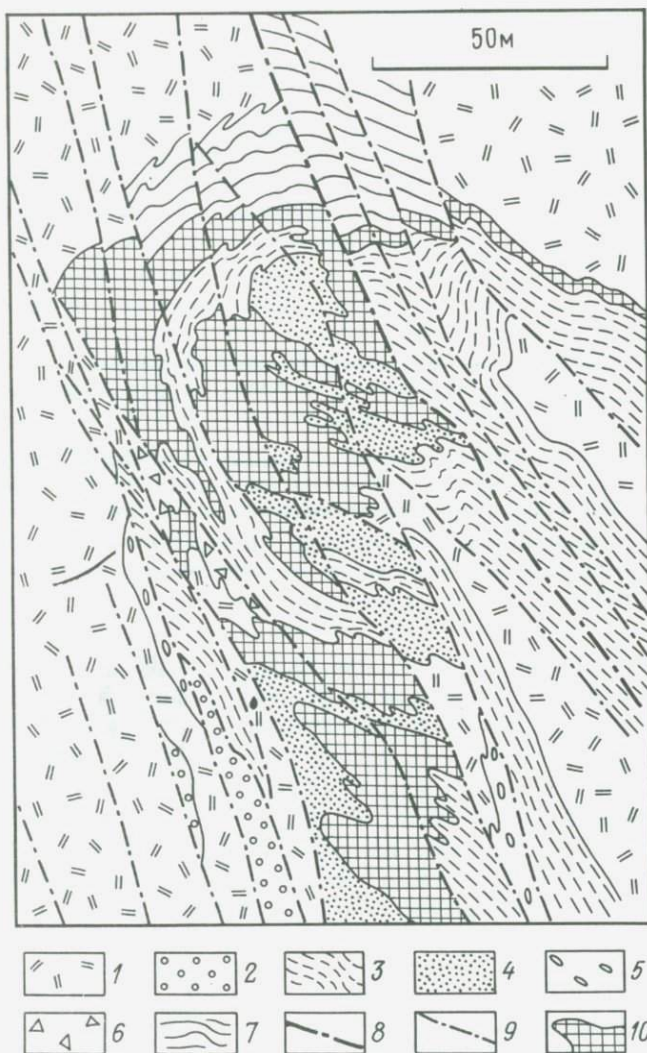


Рис.99. Разрез аркообразного рудного тела на месторождении Кэролин. По Дж.Т.Шереру, Р.Дж.Э.Нейлсу, с некоторыми упрощениями.

1 — турбидиты; 2 — конгломераты; 3 — аргиллиты; 4 — граувакки; 5 — аргиллитовые конгломераты; 6 — песчаник с зернами кварца и кварцита; 7 — тонкослоистые турбидиты; 8 — мощный тектонический шов; 9 — мелкие разрывы; 10 — золоторудные залежи вкрапленных сульфидных руд

щено сколами на первые метры, то подошва грубослоистых турбидитов теми же трещинами — на 15–25 м, а ближе к юго-восточному крылу складки — на амплитуду более 60 м. Очевидно, большая часть амплитуды приходится на дорудное перемещение подошвы грубослоистых и кровли подстилающих тонкослоистых турбидитов. Произошло оно в тот период, когда оруденение еще не проявилось.

Пластовые и комбинированные золоторудные залежи в северном опрокинутом крыле антиклинали заключены между двумя субпараллельными сколами, выступающими в роли дорудных ограничителей. Таким образом, зона дробления и сопряженные с ней боковые сколы имеют, очевидно, дорудное заложение. В этом автор убеждает и строение рудных тел. Рудные тела аркообразной, пластовой и комбинированной формы представляют собой залежи различных метасоматитов, на которые наложена вкрапленность не всегда одинакового состава [40]. В частности, известны рудные залежи в кварцевых, альбит-серицит-карбонатно-кварцевых (причем разной интенсивности) и кварц-хлоритовых метасоматитах, развившихся преимущественно в пропластках граувакк и глинистых сланцев. В одних залежах метасоматитов преобладает вкрапленность то пирротина, то пирита. Кроме того, проявлена вкрапленность подчиненных арсенопирита и халькопирита. Количество сульфидов изменяется от 6 до 8 %. Рудные тела, примыкающие к зоне дробления, в ряде случаев представлены типичной брекчией кварцевых метасоматитов, залеченной кварц-карбонат-сульфидным веществом. Золото мелкое. Заключено оно в халькопирите, тяготеет к границам кристаллических зерен. Очевидно, формирование субпластовых золоторудных тел происходило между двумя субпараллельными сколами, заключающими пласты благоприятных для замещения граувакк и глинистых сланцев, причем по "индивидуальному" плану. Все перечисленное однозначно указывает на наложенность золотого оруденения на подготовленную складчатую и разрывную структуру рудоносного участка.

## ВЫВОДЫ

Седловидные золоторудные залежи в настоящее время известны в складчатых системах различного возраста в Австралии, Новой Шотландии и Аппалачей, в Кордильерах (Британская Колумбия, Канада), в каледонидах Великобритании и Ирландии, на севере Эфиопии и в других районах неосоциалистического мира. Обобщенный для всех этих территорий фактический материал свидетельствует о проявлении золотого оруденения в породах, смятых в складки. Из наиболее специфических черт рассматриваемых месторождений необходимо отметить следующее.

1. Месторождения размещаются в пределах линейно вытягивающихся рудных узлов, которые территориально совпадают с полосами сближенных и параллельных складок, простирающихся непрерывно на многие километры — десятки километров. Положение месторождений определяется пересечением складок с продольными или кососекущими рудоконтролирующими (рудоподводящими) разломами. Они проявлены

в рудовмещающих породах или преимущественно в породах фундамента (скрытые разломы). Последние фиксируются в рудовмещающих толщах дополнительными мелкими складками или незначительными перегибами сводов главных складок. Шарниры и крылья тех и других подвергаются оруденению. За границами перегибов сводов и за сводами дополнительных складок оно выклинивается.

2. Рудоносные складки отличаются малым и умеренным вертикальным размахом (от десятков до сотен метров, в редких случаях — до 1000 м). Наклон крыльев превышает  $50^\circ$  (обычно около  $70^\circ$ ). Специфическая особенность — узкие своды, форма которых близка к клиновидной (субклиновидной). Слабое (под небольшими углами) погружение сводов благоприятно для локализации протяженных седловидных рудных залежей.

3. Рудовмещающие толщи представляют чередующиеся тонкие пласты хрупких (песчаники, кварциты, иногда конгломераты) и пластичных пород (глинистые сланцы, аргиллиты, алевролиты и т.д.), мощности которых относятся примерно как 5—8:1. Породы, как правило, углистые. Углистое вещество нередко в обилии наблюдается в зонах разрывов, секущих рудоносные складки. Сравнительно крупномасштабное оруденение на территории несоциалистического мира установлено только в углеродсодержащих толщах.

4. Для рудоносных участков, как правило, характерна локализация рудных тел в несколько ярусов. Многоярусное оруденение приурочено к шарнирам субклиновидных складок. В дугообразных сводах изоклинальных складок, изредка подвергающихся оруденению, рудные тела размещаются в один-два яруса. Любое изменение ориентировки оруденелого шарнира или появление осложняющего его складчатого элемента (мелкой складки, флексуры и т.д.), как правило, влечет за собой затухание оруденения.

5. Рудные тела, приуроченные к сводам субклиновидных складок, имеют аркообразную форму, не обязательно повторяющуюся выше и нижезалегающими другими седловидными телами. Мощность рудных тел в сводах до 10 раз превышает мощность рудных крыльев. В случае асимметричности седловидной залежи рудные крылья достигают максимальной протяженности там, где они приурочены к согласному пластовому нарушению. Последнее, как правило, осложняет свод рудоносной складки и прослеживается выше в виде секущего разрыва. Подобные залежи отличаются четкими контактами, иногда сопровождающимися глиной трения и апофизами, проникающими в шарнир антиклинали.

6. Вертикальный размах оруденения обычно от сотен до многих сотен метров. Лишь в исключительных случаях (в частности, на рудном поле Бендиго) он достигает в некоторых складках почти 1400 м от современной поверхности.

7. На месторождениях руды выполнения резко преобладают над метасоматическими вкрапленными. Они, как правило, убого- и мало-сульфидные (1—2 % рудных минералов), кварцевые. Характерна простота их состава, особенно в отношении рудных минералов. Преобладает 264

среди них пирит, реже арсенипирит. Из других подчиненных минералов почти всегда выявляются пирротин, халькопирит, сфалерит и галенит. Менее обычны антимонит и бурнонит, а из ранних минералов — шеелит, молибденит и висмут самородный или висмутин. Золото почти целиком заключено в кварце. Оно, как правило, крупное (значительная доля золотинок — более 1—2 мм), с пробностью около 900. Золото чаще ассоциирует с сульфидами Cu, Pb, Zn.

8. Околорудные изменения слабые и обычно улавливаются на расстоянии не более 1 м от залежей. Представлены они зонами слабого окварцевания, проявлением анкерита, кальцита, альбита, изредка хлорита, редкой вкрапленностью пирита или арсенипирита.

## ГЛАВА VII

### НЕКОТОРЫЕ МИНЕРАЛОГО-СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕСОЦИАЛИСТИЧЕСКОГО МИРА

Обобщение изложенного выше материала по зарубежным источникам подтвердило, что для золоторудных месторождений несоциалистического мира характерен ряд структурных и минералогических особенностей, имеющих важное значение для поисков новых, в том числе слепых рудоносных участков и рудных тел. Кратко остановимся на наиболее важных.

*Пространственная связь оруденения с рудоконтролирующими разломами.* Для хорошо изученных золоторудных месторождений несоциалистического мира в большинстве случаев установлена четкая пространственная связь с рудоконтролирующими разломами (см.рис. 10,11,42,60, 85,92). Под рудоконтролирующим разломом понимается разрывное нарушение, вытягивающееся на многие километры — несколько сотен километров, к которому на всем его протяжении, и особенно к его флангам, пространственно тяготеют рудные поля, месторождения, рудоносные участки и отдельные рудные тела, в том числе не вскрытые эрозией ("слепые"), и сложенные минеральными соединениями одного или нескольких металлов. Различают региональные разломы, простирающиеся на сотни километров, обычно продольно вдоль направления рудного пояса и в целом контролирующие полосу его оруденения, и локальные рудоконтролирующие разломы. Последние или сочленяются с региональными, или чаще проявляются в рудных поясах и узлах в качестве самостоятельных нарушений, вдоль которых размещается оруденение месторождений и рудоносных участков. Швы рудоконтролирующих разломов сопровождаются однотипной с месторождениями минерализацией и (или) метасоматитами, по составу аналогичными околорудным зонам. Региональные рудоконтролирующие разломы сравнительно редки. Еще более редко они вмещают промышленное оруденение. Из этого следует, что оруденение в золоторудных поясах, зонах и провинциях контролируется главным образом комплексом магматических пород, связанных с глубинным рудогенерирующим очагом, о чем упоминали В.Линдгрэн, А.Ф.Баддинг-

тон, Л.К.Грейтон, В.Г.Эммонс, Ю.А.Билибин, Н.И.Бородаевский, Н.В.Петровская, И.С.Рожков, С.Д.Шер и многие другие исследователи.

В отличие от региональных, менее протяженные локальные разломы на небольших интервалах могут сопровождаться рудами, причем иногда характеризуются крупнейшими запасами золота. Месторождения всегда являются глубокораспространяющимися и отличаются оруденением сосредоточенного типа (например, месторождения рудных полей Поркьюпайн, Багио, Крипл-Крик, Калгурли, Керкленд-Лейк, а также крупнейшие и крупные месторождения Сигма-Ламак, Керр-Эдисон, Хомстейк, Йеллоунайф, Эмперор, Комшток, Гуанахуато и др.). Наиболее закономерна приуроченность зарубежных крупных месторождений к расщепленным флангам локальных рудоконтролирующих разломов, к двум субпараллельным разломам (выступающим в качестве структурной "связки"), к пучку их.

*Унаследованность древних трещин различного направления.* На зарубежных месторождениях и их рудоносных участках рудовмещающие нарушения довольно часто унаследуют два, изредка три направления древних трещин. Это обуславливает проявление резко перегибающихся коленчатых разрывов и приуроченных к ним коленчатых рудных тел. Обычна такая морфология для рудных тел близповерхностных и малоглубинных месторождений, локализованных в вулканотектонических постройках (на 8 рудных объектах из 10), в частности на месторождениях Крипл-Крик, Саннисайд, Репаблик, Аток-Антамок, Акупан и Багио-Голд, Пачука, Уайхи и т.д. (см.рис. 2,7,8,10,11,14,15). Раннее заложение унаследуемых трещин подтверждается приуроченностью их к контактам интрузивных и субвулканических штоков и даек, жерловых тел и тел эксплозивных брекчий и т.д. Обычна многократная подновленность перегибающихся разрывов, которая подтверждается различной величиной амплитуд перемещения контактов пород и пересекающих их магматических образований.

Коленообразно перегибающиеся рудные тела отличаются резким изменением мощности. В частности, интервалы одного направления в этих телах характеризуются максимальной, а другого, наоборот, минимальной мощностью.

*Проявление двух систем оперяющих сколов.* Наряду с коленчатой изогнутостью рудовмещающих разрывов и изменением мощности перегибающихся золоторудных тел, обычно на близповерхностных месторождениях и редко — на месторождениях другого генезиса и типа рудосные нарушения сопровождаются оперяющими сколами (и соответственно рудными апофизами) двух систем. При этом сколы и апофизы первой системы смыкаются с главным нарушением, закономерно образуя острый угол, открытый в сторону перемещения, а сколы и апофизы второй — составляют острый угол, направленный вершиной по направлению движения и, таким образом, как бы занимают положение оперяющих отрывов. Этим обуславливается: 1) значительно большая мощность апофиз, приуроченных к оперяющим сколам второй системы, например на месторождении Поларис Такю (см.рис.87); 2) развитие на резких

перегибах главных рудоносных разрывов сетки апофиз обеих систем (наряду с апофизами главного направления, т.е. субпараллельными главной жиле) и соответственно нередкое проявление мощных участков штокверкового оруденения (например, на месторождениях Саннисайд, Багио, Ашанти, Престон Ист Доум, Гуанахуато (см.рис.7,10,11,58,25, 17).

*Системы трещин в рудоносных вулканотектонических постройках.*

На золоторудных объектах несоциалистического мира, приуроченных к изометричным вулканотектоническим постройкам, только в идеальных случаях возникает система радиальных и кольцевых рудоносных трещин. Как правило, приоритетное проявление имеет одна из них, которая ограничивает развитие другой. В постройках депрессионного типа вокруг жерлового тела (или системы сближенных жерловых тел) возникают обычно незамкнутые дуги кольцевых разрывов, заходящие флангами друг за друга, например в рудном поле Сильвертон-Теллурид (см. рис.6). Радиальные трещины массово образуются за системой таких дуг, ограничиваясь ими, а частью смещая их и распространяясь главным образом во внешнюю часть кальдеры (так называемые "закальдерные" радиальные трещины). Аналогично рудовмещающим структурам ведут себя и золоторудные тела в закальдерных нарушениях. На пересечениях и ограничениях с кольцевыми разрывами возникают трубы прожилково-вкрапленных руд (месторождения Кемп-Берд, Эмперор (см.рис.5,6).

В вулканокупольных постройках радиальные разрывы формируются ранее кольцевых. Последние иногда вообще не возникают. В тех же случаях, когда кольцевые трещины закладываются в виде слабо изогнутых дуг ограниченной протяженности, последующее наращивание их флангов происходит между радиальными разрывами как обычных сравнительно прямолинейных трещин наложенной системы. В результате кольцевое нарушение превращается в разрыв, характеризующийся на одном из участков (обычно в середине) плавным изгибом и относительно прямолинейными флангами. Подобная морфология характеризует многие рудоносные разрывы западно-северо-западной и субширотной системы на рудном поле Пачука—Реаль-дель-Монте, разрывы и жилы северо-восточного—восточно-северо-восточного направления на месторождении Уайхи (см.рис. 14,15) и др.

При сравнительно длительном формировании рудоносной вулканокупольной постройки (что более обычно для зарубежных месторождений золота) разрывы унаследуют направление древних трещин, существовавших в породах рамы. В результате, четко проявленной системы радиальных и кольцевых нарушений не устанавливается (месторождения Крипл-Крик, Аток-Антамок, Акупан и Багио-Голд, Эль-Оро, Комшток, Гуанахуато и др.). Более того, одно из нарушений серии, закладывающееся вблизи жерловых тел (тела) и падающее по направлению к нему, "берет" на себя функцию главного разрыва. Зона его оказывается проработанной наиболее интенсивно. Она и вмещает наиболее мощные и протяженные рудные тела. Большинство, иногда часть других рудоносных трещин (и золоторудных зон и тел) формируются в качестве ее оперяю-

щих сколов (и апофиз). Они оказываются сопряженными с главным разрывом, а апофизы сливаются с основным жильным телом. Падение их обычно направлено в сторону от жерлового тела, т.е. встречное по отношению к главной жиле.

*Дорудные ограничители золоторудных тел.* Достаточно широко на участках зарубежных золоторудных месторождений проявлены поперечные (по отношению к рудным телам) дорудные разрывы. В том случае, когда они закладываются до возникновения системы рудовмещающих разрывов, потоки рудоносных растворов, достигая их поверхности, видимо, испытывали существенные "трудности" в фильтрации через них, в перемещении минеральных компонентов и энергично разгружались. Этим обуславливаются, с одной стороны, "тупые" ограничения жильных тел у поверхности крутопадающих ограничителей (падающих в сторону рудоносного разрыва или от него), разветвленность жил и общее увеличение мощности рудного тела, включая вкрапленные и прожилково-вкрапленные зоны. Это объясняется распространением оруденения по любым трещинам, упирающимся в поперечный разрыв. Наконец, как правило, в мощном скоплении руд перед ограничителем происходит повышение концентрации золота и образование золоторудных столбов (месторождения Кемп Берд, Саннисайд, Эль-Оро, Пачука—Реаль-дель-Монте, Престон Ист Доум, Вилуна, Кем-Мотор, Лега Демби и т.д.).

Существует ошибочное представление, что ограничители также вмещают рудные образования. На самом деле, по зарубежным статистическим данным, ограничители, выступая для растворов структурами "закрытого" типа, чаще сопровождаются лишь слабыми проявлениями минерализации (т.е. пиритизацией, маломощными кварцевыми, серицит- и хлорит-кварцевыми и прочими метасоматитами, редкими прожилками ранних допродуктивных минеральных ассоциаций и т.д.). Нередко подобные минеральные образования оказываются настолько редкими, что обнаруживались зарубежными геологами только при весьма детальных наблюдениях.

Главная особенность месторождений, характеризующихся наличием дорудных поперечных ограничителей, — проявление различного числа разрывов рудовмещающей системы и соответственно различного числа рудных тел в смежных блоках, разделенных ограничителем. Это объясняется тем, что в смежных тектонических блоках, разделенных поперечным ограничителем, закладывается, формируется, а затем и подвергается оруденению несопоставимое количество разрывов. Иногда (и особенно на флангах месторождений) в смежном блоке вообще не возникают трещины рудовмещающей системы, и в этом случае дорудный поперечный разрыв выполняет функцию ограничителя оруденения. Понятно, что зарубежные геологи при обнаружении золоторудных тел в одном (скажем, висячем) боку поперечных ограничителей не ищут продолжения каждого из них в другом боку (лежащем).

*Дорудные сместители.* Подобные разрывы, также имеющие поперечную ориентировку, закладываются после рудовмещающих трещин, но

до их оруденения. Они смещают трещины рудовмещающей системы, количество которых совпадает в смежных тектонических блоках. Нередко сместители подвергаются оруденению. Они служат в этом случае в качестве второй, третьей и т.д. системы рудовмещающих трещин. В связи с приоритетностью оруденения главных (в данном случае рудовмещающих) систем сместители не всегда сопровождаются промышленной минерализацией. Поскольку дорудные поперечные сместители в процессе оруденения выступают в ранге трещин, сопряженных с системой рудоносных разрывов, все они закономерно (право- или левосторонне в плане) как бы смещают серию золоторудных тел. Таким образом, при наличии их зарубежные геологи ведут поиск каждого ложносмещенного рудного тела (на самом деле — дорудносмещенной, еще не минерализованной трещины главной рудовмещающей системы). Ложные смещения жил наблюдались зарубежными геологами на месторождении Репаблик (см. рис.8), Сан-Антонио (см.рис.33), Опемиска (см.рис.34), Карсон-Хилл (см.рис.62), Пеймор-Брулен (см.рис.69) и др., описанных в настоящей книге.

*Вертикальная структурная и минеральная зональность.* Для ряда зарубежных месторождений золота с рудными телами жильного и прожилкового типов характерна вертикальная структурная и минеральная зональность. Наиболее контрастно и обычно на сравнительно небольшом вертикальном интервале (от первых сотен до 800 м) структурная зональность проявляется на многих близповерхностных и малоглубинных месторождениях золота, локализованных в вулканотектонических построиках. Она выражается в изменении с глубиной строения и морфологии рудовмещающих разрывов и рудных тел, а также количества брекчиевмещающих пород в рудных телах и глинки трения в зонах рудовмещающих нарушений, апофиз, оперяющих трещин (генетического типа), систем минерализованных оперяющих сколов. Основная тенденция вертикальной структурной зональности — переход наиболее выдержанных на средних уровнях месторождений элементов рудовмещающей трещинной структуры и рудных тел к менее выдержанным на верхних и нижних уровнях. При этом верхние уровни отличаются бóльшим числом и разнообразием типов рудных тел, а также главных и оперяющих рудовмещающих разрывов, а нижние, наоборот, проявлением непротяженных единичных рудных тел в притертых плоскостях скольжения или зонах расщепления.

Установлено, что на многих близповерхностных и малоглубинных и редко — на глубокосформированных месторождениях рудоносное трещинное нарушение в средней части разреза представляет собой единый сосредоточенный разрыв, расщепляющийся вверх по восстанию и вниз по падению в верхний и нижний пучки сколовых трещин. При этом верхний пучок закладывается и развивается в висячем, а нижний — в лежащем боку главного рудоносного разрыва. Соответственно сравнительно мощные жильные и прожилковые тела вверх по восстанию трансформируются в пучок апофиз, последовательно завершающихся все более мел-

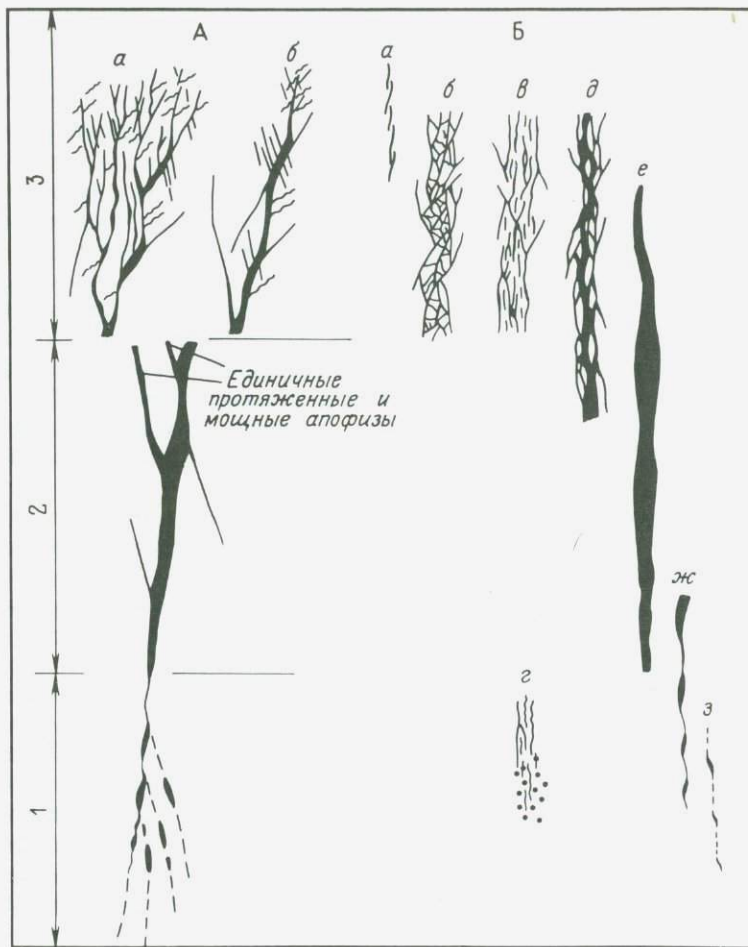
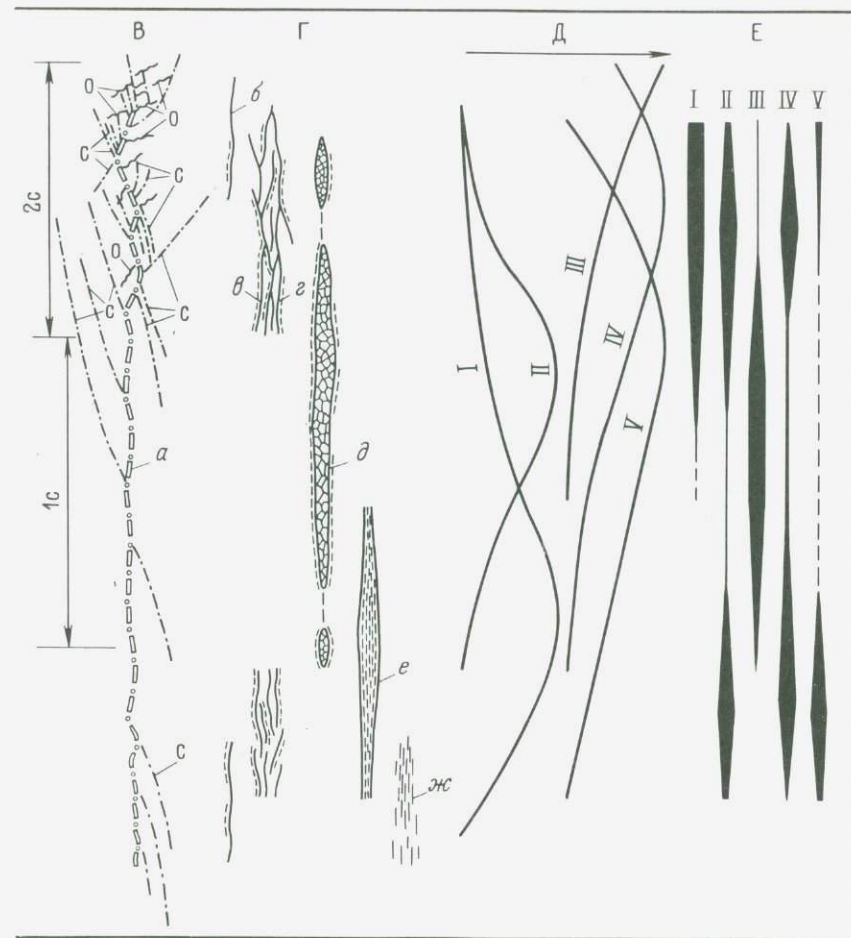


Рис. 100. Генерализованная схема вертикальной структурной зональности золоторудных на верхних (1), средних (2), и нижних (3) уровнях месторождений.

Элементы зональности: А — морфология золоторудных тел (в том числе на верхнего происхождения); Б — типы и строение жильных золоторудных тел: а — разобщенные жилы, б — зоны прожилково-вкрапленного оруденения, в — ветвящиеся жилы, г — зоны расланцевания; д — морфология главных рудовмещающих трещин: С — скола, О — отрыва; е — тектонические швы, выпологов; ж — зоны расланцевания; з — интервал развития оперяющих минерализовано стрелкой) в зонах главных рудовмещающих разрывов и в рудных телах III — минерализованных оперяющих отрывов, IV — минерализованных оперяющих текстур руд (наибольшая ширина полосы отражает максимальное развитие руд: I — колломорфные, фестончатые, агатовидные, шестоватые, крустификационные и сетчатые — на верхних уровнях и пятнистые, линзовидные, изредково-вкрапленные — на верхних уровнях и пятнисто-вкрапленные и вкрапленные —



ных месторождений, ее элементы и преимущественно наблюдаемые изменения

них уровнях месторождений): а — близповерхностного, б — глубинного происхождения, в — зоны штокверкового оруденения, г — зоны прожилкового орудесложного строения, е — массивные жилы плитообразной формы, ж — линзующих разрывов; Г — их типы: а — главное разрывное нарушение; б — оперяющая глинка трения; в — трещины с глиной трения; г — системы сближенных субпараллельных слоев дорудной глинки трения мощностью от 5—10 до десятков сантиметров; д — зоны дробления, сопровождающиеся слоями дорудной глинки трения мощностью от 5—10 до десятков сантиметров; е — то же, двух систем; Д — возрастание (по количеству): I — глинки трения, II — брекчии измененных вмещающих пород, III — сколов; V — мощности жильных тел; Е — изменение в вертикальном разрезе на данном уровне текстуры характеризуемого вида). Разновидности текстур: I — колломорфные, фестончатые, агатовидные, шестоватые, крустификационные и сетчатые — на верхних уровнях и пятнистые, линзовидные, изредково-вкрапленные — на верхних уровнях и пятнисто-вкрапленные и вкрапленные — на нижних уровнях месторождений; II — массивные, III — брекчиевые и кокардовые, IV — полосчатые, V — вкрапленные и прожилковые — на нижних уровнях месторождений

кими прожилками, а вниз по падению — в серию прожилков, разобщенных слабоминерализованными трещинами (рис.100) .

Минеральная зональность заключается в преимущественном развитии на верхних уровнях оксидов и карбонатов Fe и Mn, флюорита, барита, сульфосолевых соединений, антимонита, реальгара, самородного серебра и аргента, на средних — сульфидов Fe, Ag и цветных металлов, теллуридов, минералов Bi, аргента, на нижних — сульфидов Fe, Ag, Cu, Bi. Вниз по разрезу снижается сульфидность и карбонатность руд. С глубиной отмечается изменение текстур руд. Коломорфные, фестончатые, крустификационные, полосчатые, ленточные, массивные с глубиной постепенно уступают место сначала кокардовым и брекчиевым, полосчато-линзовидно-пятнистым, а затем — массивным, пятнисто-вкрапленным и вкрапленным, линзовидно-пятнистым текстурам.

Преимущественно неконтрастно проявляясь изменением отдельных элементов, вертикальная структурная и минеральная зональности обнаруживаются на некоторых гипабиссальных и глубинных месторождениях золота неосоциалистического мира. Элементы ее устанавливаются на большом вертикальном интервале (от многих сотен метров до 2,5 км, а на месторождении Колар — до 3,35 км) .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ геологии и структуры эндогенных месторождений золота несоциалистического мира убеждает в том, что формирование их протекало только в тех локальных участках золотоносных зон и поясов, монотонное и однородное геологическое строение которых оказалось максимально нарушенным. Такими нарушающими выступают некоторые элементы литологии, интрузивных и субвулканических образований, а также складчатой и разрывной структуры. В природе намечаются типичные, повторяющиеся виды нарушенности монотонного и однородного строения. Распространение рудовмещающих и сочетающихся с ними пород, сходных по составу, прочностным свойствам, проницаемости и т.д., прерывается магматическими массивами, штоками, дайками, телами эксплозивных брекчий, проявлением согласных силлов и пластов железистых кварцитов (что в целом создает рудовмещающую среду). Слоистые толщи на участках месторождений оказываются смятыми в складки, не повторяющиеся в окружающих породах, рудовмещающая среда осложняется разрывными нарушениями специфического типа и внутреннего строения (закладывались в дорудное время), создающими своеобразный рисунок взаимоотношений друг с другом, который отличается от трещинной структуры окружающей территории. Понятно, что в сложных по составу гетерогенных рудовмещающих средах приоритетными элементами, нарушающими такую среду и обуславливающими ее неоднородность, выступают литологические и магматические, а в сравнительно однородных—трещинные, в меньшей степени складчатые элементы структуры. В результате возникают типичные геологические обстановки, благоприятные для локализации эндогенного золотого оруденения, отождествляющиеся с типами нарушенности в других локальных участках монотонного геологического строения золотоносных зон и поясов.

Чем больше отличается строение локального участка от окружающей геологической обстановки, тем вероятнее проявление в нем золотого оруденения. Выделенные и проанализированные в настоящей книге четыре важных геолого-промышленных типа зарубежных месторождений эндогенного золота, очевидно, отвечают четырем повторяющимся (в разных золотоносных зонах и поясах) типам максимальной нарушенности сравнительно однородного геологического строения, т.е. проявлению (в зонах и поясах): 1) вулcano-тектонических построек и систем ветвящихся (вверх по восстанию) разрывов в близповерхностной их части; 2) сравнительно хрупких геологических тел, избирательно и целиком подвергавшихся интенсивному трещинообразованию и локализации руд в разрывах; 3) умеренно регионально-метаморфизованных архейских вулканитов и терригенно-вулканогенных пород (видимо, выполнявших рифтовые впадины щитов), нарушенных субвулканическими телами и проницаемыми на большом вертикальном интервале зонами расслан-

цевания, подвергшимися смятию; 4) смятых в узкие линейные складки углеродистых сланцевых и песчанико-сланцевых толщ, осложненных продольными зонами дробления (и рассланцевания) большой протяженности и глубокой проницаемости. Таким образом, перечисленные типичные геологические обстановки, нарушающие в локальных участках золотоносных зон и поясов сравнительно монотонное и однородное строение последних, определяют условия залегания, локализацию руд в пределах возникающего рудоносного участка (месторождения).

Подобные условия были положены в основу группировки эндогенных золоторудных объектов несоциалистического мира. Очевидно, возможность появления крупнейших и крупных скоплений золота диктуется другим — структурной обстановкой, максимально благоприятной для рудоотложения, и в первую очередь развитием в локальных участках золотоносных зон и поясов разрывных нарушений, способных по масштабу и внутреннему строению вместить указанные запасы благородного металла. Среди таких рудовмещающих нарушений наиболее благоприятны следующие глубокопроникающие разрывы: а) рудоносные разломы, и особенно изогнутые центральные и разветвляющиеся фланговые их части; б) прослеживающиеся на километры широкие трещинные системы, состоящие из сменяющих друг друга многочисленных мелких разрывов, распространяющихся на большую глубину; в) пучки субпараллельных разрывов, вытягивающиеся непрерывно на большое расстояние (километры); г) структурные связи из парных (т.е. двух параллельных) протяженных нарушений, обычно соединенных также оруденельными диагональными трещинами.

Отсутствие перечисленных типов рудовмещающих разрывов при всей благоприятности геологической обстановки не приводит на территории стран несоциалистического мира к появлению крупных запасов золота. Таким образом, масштаб месторождения не определяется глубиной рудоотложения и рудогенерирующих очагов, а также природой и состоянием растворов, просочившихся через зону рудовмещающего нарушения. Главным условием, видимо, является формирование проницаемых (для золотоносных растворов) глубокопроникающих разрывных нарушений крупного масштаба.

Анализ и обобщение данных зарубежных исследователей позволили также наметить специфические характеристики и параметры для каждого из выделенных геолого-промышленных типов. Они касаются пространственных взаимоотношений руд с предрудными магматическими телами, внутреннего строения и морфологии рудовмещающих разрывов и рудных тел, глубины формирования и вертикального размаха оруденения, минерального состава и условий кристаллизации руд и околорудных метасоматитов, пробности золота и характеристики золотин. Совокупность их, комплекс таких характеристик и параметров создают "лицо" каждого типа, позволяющее отличать принадлежащие ему золоторудные объекты.

Подтверждена генеральная схема вертикальной структурной и минеральной зональности, присущая в полной мере лишь месторождениям

близповерхностного и малоглубинного генезиса. Отсутствие элементов какой-либо вертикальной зональности предопределяет большой вертикальный размах оруденения.

Наряду с типично эндогенными месторождениями, формирующимися под "покрышкой" надрудных пород, проанализированы примеры зарубежных гидротермально-осадочных месторождений, возникающих близодновременно с вмещающей их средой. Руды этих объектов претерпевают метаморфизм, участвуют в складкообразовании и деформируются разрывными нарушениями. Число месторождений гидротермально-осадочного генезиса невелико (не более 8 % от массы всех зарубежных месторождений золота).

На примере ряда месторождений, хорошо изученных зарубежными авторами, было решительно отклонено предположение о возможной регенерации руд золота. Это подтверждается отсутствием регенерации в значительном масштабе любых легкорастворимых и пространственно связанных с месторождениями "гидротермальных" карбонатов (и карбонатных пород), а также отсутствием признаков существенного переотложения этих соединений в породах более молодого возраста. Автор полагает, что в случае значительной регенерации и, в частности, переотложения архейских карбонатов (объем которых и растворимость на несколько порядков превышают аналогичные параметры золотых руд) геологи неоднократно встречали бы в более молодых толщах мощные многокилометровые зоны интенсивно карбонатизированных пород как в сопровождении рудных минералов (и золота), так и лишенных их. Отсутствие таких образований автор связывает с малым масштабом регенерирующих процессов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородаевская М.Б., Горжевский Д.И., Константинов М.М.* Принципы формационной классификации месторождений цветных и благородных металлов.— Сов. геология, 1984, № 6, с. 15—18.
2. *Вассало Моралес Л.Ф., Старостин В.И., Бородаев Ю.С.* Структурно-петрофизический контроль оруденения на серебряно-золотом месторождении Гуанахуато в Мексике. — Геол. рудн. месторождений, 1982, т. 24, № 2.
3. *Ершов В.В.* Трещиноватость пород и условия локализации золотого оруденения месторождения Калана (Западная Африка). — Геол. рудн. месторождений, 1985, т.27, № 1.
4. *Ковалев А.А., Лобанова Г.М.* Геотектонические условия формирования золоторудных месторождений юго-востока Австралии. — В кн.: Жизнь земли: Тектоника плит и землеведение, М., Наука, 1985.
5. *Константинов М.М.* Золотое и серебряное оруденение вулканогенных поясов мира. М., Недра, 1984.
6. *Петровская Н.В., Сафонов Ю.Г., Шер С.Д.* Формации золоторудных месторождений. — В кн.: Рудные формации эндогенных месторождений, т.2, М., Наука, 1976.
7. *Рансом Д., Найт Дж.* Месторождения золота. Голден — Плато. — В кн.: Полезные ископаемые Австралии и Папуа—Новой Гвинеи, т.1, М., Мир, 1980.
8. *Сидоров А.А.* Группы золотоносных рудных формаций. — Сов. геология, 1984, № 7.
9. *Фретс Д., Болд Р.* Месторождения золота. Маунт-Морган:— В кн.: Полезные ископаемые Австралии и Папуа—Новой Гвинеи, т.1, М., Мир, 1980.
10. *Шер С.Д.* Металлогения золота (Северная Америка, Австралия и Океания) М., Недра, т. 1, 1972.
11. *Шер С.Д.* Металлогения золота (Азия, Южная Америка). М., Недра, т.2, 1974.
12. *Bache J.-j.* Les gisements d'or dans le monde. Memoire du BRGM, 1982, N 118.
13. *Barr D.A.* Gold in the Canadian Cordillera. CIM Bull., 1980, vol. 73, N 818.
14. *Bertoni C.H.* Gold production in the Superior province of the Canadian shield. CIM Bull., 1983, vol. 76, N 857.
15. *Birak D.J., Hawkins R.B.* The geology of the Enfield' Bell mine and the Jerrit Canyon district, Elko county, Nevada, US Geol. Surv. Bull, 1985, N 1646.
16. *Boirat J.-M., Francois J. Stephan.* Un gisement d'or subactuel dans son cadre geodynamique: les mines d'Acupan et d'Antamok (Cordillere centrale, ile de Luson, Philippines). "Chron rech. miniere", 1985, vol. 53, N 480.
17. *Boyle R.W.* The geochemistry of gold and its deposits. Geol. surv. Canada. Bull. 1979, N 280.
18. *Clark W.B.* Gold districts of California. Bull Calif. Division of mines and geology., 1970, vol. 193.
19. *Crouzet J., Recoing M., Tollon F.* Les gisements auriferes du Massif Central Francais. "Chronique de la rech. miniere", 1979, vol. 47, N 452.
20. *Dreier J.E.* Distribution of wall rock alteration and trace element in the Pachuca — Real del Monte district, Hidalgo, Mexico. Mining engineering, 1982, vol. 34, N 6.
21. *Evolution of goldbearing veins in dykes of the Woods Point dyke swarm, Victoria*, by Green A.N., Donnelly T.H., Jahake F.M., Keays R.R. Miner. deposita, 1982, vol. 17, N 2.
22. *Fedicow M.A.F., Govett G.L.S.* Geochemical alteration halos around the Mount Morgan gold—copper deposit, Queensland, Australia. Geochemic explor. 1985, vol. 24, N 3.
23. *Fernandes H.E., Damasco F.V. and Sangaland L.A.* Gold ore shoot development in the Antamok mine, Philippimes. Econ. geol., 1979, vol. 74, N 3.
24. *Genetik features of gold ore deposit at Kolar, Dharwar craton, India*, by Safonov Yu. G., Genkin A.D., B.Rao Krishna and oth. J. Geol. Soc. India, 1984, vol. 25, N 3.

25. *Geology* and geochemistry of the Pueblo Viejo gold—silver oxide ore deposit, Dominican Republic / by N. Russell, M. Saward, J. A. Rivera, K. Mc-Curdy, S. E. Kesler, P. L. Cloke. *Trans. Inst. Mining and Metall.*, 1981, B. 90, nov., N 11.
26. *Geology of the Golden Giant. Theories on the ore genesis abound* / by B. Frisen, B. Kusins, P. Kennedy, P. Brown. *Canad. mining journal*, 1985, vol. 106, N 7.
27. *Glynn G. Gold 1986. Consolidated Gold Fields. London, 1986.*
28. *Golding S.D. and Wilson A.F. Geochemical and stable isotope studies of the N 4 lode, Kalgoorlie, Western Australia, Econ. geol.*, 1983, vol. 78, N 3.
29. *Kalbskopf S. Gold mineralisation around the Bindura granite stock "Chamber of mines journal"*, 1985, vol. 21, N 7.
30. *Karvinen W.O. The Porcupine camp — a model for gold exploration in the archean. Canad. mining journal*, 1978, N 9.
31. *Kerrich R. and Allison I. Vein geometry and hydrostatics during Yellowknife mineralization. Canad. jour., Earth Scien.*, 1978, vol. 15, N 10.
32. *Kerrich R. and Fryer B.J. Archean precious-metal hydrothermal systems, Dome mine, Abitibi greenstone belt. Canad. Journ. Earth sci.*, 1979, vol. 16.
33. *Kerrich R., Watson G.P. The Macassa mine archean lode gold deposit Kirkland Lake, Ontario: geology, patterns of alteration and hydrothermal regimes. Econ. geol.*, 1984, vol. 79, N 5.
34. *Krzowski Zdzislaw. Geologia zloza Au—Ag w okregu Pachuca — Real del Monte w Meksyku. "Rudy i metale niezelaz"*, 1983, vol. 28, N 6.
35. *Morrison T.A. The Dome mine. Mining magazine*, 1980, vol. 143, N 4.
36. *Perrault Guy, Trudel P., Bedard P. Auriferous halos associated with the gold deposits at Lamaque mine, Quebec, Econ geol.*, 1984, vol. 79, N 2.
37. *Radtke A.S. Geology of the Carlin gold deposit, Nevada. US Geol. Surv. Profess. paper.*, 1985, N 1267.
38. *Rye R.O. A model for formation of carbonate-hosted disseminated gold deposits based on geologic, fluid-inclusion, geochemical and stable isotope studies of the Carlin and Cortez deposits, Nevada. US. geol. surv. bull.*, 1985, N 1646.
39. *Sangster D.F. Evidences of an exhalative origin for deposits of the Cobar district, New South Wales. Journ. of Austral. geol. and geophysics*, 1979, N 4.
40. *Shearer J.T., Niels R.J. Carolin mines: a geological update. West miner*, 1983, vol. 56, N 11.
41. *Smith B.H. and Keele R.A. Some observations on the geochemistry of gold mineralization in the weathered zone at Norseman, Western Australia. Journal of geochemic. exploration*, 1984, vol. 22, N 1—3.
42. *Smith R.M. Sorce of Mother lode sold. Calif. geology*, 1981, vol. 34, N 5.
43. *Smith T.J. and Kesler S.E. Relation of fluid inclusion geochemistry to wallrock alteration and lithochemical zonation at the Hollinger—McIntyre gold deposit, Timmins, Ontario, Canada. CIM Bulletin*, 1985, vol. 78, N 876.
44. *Stowe C.W. Gold and associated mineralization in the Que—Que area, Phodesia. A symposium of mineral deposits and the transport, and depos. of metals. Salisbury*, 1976.
45. *Thompson T.B., Trippel A.D., Dwellley P.C. Mineralized veins and breccias of the Cripple Creek district, Colorado. Econ. geol.* 1985, vol. 80, N 6.
46. *Tomich S.A. Further thoughts on the applicatoin of the volcanogenic theory to the Golden Mile ores at Kalgoorlie, Proceed. of the Australas Inst. of Mining and Metall.*, 1976, N 258.
47. *Tyrwhitt D.S. Exploration, development and geology of Telfer gold mine, Greet Sandy Desert, Western Australia. — Prospect. Areas Desert Terrain. Intern. Conf., Rabat, 14—17 apr.*, 1985, London, 1985.
48. *Valliant R. The Lac discoveries. The geology of the Hemlo pyritic gold deposit in light of the Bousquet and Doyon examples. Canad. mining journal*, 1985, vol. 106, N 5.
49. *Watkins D.H., Riverin G. Geology of the Opemiska copper-gold, deposits at Chapals, Quebec. Geol. assoc. of Canada, special paper*, 1982, N 25.
50. *Wittkopp R.W., Parratt R.A., Bruce W.R. Relief Canyon gold deposit: an explanation of epithermal geology and exploration. Mining engineering*, 1984, vol. 36, N 11.

## УКАЗАТЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### А

- Агборабо, Заир — 144, 147
- Акупан-Итогон, Филиппины — 39, 40–41, 266, 267
- Аляска-Джуно, США — 84, 85, 88, 176, 183–186
- Аляска-Мексикен (участок месторождения), США — 86
- Аляска-Тредвел, США — 84–88, 183
- ✓ Амадор (рудное поле), США — 164–167, 169
- Амалия, США — 231
- Американ-Таннел, США — 28, 29, 30
- Андавакёра, Мадагаскар — 239
- Ани, Япония — 57
- Антелоп, Зимбабве — 147
- Анфарга, Гана — 162
- Апле Хантер, Австралия — 174–176
- Аргонавт, США — 165
- Аристон, Гана — 162–164
- Аток-Антамок, Филиппины — 38, 39, 41, 266, 267
- Ашанти (рудное поле и жила), Гана — 7, 11, 156, 157–162, 267

### Б

- ✓ Багио Голд, Филиппины — 38, 39, 40, 41, 266, 267
- ✓ Багио (рудное поле), Филиппины — 11, 15, 38–41, 213, 267
- ✓ Балларат, Австралия — 254, 258
- Банкер-Хилл, США — 165
- Баррабинджи, Австралия — 197
- Барвош, Канада — 120
- ✓ Бая-Маре, СРР — 55
- ✓ Бендиго (рудное поле), Австралия — 12, 157, 169, 170, 254, 255 — 258, 260, 264
- Бидгуд Кёркленд, Канада — 57
- Биндура (рудное поле), Зимбабве — 57, 69–70
- Бисичем, Гана — 162, 200
- Бичворт, Австралия — 197
- Богосу, Гана — 162
- Бананца, Зимбабве — 100
- Бондаи, Гана — 162, 200
- Боскьют, Канада — 144, 147, 148
- Бота-Промотор, Зимбабве — 69–70
- ✓ Брелорн-Пайонир, Канада — 57, 67–69, 102
- ✓ Брулен (участок месторождения), Канада — 179, 181, 182–183
- Брумасы, Гана — 162–164, 200
- ✓ Буффало-Анкерит, Канада — 144, 148–151
- Бэнкс, Канада — 231
- Бюллетен (рудная зона), Австралия — 119

### В

- Валенсиана (рудник), Мексика — 51
- ✓ Вальд-Крик, Аляска, США — 231
- Венайс, Зимбабве — 144, 147
- Вета-Верде (участок месторождения), Мексика — 42
- Вета-Мадре, Мексика — 51
- ✓ Вилуна, Австралия — 115, 118–120, 268
- Вирджиния, Австралия — 258
- Витватерсранд, ЮАР — 10

- ✓ Вубачикве (рудное поле), Зимбабве – 57, 94, 96–99, 105
- Вуд Дак, Австралия – 197
- Вуд и Хартфорд (серия жил), США – 226
- Вудс Пойнт (рудное поле), Австралия – 57, 81–83, 102
- Высокий Тауэрн (рудное поле), Австрия – 215

## Г

- Галена, Танзания – 244, 245
- Гамильтонс-Фолли, Австралия – 235
- Гарден Галли, Австралия – 258
- Гаффни, Австралия – 81
- Гебейт, Судан – 231
- Гейка, Зимбабве – 221, 222
- Гейта, Танзания – 57, 105
- Гимпи, Австралия – 156, 157
- Глесиэр, США – 183, 184, 186
- Глоб, Зимбабве – 223
- ✓ Глоб-Феникс (рудное поле), Зимбабве – 215, 219–223
- Глэдстоун, Австралия – 197–198
- Голден Джиант, Канада – 145
- Голден-Майл, Австралия – 235
- Голден-Плато (Кракоу), Австралия – 231, 234–237
- Голден-Ридж, Австралия – 235
- Голд-Кворри, США – 15
- Голд Кинг, США – 28, 29, 30
- ✓ Голдфилд, США – 15, 46–47
- Горумба, Заир – 144, 147
- ✓ Грасс-Валли (рудное поле), США – 215, 216–219
- Граунд-Хог, США – 85, 183, 184
- Графитовая (рудная зона), Австралия – 118–120
- Грейт Кобар, Австралия – 197–200
- Гриффис, Австралия – 83
- ✓ Гуанахуато (рудное поле), Мексика – 15, 51–53, 266, 267
- Гэп Майн – Чапа и Чипока (рудное поле), Танзания – 244–245
- Гэтчелл, США – 249

## Д

- Даун, Австралия – 235
- Дафферин, Новая Шотландия, Канада – 259–261
- ✓ Дейлсфорд, Австралия – 156, 157, 169–170, 259
- Дейнсу, Гана – 162
- Джеррит-Каньон, США – 251–252
- Джеттисбург и Бэйтс (серия жил), США – 226
- Джиант-Йеллоунайф, Канада – 120–124
- Джон Булл, Зимбабве – 221, 222
- Джумбо, Зимбабве – 144, 147
- Джуно, Зимбабве – 221, 222
- ✓ Джуно (рудное поле), США – 84–88, 156, 183–186
- Джуно-Майн, Австралия – 193–195
- Допвилл, Австралия – 197–198
- ✓ Доум, Канада – 7, 11, 104, 105, 109, 128–132
- Дроматер (жила), США – 217
- Думагами, Канада – 144, 148

## Ж

- ✓ Жакобина, Бразилия – 10
- Жюстис, Гана – 159, 160

- Забанкве-Корк, Зимбабве — 99, 100
- ✓ Заркашан, Афганистан — 208
- Зербобо-Зазел, Зимбабве — 99, 100

## И

- Идарадо, США — 28, 29–31, 32, 33
- Империял, США — 231
- Ин-Дарсет, Алжир — 57
- Ист-Кобар, Австралия — 197
- Ити, Кот-д'Ивуар — 208
- Йеллоунайф (рудное поле), Канада — 120–124, 266

## К

- Калана, Мали — 57, 70–73
- ✓ Калгурли, Австралия — 11, 104, 112–115, 266
- Калифорния (жила), США — 219, 220
- Калифорния — Гарднер — Меммос (серия жил), США — 226
- Карзли, Австралия — 258
- Карлин, США — 247–249
- Карибу, Новая Шотландия, Канада — 260
- ✓ Карсон-Хилл, США — 167–169
- Каслмейн, Австралия — 157
- Катрин, Австралия — 256, 258
- Кайена, Канада — 76
- Кванъян (Ко-го), Южная Корея — 239, 242–243
- Кейбл, США — 208
- Кейстон, США — 165
- Кейстон — Жила 440 (система жил), Филиппины — 41
- Кем (жила), Зимбабве — 135, 137, 139
- Кем-Мотор, Зимбабве — 135–139, 268
- Кем-Спур (жила), Зимбабве — 135–137, 139
- Кемп-Берд, США — 28, 29–31, 32, 33, 267, 268
- Кемфло, Канада — 57, 73, 76–78, 102, 148
- Кеннеди, США — 165
- ✓ Кёркленд-Лейк, Канада — 11, 57, 59–63, 102, 266
- Кёрр-Эдисон, Канада — 11, 104, 105, 115–118, 266
- Кимберли, Зимбабве — 70
- Кингслей-Хоард, Зимбабве — 70
- Клунс, Австралия — 157, 258
- Кобар (рудное поле), Австралия — 156, 187, 197–200
- ✓ Колар (рудное поле), Индия — 7, 11, 104, 139–144, 155, 162, 272
- Комшток, США — 15, 49–51, 266, 267
- Кон, Канада — 120–123
- Кониорэм, Канада — 106–112
- ✓ Коннемара (рудное поле), Зимбабве — 57, 96, 97, 99–100
- Коронейшн, Австралия — 197
- Кот д'Ор — Нью-Мейк (серия жил), Гана — 159–161
- Кресторэм, Канада — 120–123
- Крипл-Крик, США — 11, 15, 16–20, 23, 55, 266, 267
- Кро-Галле, Франция — 239
- Кроун (жила), Австралия — 125, 127
- КСА, Австралия — 197
- Куин Би, Австралия — 197
- Кук, Канада — 93
- Кэролин, Канада — 260–263

## Л

- Лава Кэп (жила), США — 220
- Лак Минералс, Канада — 145–147
- Ла-Лус, Мексика — 51
- Ламак, Канада — 65, 66, 67
- Лас-Торрес (рудник), Мексика — 51–53
- ✓ Лега-Демби, Эфиопия — 156, 157, 176–179, 268
- Леди Лина, Зимбабве — 98
- ✓ Леди Миллер (участок месторождения), Австралия — 125, 126, 127
- Лихир, Папуа — Новая Гвинея — 15
- Лонг Джон, Зимбабве — 98
- Лонели, Зимбабве — 147
- ✓ Лупа (рудное поле), Танзания — 239, 243–245
- ✓ Лупин, Канада — 94, 99–101

## М

- ✓ Мазер-Лод (рудный узел), США — 7, 11, 156, 157, 164–169
- ✓ Мак-Интайр, Канада — 7, 104, 106–112
- Мак-Лафлин, США — 15
- Мак-Тэггарт, Западный и Восточный (золоторудные жильные зоны), Индия — 139–141
- Малартик Голд-Филдз, Канада — 73, 78–80
- Манди (золоторудная жильная зона), Индия — 139–142
- Марароа (жила), Австралия — 125–127
- Марлю, Гана — 162, 163, 187, 200–201
- Марта-Хилл (участок месторождения), Новая Зеландия — 47
- Маунт Баркер (жила), Австралия — 125, 127
- Маунтингер (жила), США — 219, 220
- Маунт-Морган, Австралия — 215, 227–229
- Маунт Плезент, Австралия — 197
- Мегуна, Зимбабве — 98
- Медден, НДРГ — 231
- Мензиес, Танзания — 244
- Меркур, США — 246
- Мессенджер, США — 57, 83–84
- Миллер Лейк, Новая Шотландия, Канада — 259
- Минкс, Зимбабве — 98
- Монета, Канада — 106, 107, 109, 112
- Морнинг (золоторудно-скарновая трубообразная залежь), Канада — 211
- Морнинг Стар, Австралия — 57, 81, 82, 83
- ✓ Морроу-Велью, Бразилия — 11, 104, 105, 132–135
- Мпасем, Гана — 162
- Мунлайт (рудная залежь), Австралия — 120
- Мурчисон, ЮАР — 144
- Мусихид, Новая Шотландия, Канада — 259
- Мэлдон, Австралия — 170, 258–259, 260
- Мэри Дрим, Зимбабве — 221

## Н

- Найджел-Риф, Танзания — 244
- ✓ Невада-Сити (рудное поле), США — 216, 219
- Негус, Канада — 120–123
- Никель-Плейт, Канада — 208, 209–211
- Нью-Кобар, Австралия — 197–199
- Нью-Осиденталь, Австралия — 197–199
- Нью Ред-Вайт энд Блю-Спек, Австралия — 258
- Ноб-Хилл (участок месторождения), США — 36

Нобл-Ноб, Австралия — 194  
Новая Саза, Танзания — 244  
Норсмен, Австралия — 121, 124–127  
Нтумби, Танзания — 244

## О

- О'Брайен, Канада — 105, 115  
Обуаси (серия жил), Гана — 158–161  
Одумаси, Гана — 162  
Окампо, Мексика — 15  
Олд Форт Борис, Австралия — 197  
Олд Чиф, Гана — 159, 160  
Онида, США — 165  
Опемиска, Канада — 90–93, 269  
Ориджинел Амадор, США — 165  
✓ Ориенталь (золоторудная жильная зона), Индия — 139–142

## П

- Пайн-Крик, Австралия — 156  
Пандора (жила), США — 31  
Пассажем, Бразилия — 57, 94  
Пачука (Пачука — Реаль-дель-Монте — рудное поле), Мексика — 15, 44–46, 266, 267, 268  
✓ Пеймор-Брулен, Канада — 109, 156, 157, 176, 179–183, 269  
Пенсильвания (жила), США — 217  
Перри (участок месторождения), Канада — 92  
Персеверенс, Танзания — 244, 245  
Петрол (жила), Зимбабве — 135, 137, 139  
Пик, Австралия — 197  
Пикл Кроу, Канада — 94–96  
Пилгримс Рест (рудный узел), ЮАР — 251  
Плимут, США — 164, 165, 166  
✓ Поларис-Такю, Канада — 231–232, 266  
✓ Поргера, Папуа — Новая Гвинея — 15  
✓ Поркьюпайн (рудное поле), Канада — 11, 106–112, 155, 266  
✓ Престеа (рудное поле), Гана — 156, 157, 162–164, 200  
Престон Ист Доум, Канада — 73, 74–76, 267, 268  
Примроуз Скелетен, Зимбабве — 221  
Принс Олаф, Зимбабве — 57  
Принс Уэльс, Зимбабве — 69–70  
✓ Принсес Ройзл (жила), Австралия — 125, 126, 127  
Птармиган, Канада — 120  
✓ Пуэбло-Вьехо, Доминиканская Республика — 11, 15, 20–23  
✓ Пэтч (трубообразное золоторудное брекчиевое тело), США — 226

## Р

- Раби Стар, Зимбабве — 98  
Рамель (участок месторождения), Франция — 171  
Рапосос, Бразилия — 57  
Раунд-Маунтин, США — 15  
Реди Буллион (участок месторождения), США — 86  
Резербек, Танзания — 244, 245  
Релайф-Каньон, США — 249  
Ренвиль, Зимбабве — 100  
Ренко, Зимбабве — 239  
✓ Репаблик, США — 33–37, 266, 269  
Рикон, Канада — 120–123

Рисинг Сан, Австралия — 195  
Рифтон, Новая Зеландия — 156  
Рошия Монтанэ, СРР — 15

## С

- Сабодала, Сенегал — 231, 232–234  
Саза, Танзания — 243, 245  
Салсинь, Франция — 157, 171–174, 247  
√ Сан-Антонио, Канада — 88–90, 269  
√ Саннисайд, США — 28, 29, 30, 32–33, 266, 267, 268  
Саннисайд (группа золото-скарновых залежей), Канада — 210–211  
Сан-Рафазль (участок месторождения), Мексика — 42  
Сансю, Гана — 159, 160  
√ Саут Юрика, США — 165  
Себайва, Зимбабве — 98  
Сентрал Мотор (жила), Зимбабве — 135–137, 139  
Сентрал Патриция, Канада — 96–97  
Сентрал-Сити — Айдахо-Спрингс, США — 215, 223–227  
Сентрал Юрика, США — 165, 166  
Сигма, Канада — 65–67  
Сигма-Ламак (рудное поле), Канада — 11, 57, 59, 64–67, 102, 148, 266  
Силвер Куин, США — 183, 184, 185  
Сильверстак (Дойон), Канада — 144, 147, 148  
Сильвер Пик, США — 28  
√ Сильвертон-Теллурид (рудное поле), США — 15, 27–33, 55, 267  
Синнемон, США — 30, 33  
Сонора, США — 164  
Споттед Леопард, Австралия — 197  
Спрингер (участок месторождения), Канада — 92  
Стовел, Австралия — 157, 258  
Суан, КНДР — 208  
Сукари, Египет — 231  
Сусанна, Зимбабве — 98  
Сьерра, Мексика — 51

## Т

- Тайольтита (Сан-Луис, Сан-Димас), Мексика — 15  
Тарква, Гана — 10  
Тарсис, Австралия — 197  
Тек-Корона, Канада — 145–148  
Текуайт, Алжир — 231  
Телфер, Австралия — 156, 157, 201–204  
√ Теннант-Крик (рудное поле), Австралия — 156, 157, 187, 192–197  
Терри-Таннел, США — 28, 29  
Титириби, Колумбия — 156  
Толтек, США — 30  
Том Коллинз — Блекис, Гана — 159, 160  
Торонто, Зимбабве — 144, 147  
Трежер, США — 165  
Тсенксгивен, Филиппины — 211–213  
Туапим, Гана — 162, 200

## У

- Уайт-Хоуп, Австралия — 235  
Уайхи, Новая Зеландия — 15, 47–49, 266, 267  
Уолхалла (Козн), Австралия — 57, 82, 83  
Унсан-Теюдон, Южная Корея — 239

## Ф

- Феникс, Зимбабве — 221—223
- Феникс Параллельный, Зимбабве — 221, 222
- Фонтэн де-Сантэ (участок месторождения), Франция — 171—174
- Френч Галч, США — 156
- Фримонт, США — 165

## Х

- Харриган Ков, Новая Шотландия, Канада — 259
- Хилгров, Австралия — 156
- Хишикари, Япония — 15
- Ховой (жила), Канада — 95, 96
- Холдон, КНДР — 208
- ✓ Хиллинджер, Канада — 7, 104, 106—112
- ✓ Хемло, Канада — 11, 104, 105, 144, 145—148

## Ч

- Чартерс-Тауэрс, Австралия — 215
- ✓ Чемпион (золоторудная жильная зона), Индия — 139—144
- Чесни, Австралия — 197—198
- Чичагов, США — 156

## Ш

- Шамрок, Австралия — 57
- ✓ Шателе, Франция — 239, 240, 241—242
- Шенандо, США — 28
- Шени, Франция — 240—241
- Шуор, СРР — 55

## Э

- Эбер, США — 85, 183—186
- Экуити, Канада — 144
- Экум-Сэкум, Новая Шотландия, Канада — 259
- Эйен, Гана — 159, 160
- ✓ Эльдорадо, Австралия — 194
- Эль-Индия, Чили — 15
- ✓ Эль-Оро, Мексика — 15, 41—43, 267, 268
- Эмпайр (жила), США — 217
- ✓ Эмперор, Фиджи — 15, 23—27, 266, 267
- Энасен, Швеция — 231
- Элкхорн, США — 208

## Ю

- Юрика, США — 165
- Южная Вирджиния, Австралия — 258

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава I. Систематика геолого-промышленных типов зарубежных золоторудных месторождений . . . . .	4
Глава II. Близкоповерхностные и малоглубинные месторождения, пространственно связанные с вулканотектоническими постройками . . . . .	14
Месторождения, локализованные в вулканотектонических постройках отрицательного типа . . . . .	16
Месторождения, локализованные в вулканотектонических постройках положительного типа . . . . .	37
Выводы . . . . .	53
Глава III. Месторождения в хрупких геологических образованиях . . . . .	56
Месторождения, развитые в штоках . . . . .	58
Месторождения, приуроченные к дайкам . . . . .	81
Месторождения, локализованные в силлах . . . . .	88
Месторождения, локализованные в горизонтах кварцитов . . . . .	93
Выводы . . . . .	101
Глава IV. Месторождения в зеленокаменно-измененных и амфиболизированных терригенно-вулканогенных толщах архейских зеленосланцевых поясов . . . . .	104
Месторождения с секущими рудными телами . . . . .	106
Месторождения с секущими и согласными рудными телами . . . . .	127
Пластовые месторождения . . . . .	144
Выводы . . . . .	151
Глава V. Золоторудные месторождения в складках вулканогенно-сланцевых и песчанико-сланцевых пород . . . . .	156
Месторождения, представленные секущими плитообразными жилами . . . . .	157
Месторождения, представленные сочетанием жил, прожилков и зон штоков-веркового и прожилкового оруденения . . . . .	176
Месторождения вкрапленных руд . . . . .	187
Выводы . . . . .	204
Глава VI. Месторождения промышленно-второстепенных типов . . . . .	208
Скарново-золоторудные месторождения . . . . .	208
Выводы . . . . .	213
Месторождения, локализованные в зонах деформированных экзо- и эндоконтактов гранитоидных и гранито-гнейсовых массивов . . . . .	215
Выводы . . . . .	229
Месторождения в зеленокаменно-измененных терригенно-вулканогенных породах протерозойских и фанерозойских складчатых систем . . . . .	231
Выводы . . . . .	237
	285

Золоторудные месторождения в глубокометаморфизованных породах . .	239
Выводы . . . . .	245
Месторождения в углеродсодержащих карбонатных и терригенно- (вулканогенно)-карбонатных толщах . . . . .	246
Выводы . . . . .	252
Месторождения рудных тел седловидной формы . . . . .	254
Выводы . . . . .	263
Глава VII. Некоторые минералого-структурные особенности золоторудных месторождений неосоциалистического мира . . . . .	265
Заключение . . . . .	273
Список литературы . . . . .	276
Указатель месторождений . . . . .	279

Некрасов Евгений Михайлович

**ЗАРУБЕЖНЫЕ ЭНДОГЕННЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗОЛОТА**

Редактор издательства *Л.С. Цаплина*  
Переплет художника *В.П. Христинина*  
Художественный редактор *Г.Н. Юрчевская*  
Технический редактор *Н.С. Анашкина*  
Корректор *К.И. Савенкова*  
Оператор *Н.В. Боброва*

ИБ № 6794. Производственное издание

---

Подписано в печать 15.09.87. Т-18936. Формат 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная № 2. Набор выполнен на наборно-пишущей машине. Гарнитура "Универс". Печать офсетная. Усл. печ. л. 18,0. Усл. кр.-отт. 18,0. Уч.-изд. л. 21,00. Тираж 2500 экз. Заказ **69** /988-2. Цена 1 р. 40 к.

---

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра",  
125047, Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Тульская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.  
300600, г.Тула, проспект Ленина, 109.

## УВАЖАЕМЫЙ ТОВАРИЩ!

В издательстве "Недра" готовятся к печати  
и выйдут в свет в 1988 г. новые книги

**КУДРЯВЦЕВА Г.П.** Ферримагнетизм природных оксидов. 18 л. 1 р. 10 к.

Рассмотрены основы ферримагнетизма, кристаллохимия природных ферримагнитных оксидов с различными типами кристаллических структур, рациональная методика изучения природных ферримагнитных минералов. Описана простейшая аппаратура для исследования магнитных свойств минералов, даны оригинальные схемы установок для термомагнитного анализа и термомагнитной сепарации, собранные с использованием выпускаемых узлов. Рассмотрены особенности состава и магнитных свойств ферримагнитных минералов, слагающих промышленные типы месторождений железных, титановых и марганцевых руд. Показана высокая информативность разнообразных магнитных характеристик для решения ряда теоретических и прикладных задач.

Для минералогов, геологов-рудников и геофизиков.

**КАРАУЛОВ В.Б.** Тектонический анализ девонских формаций Урало-Монгольского пояса. 13 л. 2 р.

Обобщен обширный фактический материал по девонским образованиям Урало-Монгольского пояса, которые расчленены на парагенетические сообщества — формации, сгруппированные в локальные ассоциации и региональные комплексы формаций. Приведены новые методические приемы формационного анализа, связанные с изучением латеральных и вертикальных рядов разномасштабных парагенетических сообществ. Намечена периодичность развития разнородных структурных элементов геосинклинального пояса и смежных с ним участков древних платформ. Уточнены представления о фазах тектогенеза. Дан краткий обзор полезных ископаемых, связанных с девонскими формациями пояса.

Для научных работников, занимающихся вопросами формационного анализа, тектонического районирования и металлогении.

## ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

*Интересующие Вас книги можно приобрести или заказать в магазинах книтогорга, распространяющих научно-техническую литературу, и в магазинах — опорных пунктах издательства "Недра", адреса которых приведены в аннотированном плане, а также через отдел "Книга — почтой".*

*Адреса центральных магазинов:*

*№ 115 — 117334, Москва, Ленинский проспект, 40. Дом научно-технической книги;*

*№ 17 — 199178, Ленинград, В.О., Средний проспект, 61.*

4989

1p.482