

С. Д. ШЕР

**МЕТАЛЛОГЕНИЯ
ЗОЛОТА**



С. Д. ШЕР

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ЗОЛОТА

(СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА,
АВСТРАЛИЯ И ОКЕАНИЯ)

341



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»
Москва 1972

Шер С. Д. Металлогения золота. (Северная Америка, Австралия и Океания). М., «Недра», 1972, 296 с.

Континенты, выбранные для обзора золотоносности, характеризуются наибольшим разнообразием геотектонических условий локализации золоторудных районов, высокой интенсивностью золотоносности и сравнительно хорошей изученностью как отдельных месторождений, так и общей металлогении. Однако сведения по месторождениям золота этих континентов рассредоточены в отдельных работах, которые большей частью на русском языке не издавались.

В предлагаемой работе сопоставляется золотоносность в геотектонических провинциях, относящихся к крупнейшим этапам развития Земли — археохрону, мезохрону, раннему и позднему неохрону. Для наиболее крупных провинций рассмотрены общее распределение месторождений золота, их размеры и типы, структурный контроль оруденения, особенности минерального состава руд, характер золота в рудах, связь оруденения с магматизмом и другие вопросы.

Установлена в целом единая на разных континентах направленность металлогенического по золоту развития земной коры с наличием специфических характерных особенностей для отдельных провинций. Ведущая роль в качестве рудогенерирующей для месторождений золота принадлежит основной магме. Непременным условием для формирования месторождений золота является значительная степень ее дифференциации. Ход этой дифференциации и уровень глубин, на котором она происходит, в значительной мере определяют типы месторождений золота.

Систематизированные и обобщенные материалы по золотоносности Северной Америки, Австралии и Океании могут быть использованы при прогнозировании и поисках месторождений золота в СССР, а также могут способствовать выявлению новых типов золотого оруденения и помочь при оценке золоторудных проявлений.

Таблиц 20, иллюстраций 59, список литературы — 223 названия.



ВВЕДЕНИЕ

Выяснение закономерностей размещения и особенностей месторождений полезных ископаемых в различных металлогенических провинциях всего земного шара важно как с теоретических, так и с практических позиций. Оно позволяет рассмотреть такие вопросы общей проблемы рудогенеза, как связь концентраций полезных ископаемых с крупными геотектоническими элементами, развитием магматизма различных типов, разнотипными тектоническими движениями, накоплением слоистых толщ разных формационных рядов и т. д. Хотя основной материал по этим вопросам дает детальное изучение рудных районов и месторождений, однозначные данные далеко не всегда могут быть получены при работе на ограниченных площадях без сравнительного рассмотрения всего многообразия геологических обстановок.

Анализ распределения концентраций полезных ископаемых в ходе геотектонического развития позволяет затронуть и такие узловые проблемы учения о рудных месторождениях, как особенности оруденения различных металлогенических эпох, определение общих тенденций развития металлогении во времени и пространстве, вопросы цикличности металлогенического развития и геохимической специализации крупных секторов земного шара.

Сводное рассмотрение позволяет определить относительное развитие оруденения различных типов, выявить специфические условия, необходимые для формирования редких, необычных или исключительных по крупности месторождений, выяснить возможные или наиболее вероятные масштабы разнотипного оруденения. Установление ведущих поисковых и оценочных критериев для различных геотектонических обстановок способствует также эффективности среднemasштабного прогнозирования.

В своей работе автор поставил задачу — обобщить имеющиеся материалы по геологическим позициям и особенностям золотоносных провинций и главных месторождений золота земного шара, в первую очередь зарубежных территорий, материал по которым менее известен советским читателям. Рассмотрение проводится по континентам, а в их пределах — по разновозрастным геотектоническим провинциям.

В данной книге рассмотрены месторождения золота Австралии с окружающими ее островами и Северной Америки — территорий, где добыто наибольшее количество золота (не считая уникального месторождения Витватерсранд в Африке), и которые наиболее полно освещены в литературе.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

К ИСТОРИИ ИЗУЧЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА И ЗОЛОТОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Месторождения золота изучались очень многими геологами, и литература, касающаяся общих вопросов золотого оруденения и главным образом описания отдельных месторождений и рудных районов, исключительно обильна.

В разное время были составлены сводные работы по золоторудным месторождениям. Первым капитальным обзором явился труд английского геолога Дж. М. Макларена (MacLaren, 1908). Лично знакомый со многими месторождениями Австралии, Новой Зеландии, Индии и Европы, этот автор суммировал с исчерпывающей для своего времени полнотой все материалы. Он дал также первую металлогеническую классификацию золоторудных месторождений.

Через 20 лет после выхода в свет работы Макларена фактический материал по месторождениям золота Южной Америки, Австралии и Новой Зеландии был обобщен Э. Дж. Даном (Dunn, 1929). Эта богато иллюстрированная работа содержит много сведений по конкретным месторождениям, а также ряд обобщений преимущественно по структурам рудных полей, морфологии рудных тел, влиянию на размеры и тип месторождений вмещающих пород и т. д. Общие закономерности размещения золотоносности в ней не рассматриваются.

В 1930 г. на XV Международном геологическом конгрессе в Претории (Южная Африка) специально рассматривались проблемы геологии золота. Был выпущен сборник, где сведены данные по отдельным странам, добывающим золото. Ценность сводки заключалась в том, что материалы по странам были изложены в ней геологами, непосредственно изучавшими месторождения золота и геологическое строение соответствующих территорий.

— В 1937 г. в США вышел обзор В. Г. Эммонса (Emmons, 1937) — наиболее известная сводка по месторождениям золота земного шара. Обзор построен по географическому принципу с рассмотрением месторождений по континентам, а в их пределах — по странам и их административным подразделениям. Он охватывает огромное число месторождений, которые нанесены на схемы по отдельным районам. Однако описания различных месторождений крайне неравноценны

и построены по различному плану. Общие закономерности размещения месторождений не рассматриваются, дается только карта разновозрастных золотоносных провинций земного шара, аналогичная карте Дж. М. Макларена. В обобщающих главах приведены известные построения В. Г. Эммонса о связи золотоносности с гранитными батолитами и классификация месторождений по схеме В. Линдгрена.

В последующие годы сводки по геологии золоторудных месторождений были выпущены Г. Бергом, Ф. Фриденсбургом и М. Легре. В сводке Г. Берга и Ф. Фриденсбурга (Berg, Friedensburg, 1940) наибольшую ценность представляют статистические сведения о добыче золота по странам и их крупным частям, а также по всему земному шару. Они суммированы с 1493 по 1938 г. и до настоящего времени являются основой всех статистических материалов по добыче золота.

Сравнительно краткие сведения сводного характера о геологии золоторудных месторождений содержатся в работе М. Легре (Legg, 1942), который при классификации месторождений придерживается схемы Эммонса — Линдгрена. Ряд приводимых им примеров месторождений явно неудачен.

На русском языке монографии по геологии месторождений золота земного шара отсутствуют. По территории СССР были выпущены краткие, но интересные сводки Э. Э. Анерта, К. И. Богдановича, А. К. Мейстера. Позднее вышла книга Г. В. Фосса (1963), в которой приведены примеры геологического строения отдельных месторождений, в основном отечественных. Наибольшее внимание в книге уделено историческим сведениям о добыче золота и экономическим данным.

Помимо специальных обзорных работ по золоту, интересный сводный материал содержится в соответствующих разделах курсов рудных месторождений В. Линдгрена, В. А. Обручева, А. Г. Бетехтина, Г. Шнейдерхена и др. Раздел из книги В. Линдгрена (1932), касающийся месторождений золота и платины, был переведен и издан в СССР отдельной книгой. Эта книга содержит детальные описания ряда месторождений в последовательности, соответствующей классификации В. Линдгрена.

Наряду с геологическими сводками по золоту имеется ряд обзоров исторического и экономического профиля. В весьма обстоятельной работе Г. Квиринга (Quiring, 1948) указана роль золота в развитии различных государств, описана история открытия и разработок золоторудных месторождений. Капитальная работа «Золото. Добыча, свойства, применение» (Gold. Recovery, properties and applications, 1964) выпущена в США под редакцией Э. М. Уайза.

В Советском Союзе был издан ряд историко-экономических обзоров по сырьевой базе золотодобывающей промышленности капиталистических стран. Среди них следует указать книгу А. А. Афанасьева (1963), выпуск «Золотодобывающая промышленность капиталистических стран» (1963), работу И. С. Рожкова и А. П. Морова

(1963), разделы, посвященные золоту в серии «Минеральные ресурсы капиталистических стран» и др. Истории открытия и добычи золота в России до середины XIX в. посвящена интересная книга В. В. Данилевского.

Большое количество работ посвящено генезису месторождений золота и его металлогении. Одной из первых работ была статья К. А. Кулибина, опубликованная в 1872 г. в «Горном журнале». Статья представляла собой очень полный для своего времени разбор таких узловых вопросов, как типизация месторождений, характер рудовмещающих пород, морфология рудных тел и т. д. В настоящее время большинство статей специализированы и затрагивают отдельные вопросы геологии золоторудных месторождений.

Широкую известность получили работы Ю. А. Билибина по металлогении золота и генезису его месторождений. Общим проблемам геологии золоторудных месторождений и их классификации посвящен ряд статей И. С. Рожкова, Ф. Н. Шахова, Н. А. Шило. Из специальных работ следует назвать исследования по минералогии золотых руд Н. В. Петровской, закономерностям размещения золоторудных районов и рудных полей Г. П. Воларовича, И. С. Рожкова, Н. А. Фогельман, С. Д. Шера, о связи золотого оруденения с магматизмом — Н. А. Фогельман и М. Б. Бородаевской, структурам золоторудных полей Н. И. Бородаевского, П. С. Бернштейна, геохимии золота Ю. Г. Щербакова, изменениям вмещающих пород в месторождениях золота Н. И. Бородаевского и С. Д. Шера, золотоносным россыпям И. С. Рожкова, Н. А. Шило, Ю. П. Казакевич, Е. Я. Синюгиной и др.

Литература, касающаяся геологической характеристики отдельных золотоносных районов и тем более месторождений золота как по СССР, так и по зарубежным территориям насчитывает более 10 000 наименований, количество ее непрерывно растет. В связи с этим особенно необходимо составление сводных работ, которые могут помочь геологам-исследователям золоторудных месторождений ориентироваться в имеющейся информации.

ГРУППИРОВКА ЭНДОГЕННЫХ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Для систематического рассмотрения материала по золоторудным месторождениям и сопоставления их друг с другом необходимо принять ту или иную группировку. Сложность проблемы разработки классификаций эндогенных месторождений вообще и золоторудных в частности широко известна. Она объясняется, с одной стороны, исключительным многообразием геологических факторов, обуславливающих формирование месторождений, и, с другой — гипотетичностью конкретных условий их генезиса. С обеих позиций отчетливо выделяются только самые общие классификационные группы, а при попыткахдробного разделения возникает множество противоречий и неясностей.

При общем металлогеническом анализе больших и неравномерно изученных территорий к классификации приходится предъявлять особые требования. В ее основу должны быть положены признаки, которые можно установить по имеющимся кратким и общим описаниям месторождений. Важно также, чтобы классификация давала возможность сопоставлять неравнозначно изученные месторождения, максимально используя имеющуюся информацию.

В основу принятой классификации положены вещественный состав руд, морфологические особенности рудных тел и характер вмещающих оруденение пород. Существенной особенностью классификации является цифровое обозначение всех выделяемых признаков, что позволяет в конечном итоге обозначить каждое рассматриваемое месторождение так называемым индексом — числом, включающим все цифровые обозначения его отдельных признаков, расположенные в строго определенном порядке.

В первую очередь в предлагаемой классификации выделяются формационные группы, принятые с рядом изменений и дополнений по классификациям Н. В. Петровской (1960) и Д. А. Тимофеевского (1971). Формационные группы отражают соотношения главных новообразованных минералов в рудах: кварца, халцедона, сульфидов и окислов металлов, сульфатов, карбонатов. Выбор минеральных сообществ для выделения формационных групп обусловлен их ведущим значением в золотых рудах. Он также связан с условиями формирования руд.

Выделены следующие формационные группы золоторудных и золотосодержащих комплексных месторождений: 1) золото-кварцевая; 2) золото-халцедоново-кварцевая; 3) золото-сульфидно-кварцевая; 4) золото-сульфидно-халцедоново-кварцевая; 5) золото-сульфидная; 6) золото-карбонатно-сульфидная; 7) золото-баритовая и золото-барит-сульфидная; 8) золото-алюмосиликатная (скарновая); 9) прочих месторождений. В индексах месторождений цифровые обозначения формационных групп (от 1 до 9) ставятся на первом месте.

Каждая формационная группа подразделяется на минеральные типы, в основном отвечающие таковым в классификации Д. А. Тимофеевского (1971). Минеральные типы характеризуют общий минеральный состав руд, а не состав собственно золотых минеральных ассоциаций, так как, во-первых, последние далеко не всегда удается выделить и, во-вторых, при сравнительно большом разнообразии общего минерального облика руд продуктивные на золото ассоциации очень сходны в различных месторождениях.

Систематизация минеральных типов (табл. 1) проводится по соотношениям в главных рудных минералах катионной и анионной составляющих, причем те и другие расположены в таблице в порядке их усложнения. В табл. 1 заполнены не все клетки, соответствующие возможным сочетаниям катионов и анионов в минералах, а выделены только 24 минеральных типа, обычно встречающихся в месторождениях золота, причем из них более распространенных всего несколько.

Принцип выделения и индексации минераль

Главные анионы, входящие в состав рудных минералов	Главные катионы, вхо			
	0. Рудные минералы отсутствуют	1. Fe	2. Mo, W, Sn	3. Fe, Cu
0. Рудные минералы отсутствуют	00 Золото-кварцевый и другие бессульфидные			
1. S, O	01 Баритовый, бедный сульфидами	11 Магнетитовый, пирит-гематитовый	21 Существенно редкометалльный (пирит-шеелитовый, пирит-молибденитовый, станный-гюбнерит-касситеритовый)	
2. S		12 Пиритовый, пирит-пирротиновый		32 Халькопиритовый, халькозин-халькопирит-борнитовый
3. S, As		13 Пирит-арсенопиритовый		33 Арсенопирит-теннантитовый
4. S, Sb				34 Халькопирит-тетрадритовый
5. S, Te				
6. S, B		16 Пирит-турмалиновый		

ных типов золоторудных месторождений

дящие в состав рудных минералов

4. Pb, Zn	5. Fe, Cu, Pb, Zn, Bi	6. Fe, Cu, Pb, Zn, Bi, Ag, Hg	7. Ag	8. As, Sb
42 Сфалерит- галенито- вый	52 Висмут- сульфидный	62 Полиметаллически- сульфидный	72 Аргентитовый	82 Антимонито- вый, реальга- ровый
		63 Полиметаллически- сульфосольно- мышьяковый		
44 Бурнонито- вый		64 Полиметаллически- сульфосольно-сурь- мяный	74 Пираргирит- миаргирито- вый	
	55 Висмут- теллурид- ный	65 Полиметаллически- теллуридный		

Главные анионы, входящие в состав рудных минералов	Главные катионы, вхо			
	0. Рудные минералы отсутствуют	1. Fe	2. Mo, W, Sn	3. Fe, Cu
7. S, As, Sb				
8. S, As, Sb, Te				
9. S, As, Sb, Te, B				

Каждый минеральный тип обозначается двузначным числом, первая цифра которого отражает наиболее характерную катионную (железо, медь, свинец и цинк и т. д.), а вторая анионную (сера, сера и мышьяк, теллур) составляющие руд. В индексе месторождений числа, обозначающие минеральные типы, помещаются после числа, обозначающего формационные группы.

Выделяемые морфологические классы золоторудных месторождений в основном соответствуют предложенным Н. И. Бородаевским (1960). Нами дополнительно введены сложные классы месторождений, что представляется необходимым, поскольку за элемент классификации приняты не отдельные рудные тела, а месторождения в целом. Выделены следующие морфологические классы: 1) простые жилы; 2) сложные жилы; 3) жильные зоны; 4) зоны вкрапленно-прожилковой минерализации; 5) залежи; 6) штокверки, частично в сочетании с жилами; 7) сочетание жил, жильных зон, штокверков и зон вкрапленности; 8) сочетание зон вкрапленности и залежей. Цифровые обозначения морфологических классов ставятся в индексе месторождений после обозначения минеральных типов.

В предлагаемой классификации учитывается также состав вмещающих пород и условия их залегания. Таблица 2 помогает систематизировать информацию в этом отношении: у всех месторождений, сходных по химизму вмещающих оруденение пород, числовое обозначение начинается на одну и ту же цифру, а в случае одинаковых условий залегания пород — заканчивается одинаково.

дящие в состав рудных минералов

4. Pb, Zn	5. Fe, Cu, Pb, Zn, Bi	6. Fe, Cu, Pb, Zn, Bi, Ag, Hg	7. Ag	8. As, Sb
		67 Полиметаллически-сульфосольный		
		68 Полиметаллически-сульфосольно-теллуридный		
		69 Полиметаллически-сульфосольно-теллуридно-турмалиновый		

Эта таблица, так же как и табл. 1, заполнена не полностью. В ее клетках обозначены только более распространенные в месторождениях золота рудовмещающие породы или их сочетания. Числовое обозначение вмещающих пород ставится в общем индексе месторождения на последнем месте.

Таким образом, каждое месторождение обозначается шестизначным числом, в котором первая цифра отражает принадлежность к формационной группе, следующие две характеризуют минеральный тип, четвертая цифра отражает морфологический класс и, наконец, последние две цифры показывают особенности вмещающих пород.

Предлагаемая классификация месторождений, несмотря на ее значительную схематичность, позволяет сравнивать месторождения и их группы как в целом, так и по отдельным признакам и статистически обрабатывать данные о них.

Описанная классификация использовалась нами при сопоставлении типов месторождений в пределах крупных золотоносных провинций. При обработке материалов для каждого месторождения прежде всего устанавливался индекс. Если отдельные сведения оставались не выясненными, заполнялась только часть индекса, а недостающие цифры обозначались буквой «n». Все индексы месторождений провинции выписывались далее в порядке возрастания цифр. Для каждого месторождения здесь же выписывались точные или приближенные данные о количестве добытого золота. После этого производился подсчет общего количества месторождений и добытого

Принцип выделения и индексации подклас

Поро- ды	Условия залегания пород		
		1. Существенно силикатные (кварцевые)	2. Существенно алюмоси- ликатные
Изверженные	1. Массивы		21 Кислые и щелочные интрузивные породы
	2. Дайки и малые штоки		22 Кислые и щелочные породы
	3. Субвулканические тела, трубки взрыва		23 Кислые породы
	4. Покровы и силлы		24 Кислые и щелочные эффузивы
Осадочные и вулкано- генно-осадочные	5. Массивные и грубослоистые осадочные и вулканогенно- осадочные толщи	15 Кварциты, кварцевые песчаники	25 Аркозовые, кварц- плагиоклазовые песча- ники
	6. Тонкослоистые осадочные и вулканогенно-осадочные толщи		26 Глинистые сланцы, филлиты
Метаморфические	7. Массивные и груборасслан- цованные метаморфические породы	17 Вторичные кварциты	27 Гнейсы
	8. Тонкорассланцованные ме- таморфические породы		28 Кристаллические сланцы
9. Сочетания различных по усло- виям залегания и генетическим группам пород			

сов месторождений по вмещающим породам

Состав пород

3. Fe—Mg-алюмосиликатные	4. Fe—Mg-силикатные	5. Са—Fe—Mg-карбонатные	6. Сочетания пород, различных по химическому составу	7. Наличие контактов пород
31 Основные и средние интрузивные породы	41 Ультраосновные породы		61 Массивы неясного состава	
32 Основные и средние породы	42 Ультраосновные породы		62 Различные дайки	72 По контактам с дайками
34 Основные и средние эффузивы			64 Эффузивы различного (или паясного состава)	
35 Граувакковые полимиктовые песчаники и туфы		55 Карбонатные породы массивные (известняки, доломиты)		
36 Зеленокаменные толщи		56 Известковистые сланцы		
37 Скарны, роговики				
38 Амфиболиты и амфиболовые сланцы				
		59 Различные карбонатные породы	69 В различных породах	

золота из месторождений, относящихся к каждой формационной группе, минеральному типу и т. д. На основании полученных цифр составлялись унифицированные диаграммы для каждой из рассматриваемых провинций (см. рис. 5, 20, 24, 33 и 45). Ввиду большого количества минеральных типов и различных вмещающих пород, данные о них при составлении диаграмм объединялись в родственные более крупные группы.

Подобный подход позволил наиболее полно использовать все имеющиеся данные о каждом месторождении, даже если они не являются полными, и провести обоснованные сопоставления.

При характеристике отдельных месторождений наряду с описанием в скобках указывается индекс, дающий его максимально сконцентрированную характеристику. Опыт автора показывает, что при работе с индексами к классификационным таблицам приходится обращаться только вначале, в дальнейшем индексы, особенно часто встречающиеся, очень быстро запоминаются и помогают представить себе общие особенности месторождения.

Предлагаемая формализованная группировка ни в коей мере не должна подменять генетической классификации месторождений золота, которую следует разрабатывать параллельно на базе более детального изучения генезиса месторождений.

О ГРУППИРОВКЕ ЗОЛОТОНОСНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Металлогения золота земного шара рассматривается по континентам. Для получения сопоставимых материалов необходимо принять единый принцип выделения описываемых территорий. Очевидно это выделение должно производиться в соответствии с геотектоническими подразделениями.

Сопоставление общих особенностей металлогенического развития автор (Шер, 1970) ранее предложил производить по наиболее крупным единицам геологического времени, названным А. Н. Мазаровичем (1947) геохронами. Выделяются четыре геохрона: археохрон, мезохрон, ранний и поздний неохроны. Эти этапы геологического развития только отчасти соответствуют возрастному членению, так как отражают не временные, а однотипные по стилю геологического развития этапы.

Археохрон, образования которого характерны для ядер древних щитов и отвечают в основном возрасту более 2,6 млрд. лет, характеризуется отсутствием платформ и геосинклиналей и наличием своеобразных нуклеарных (по Е. В. Павловскому) структур — куполообразных поднятий, разделенных узкими прогибами — трогами. Для археохрона типичен ограниченный набор формаций с отсутствием карбонатных отложений и характерным «совмещением спилитовой и молассоподобной граувакковой формаций во времени и пространстве» (Павловский, 1962).

Для **мезохрона** характерно появление первых платформ и обрамляющих их геосинклиналей. Платформы этого времени отличаются от более поздних значительной подвижностью основа-

ния, большими мощностями чехла и широким проявлением основного и щелочного магматизма. Для мезохрона характерно также появление более сложного набора формаций, в частности карбонатных (доломитовых) толщ, и максимальное распространение железистых кварцитов, появляющихся в конце археохрона.

Хотя для образований археохрона и мезохрона характерен глубокий региональный метаморфизм пород, по он далеко не повсеместен.

Р а н н и й н е о х р о н начинается с рифея и охватывает собственно геосинклинальный этап развития земной коры. Особенности его широко известны. В сводных работах В. Е. Хаина, Е. Е. Милановского, А. В. Пейве и многих других тектонистов детально рассмотрены стадии и типы развития разновозрастных геосинклиналей.

Выделение п о з д н е г о н е о х р о н а в качестве самостоятельного, равнозначного предыдущим геохрона, признается не всеми геологами. Для этого геохрона, называемого разными исследователями послегеосинклинальным этапом, этапом формирования складчато-глыбовых зон или этапом тектонической активизации, характерно: 1) наличие тектонических движений по крупным разломам, частично ранее заложенным; 2) преобладание поднятий и в связи с этим подчиненная роль осадконакопления, обычно приуроченного только к изолированным депрессиям; 3) широкое развитие наземных вулканических излияний и других проявлений вулканоплутонической андезито-базальтовой формации.

Начало позднего неохрона относится чаще всего к мезозою, но отдельные участки земного шара вступили в него еще в конце палеозоя, а на других и до современного времени продолжается геосинклинальное развитие (ранний неохрон).

Сопоставление главных черт золотоносности в пределах каждого континента и в целом по земному шару по геохронам наиболее удобно для общего металлогенического анализа. Однако его недостаточно при описании всего материала, имеющегося по золотоносным территориям. Целесообразно более дробное разделение образований различных геохронов, в первую очередь раннего неохрона, т. е. геосинклинального этапа развития Земли. При этом в соответствии с общепринятым геотектоническим членением выделяется и рассматривается отдельно золотоносность областей рифейской, каледонской, герцинской, киммерийской, альпийской и кайнозойской складчатости.

В отдельных случаях наряду с геотектоническими упоминаются и металлогенические провинции, выделяемые различными исследователями для некоторых территорий. Использование такого членения помогает систематизировать материал. Однако в данном случае термину «металлогеническая провинция» придается широкое свободное толкование, как это делает, например, Ф. С. Тюрнор (1959), и задача общего разделения территории по металлогеническому принципу при изложении фактического материала по золотоносности нами пока не ставится.

ОБЩЕЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛОТОГО ОРУДЕНЕНИЯ В ПРЕДЕЛАХ ЗЕМНОГО ШАРА

Рассмотрение закономерностей размещения и типов золоторудных месторождений в пределах отдельных континентов целесообразно начать общим кратким обзором золотоносности земного шара.

На земном шаре на 1 января 1970 г. (без учета данных по СССР) добыто около 70 000 т учтенного статистикой золота (табл. 3), причем резко выдающееся значение по золотоносности занимают провинции мезохрона. Это обусловлено присутствием здесь широко известного месторождения золота Витватерсранд, относящегося к типу золотоносных древних конгломератов. Из этого уникального месторождения с начала его эксплуатации (1886 г.) добыто около 30 000 т золота, запасы его и в настоящее время еще весьма значительны.

При сопоставлении золотоносности различных территорий удобно пользоваться понятием о плотности золотоносности (Шер, 1965₁), т. е. количестве золота, приходящемся на единицу площади. Без учета данных по Витватерсранду плотность золотоносности оказывается близкой для провинций различных геохронов. Весьма высокой плотностью золотоносности отличаются герциниды Восточной Австралии, где с относительно небольшой площади добыто около 4000 т золота.

Исключительно высокая плотность золотоносности отмечается также для провинций мезохрона Северо-Американской платформы, что объясняется присутствием крупнейшего месторождения Хоумстейк. Однако принятая для расчета площадь золотоносной территории в данном случае не характерна, так как месторождение приурочено к небольшому выходу докембрийских пород среди платформенного чехла.

Из других площадей земного шара по плотности добытого золота можно выделить Северо-Американский сектор Тихоокеанского пояса (мезозойды и область активизации), Западно-Австралийский и Канадский древние щиты.

Африкано-Аравийский щит, если не принимать во внимание Витватерсранда, является сравнительно слабо «насыщенным» золотом, поскольку большое количество добытого там золота относится к огромной территории. Следует отметить также малую плотность золотоносности древних щитов Южной Америки, что объясняется, по-видимому, малой геологической изученностью Южно-Американских территорий.

Интересны различия в плотности золота, добытого в различных секторах Тихоокеанского пояса: в Северо-Американском секторе плотность выше, чем в Южно-Американском и тем более Азиатском.

В табл. 3 приведены также данные о соотношениях количества золота, добытого из коренных месторождений и россыпей. Этот вопрос специально был рассмотрен автором ранее (Шер, 1965₂). Здесь отметим лишь, что если рассматривать только мезо-кайнозойские

Золотоносность различных геологических эпох и провинций
(без учета данных по СССР)

Геотектоническая провинция	Площадь, млн. км ²	Добыто золота по 1970 г., т ¹			Плотность добытого золота, т/млн. км ²	Интенсивность золотоносности, плотность/млн. лет
		всего	из коренных мест и древних россыпей	из мезокайнозойских россыпей		
Канадский щит	4,8	4 580	4580	—	955	0,48
Западно-Австралийский щит	1,1	2 010	2000	10	1820	0,91
Щиты Африканской платформы	7,8	2 300	2185	115	295	0,15
Индийский щит	1,6	805	750	55	500	0,25
Бразильский щит	4,3	1 365	465	900	318	0,32
Итого по археохрону . . .	16,8	10 175	9665	510	605 (среднее)	0,30 (среднее)

Археохрон (около 2000 млн. лет)

Мезохрон (около 1000 млн. лет)						
Канадский щит и выступы Северо-Американской платформы	0,2	1 040	1 040	—	5 200	5,20
Западно-Австралийский щит (северная часть)	0,5	50	50	—	100	0,10
Щиты Африканской платформы	3,0	30 270	29 415	855	10 150	10,15
Гвианский щит	1,5	480	—	480	320	0,32
Балтийский щит	0,8	170	170	—	212	0,11
Итого по мезохрону	8,8	32 895	31 140	1755	3 720 (среднее)	3,72 (среднее)

Ранний неохрон (около 1000 млн. лет)

Провинции байкалид (около 500 млн. лет)

Южная Австралия	0,2	15	10	5	75	0,15
---------------------------	-----	----	----	---	----	------

¹ Поскольку официальной статистики для приведенных в таблице территорий не имеется, все цифры являются приближенными. Особенно это относится к количеству золота, добытого из россыпей и коренных месторождений.



Геотектоническая провинция	Площадь, млн. км ²	Добыто золота по 1970 г., т			Плотность добытого золота, т/млн. км ²	Интенсивность золотеносности, плотность/млн. лет
		всего	из коренных м-ний и древних россыпей	из мезокайнозойских россыпей		
Провинции каледонид (около 200 млн. лет)						
Восточное побережье Сев. Америки	0,3	30	30	—	100	0,50
Европа	0,5	—	—	—	—	—
Азия	0,3	10	?	?	38	0,19
Итого	1,1	40	30		36,4 (среднее)	0,18 (среднее)
Провинции герцинид (около 120 млн. лет)						
Аппалачи	0,7	70	10	60	100	0,84
Европа	0,6	290	240	50	482	4,00
Африка	0,3	—	—	—	—	—
Южная Америка	0,2	15	—	15	75	0,62
Азия	2,6	25	?	?	10	0,08
Восточная Австралия	1,8	3740	2500	1240	2080	17,30
Итого	6,2	4140	2750	1365	665 (среднее)	5,54 (среднее)
Провинции мезозонд (около 120 млн. лет)						
Северная Америка	3,7	6 640	3100	3540	1790	14,90
Итого по раннему неохрону	11,2	10 835	5890	4910	970 (среднее)	8,10 (среднее)
Поздний неохрон (около 180 млн. лет) *						
Северная Америка	4,2	6 350	6 000	350	1510	8,40
Южная Америка	3,1	3 320	1 520	1 800	1070	5,95
Азиатско-Новозеландский сектор Тихоокеанского пояса	4,1	3 485	2 240	1 245	850	4,75
Азиатско-Средиземноморский пояс	9,3	695	?	?	75	0,42
Итого по позднему неохрону	20,7	13 850	9 760	3 395	670 (среднее)	3,72 (среднее)
Всего	57,5	67 755	56 455	10 570	1180 (среднее)	

* Часть отнесенного сюда золота добыта также в пределах альпийских складчатых сооружений герсинклинального этапа развития Земли, но данных для их выделения недостаточно.

россыпи, то отчетливо устанавливается их повышенный удельный вес по сравнению с коренными месторождениями в более молодых геотектонических провинциях. Так, если все добытое золото для каждой группы провинций принять за 100%, то россыпи составят в провинциях археохрона 5%, мезохрона 5,3%, раннего неохрона 45,3% и позднего неохрона 24,52%. Таким образом, суммарный эрозионный срез, который является, очевидно, наибольшим на древних щитах, не оказывает влияния на формирование россыпей. Главным служит, по-видимому, наличие устойчивых прогибов, способствующих аккумуляции рыхлого материала. Поэтому древние щиты, испытывающие тенденцию к длительному поднятию, обеднены россыпями.

Наряду с плотностью при общем анализе золотоносности интересно рассмотреть также интенсивность золотоносности, под которой мы понимаем плотность золотоносности, отнесенную на единицу геологического времени (Шер, 1970). Несмотря на значительную условность цифр, приведенных в табл. 3 и, в частности, данных по длительности формирования месторождений в разновозрастных геологических провинциях, можно отметить, что в целом интенсивность золотоносности в ходе геологического развития Земли возрастает. В месторождениях, сформированных за сравнительно короткий промежуток геологического времени, охватывающий мезозой, сконцентрировано около 20 000 *t* золота, что составляет примерно $\frac{1}{3}$ всей учтенной добычи.

Распределение месторождений золота по геотектоническим провинциям Советского Союза существенно отличается от такового для остальной части земного шара. На древних щитах в нашей стране пока не известно промышленных дорифейских месторождений золота. Вместе с тем провинции байкальской, каледонской и особенно герцинской складчатостей представляют собой главные золотоносные территории Советского Союза. К ним относятся старейшие районы русской золотопромышленности — Енисейский, Ленский, Уральский, Западно-Сибирский, а также вновь открытая весьма крупная золотоносная провинция Средней Азии.

Территории мезо-кайнозойского тектогенеза, так же как и за рубежом, обладают в СССР повышенной золотоносностью. Однако наиболее молодые кайнозойские месторождения золота выявлены пока в небольшом количестве.

СЕВЕРНАЯ АМЕРИКА

В пределах Североамериканского континента добыто на 1/1 1970 г. около 18 700 *t* золота. По общему количеству добытого золота этот континент стоит на втором месте после Африки, а если исключить из рассмотрения уникальное месторождение Витватерсранд, то значительно превосходит все континенты (данные по СССР не учитываются).

Общие геологические особенности Североамериканского континента достаточно хорошо известны. Согласно А. Ирдли (1954), здесь выделяются следующие главные геотектонические единицы: Канадский и Гренландский щиты, Центральная и Арктическая устойчивые области, орогенические пояса Атлантического и Тихоокеанского краев континента и Скалистых Гор и Прибрежные равнины.

Арктические области, Гренландский щит и Прибрежные равнины выпадают из нашего рассмотрения, так как либо не относятся к золотоносным территориям, либо являются неизученными в этом отношении.

В дальнейшем золотоносные территории Северной Америки по принятой в СССР терминологии подразделяются на Канадский щит, палеозойскую (каледонскую и герцинскую) складчатую систему Атлантического побережья, мезозойскую и кайнозойскую складчатые системы Тихоокеанского побережья и провинцию магматической активизации Северо-Американской платформы (рис. 1). Границы выделенных территорий большей частью четкие и принимаются нами в соответствии с показанными на тектонической карте Северной Америки (Кинг, 1967; Tectonic map of North America, 1969). Исключением является провинция активизации, границы которой условны, так как на американских картах эта провинция специально не выделяется и данных для ее точного оконтуривания недостаточно.

По принятым нами геохронам разделение золотоносных территорий осуществляется следующим образом. В археохроне сформированы главные золотоносные провинции Канадского щита; в мезохроне — часть провинций Канадского щита и Северо-Американской платформы, впоследствии частично активизированной. К образованиям раннего неохрона относятся золотоносные провинции палеозойских складчатых систем Атлантического побережья и мезозойды Тихоокеанского побережья. Наконец, в условиях позднего неохрона

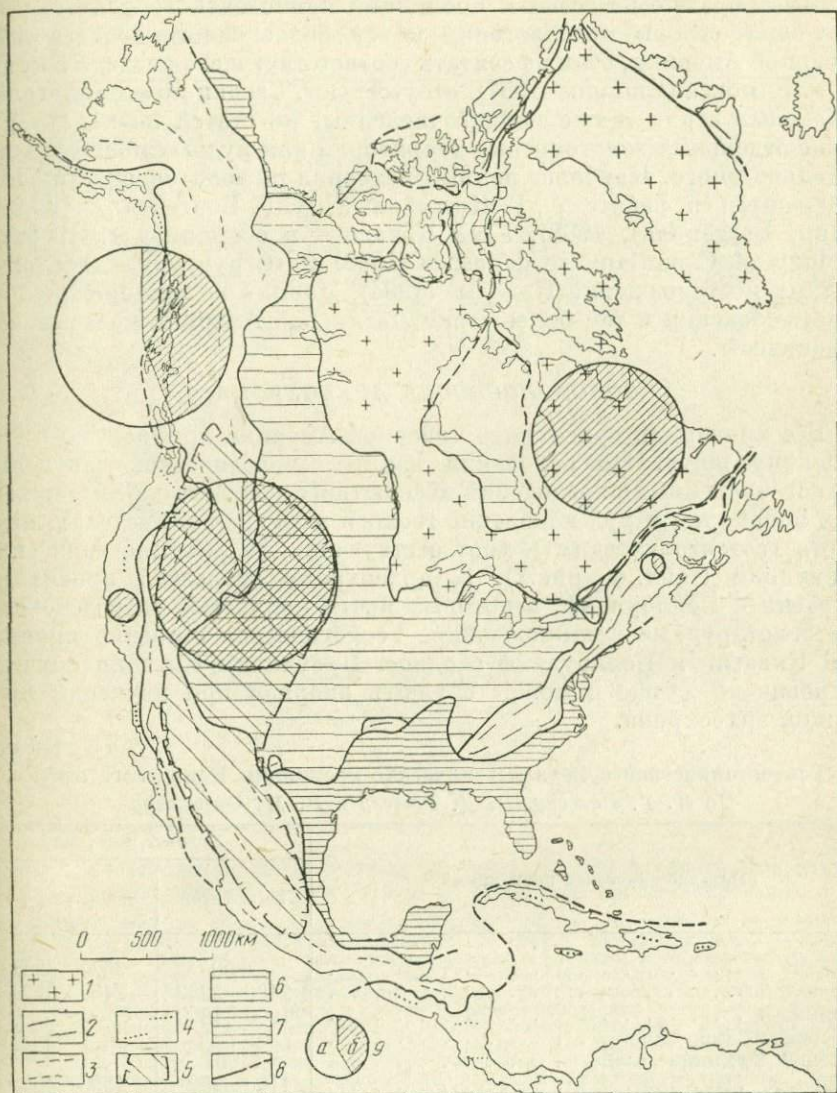


Рис. 1. Геотектоническое районирование Северной Америки с указанием относительной золотоносности различных геотектонических провинций.

По Ф. Б. Кингу (с дополнениями по разным источникам)

1 — Канадский щит; 2 — палеозойские складчатые пояса; 3 — мезозойские складчатые пояса; 4 — кайнозойские складчатые пояса; 5 — провинция мезо-кайнозойской магматической активизации; 6 — чехол древней платформ; 7 — чехол молодых платформ; 8 — границы геотектонических провинций; 9 — относительное количество добытого золота: а — из россыпей, б — из коренных месторождений

было сформировано золотое оруденение активизированной платформы; сюда же отнесена и провинция кайнозойского тектогенеза.

Общие обзоры металлогении и тем более золотоносности всей Северной Америки, если не считать соответствующего раздела в книге В. Г. Эммонса (Emmons, 1937), отсутствуют. Сводки по металлогении отдельных стран также немногочисленны, по статей по характеристике отдельных золотоносных территорий или рудных полей исключительно много. Наиболее полный материал по золотоносности США содержится в работе А. Г. Кошмана и М. Г. Бергендаля (Koschmann, Bergendahl, 1968), а по Канаде — в сборниках «Structural geology of Canadian ore deposits» (1948) и «Структурная геология рудных месторождений Канады» (1964). Данные по месторождениям золота Мексики и тем более стран Латинской Америки чрезвычайно ограничены.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ АРХЕОХРОНА

Все провинции археохрона Северной Америки приурочены к Канадскому щиту. На основании данных геологического изучения и многочисленных определений абсолютного возраста как изверженных пород, так и руд канадские геологи выделяют в пределах щита шесть геотектонических и соответствующих им металлогенических провинций (табл. 4, рис.2). К археохрону относятся провинции Киватин и Йеллоунайф, в которых почти полностью сосредоточены все золоторудные месторождения. Геологическое строение провинций Киватин и Йеллоунайф сходное. Провинция Киватин изучена несравненно лучше и может служить опорной при изучении провинций археохрона.

Таблица 4

Геотектонические и металлогенические провинции Канадского щита
По И. Т. Вилсону, Р. Д. Расселу и Р. М. Фаркулеру

Металлогеническая провинция	Возраст, млн. лет	
	пегматитов	свинцовых руд
Киватин	2600	2600—2200
Йеллоунайф	2400—2200	2400—2100
Черчилл	1900—1800	1600
Побережья Лабрадора	?	1700
Большое Медвежье озеро	1400?	1300
Гренвилль	1100—900	1300—800

Большая часть описываемых провинций сложена гранитизированными породами, а также гранитоидами интрузивного облика. Среди площадей развития этих пород располагаются участки слабе метаморфизованных образований размером от первых десятков квадратных километров до 80 000 км². Их обычно рассматривают как синклинальные прогибы — трогии. В пределах трогов распространены породы в основном двух литологических групп — вулка-

ниты основного состава и терригенные граувакковые толщи. Вулкани- ниты в целом являются более древними (возраст более 3000 млн. лет) и относятся в провинции Киватин к серии киватин, а осадочные породы объединяются в серию тимискаминг с возрастом около

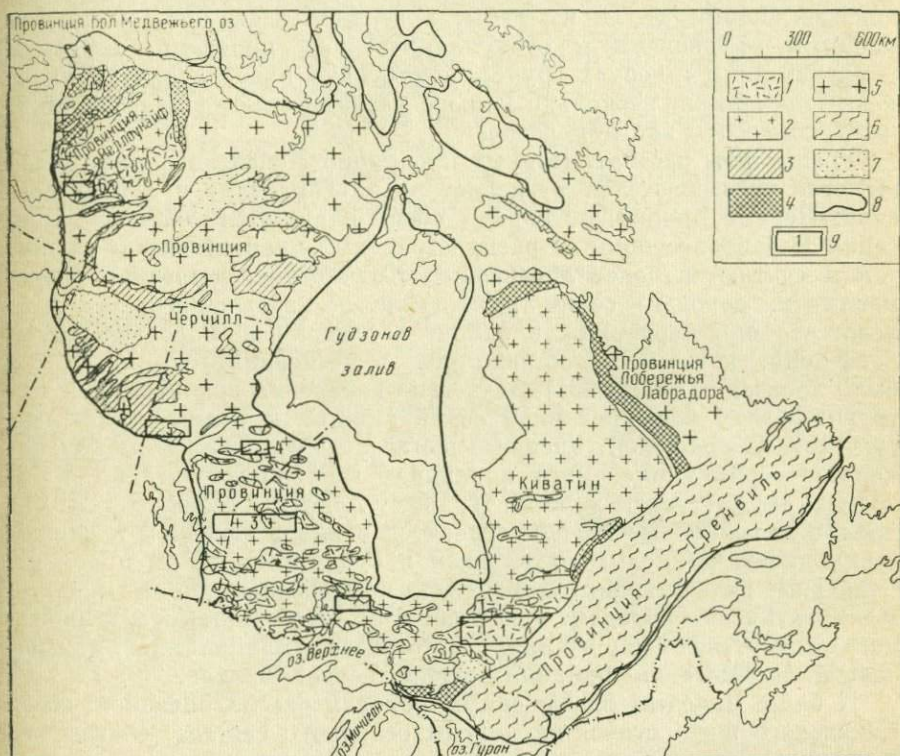


Рис. 2. Геотектонические провинции Канадского щита и размещение главных золотоносных узлов. По К. Г. Стоквеллу (схематизировано)

1 — зеленокаменные «троги» — архейские породы, смятые кеноранской складчатостью; 2 — области распространения позднеархейских гранитов и гранито-гнейсов; 3 — допоздние нижнепротерозойские породы, смятые гудзоной складчатостью; 4 — нижнепротерозойские породы, смятые гудзоной складчатостью; 5 — позднепротерозойские граниты и гнейсы; 6 — глубоко метаморфизованные породы, смятые гренвилльской складчатостью; 7 — ненарушенные породы в пределах щита на разном основании; 8 — границы Канадского щита; 9 — главные золотоносные узлы: 1 — Восточного Онтарио — Западного Квебека (Поркьюпайн — Керкленд-Лейк — Хорн — Малартик), 2 — Центрального Онтарио (Лонг-Лейк), 3 — Западного Онтарио — Южной Манитобы (Ред-Лейк — Централ Патрициа), 4 — Восточной Манитобы (Сан-Антонио), 5 — Западной Манитобы — Восточного Саскачевана (Флин-Флон — Шеррит-Гордон), 6 — Северо-Западных территорий (Йеллоунайф)

2300 млн. лет. В провинции Йеллоунайф обеим сериям отвечает группа йеллоунайф, также представленная в нижней части зеленокаменно измененными вулканидами, а в верхней — граувакками. Не исключены более сложные взаимоотношения выделяемых комплексов пород.

Для обоих архейских комплексов характерно полное отсутствие карбонатных отложений, кварцевых обломочных пород (за исключением железистых кварцитов) и тонкообломочных первоначально глинистых фаций. В серии киватин и в нижней части разреза группы йеллоунайф распространены в основном зеленокаменно измененные диабазы, порфириды и их туфы, в верхней части они сменяются кислыми эффузивами и субвулканическими породами. В серии тимискаминг и в верхах группы йеллоунайф преобладают граувакковые песчаники, несколько меньше развиты аркозовые песчаники, часты горизонты конгломератов.

Гранитоиды рассматриваемых провинций Канадского щита большинство исследователей разделяет на альгоманские и лаврентьевские. Первые прорывают породы обеих охарактеризованных выше серий и наиболее широко распространены. Лаврентьевские гранитоиды считаются более древними¹. Хотя непосредственного перекрытия их породами серии тимискаминг не наблюдалось, но считалось, что они перекрыты в районе оз. Верхнего породами серии найф-лейк, которые сопоставлялись с тимискамингскими. Позже было доказано (Bass, 1961) отсутствие внедрения гранитоидных интрузий между формированием серий киватин и тимискаминг (лаврентьевских гранитов). Специальное исследование галек из конгломератов серии тимискаминг в районах Восточного Онтарио — Западного Квебека позволило М. Н. Бассу прийти к выводу о том, что кислые изверженные породы относятся в них в основном к членам серии киватин (кислым интрузивам и субвулканическим породам). Отдельные гальки гранитов и гнейсов принадлежат, по его мнению, к докиватинским породам. Таким образом, серии киватин и тимискаминг относятся к единому циклу литогенеза и принадлежат, по мнению М. Н. Басса, к формации древних островных дуг.

К более молодым изверженным породам рассматриваемой части Канадского щита относятся породы основного состава, слагающие эруптив Садбери.

Важной особенностью щита является широкое развитие в его пределах диабазовых даек, которые слагают зоны протяженностью до 1600 км (Fahring, Wanless, 1963 и др.). Отдельные дайки достигают длины 240 км. Данные абсолютного возраста (калий-аргоновый метод) показывают большой возрастной интервал внедрения даек — от 2485 млн. лет до 640 млн. лет. Общая картина распространения разновозрастных даек еще не может быть воссоздана. Наиболее древние дайки (2485 млн. лет) локализованы в провинции Киватин, где намечается их меридиональный пояс, проходящий примерно вдоль границы провинций Онтарио и Квебек в наиболее золотоносном районе.

¹ Лаврентьевские граниты первоначально были выделены среди значительно более молодых глубоко метаморфизованных пород серии грениль. В настоящее время под этим названием в различных провинциях выделяются явно разновозрастные породы.

Фрагменты дайковых поясов субширотного простирания, в которых возраст жильных пород датируется в 2164 и 2150 млн. лет, выделяются на северном берегу Невольничьего озера (в золотоносном районе Йеллоунайф) и на восточном берегу Гудзонова залива. Эти пояса не прослеживаются в более молодой провинции Черчилл с возрастом складчатости 1700 млн. лет. В. Ф. Фаринг и Р. К. Ванлесс указывают, что в провинции Черчилл намечаются отдельные субширотные дайки, показывающие большие значения возраста. Если это подтвердится, то может быть поставлена под сомнение общепринятая сейчас гипотеза о том, что провинции Йеллоунайф и Киватин были когда-то изолированными континентальными ядрами.

ПРОВИНЦИЯ КИВАТИН

Провинция Киватин охватывает южную часть Канадского щита, причем с юга и юго-запада границы ее в основном совпадают с границами щита. На востоке она граничит с провинцией Гренивилл, сложенной высокометаморфизованными, но значительно более молодыми по возрасту породами. Северная граница частично определяется положением платформенного чехла в районе Гудзонова залива, частично — соотношениями с более молодыми участками Канадского щита. В этих случаях она условна и проводится на различных геотектонических схемах несколько различно. В указанных границах площадь провинции составляет примерно 1,2 млн. км². С этой площади добыто на 1/1 1970 г. около 4340 т золота, причем подавляющее количество в восточной части провинции, расположенной в Восточном Онтарии — Западном Квебеке. Здесь на площади примерно 300 × 40 км² добыто не менее 3200 т золота.

Общая геологическая характеристика

Для провинции Киватин, как и для других золотоносных провинций археохрона, в геологическом отношении характерно чередование площадей, сложенных глубоко метаморфизованными гранитизованными породами и гранитами, и меньших по размеру участков или зон развития вулканогенных и граувакковых терригенных пород.

Общее строение провинции рассмотрено за последнее время в ряде работ А. М. Гудвина (Goodwin, 1966 и др.) с позиций протоконтинентального роста и в связи с проблемой минерализации. В формировании южной части Канадского щита, отвечающей рассматриваемой провинции, А. М. Гудвин выделяет три стадии: 1) платформенную (правильнее было бы говорить о протоплатформенной стадии), обусловленную наличием мощных горизонтально залегающих покровов базальтов; 2) стадию вулканических сооружений, характеризующуюся формированием эруптивных аппаратов и субвулканических тел, сложенных кислыми породами; 3) стадию эрозии, в ходе которой происходило разрушение вулканических построек с отложением на вулканогенных толщах и в их обрамлении терригенных

пород. В результате перечисленных стадий на рассматриваемой территории, по А. М. Гудвину, был сформирован ряд поясов или зон, сложенных, с одной стороны, преимущественно вулканогенными и, с другой — осадочными отложениями. Последние вследствие интенсивного метаморфизма и гранитизации в значительной части превращены в гранито-гнейсовые комплексы.

В южной части территории А. М. Гудвин выделяет три вулканогенных пояса широтного простирания (с севера на юг): Ючи, Кива-

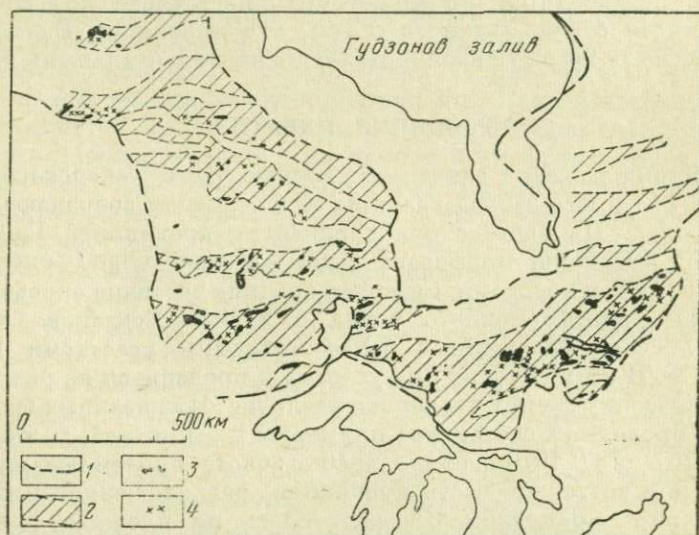


Рис. 3. Размещение золоторудных полей на Канадском щите.
По А. М. Гудвину

1 — границы щита; 2 — пояса развития вулканогенных пород; 3 — кислые вулканические породы; 4 — главные золоторудные поля

тин и Абитибби (рис. 3). К северу от пояса Ючи также развиты вулканогенные пояса, но уже юго-восточного простирания. Архейское ядро располагается между широтными и юго-восточными поясами к западу от Канадского щита, в основном под платформенными отложениями (на широте оз. Виннипег), и вулканогенные пояса, таким образом, как бы облекают это древнейшее ядро. Хотя далеко не все в построениях А. М. Гудвина является безупречным (не ясен механизм «протоконтинентального роста», не доказано наличие и местоположение древнейшего ядра и др.), ряд его положений безусловно заслуживает внимания, и прежде всего региональный анализ вулканогенных поясов. А. М. Гудвин доказывает увеличение в более южных поясах (по его данным позднее сформированных) и в их более восточных частях мощностей вулканогенных толщ и более широкое развитие там кислых пород, слагающих, как правило, субвулканические тела. Он связывает с этим наличие более разнообразной

не только золотой, но и полиметаллической минерализации. Очевидно, такому усложнению строения вулканогенных поясов соответствует и значительное увеличение интенсивности золотой минерализации.

А. М. Гудвин (Goodwin, 1965) приводит средний состав архейских эффузивов и указывает, что их кислые дифференциаты сходны по химическому составу с тихоокеанскими породами андезит-дацит-риолитовой серии. В целом вулканы архея, по его данным, соответствуют вулканическим породам, образовавшимся на континентах и в орогенических поясах, и противопоставляются океаническим базальтам.

Общие данные о золотоносности

В провинции Киватин описано около 65 золоторудных месторождений (табл. 5); преобладают небольшие месторождения с добычей до 10 т. Их учтено нами около 50, на самом деле их, очевидно, значительно больше. Вместе с тем суммарная добыча из этих месторождений сравнительно невелика. Немного золота добыто и из средних месторождений (класс от 10 до 100 т). Все богатство золота описываемой провинции определяется несколькими рудными полями: Поркьюпайн с главными месторождениями Холлинджер, Дом и Мак-Интайр, давшее около 1 550 т золота, Керкленд-Лейк (700 т), Хорн (около 250 т), Керр-Эдисон (270 т). Более 100 т золота из каждого дали рудное поле Малартик (180 т), месторождение Ламак (130 т), близженные месторождения Кохинор Вилланс, Кемпбелл и Дикенсон в районе Ред-Лейк (180—190 т). Значительное количество золота добыто также из месторождений Сан-Антонио, Мадсен Ред-Лейк, района Лонг-Лейк и некоторых других.

Таблица 5

Распределение месторождений золота провинции Киватин по крупности (по данным о добыче на 1/1 1970 г.)

Классы месторождений по крупности	Количество месторождений	Суммарная добыча, т	Примеры месторождений
Более 1000 т	1	1550	Поркьюпайн
100—1000 т	6	1753	Керкленд-Лейк, Хорн, Керр-Эдисон
10—100 т	12	333	Сан-Антонио, Мадсен Ред-Лейк
1—10 т	28	88	Нордзен Эмпайр, Омега
До 1 т	18	4,5	Микадо, Регина
Итого	65	3728,5	

Размещение месторождений в пределах провинции резко неравномерное (см. рис. 2). Большая часть их сосредоточена в юго-восточной части провинции (Восточное Онтарио — Западный Квебек).

Здесь не только находится преобладающее количество месторождений, но и располагаются все выдающиеся по крупности рудные поля.

Рудные поля в этом рудном узле сконцентрированы в пределах полосы субширотного простираения протяженностью не менее 300 км, которая с востока причленяется к границе провинций Киватин и Гренвиль (рис. 4). В этой главной полосе намечаются более локальные зоны сосредоточения месторождений, из которых наиболее

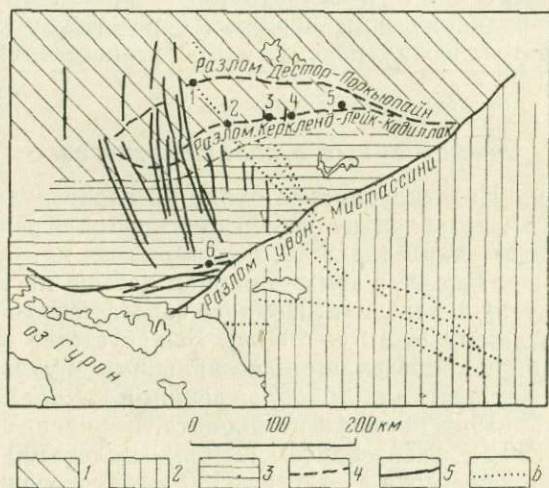


Рис. 4. Приуроченность золоторудных месторождений юго-восточной части провинции Киватин к крупным разломам. По И. Т. Вилсону

1 — провинция Киватин; 2 — провинция Гренвиль; 3 — провинция Кобальт; 4 — посттимискамингские надвиги; 5 — посткобальтовые надвиги и сбросы; 6 — постсилурийские сбросы

Золоторудные или золотосодержащие месторождения и рудные поля (цифры на схеме):

1 — Поркьюпайн, 2 — Матачеван, 3 — Керкленд-Лейк, 4 — Лардер-Лейк, 5 — Хорн (Норанда), 6 — Садбери

четко выражена зона, проходящая через месторождения Керкленд-Лейк, район Лардер-Лейк, и далее на восток включающая месторождения групп Норанда, Кадиллак и Малартик. Протяженность зоны в указанных границах 200 км. От западного ее окончания под углом к юго-западу отходит более короткая (около 50 км) зона, к которой приурочены месторождения группы Матачеван. Рудное поле Керкленд-Лейк располагается в узле сопряжения зон.

В центральной части зону Керкленд-Лейк — Малартик пересекает зона север-северо-западного простираения, включающая месторождения Норметалл, Бьют, Беллетер. К узлу пересечения этих зон приурочено одно из крупнейших месторождений провинции Хорн.

К югу и юго-западу от описанной главной полосы концентрации золоторудных месторождений провинции, к северу от оз. Гурон

и востоку от оз. Верхнего, размещаются сравнительно небольшие узлы концентрации золоторудных месторождений незначительных размеров, которые описываются обычно как золотоносные районы Гудро, Мичипикотен и Юго-Восточного Онтарио.

Второй узел золоторудных полей провинции Киватин (значительно меньшего размера, чем первый), находится в центральной ее части, в Центральном Онтарио, к северу от оз. Нипигон. Здесь большинство месторождений также слагают зону близширотного простирания, протяженностью около 70 км. К сравнительно более крупным месторождениям здесь относятся Литл-Лонг-Лейк, Мак-Леод Кокшутт, Нордзен Эмпайр.

Третий узел золоторудных месторождений расположен в западной части провинции, в Восточной Манитобе — Западном Онтарио, к востоку от южной оконечности оз. Виннипег. Здесь выделяется несколько отдельных рудных узлов, в целом приуроченных к полосе субширотного простирания протяженностью 350 км. Из более крупных месторождений в этой полосе могут быть отмечены (с запада на восток): Хоувей-Хасага, Кохинор Вилланс, Пикл-Кроу, Централ Патриция. В пределах указанной общей полосы довольно отчетливо выделяются отдельные зоны протяженностью до 50—60 км с более концентрированным расположением месторождений.

Южнее указанного пояса в районе оз. Вуд и от него в сторону оз. Верхнего в Юго-Западном Онтарио хотя и располагается значительное число золоторудных месторождений, но все они очень небольшие по размерам.

Наконец, в северной части провинции установлен еще один сравнительно небольшой золоторудный узел на территории Восточной Манитобы. Наиболее крупными здесь являются месторождения Сан-Антонио, Централ Манитоба. Отчетливой линейности в размещении этих месторождений, судя по имеющимся картам, не отмечается.

Типы месторождений

Типизация и общая характеристика месторождений провинции дается в соответствии с принятой классификационной схемой. Выделяются месторождения трех формационных групп: золото-кварцевой, золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидной. Одно небольшое месторождение (Артфилд) может быть отнесено к кварц-гематитовому типу, не входящему в эти группы. Следует отметить значительную условность в ряде случаев отнесения месторождений к золото-кварцевой или золото-сульфидно-кварцевой группам, так как точное количество сульфидов в рудах, как правило, не отмечается. Сульфидно-кварцевая группа показана преобладающей (рис. 5, а), так как к ней отнесены месторождения рудного поля Поркьюшайн, где набор сульфидов весьма разнообразен, и общее количество их (включая вкрапленность во вмещающих породах) значительное.

Очень характерно распределение месторождений по минеральным типам. Среди прочих резко преобладает пиритовый тип (см. рис. 5, б),

в то время как весьма распространенный в других провинциях арсенипиритовый имеет явно подчиненное значение. Все крупнейшие золоторудные месторождения провинции характеризуются только спорадическим и в целом незначительным распространением арсенипирита.

На втором месте по количеству учтенного золота находится теллуридовый минеральный тип, к которому отнесено месторождение Керкленд-Лейк. Присутствие теллуридов, наряду с другими рудными минералами, характерно еще

для многих месторождений, которые по ведущим минералам отнесены к другим минеральным типам. В частности, наличие теллуридов всегда указывается в месторождениях полиминерально-сульфидного типа.

В пределах рассматриваемой провинции распространены месторождения, относимые ко всем восьми выделяемым морфологическим классам (см. рис. 5, *в*). Резко преобладающими по количеству учтенного золота являются сложные типы, в первую очередь сочетание жильных и прожилковых зон с зонами сульфидной вкрапленности, а также сочетание отдельных более крупных жил с кварцевожильными зонами и штокверками. Подавляющее большинство месторождений провинции и в первую очередь более крупные из них приурочены к сочетаниям различных пород. На диаграмме (см. рис. 5, *г*) приближенно оценено

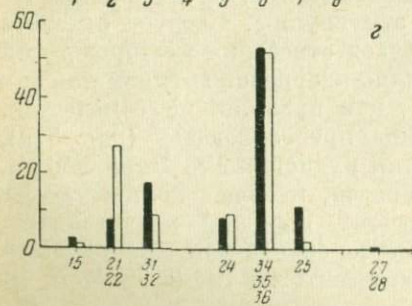
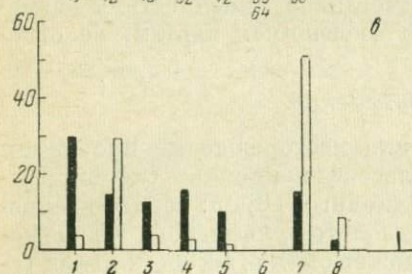
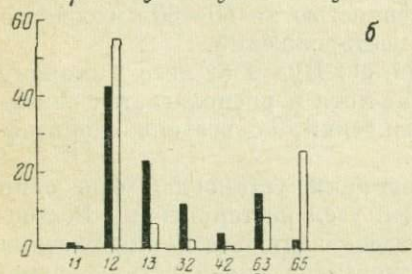
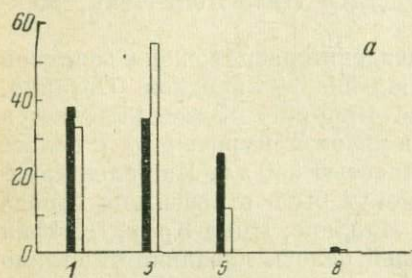


Рис. 5. Распределение месторождений золота провинции Киватин Канадского щита по формационным группам (*а*), минеральным типам (*б*), морфологическим классам (*в*) и характеру вмещающих пород (*г*). Цифровые обозначения под каждой диаграммой здесь и далее соответствуют приведенным в тексте и в табл. 1 и 2. Черный столбик показывает количество месторождений, белый — количество добытого из них золота (то и другое в процентах от общего количества учтенных месторождений и добычи по ним). Всего учтено 73 месторождения с суммарной добычей 1962 т золота

количество добытого золота из рудных тел, залегающих в разных породах. При этом резко преобладающими вмещающими породами оказались вулканиты основного состава и кислые экстрезивные, субвулканические и дайковые образования.

Необходимо отметить также наличие в рассматриваемой провинции золотого оруденения, приуроченного к железистым кварцитам — специфическим вмещающим породам для археохрона. Из относящихся сюда месторождений может быть указано Централ Патрициа в Западном Онтарио. На этом месторождении рудой служат минерализованные сульфидами (пирротиниом и арсенопиритом с подчиненным количеством пирита и халькопирита) линзы железистых кварцитов, которые в целом составляют горизонт, протягивающийся на несколько километров. Прожилки кварца с сульфидами частично размещаются в кварцитах по типу лестничных.

Значительно распространены в качестве вмещающих оруденение также полимиктовые песчаники и конгломераты серии тимискаминг. При этом полностью в осадочных породах месторождения располагаются сравнительно редко. Обычно рудные тела вмещают либо осадочно-эффузивные толщи, либо осадочные породы и прорывающие их субвулканические тела, в частности штоки порфиров.

Особо следует подчеркнуть крайне ничтожное значение глубоко метаморфизованных пород в качестве вмещающих золоторудные месторождения, несмотря на их исключительно широкое распространение в пределах провинции.

Влияние структурных элементов на размещение оруденения

При общей классификации месторождений по принятой схеме рудоконтролирующие структуры не учитываются, поэтому их необходимо рассмотреть отдельно. Ведущими для локализации оруденения являются дизъюнктивные нарушения, в первую очередь зоны наложенного расланцевания. Эти зоны в большинстве случаев выделяются по развитию в них гидротермально переработанных пород и представлены хлоритовыми, хлорит-серицитовыми, серицит-карбонатными и другими сланцами, заключенными среди более массивных (хотя обычно также в той или иной степени расланцеванных) вулканогенных зеленокаменных или осадочных толщ.

Мощность зон расланцевания, как правило, составляет первые десятки метров. О характере перемещений по ним сведений нет, но вероятнее всего перемещения небольшие. Только зона, к которой приурочено месторождение Керкленд-Лейк, имеет примерную оценку вертикальной амплитуды смещения 420 м. Однако в этом месторождении, как и в ряде других, все крупные жилы приурочены не к главной зоне, а к оперяющим ее трещинам.

Наряду с дизъюнктивными нарушениями на локализацию оруденения влияют также складчатые дислокации. Приуроченность

оруденения к дополнительным складкам отмечается на месторождениях Мак-Вотерс, Матачеван, Хард-Рок и др. Обычно складчатые дислокации сочетаются с дизъюнктивными.

Единственным или почти единственным примером исключительного влияния складчатых форм на локализацию оруденения является небольшое месторождение Камларен, где жилы контролируются осевыми частями антиклинальных и синклинальных дополнительных складок. Для этого месторождения характерны раздувы жил в полостях межслойного приоткрывания на перегибах слоев.

Некоторое влияние на локализацию золотоносности оказывают также элементы слоистости пород. Приуроченность рудных тел или их участков к контактам пород различной компетентности указана для месторождений Хард-Рок, Матачеван, Мак-Вотерс, Пеймур, Буффало Анкерит.

Локализацию оруденения определяют, как правило, комбинации различных элементов структуры:

- 1) сопряжение зон расланцевания с дополнительными складками;
- 2) сопряжение двух или нескольких тектонических зон различного направления с локализацией большинства рудных тел в ограниченном этими дизъюнктивами блоке или блоках пород;
- 3) сопряжение зон расланцевания или дополнительных складок с контактами пород различной компетентности;
- 4) сопряжение небольших флексуроподобных изгибов слоев с тектоническими нарушениями;
- 5) сопряжение различно ориентированных складок.

Большое значение последнему из перечисленных здесь сочетаний структурных элементов придает В. Г. Гросс (Gross, 1955). Он рассматривает складки, оси которых ориентированы под прямым углом друг к другу, в качестве одновременных образований, возникших при сжатии земной коры. В. Г. Гросс специально разработал методику (в том числе с применением аэрометодов) выявления участков развития поперечной складчатости.

Наконец, весьма существенное значение в качестве структурных элементов для локализации золоторудных тел имеют дайки и штоки изверженных пород, развитые в том или ином количестве почти на всех золоторудных месторождениях провинции.

В случае залегания даек в более пластичных по сравнению с ними породах в них развивается либо неправильная сеть прожилков, либо субпараллельные поперечные жилки типа лестничных. Очень отчетливо приуроченность штокверка прожилков к дайке установлена в месторождении Хоувей-Хасага. Наибольшая концентрация прожилков в этой дайке наблюдается в тех случаях, когда она залегает в вулканических брекчиях, менее интересны участки дайки, расположенные среди диоритов. Прожилки типа лестничных, ориентированные под углом примерно в 45° к ограничениям силла диабазов, залегающего в древних эффузивах, характерны для месторождения Сан-Антонио.

В других случаях рудные тела приурочиваются к контактам

даек с вмещающими породами. Примером такого структурного контроля является месторождение Поуэлл-Руин. Мощная кварцевая жила размещена здесь в контакте дайки основного состава и вмещающих ее гранитов, причем мощность жилы увеличивается в местах утонения дайки.

Большей частью, особенно в крупных месторождениях, структурный контроль локализации рудных тел жильными породами более сложен. Жильная зона в целом располагается независимо от малых интрузивных тел, но отдельные рудные тела концентрируются в последних (месторождение Керкленд-Лейк) или у их контактов (месторождения Ист-Малартик, Перрон, Дом и др.). Очень отчетливо проявлено влияние штока гранодиоритового состава и дайки гранодиорит-порфиоров на концентрацию жил на месторождении Ламак.

В некоторых сравнительно редких случаях структурный контроль выражается в экранировании дайками рудных тел. Такое экранирование проявлено на одном из месторождений рудного поля Керкленд-Лейк — Бидгуд-Керкленд, причем различные по составу дайки — лампрофиры и плагиопорфиры — совершенно одинаково влияют на форму рудных тел.

Зональность в распространении оруденения

По вертикальному размаху оруденения месторождения рассматриваемой провинции весьма значительны. Наиболее крупные месторождения (рудные поля Поркьюпайн и Керкленд-Лейк) успешно обрабатываются до глубин порядка 2000 м, около 20 месторождений — в интервалах глубин 500—1500 м и примерно такое же количество — до глубин 300—500 м.

При таких больших глубинах отработок почти ни в одном из месторождений не наблюдалось вертикальной зональности или направленного изменения интенсивности оруденения с глубиной. В частности, отсутствие вертикальной зональности специально отмечено для такого крупнейшего месторождения, как Керкленд-Лейк, глубина отработки которого около 2 км.

В некоторых месторождениях (Ламак, Буффало Анкерит, Джеллико) наблюдалось увеличение размера рудных тел на глубине. С поверхности в этих месторождениях были встречены только небольшие проводнички, а глубже удалось вскрыть богатые жилы.

Указания на уменьшение интенсивности оруденения с глубиной имеются только для месторождения Сиское, где высокое содержание золота в руде наблюдалось лишь до горизонта 400 м. Ниже содержание резко упало и соответственно стали плохо выражены развитые здесь околожильные изменения.

В месторождении Холлинджер на глубине изменились парагенетические ассоциации золота, но указания на изменения его содержания отсутствуют. Если на верхних горизонтах этого месторождения золото было в основном связано с пиритом, вкрапленным во

вмещающие породы около жил, то на глубине большая часть золота оказалась связанной с кварцем.

Горизонтальная зональность не указана ни для одного месторождения Канадского щита, за исключением месторождения Пеймастер Консолидейшен. Здесь зональность подмечена по отношению к штокам полевошпатовых порфиров: в наиболее удаленной от контактов со штоками части (около 700 м) развиты главным образом пустые карбонатные жилы, в средней зоне содержатся кварц-карбонатные жилы, трещиноватые и обогащенные в связи с более поздними инъекциями золотоносных растворов; внутренняя зона состоит из позднего тонкозернистого минерализованного золотом кварца.

Изменения пород, вмещающих оруденение

Для золоторудных месторождений рассматриваемой провинции характерны окolorудные изменения двух главных типов.

Для месторождений золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формаций жильного, прожилкового или штокверкового морфологических классов ведущим является преобразование пород в агрегат серицита, кварца и сульфидов с большим или меньшим присутствием магнезиально-железистых карбонатов, т. е. преобразования, относящиеся к лиственито-березитовой формации.

Для сульфидных залежей и зон сульфидной вкрапленности более характерны хлоритизация или новообразование других магнезиально-железистых силикатов, сопровождающееся обычно окварцеванием при подчиненной роли серицитизации.

Изменения типа лиственитизации описаны для многих кварцево-жильных полей провинции, но специальные исследования преобразованных пород имеют значительную давность. Материалы по крупнейшим месторождениям Поркьюпайн и Керкленд-Лейк будут упомянуты при характеристике последних.

Детальное рассмотрение изменений вмещающих пород было выполнено в свое время Дж. Д. Бэтманом (Bateman, 1940) для небольшого, но характерного для данной провинции месторождения Ючи. В непосредственных контактах жил данного месторождения вмещающие их основные эффузивы интенсивно карбонатизированы и серицитизированы. Химические анализы показывают, что при этом выносился SiO_2 , содержание которого уменьшается с 50 до 36%, и привносились CO_2 (с 2,4 до 9,9%) и К (с 0,59 до 3,28%).

Наряду с проявлениями углекислого метасоматоза, подобного упомянутому, почти во всех околосильных ореолах рассматриваемых месторождений развита сульфидная вкрапленность, в подавляющем большинстве случаев представленная пиритом. Кроме него описывается минерализация вмещающих пород на некоторых месторождениях (группы Кадиллак и Малартик) арсенопиритом, а в единичных случаях халькопиритом (месторождение Аунор), пирроотином (Мик-Мак, Беллетер, Централ Патриция) и магнетитом

(Беллетер). Для месторождений Омега и Арнтфилд наряду с пиритизацией указывается гематитизация вмещающих пород.

По представлению Х. Мак-Кинстри (McKinstry, 1957), значительная часть, если не все железо пирита, вкрапленного в околожильных ореолах, заимствуется из вмещающих пород или ранее образованных минералов. Это подтверждается многочисленными анализами пород, в различной степени минерализованных сульфидами, из которых видно, что при пиритизации содержание железа в породах обычно не увеличивается, а иногда даже наблюдается его вынос. Характерны в этом отношении данные М. Е. Харста по рудному полю Поркьюпайн (месторождение Холлинджер), где на образование пирита расходуется железо, ранее входившее в состав железистых карбонатов.

На некоторых месторождениях (например, Буффало Анкерит, Шоукей) жилы выходят иногда на значительные расстояния за ореолы гидротермально переработанных пород в неизменные, что указывает на некоторую независимость «околожильных» изменений и жил, как это отмечается и в других местах.

В контактах сульфидных залежей ведущими изменениями, судя по описаниям канадских геологов, являются хлоритизация и окварцевание и только отчасти серицитизация. Широкое развитие хлорита дает основание считать, что в данном случае происходил магнезиальный или магнезиально-железистый метасоматоз. К сожалению, описания химизма процессов в литературе отсутствуют. В контактах сульфидной золотоносной залежи Амулет, по данным М. Э. Вилсона (Wilson, 1935), развиты своеобразные породы, состоящие из кордиерита, биотита, антофиллита, кварца, зеленой шпинели и хлорита. Породы были названы далмантианитами (от названия далмантского пятнистого дога).

Из прочих изменений для золоторудных месторождений провинции указывались в некоторых случаях турмалинизация и альбитизация, обычно сопровождающие другие преобразования пород. Специального описания этих процессов не приводится.

Кроме того, в ряде случаев отмечается развитие в околорудных ореолах фуксита (месторождения Поркьюпайн Пенинсула, Сенатор Руин, Росс, Ламак) и биотита (месторождения О'Брайен и Кадиллак).

Характеристика золота в рудах

Содержания золота в обрабатывавшихся месторождениях провинции Киватин изменялись в довольно широких пределах. Наиболее высокие содержания (100 г/т и более) характеризовали только весьма небольшие месторождения с добычей порядка первых сотен килограмм золота (например, месторождение Дюпорт в Юго-Западном Онтарио, Крезус в Восточном Онтарио). Наиболее обычны содержания 10—12 г/т, изредка они поднимаются до 20—25 г/т. Некоторые собственно золоторудные месторождения рентабельно

отрабатывались с содержаниями 2,5 г/т (месторождения Хоуей в районе Ред-Лейк), 3—4 г/т (ряд месторождений группы Малартик).

Данные о пробе золота, приводимые только для немногих месторождений, говорят о том, что в целом для провинции характерно высокопробное золото. В Керкеленд-Лейк проба равна 941, Холлинджер 850, Кадиллак 900. Для некоторых месторождений указано наличие золота различной пробы. Так, в месторождении Кадиллак наряду с преобладающим высокопробным золотом в отдельных жилах встречается золото с пробой около 500, в сульфидной залежи Хорн также упоминаются как самородное золото, так и электрум.

Наиболее крупное золото встречается в кварцевых жилах с ограниченным развитием сульфидов. Обычно это небольшие месторождения, целиком относящиеся к данному типу (Крезус, Ашлие, Кохинор Вилланс и др.), или сложные месторождения, где присутствует также мелкое золото, связанное с сульфидной вкрапленностью. Наибольшая выборка золота размером около 70 кг отмечена для очень небольшого (из него добыто менее 0,5 т золота) месторождения Крезус, самого богатого в Онтарио, расположенного вблизи от рудного поля Поркьюпайн. В месторождении Кохинор Вилланс (Западное Онтарио), давшем всего около 9 т золота с площади $6 \times 12 \text{ м}^2$ при мощности жилы 1,3 м, была получена выборка в 55 кг. Отдельные выборки в малосульфидных жилах месторождения Сиское доходили до 30 кг.

Для ряда различных по размерам месторождений, преимущественно для кварцевожилных зон, сопровождаемых сульфидизированными породами, или кварцево-сульфидных рудных тел характерно присутствие весьма мелкого золота. Наличие такого обычно трудноизвлекаемого золота указано для месторождений Монета Поркьюпайн, Централ Манитоба, Централ Патрициа. «Тонко распыленное» золото характерно также для зоны золотоносных окварцованных пород Сладен-Малартик.

Выделения самородного золота встречаются в разнообразных как жильных, так и рудных минералах. Чаще всего золото заключено в наиболее распространенных минералах — кварце и пирите. Во многих случаях отмечается приуроченность золота к пириту, но наряду с этим встречается также свободное золото.

В месторождениях рудного поля Поркьюпайн свободное золото включено в кварце, а в добывающихся вместе с кварцем пиритизированных вмещающих породах золото заключено в пирите. При этом отмечается, что золото наложено на пирит, так как оно выделяется на нем в виде «нашлепок», по трещинкам и т. д.

Все золото заключено в пирите в месторождении Малартик-Голдфилдс. Флотоконцентрат пирита из этого месторождения содержит 95% всего золота. Вместе с тем в расположенных рядом месторождениях Канадиан-Малартик и Сладен-Малартик, хотя золото и тяготеет к пиритизированным породам, сам пирит не золотоносен.

Часто наблюдается также ассоциация золота с арсенопиритом

(месторождения Кохинор Вилланс, Нор-Акме, О'Брайен), теллуридами (Керкленд-Лейк, Мак-Вотерс, Ламак), турмалином (Янг Давидсон), сфалеритом (Монета Поркьюпайн) и другими минералами. Ф. Эбботт («Struct. Geol . . .», 1948) в целом для Канады приводит список из 50 различных минералов, в которых наблюдалось золото. При этом во всех описанных для месторождений рассматриваемой провинции случаях отмечается наиболее позднее выделение золота по сравнению с другими рудными минералами. Ф. Эбботт делает вывод о том, что ассоциация золота с различными минералами обусловлена исключительно более или менее легкой возможностью образования трещин в последних, что представляется несколько упрощенным.

На локализацию обогащенных золотом участков рудных тел преимущественное влияние оказывают структурные факторы. Приведем ряд примеров, указанных канадскими геологами.

В месторождениях Сигма (группа Малартик) и Пеймур (группа Поркьюпайн) наиболее обогащенными являются маломощные пологие или горизонтальные прожилки, причлняющиеся к главной крутопадающей жиле и отходящие от нее на 20—30 м. Такое же значение для обогащения жил имеют горизонтальные трещины в кварцитах на месторождении Централ Кадиллак.

На месторождении О'Брайен наблюдаются четко выраженные вертикальные рудные столбы длиной 30—60 м, прослеживающиеся по падению на 300—800 м. Эти обогащенные столбы расположены на участках развития поперечных к жиле нарушений.

Передко на обогащение жил влияют их изгибы. Так, в месторождении Мак-Кензи Ред-Лейк обогащенные участки тяготеют к местам выполаживания жил, в Пикл-Кроу — к местам смятия жилы в складки волочения, а в Камларен обогащенные участки приурочены к седловидным перегибам жил. В месторождении Лейтч к изгибам жил приурочены вертикальные столбы длиной от 10 до 150 м. В месторождении Джеллико обогащение золотом приурочено к месту сопряжения двух пересекающихся жил.

Влияние характера вмещающих пород на размещение рудных столбов значительно менее отчетливо. Хотя и имеются указания на изменения содержания золота при переходе рудных тел из одних пород в другие, но постоянного повышения золотоносности в определенных породах отнюдь не наблюдается. Богатые золотом рудные тела встречаются как в основных измененных эффузивах, так и в кислых субвулканических телах, осадочных породах и т. д.

Краткая характеристика главных месторождений

В данном разделе дается краткая характеристика наиболее крупных или типичных месторождений, дополняющая приведенное выше сводное описание. Крупнейшими объектами в провинции Киватин и одними из наиболее крупных в мире являются рудное поле

Поркьюпайн и месторождение Керкленд-Лейк, которые описаны более подробно.

Рудное поле Поркьюпайн площадью 24×13 км включает ряд месторождений (Холлинджер, Мак-Интайр, Дом и т. д.), границы которых определяются только владениями различных золотодобывающих компаний. Всего на данном рудном поле добыто более 1500 т золота, причем подавляющее количество его получено с площади 6×3 км (рис. 6).

Согласно принятой группировке, рудное поле относится к золото-сульфидно-кварцевой формационной группе, пиритовому минеральному типу и представляет собой сочетание кварцевожильных и прожилковых зон с зонами сульфидной вкрапленности. Оруденение локализовано в различных породах, но резко преобладающими являются зеленокаменно измененные основные эффузивы и прорывающие их штоки кварцевых порфиров. Таким образом, индекс рудного поля будет $3127 (36 + 22)$.

По А. Т. Гриффису (Griffis, 1962), описавшему месторождение Мак-Интайр, одно из наиболее крупных на рудном поле и представляющее собой одно целое с месторождением Холлинджер и другими, общая последовательность геологических образований в Поркьюпайн следующая (от древних к более молодым):

1. Излияния основных эффузивов группы тисдейл серия киватин мощностью более 1200 м.

Слабо выраженное несогласие.

2. Отложение известковистых сланцев.

3. Отложение обломочных пород (агломератов) и интрузия порфиров Пирл-Лейк.

Слабо выраженное несогласие.

4. Отложение известковистых сланцев, кварцевых и других осадочных пород верхнекиватинской группы общей мощностью более 2100 м.

Складчатость и несогласие.

5. Отложение конгломератов, граувакк и других обломочных пород серии тимискаминг мощностью более 900 м.

Складчатость и движение по разломам.

6. Внедрение серпентинитов.

7. Внедрение даек альбититов.

Движения по разломам и эрозия.

8. Внедрение даек кварцевых диабазов.

Движения по разломам.

9. Внедрение даек оливиновых диабазов.

Движения по разломам и эрозия.

Породы группы тисдейл представлены в основном диабазами, среди которых различают как массивные «бесструктурные», так и «структурные» разности (с подушечными, сферолитовыми и амидалоидными структурами). «Структурные» диабазы служат маркирующими горизонтами и делают возможным выявление сложного складчатого строения толщи.

Наиболее распространенные среди изверженных пород порфиры слагают ряд штоков неправильной формы размером от первых сотен метров до 1,5 км в поперечнике с крутым близвертикальным паде-

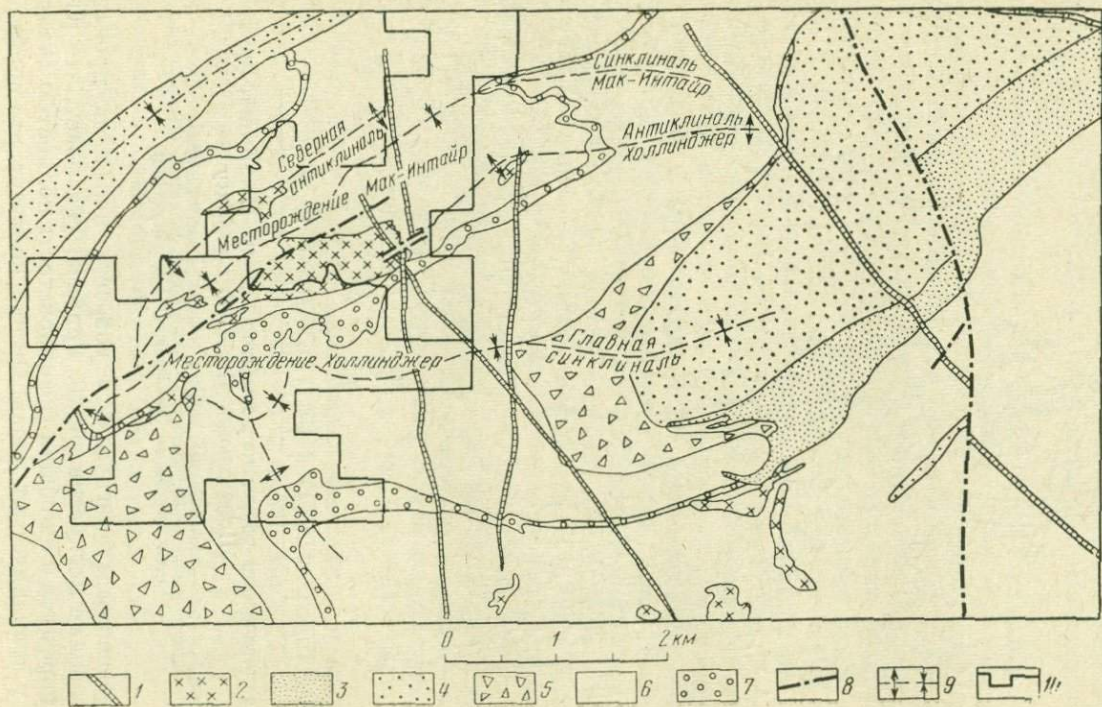


Рис. 6. Геологический план части рудного поля Поркьюайн. По А. Т. Гриффису

1 — дайки диабазов; 2 — штоки порфиоров; 3 — осадочные терригенные отложения серии тимискаминг; 4 — осадочные терригенные отложения серии киватин; 5 — агломераты серии крист; 6 — эффузивы основного состава серии киватин; 7 — маркирующие горизонты сферолитовых лав; 8 — главные разломы; 9 — оси антиклинальных и синклинальных складок; 10 — границы наиболее крупных рудных отводов (месторождений)

нием контактов (рис. 7). Порфиры представляют собой серые крупнозернистые кварц-полевошпатовые породы. Вкрапленники кварца и полевого шпата или только кварца имеют размеры от 2 мм до 1—1,5 см.

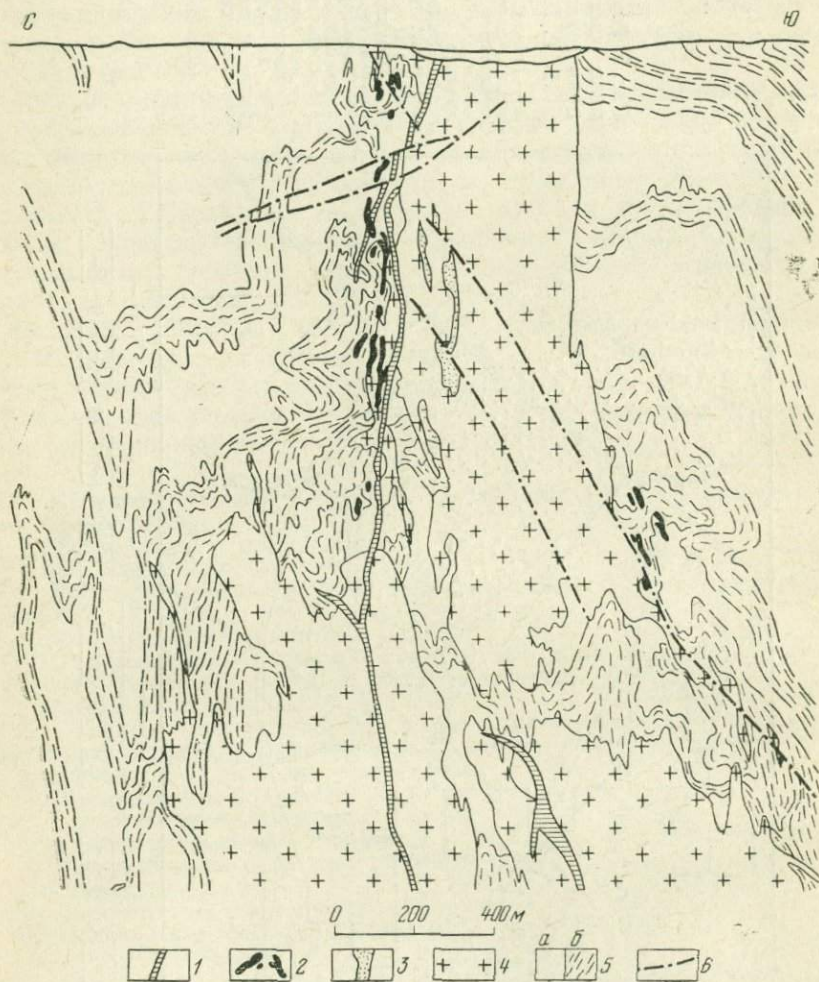


Рис. 7. Геологический разрез через месторождение Мак-Интайр, рудное поле Поркьюпайн. По А. Т. Гриффису

1 — дайки диабазов; 2 — золоторудные тела; 3 — зоны развития медных руд; 4 — порфиры; 5 — зеленокаменные основные аффузивы: а — массивные разности, б — разности со слоистым строением; 6 — разрывные нарушения

В отношении геологического возраста порфиров происходили многочисленные дискуссии. А. Т. Гриффис указывает, что расслаивание порфиров и их общая трещиноватость полностью аналогичны таковым у вулканических пород. Он предполагает, что порфиры вне-

дрились в то время, когда слоистые эффузивные толщи серии киватин залегали горизонтально и что затем те и другие были дислоцированы совместно. Принадлежность порфиров к продуктам единого ряда дифференциации основной магмы доказывается также работами А. М. Гудвина, которые рассматривались выше.

Интересно подчеркнуть наличие в пределах рудного поля также ультраосновных пород, приуроченных к разлому Холлинджер. Они представлены перидотитами, отчасти дунитами, преимущественно преобразованными в серпентин-талк-хлоритовые сланцы. На некоторых участках развития ультрабазитов производилась в ограниченном объеме добыча асбеста. Их петрологическое изучение проводилось Д. К. Финдлеем (Findlay, 1966) и А. Дж. Налдреттом (Naldrett, 1965).

Рудовмещающая вулканогенная толща смята в сложные складки с залеганием слоев вплоть до вертикального. При этом фиксируется не менее двух периодов складчатости, при которых ориентировка осей складок была различной. Неоднократными на рудном поле были также подвижки по разрывным нарушениям, причем наряду с дорудными выделяются, хотя и не имеют большого распространения, пострудные смещения. Общая схема разломов рудного поля приведена Э. С. Муром (Moog, 1953). Амплитуды смещений по разломам в целом небольшие. Непосредственно в разломах, ни в главных, ни во второстепенных, золотоносности не отмечено.

Рудовмещающие вулканогенные породы и порфиры подверглись интенсивным изменениям, которые выражаются в карбонатизации, пиритизации (также пирротинизации), окварцевании и локально развитой вкрапленности халькопирита. Кроме того, наблюдаются серицитизация, хлоритизация и оталькование (стеатитизация), по А. Т. Гриффис считает их более ранними, связанными с дислокациями пород, а не с околорудными изменениями. В размещении околорудноизмененных пород наблюдается отчетливая зональность по отношению к штокам кварцевых порфиров. Наиболее широко распространена карбонатизация; развиваются как кальцит, так и анкерит, причем последний тяготеет к внутренней части зоны. Далее в сторону порфиров распространяется пиритизация, затем окварцевание (с пиритом) и в самой центральной части — минерализация халькопиритом (также наряду с пиритом).

Своеобразие изменений, согласно анализам, приведенным М. Э. Харстом (Hurst, 1935), заключается в очень интенсивной пиритизации пород и уменьшении при этом содержания CO_2 за счет серы. В основных эффузивах («подушечных лавах») вдаль от жил содержание CO_2 составляет 16,8%, вблизи 9,54%, а FeS_2 (расчитанного по сере) соответственно 0,23% и 28,54%. Одновременно имеет место заметный вынос кремнезема (с 38,97 до 27,30%). Содержание остальных окислов меняется сравнительно незначительно, кроме FeO , количество которого резко уменьшается за счет связывания железа в пирите и возрастания K_2O с 0,76% до 2,29%.

Главным морфологическим типом руд на месторождении являются зоны и пачки крайне неправильных по форме кварцевых жил и прожилков, которые отрабатываются вместе с вмещающими их породами. Сложно изогнутая, иногда «пламевидная» форма жил вызвала многочисленные дискуссии об их генезисе. Обосновывалось как их отложение в открытых полостях, так и образование путем замещения вмещающих толщ, а также высказывались взгляды о дефор-

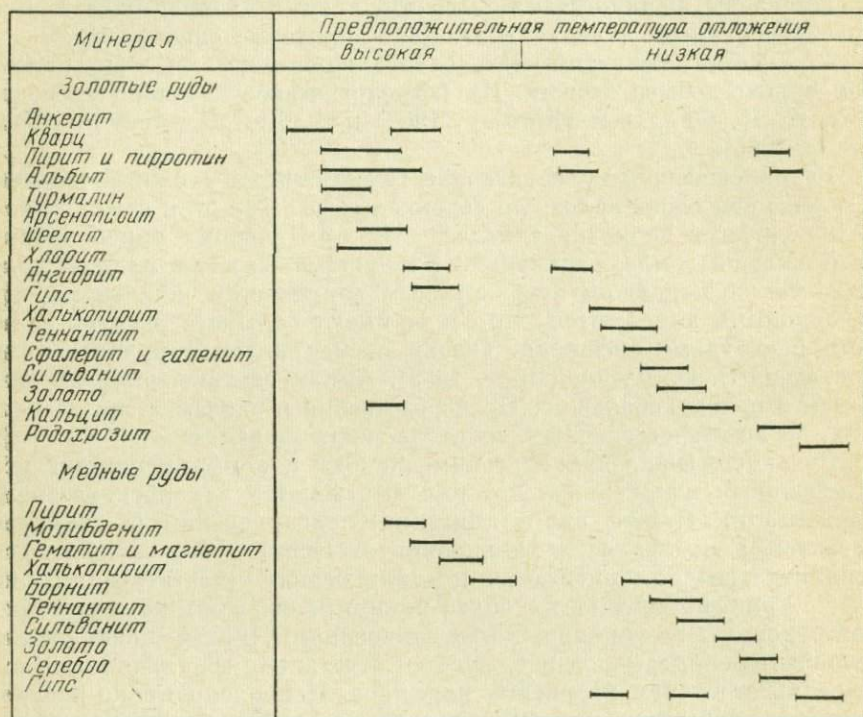


Рис. 8. Последовательность выделения минералов в рудах месторождения Мак-Интайр. По А. Т. Гриффису

мации жил совместно с рудовмещающей толщей. Вопрос этот остался окончательно невыясненным.

Мощность рудных жил и зон колеблется от 0,3 до 25 м, в среднем около 3 м. Протяженность большинства рудных тел по простиранию и падению в пределах 300 м, но выклинивающиеся тела сменяются новыми. Для жил месторождения характерно обилие включений боковых пород от угловатых свежих с четкими ограничениями, до почти нацело замещенных кварцем.

Последовательность выделения минералов в рудах рассмотрена А. Т. Гриффисом для месторождения Мак-Интайр (рис. 8). На этом месторождении, как и на других месторождениях описываемого рудного поля, золото выделялось дважды. Раннее золото тесно ассо-

цировано с пиритом. Оно развито на верхних горизонтах, где обрабатывались сульфидно-вкрапленные руды с содержанием около 15 г/т при отсутствии кварца. Однако большая часть золота выделяется в свободном виде в кварцевых жилах и прожилках, являясь одним из наиболее поздних минералов. А. Т. Гриффис считает вероятным переотложение раннего золота на поздних стадиях минерализации.

Среди очень многочисленных жил и прожилков далеко не все золотосны. Судя по наличию в рудах как высоко-, так и низкотемпературных минералов (что подтверждается данными декрепитации), процесс рудообразования был очень сильно растянут во времени. А. Т. Гриффис считает, что часть жил формировалась до складчатости рудовмещающей толщи, так как они смяты в складки совместно с последней.

Очень интересно присутствие в жилах месторождений рудного поля Поркьюпайн на глубоких горизонтах (около 1200 м) ангидрита, переходящего выше в гипс (Langford, Hancock, 1936).

Приведем некоторые дополнительные данные о минеральном составе и последовательности формирования руд по данным других исследователей и для других месторождений рудного поля Поркьюпайн. Вопрос о парагенетических соотношениях минералов в жилах крупнейшего месторождения Холлинджер специально рассматривался Э. Р. Кейсом (Keys, 1940). Он отмечает наличие двух групп кварцевых жил: рудных — кварц-анкеритовых и пострудных — кварц-кальцитовых. При формировании рудных жил выделяются четыре стадии минерализации, причем главная масса кварца отлагается после большинства других минералов, слагающих вкрапленные зоны и частично затем включенных в кварц.

В первую стадию выделялось небольшое количество анкерита, а затем турмалин и шеелит. Присутствие последнего минерала типично для месторождения, из которого наряду с золотом было добыто около 200 т WO_3 . Ко второй стадии относится формирование альбита и начало отложения пирита. В третью стадию выделялось главное количество карбоната и пирита. К ней же относится отложение арсенопирита, который в целом для месторождения нехарактерен и встречается лишь спорадически. Наконец, в четвертую стадию выделялся главный жильный минерал — кварц, частично замещающий более ранние минералы. В кварце последовательно отлагались пирротин, сфалерит, халькопирит, галенит, теллуриды, серицит и золото. Теллуриды на месторождении развиты мало. Они представлены преимущественно петцитом, реже гесситом и тетрамитом. Э. Р. Кейс подчеркивает парагенетическую связь золота с бледно-зеленым серицитом.

Золото на месторождении выделяется в пирите в виде «нашлепок» на поверхности кристаллов или в рассекающих их прожилках. Выделения золота отмечаются также в кварце, турмалине, альбите, арсенопирите и особенно часто в анкерите. Проба золота 850.

Среднее содержание золота в месторождении Холлинджер 9,7 г/т. Данных о вертикальной зональности очень мало. Отмечается только, что на глубине золото больше связано с кварцем, в то время как пиритсодержащие породы становятся во многих местах незолотоносными.

Жилы, залегающие в основных эффузивах, богаче жил, залегающих в порфирах. Непосредственно прослежен переход ряда жил из одних пород в другие. Например, жила, имевшая в эффузивах среднее содержание 12 г/т, становилась в порфирах непромышленной. Жила, содержащая золота 75 г/т, имела в порфирах промышленное содержание только на протяжении 15—30 м. На глубоких горизонтах больше жил входит в порфиры, и они становятся там более промышленно интересными.

Имеется два объяснения бóльшей обогащенности жил, залегающих в измененных основных эффузивах (хлоритовых сланцах), по сравнению с жилами в порфирах. Г. К. Кук (Cooke, 1946) указывает, что это обусловлено осаждающим действием хлорита, в то время как серицит не оказывает такого воздействия на золото.

Более убедительно объяснение М. Е. Харста, который видит причину обогащения жил, залегающих в зеленокаменных породах, в том, что там было больше железа, способствовавшего осаждению пирита из сернистых эманаций, а с этими эманациями переносилось и золото.

На месторождении Мак-Интайр наряду с золотыми рудами выявлены и медные. Они локализованы в центральной части главного штока порфиров Пирл-Лейк и представляют собой участки интенсивной вкрапленности пирита и халькопирита. Руда содержит 1,04% меди и 0,7 г/т золота. Кроме того, присутствуют небольшие количества серебра и следы молибдена. Около 85% меди заключено в халькопирите, остальные 15% распределяются примерно поровну между борнитом и теннантитом. Интересно присутствие в руде прожилков гипса. А. Т. Гриффис считает, что продукты ранней стадии формирования медных руд отложились до главной складчатости, а затем в позднюю стадию происходило их переотложение.

Для золотых руд установлено отношение $Au : Ag$, равное 4,5 : 1, для медных руд 1 : 6,5. Распространены медные руды в основном между горизонтами 480—1000 м.

Для месторождения Мак-Интайр установлены следующие рудоконтролирующие факторы, очевидно существенные также и для других месторождений рудного поля Поркьюайн: 1) контроль контактными зонами штоков порфиров; 2) контроль антиклинальными складками рудовмещающей толщи; 3) наличие тектонических нарушений северо-восточного простирания; 4) в отдельных случаях рудоконтролирующее значение имеют также контактовые поверхности отдельных потоков диабазов и (реже) прослои туфов.

Медные руды контролируются теми же тектоническими нарушениями, что и золотые, но локализуются во внутренних частях штока порфиров.

Таким образом, для рудного поля Поркьюпайн, одного из крупнейших скоплений эндогенного золота на земном шаре, характерны следующие главные особенности.

1. Сложно прожилковый и вкрапленный характер оруденения.

2. Приуроченность большей части оруденения к основным вулканогенным толщам, но развитие отдельных рудных тел в различных по составу и основности породах.

3. Пространственная и, вероятно, парагенетическая связь оруденения с кварцевыми порфирами, относящимися к субвулканической фации контрастных дифференциатов основной магмы.

4. Существенно пиритовый тип руд, обусловленный привносом серы и заимствованием большей части, если не всего железа из вмещающих пород. Малая роль в рудах арсенопирита и вообще мышьяковых минералов, а также теллуридов. Сравнительно незначительное участие в составе руд шеелита и медной минерализации. Высокое отношение золота к серебру в рудах.

Месторождение Керкленд-Лейк (индекс 165222) является вторым по крупности в рассматриваемой провинции. Общую добычу из него к 1/1 1970 г. можно оценить примерно в 700 т. Глубина отработки 2100 м.

Месторождение относится к золото-кварцевой формации, теллуридному минеральному типу. По морфологическому классу оно принадлежит к сложным жилам, местами жилы переходят в жилные зоны и штокверки. Жилы приурочены в основном к сложному по форме дайкообразному телу сиенитов и сиенит-порфиров, располагаясь вдоль его удлинения (рис. 9). Частично они выходят в конгломераты и другие

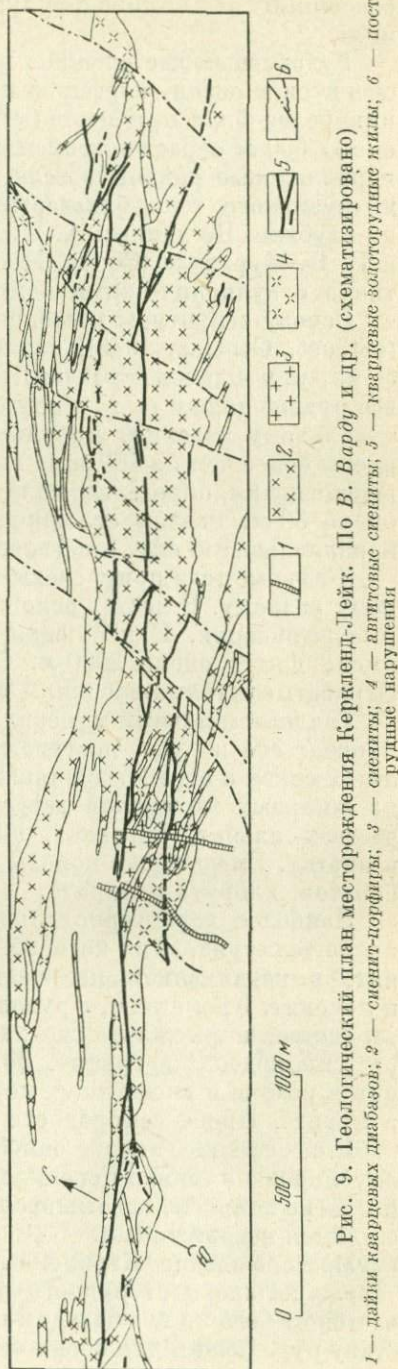


Рис. 9. Геологический план месторождения Керкленд-Лейк. По В. Варду и др. (схематизировано)
1 — дайлы кварцевых жильцов; 2 — сиениты; 3 — сиенит-порфиры; 4 — англоитовые сиениты; 5 — кварцевые золоторудные жилы; 6 — порудные нарушения

осадочные и осадочно-вулканогенные породы серии тимискаминг.

Рудовмещающее сложное интрузивное тело сиенитов, авгитовых сиенитов и сиенит-порфиров прослеживается в широтном направлении более 5 км при максимальной мощности в центральной части около 600 м с расхождением к востоку и особенно западу на субпараллельные дайковые тела мощностью до 100—200 м. Контакты интрузивного тела близвертикальные с тенденцией к схождению на глубине. По данным А. М. Гудвина (Goodwin, 1965), Д. Л. Кука и В. В. Мурхауза (Cooke, Moorhouse, 1969), эта интрузия комагматична с вулканическими комплексами района.

Основу структуры месторождения составляет, по В. Ворду и др. («Struct. Geol...», 1948), широтная зона разлома (сброс Керкленд-Лейк, или Главный разлом), прослеженная по простиранию через все рудное поле и на глубину более чем на 200 м при близком к вертикальному падении. Дорудные перемещения по этой зоне установлены более чем на 400 м по вертикали. Пострудные горизонтальные перемещения, определенные по смещениям поздних даек, составляют около 30 м. Разлом осложнен многочисленными оперяющими субпараллельными ему ответвлениями.

Жильные тела приурочены к этим дизъюнктивам, а также к Главному разлому. В местах осложнения структур формируются локальные штокверки. Наибольшая непрерывно отработывавшаяся жила имела длину около 2000 м. Средняя мощность рудных тел 1,8 м. Отрабатываются также жилы мощностью до 30 см и раздувы до 30 м.

Главный жильный минерал месторождения — кварц, хотя общий процент его в руде, поступающей на фабрику, сравнительно невелик в связи с отработкой также и вмещающих пород. Кроме кварца из жильных минералов встречаются кальцит, в небольших количествах альбит, ортоклаз, анкерит, барит, турмалин, актинолит и апатит. Вмещающие породы превращены в агрегат серицита, карбонатов, хлорита и пирита.

Наиболее характерно для месторождения широкое распространение теллуридов, из которых главными являются калаверит и петцит, в подчиненном количестве встречаются алтаит, колорадоит и мелонит. Кроме того, в рудах в количестве около 2% развит тонкозернистый пирит, а также халькопирит, гематит, галенит, сфалерит, молибденит и графит. Золото встречается в свободном состоянии в кварце и вмещающих породах, в составе теллуридов и отчасти в пирите. Проба самородного золота 941.

К сожалению, полное описание этого интересного месторождения опубликовано только в специальных работах, отсутствующих в СССР, и многие вопросы, касающиеся деталей его геологического строения, остаются неизвестными.

Месторождение Керкленд-Лейк, хотя и располагается сравнительно недалеко от рудного поля Поркьюпайн, значительно отличается от него по вмещающим породам, морфологии рудных тел и составу руд. Общим для обоих месторождений является пространствен-

ная связь оруденения с кислыми (на Керкленд-Лейк более щелочными) дифференциатами основных вулканитов. Геохимически сходным с Поркьюпайн является подчиненная роль мышьяковой минерализации.

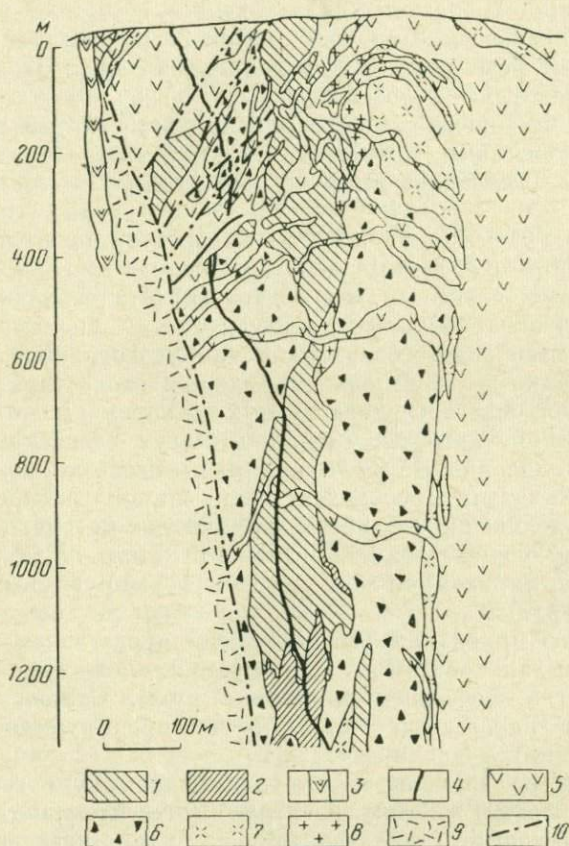


Рис. 10. Геологический разрез через месторождение Хорн (Норанда). По П. Прайсу

1 — массивные сульфидные руды; 2 — флюсовые руды (окварцованные риолитовые брекчии); 3 — дайки поздних диабазов; 4 — дайки сиенит-порфиров; 5 — метадиабазы; 6 — риолитовые брекчии и туфы; 7 — массивные риолиты; 8 — кварцевые порфиры; 9 — андезиты; 10 — разломы

Месторождение Хорн (Норанда), индекс 542824, также относится к весьма крупным. С начала отработки в 1927 г. по 1967 г. на нем добыто 232,8 т золота и 1173,76 тыс. т меди. Хотя, возможно, не все это количество относится к одному месторождению Хорн, поскольку в окрестностях его имеется еще ряд аналогичных месторождений, но главное количество несомненно добыто из него. Наиболее полно месторождение описано П. Прайсом («Struct. Geol...», 1948). По его данным (рис. 10), рудные тела месторождения залегают

среди кислых вулканогенных пород; риолитов, риолитовых брекчий и туфов, кварцевых порфиров, вблизи от их контакта с интрузивными «метадиабазами», апофизы которых многократно пересекают рудные тела. Кроме того, на месторождении распространены дайки сиенит-порфиров и «поздних диабазов».

На месторождении Хорн выделяется 25 рудных тел в основном трубообразной, реже ленто- и линзообразной формы. Наиболее крупным является рудное тело «Н».

Площадь месторождения ограничена двумя крупными тектоническими нарушениями. Размещение рудных тел контролируется системой зон расланцевания, сопряженных с этими нарушениями.

П. Прайс указывает на наличие четырех типов руд:

- 1) массивные сульфидные медно-золотые;
- 2) флюсовые: золото- и медьсодержащие (с небольшим количеством золота) окварцованные риолиты;
- 3) повышено золотосодержащие хлоритового типа;
- 4) повышено золотосодержащие серицитового типа.

Выделяются три последовательных минеральных парагенетических ассоциации, которые, очевидно, могут рассматриваться как стадии минерализации. Наиболее ранний парагенезис назван П. Прайсом пирит-цинковым. Преобладает очень широко распространенный на месторождении пирит, общее количество которого (не считая вкрапленного) оценивается не менее чем в 70 млн. т. Сфалерит тесно ассоциирует с пиритом, причем местами формируются обогащенные им цинковые руды.

Следующий минеральный парагенезис представлен магнетитом, пирротином и халькопиритом. Образования, сложенные этими минералами, иногда рассекают пиритовые руды. Отложение данного минерального парагенезиса отделено от предыдущего перерывом и тектоническими подвижками.

Последний по времени золото-теллуридовый парагенезис представлен самородным золотом, электрумом, гесситом, петцитом, сильванитом, креннеритом, калаверитом, алтаитом, тетрадимитом, рикардитом и еще пятью ближе не определенными сложными теллуридами. Присутствует также селенид меди — клокманит.

На месторождении Хорн очень интенсивно проявлены метасоматические изменения вмещающих пород, которые выражены в окварцевании, серицитизации и хлоритизации. П. Прайс указывает, что все эти процессы, будучи очень широко распространенными, иногда выходят за пределы площадей минерализации и очевидно гетерогенны, что затрудняет использование их в поисковых целях. Так, наряду с околорудным наблюдается также автометаморфическое окварцевание риолитов. Серицит развит как стресс-минерал, сформированный при складчатости, в наложенных зонах расланцевания, в прожилках с пиритом и хлоритом, и слагает массивные серицитолиты. В качестве поискового признака оруденения интересны серицит из зон расланцевания, который указывает пути рудоносных

растворов, и особенно серицитолиты, которые являются богатой золотой рудой.

Среди разнотипной хлоритизации промышленно интересна только та, где хлорит слагает сплошные участки, в которых нельзя установить состав исходных пород.

Вопрос о возрастных соотношениях на описываемом месторождении оруденения с дайками «метадиабазов» неоднократно обсуждался в печати. Последнее время Р. Дарлинг и Г. Г. Саффель (Darling, Saffel, 1969) опубликовали убедительные доказательства пострудного возраста даек. В результате термального воздействия в контактах даек возникает узкая зона замещения первичного гексагонального пирротина моноклинным. На некотором удалении от контакта она сменяется зоной развития магнетита, образующегося при окислении сульфидов. При остывании дайки происходила миграция меди и серы по направлению к нагретому телу, что привело к обогащению приконтактных зон халькопиритом, который проникает также по трещинкам в сами дайки. Именно это обстоятельство рассматривалось долгое время как неопровержимое доказательство дорудного возраста даек. На контакте с массивными сульфидными рудами в дайках диабазов отмечается более широкая зона закалки, чем на контакте их с риолитами, что обусловлено высокой теплопроводностью сульфидов.

Указанные соотношения показывают, что сульфидные руды на месторождении Хорн древнее всех интрузивных пород, развитых в пределах рудного поля, что может указывать на их генетическую связь с архейским вулканизмом. О специфике вулканической деятельности на рудном поле Хорн в сопоставлении с рудными полями кварцевожильных месторождений будет сказано при рассмотрении взглядов на генезис золотого оруденения провинции Киватин.

Месторождение Керр-Эдисон находится в 56 км восточнее Керкленд-Лейк (рис. 11). Оработка его начата в 1938 г. и с этого времени по конец 1969 г. на нем добыто около 270 т золота.

Имеется только одно сравнительно краткое описание месторождения, принадлежащее Дж. У. Бейкеру («Структ. геол...», 1964). Площадь месторождения сложена вулканогенно-осадочными породами серии тимискаминг. Рудными телами являются настолько интенсивно карбонатизированные породы, что их первичная природа неясна, очевидно карбонатизации подвергались эффузивы или туфы. В настоящее время они брекчированы и пронизаны сетью кварцевых прожилков с крупными выделениями золота. Общие контуры рудных тел устанавливаются опробованием. Рудная минерализация незначительная: в небольшом количестве присутствуют пирит, халькопирит, миллерит, сфалерит и шеллит, еще реже арсенопирит. В кварцевых прожилках в ассоциации с золотом развит в небольшом количестве тетраэдрит. Среднее содержание золота 6,8 г/т.

Среди описанных карбонатизированных пород встречаются небольшие тела сиенит-порфиоров, также карбонатизированных, но с сохранившейся реликтовой структурой. Они более интенсивно

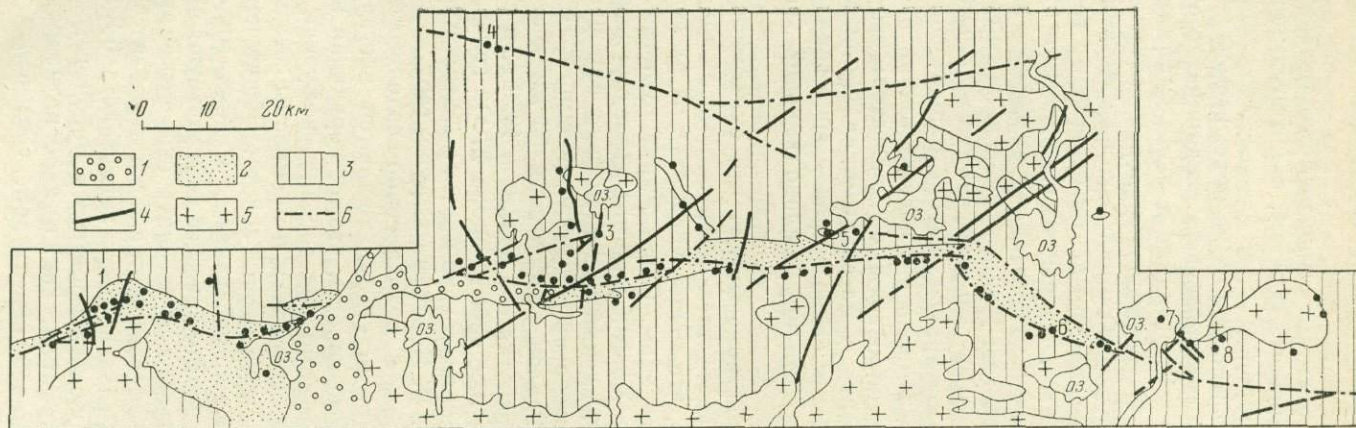


Рис. 11. Схема размещения месторождений золота в Восточном Онтарио — Западном Квебеке в связи с региональными структурами. По Г. В. Норману, М. Э. Вилсону и Дж. Э. Томсону

1 — серия кобальт — преимущественно конгломераты и песчаники; 2 — серия тимискаминг — полимиктовые песчаники, конгломераты с подчиненным распространением вулканогенных пород; 3 — серия киватин — преимущественно основные вулканиты; 4 — дайки диабазов; 5 — граниты и гранито-гнейсы; 6 — главные зоны разломов

Золоторудные месторождения и рудные поля (цифры на схеме):

1 — Керкленд-Лейк, 2 — Керр-Эдисон (район Лардер-Лейк), 3 — Хорн (Норанда), 4 — Бьют, 5 — Кадиллак, 6 — Малартик, 7 — Сиское, 8 — Ламак — Сигма

пиритизированы, местами пронизаны кварцевыми прожилками и также иногда являются рудой.

Присутствие в рудной зоне, согласно приводимому Дж. У. Бейкером погоризонтному плану, зон оталькования, а также наличие фуксита указывает на вероятное распространение на месторождении ультраосновных пород.

Кроме описанных рудных тел, называемых на руднике «карбонатными», выделяются еще «эффузивные» рудные тела. Это обильно минерализованные пиритом эффузивы основного состава. Наряду с пиритом в них присутствуют в небольшом количестве халькопирит, галенит, сфалерит, шеелит и арсенопирит. Содержание золота в «эффузивных» телах примерно такое же, как и в «карбонатных». Оно наибольшее вблизи жил и прожилков серого кварца, иногда также включающего крупные выделения самородного золота. Для индексации месторождения материала недостаточно, условно индекс месторождения принимаем №12436.

Рудный район Малартик, расположенный в восточной части провинции Квебек, может быть разделен на три рудных поля: собственно Малартик, Ламак — Сигма и Сиское, а также ряд отдельных месторождений (см. рис. 11).

Рудное поле Малартик (индекс 512432) представлено близлежащими месторождениями Канадиан-Малартик, Сладен-Малартик, Ист-Малартик и Малартик-Голдфилд, крайние из которых отстоят одно от другого на 10—12 км. Из всех перечисленных месторождений добыто примерно 180 т золота. Глубина отработки около 1500 м. Первые три месторождения располагаются непосредственно в зоне регионального Кадилакского разлома, а Малартик-Голдфилд — в зоне более северного параллельного разлома (Latulippe, 1963 и др.).

Оруденение представлено вкрапленностью золотоносного пирита с подчиненным развитием тонких кварцевых прожилков. 95% золота месторождения Малартик-Голдфилд при переработке руд оказывается сосредоточенным во флотоконцентрате пирита. Наряду с последним из рудных минералов присутствуют в подчиненном количестве арсенопирит, сфалерит, галенит, сильванит, петцит.

Большая часть рудных тел приурочена к диоритам или диоритовидным породам, залегающим в виде согласных линз в сланцевой толще. На других участках оруденение распространено непосредственно в рассланцованных граувакках.

На всех месторождениях данного рудного поля присутствуют дайки и штоки кислых пород, которые сами не минерализованы, но с которыми предполагается генетическая связь оруденения.

Рудное поле Ламак — Сигма (индексы месторождений Ламак — 116131, Сигма — 116136) расположено в рудном районе Малартик, примерно в 5 км от главной зоны разлома. Оно состоит из двух участков, описываемых как отдельные месторождения: Ламак, общую добычу из которого можно оценить примерно в 130 т золота, и Сигма, где добыто около 50 т.

Оруденение относится к кварцевожильному типу. Жилы на месторождении Ламак приурочены к гранодиорит-диоритовому штоку, а на месторождении Сигма залегают во вмещающей шток вулканогенно-осадочной толще, частично параллельно дайкам андезитовых порфиритов.

Шток, к которому приурочены жилы месторождения Ламак, имеет в плане неправильные, близкие к эллиптическим очертания с размерами 150—250 × 100—120 м. В разрезе он столбообразный с параллельными контактами, в целом склоняющимися под углом 75—80°. Жилы падают навстречу склонения штока под углом 45—50°. В ряде случаев шток ступенчато смещается вдоль жил, которые, выходя во вмещающую вулканогенную толщу, довольно быстро выклиниваются. При этом очень многие жилы оказываются слепыми. Местами жилы переходят в зоны прожилков и штокверки. Они изменяются в мощности от 20—30 см до 6 м.

Главными компонентами жил являются молочно-белый до стекловатого кварц и турмалин. Встречаются анкерит и шеелит, в меньшем количестве — пирит, изредка халькопирит, а также золото и теллуриды. Пирит крупнозернистый, иногда слагает кристаллы до нескольких сантиметров в поперечнике. Характерны крустификационные текстуры жильного заполнения и наличие друзовых пустот, выстланных крупными кристаллами кварца. Золото также крупное, приурочено обычно к контактовым частям жил. Содержание золота в руде около 9 г/т.

Формирование месторождения было многостадийным. Турмалин выделяется в качестве наиболее раннего минерала и замещается кварцем, но встречается также в пострудных кварцевых прожилках. Вероятно он многократно переотлагался в рудах. Интересно также присутствие в пострудных кварцевых прожилках пурпурного флюорита.

Изменения вмещающих жилы пород распространяются от 5—10 см до 1—1,5 м от жил, более интенсивно в их лежащем боку. Они выражаются в замещении всех минералов альбитом, анкеритом и кварцем с большим или меньшим присутствием пирита и тонких игольчатых кристаллов турмалина. Присутствие в измененных породах альбита, а не серицита несколько необычно, но поскольку специальных исследований околорудных метасоматитов не производилось, сведения эти нельзя считать вполне достоверными. В другом источнике указывается, что в околорудных ореолах имеется фуксит и чем его больше, тем выше содержание золота.

На данном рудном поле А. К. Фитцджеральдом (Fitzgerald а. о., 1967) была проведена специальная работа по изучению отношения содержания золота к серебру в рудах. Это отношение определялось по данным ежегодной переработки руды на фабрике с 1935 по 1965 гг. т. е. за период, когда глубина отработок изменилась почти от поверхности до 1000 м. Установлено закономерное, с некоторыми колебаниями, увеличение Au : Ag с глубиной. При этом на месторождении Ламак отношение в целом выше, и кривая, показывающая его изме-

нение, как бы сдвинута по отношению кривой на месторождении Сигма. На этом основании предполагается наличие между месторождениями послерудного тектонического нарушения с вертикальной амплитудой 390 м, что подтверждается геологическими данными.

При закономерном общем изменении отношений содержаний золота к серебру в рудах, проба золота с глубиной не меняется. Это указывает на наличие в рудах значительного количества серебро-содержащих минералов. В небольшом количестве серебро присутствует в петците и тетраэдрите, но главная его масса заключена, по-видимому, в пирите. Среднее по 10 анализам пиритов содержание серебра в них составляет 69 г/т, золота 45 г/т (по 6 анализам). Изменение содержания серебра в рудах с глубиной происходит за счет как изменения количества пирита, так и его сереброносности.

Месторождение Сиское (индекс 116131), также расположенное в рудном районе Малартик, но вне главной зоны разлома, относится к средним по размерам. До конца 1946 г., когда глубина отработки достигла 740 м, оно дало около 25 т золота. На этой глубине содержание стало очень низким, и, по-видимому, серьезных дальнейших работ не производилось. Месторождение расположено на одноименном острове, имеющем длину около 1,5 км, на оз. Монтигни. Северная часть острова сложена гранодиоритами, к которым приурочено основное оруденение. Оно представлено кварцевыми жилами с кальцитом, турмалином и небольшим количеством сульфидов, почти исключительно пиритом, отчасти халькопиритом.

Золото крупное, неравномерно распределенное в кварце; встречались отдельные выборки до 30 кг. Интересно наличие на описываемом месторождении помимо кварцевых существенно турмалиновой жилы с небольшим количеством кварца. Длина ее 120 м, мощность 0,6—0,9 м. Из этой жилы было добыто 1200 кг золота. Наряду с жилами в гранодиоритах, некоторое количество золота в месторождении Сиское было добыто из зоны тальк-хлоритовых и тальк-актинолитовых сланцев, содержащих 2—5% сульфидов и рассеянных кварцевыми прожилками, а также из тальковых тел с рассеянным золотом и линз гранулированного белого кварца с хлоритом и сульфидной минерализацией.

Гранодиориты в контактах с жилами гидротермально изменены, причем В. Ф. Джеймс («Struct. Geol...», 1948), описывающий это месторождение, указывает, что изменение внешне выражается в потемнении пород и состоит в развитии хлорита, эпидота, цоизита и карбонатов. Золотоносность жил резко снижается при выходе их за пределы зон измененных пород.

Интересно привести некоторые данные о разведочных работах в рудном районе Малартик. Как сообщает В. Н. Ингхэм (Ingham, 1963), на данной территории работало одновременно 33 буровых станка, которые ежедневно проходили 1500 пог. м скважин. Новые рудные участки выявляются главным образом бурением.

Рудный район Ред-Лейк в западной части провинции включает значительное число отдельных месторождений, расположенных на

площади примерно 20×5 км. Большую часть этих месторождений можно рассматривать как одно рудное поле. Это месторождения юго-восточного побережья оз. Ред-Лейк: Кохинор Вилланс, Мак-Кензи, Голд-Игл и расположенные к юго-востоку от них, открытые позже Кемпбелл и Дикенсон. Рудное поле имеет площадь $7 \times 1,5$ км². Количество золота, добытого с этой площади, можно ориентировочно оценить на 1/1 1970 г. в 180—190 т.

Площадь рудного поля, согласно Ч. Дж. Куриливу («Структ. геол....», 1964), сложена вулканогенными породами группы киватин, смятыми в складки. Чередование в разрезе лавовых и туфовых горизонтов, неодинаковых по механическим свойствам, способствовало образованию рудовмещающих полостей. Все породы на рудном поле интенсивно изменены. В качестве изменений перечисляются хлоритизация, эпидотизация, карбонатизация, силицификация, серицитизация. Очевидно происходило изменение лиственитового типа с формированием соответствующих фаций метасоматитов. Значительно распространены как дорудные, так и послерудные дайки.

Оруденение представлено кварцевыми и кварц-карбонатными жилами, в значительной степени метасоматического генезиса, контролируемые стратиграфическими контактами пород. Распространена также сульфидно-вкрапленная и прожилковая минерализация.

Общее количество сульфидов в руде, согласно С. А. Фергусону (Ferguson, 1963), менее 1%. Главным минералом руд, по Ч. Дж. Куриливу, является прозрачный голубоватый кварц с вкрапленностью арсенопирита. В меньшем количестве встречаются антимонит, сфалерит, пирит, изредка пирротин и халькопирит. По другим данным в рудах преобладают пирит и пирротин. Золото в основном присутствует в виде включений в тонких игольчатых кристаллах арсенопирита или в ассоциации с ними.

При разведке из подземных горных выработок рудника Кохинор Вилланс, которая ведется с 1960 г., выявлена золото-теллуридная минерализация трех типов (Ferguson, 1963): 1) в зонах брекчий или риолитовых агломератов со средним содержанием золота 18,6 г/т и серебра 230,2 г/т; 2) в диоритах с неравномерным содержанием полезных компонентов; 3) в зонах карбонатизации, где на отдельных участках содержание золота составляло 43,5 г/т, а серебра 512 г/т. В целом оруденение на описываемых месторождениях отличается значительным разнообразием как морфологических, так и минеральных типов.

В районе Ред-Лейк известно также золотое оруденение жильного типа в штоке диоритов — гранодиоритов размером примерно $2,2 \times 0,7$ км. Месторождения этого типа Мак-Кензи, Ред-Лейк и Голд-Игл дали в целом около 10 т золота.

Месторождение Хоувей-Хасага (индекс 168622), расположенное южнее оз. Ред-Лейк, в 6 км к юго-западу от месторождения Кохинор Вилланс, также относится к сравнительно небольшим. К 1945 г. из него было добыто около 20 т золота, причем значительная часть руды обрабатывалась с содержанием 2,5 г/т. Оруденение приурочено

к дайке кварцевого порфира мощностью 10—35 м, которая по простиранию переходит из диоритов в вулканические брекчи. В последних она менее мощная и интенсивнее минерализована, что, по Г. К. Хорвуду, объясняется физическими свойствами пород: дайка является самой хрупкой, диориты наиболее пластичны, а вулканические брекчи занимают промежуточное положение. Минерализованная дайка отрабатывалась на массу. Она пронизана кварцевыми прожилками, ориентированными в основном вдоль и слегка косо к ее простиранию, но с многочисленными отклонениями вплоть до поперечного положения. Общая длина оруденелой части дайки 300 м, протяженность на глубину около 500 м. На месторождении выделяются три стадии оруденения. Первым отлагался белый кварц с небольшим количеством крупнокристаллического пирита, во вторую стадию — кварц-карбонатные жилки и в третью — тонкие прожилки кварца с небольшими количествами галенита, сфалерита, халькопирита и теллуридов (алтаит, полибазит, силванит).

Месторождение Мадсен Ред-Лейк (индекс 512434) расположено в западной части рудного района Ред-Лейк, в 8 км западнее месторождения Хоувей-Хасага. Отработка его началась в 1935 г. и по имеющимся данным за отдельные годы общую добычу из него к концу 1969 г. можно оценить в 56 т.

Месторождение приурочено к той же вулканогенной толще, что и остальные месторождения района Ред-Лейк. Рудные залежи представляют собой окварцованные и минерализованные сульфидами зоны мощностью 9—15 м в туфах среднего и кислого состава, частично приуроченные к контактам туфов с рассланцованными полевошпатовыми порфирами. Согласно данным Р. Макинтоша («Struct. Geol...», 1948), главным рудным минералом является тонко рассеянный пирит. Встречаются также в подчиненном количестве сфалерит, магнетит, арсенопирит и еще менее распространенные пирротин и халькопирит. Некоторые рудные тела содержат тонкие кварцевые и кварц-карбонатные прожилки, иногда с видимым золотом. Среднее содержание золота по месторождению 7 г/т. Отработка его в 1961 г. проходила на глубине 1273 м.

В рудном районе Лонг-Лейк, находящемся севернее оз. Верхнего, может быть выделено несколько рудных полей. Наиболее крупное представлено месторождениями Джеллико, Томбилл, Бэнкфилд, Магнет Консолидейтед, Элмос, Литл-Лонг-Лейк, Мак-Леод Кокшутт и Хард-Рок. Все эти месторождения расположены в единой зоне широтного простирания протяженностью 12—13 км. Общее количество добытого из них золота может быть оценено в 60—70 т.

Месторождения приурочены к широтной полосе выходов осадочных пород серии тимискаминг — конгломератам, граувакковым песчаникам, сланцам с прослоями железистых кварцитов. Эти породы смяты в складки и осложнены согласными зонами дробления и рассланцевания. Оруденение пространственно связано обычно с дайками и более сложными по форме телами плагиоклазовых порфиров и частично располагается вдоль их контактов. Субмеридиональные

пострудные дайки диабазов рассекают рудные тела вкрест протирания.

Согласно Г. К. Хорвуду («Struct. Geol...», 1948), выделяются следующие типы рудных тел: трещинные кварцевые жилы, преимущественно распространённые в районе вне описываемого рудного поля (на месторождениях Нордзен Эмпайр, Лейтч и др.); минерализованные зоны рассланцевания и брекчирования; трещинные зоны с кварцевыми прожилками и трещинные зоны с сульфидной минерализацией. Из сульфидов как в жилах, так и в зонах главными являются пирит и пирротин. В подчинённом количестве присутствуют сфалерит и другие сульфиды. Содержание золота в рудах 5—12 г/т. В 1961 г. месторождение Мак-Леод Кокшутт обрабатывалось при содержании золота 3,6 г/т.

Месторождение Централ Патриция (индекс 513455), по Р. Э. Баррету и А. В. Джонстону («Struct. Geol...», 1948), расположено в западной части провинции примерно в 200 км восточнее района Ред-Лейк. Суммарная добыча золота из этого месторождения вряд ли превышает 20 т, но оно представляет интерес ввиду приуроченности оруденения к породам «полосчатой железистой формации», состоящих из железистого карбоната и магнетита. Из целого ряда прослоев железистых пород, известных в районе, оруденелыми являются только отдельные участки некоторых из них. Золото в рудах ассоциировано с пирротинном и арсенопиритом, которые минерализуют трещины, поперечные к железистому горизонту. Мощность таких минерализованных трещин от 0,5 до 25 см, протяжённость от 60 см до 1,2 м, распределение в горизонте железистых пород неравномерное. В некоторых прожилках встречается белый или голубой кварц, но он даже в тех случаях, когда минерализован сульфидами, не содержит золота. В противоположность этому золотоносность тесно связана с присутствием в прожилках хлорита. Среднее содержание золота в руде около 10 г/т, а в отдельных прожилках до 340 г/т. Золото свободное, но очень мелкое, обычно видимое только под микроскопом.

Месторождение Пикл-Кроу (индекс 113169), по В. П. Коркингу («Struct. Geol...», 1948), находится в том же районе, что и Централ Патриция, но является более крупным, чем последнее. Общее количество добытого из него золота может быть оценено в 25—30 т.

Месторождение представлено двумя кварцевыми жилами — Хоувелл и № 2. Жила Хоувелл косо пересекает горизонт пород железистой формации мощностью 20—30 м и выходит из него в обе стороны в зеленокаменные породы примерно на 100 м. Жила смята в складки волочения и в этих местах наиболее обогащена. Сульфиды в руде встречаются в малом количестве и представлены пирротинном, арсенопиритом, реже пиритом, халькопиритом. Встречается свободное золото. Породы железистой формации в 3—5 м от жилы сульфидизированы и являются рудой. Зеленокаменные породы, вмещающие жилу, не оруденелы, но жила в них богаче. Жила № 2 залегает в не-

большом дайкообразном теле серицитизированных кварцевых порфиров.

Месторождение Сан-Антонио (индекс 312134), по Дж. К. Гиббсону и К. Г. Стоквеллу («Struct. Geol...», 1948), располагается в северо-западной части провинции. По размерам оно относится к средним, суммарная добыча из него около 40 т. Глубина отработки в 1961 г. составляла 1503 м; среднее содержание золота 8—15 г/т. Месторождение относится к кварцевожильному типу. Жилы короткие, мало-мощные, местами наряду с ними встречаются участки развития тонких прожилков, образующих штокверки. Вмещающие породы представлены sillом массивного диабаз мощностью 65—250 м, который заключен среди рассланцованных туфов, песчаников, конгломератов. Жилы вертикальны, а вмещающий их sill падает под углом 45° к северо-востоку. При выходе из sillа во вмещающие породы жилы либо выклиниваются, либо резко уменьшаются в мощности и становятся непромышленными. Глубже появляются новые слепые жилы. Вмещающие диабазы в контактах жил альбитизированы, карбонатизированы, серицитизированы и пиритизированы. Местами они пронизаны тонкими прожилками кварца и тогда отрабатываются на массу.

Главным рудным минералом является пирит в виде кубических кристаллов и мелкозернистый. В последнем содержания золота более высокие. В небольшом количестве присутствует халькопирит. Помимо включенного в пирите присутствует свободное видимое золото в кварце.

Генезис оруденения и закономерности локализации рудных полей

В ранних работах (до 1956 г.) закономерности локализации рудных полей рассматривались в целом для Канадского щита, поскольку выделение в его пределах металлогенических провинций было осуществлено сравнительно недавно. Однако практически все эти работы относятся к провинции Киватин, где тогда только и были известны месторождения золота.

Одним из первых общие закономерности размещения золоторудных месторождений Канадского щита суммировал К. В. Найт (Knight, 1933), по мнению которого все главные золоторудные месторождения Канадского щита приурочены к крупным синклиниям, осложненным многочисленными дополнительными складками; вмещают или подстилают большинство месторождений древние эффузивы; в пределах золотоносных поясов отдельные месторождения тяготеют к дайкам и штокам порфиров, но связаны ли они с порфирами генетически или только структурно — неясно.

К. В. Найт сопоставил особенности локализации канадских месторождений с месторождениями Западной Австралии, Индии и Южной Родезии.

Закономерности размещения месторождений рассматриваемой территории в этот же относительно ранний период их изучения освещались также в работах Э. И. Доэрти (Dougherty, 1935) и Э. Л. Брюса (Bruce, 1937). Первый из них, как и большинство геологов того времени, рассматривал размещение золоторудных месторождений в соответствии с гипотезой В. Г. Эммонса, а второй — придавал главное значение структурным факторам.

Одновременно с работой Э. Л. Брюса появилась интересная статья К. Спирмэна (Sprengman, 1937), который так же, как и К. Найт, указывает на приуроченность месторождений к синклиналям, но считает последние не результатом одновременных дислокаций, а следствием общих прогибов земной коры древнего заложения, предопределявших накопление осадков, обусловивших их смятие, развитие надвигов, внедрение интрузий. Эти прогибы, или трюги, К. Спирмэн называет «геосутурами». Из приводимого им описания видно, что это понятие сходно с понятием «глубинный разлом», разработанным советскими геологами.

И. Т. Вилсон (Wilson, 1948) подошел к выяснению закономерностей размещения золотого оруденения с других позиций. Он произвел анализ аэрофотоснимков и около 500 топокарт масштаба, близкого к 1 : 200 000. На картах он выделял «линейность», которая большей частью совпадала с тектоническими нарушениями. Зоны «линейности» объединялись в линеаменты, которые оказались в целом параллельными ограничениям Канадского щита. Автор подчеркивает, что многие крупные рудные, в том числе и золоторудные месторождения располагаются на пересечениях линеаментов (см. рис. 4).

Весьма существенное значение для выявления закономерностей локализации месторождений золота имело структурно-металлогеническое районирование Канадского щита. Оно объяснило отсутствие золоторудных месторождений на больших территориях и позволило более углубленно рассмотреть закономерности их локализации в провинции Киватин и на ее отдельных площадях.

Принципиальной предпосылкой для рассмотрения генезиса золотого оруденения провинции являются также данные об абсолютном возрасте месторождений, которые имеются к настоящему времени для многих крупных рудных полей. Возраст колеблется от 2,2 до 2,5 млн. лет, что говорит об архейском возрасте не только рудовмещающих толщ, но и заключенных в них месторождений.

Наиболее полная система взглядов об общих закономерностях локализации золотого оруденения провинции дана А. М. Гудвином в серии статей (Goodwin, 1965, 1966, 1967). Общие представления этого исследователя о геологическом строении провинции Киватин были приведены выше. Для локализации золотого оруденения главным, по его мнению, является связь оруденения с эволюцией архейского вулканизма, которая выражается в приуроченности всех месторождений золота к вулканогенным поясам, а в пределах последних — к участкам наиболее далеко зашедшей дифференциации вулканических пород с появлением их кислых дифференциатов.

Указанные положения А. М. Гудвин развивает не только в целом для провинции Киватин, но и для отдельных золотоносных территорий в ее пределах. В частности, рассматривая наиболее крупные золоторудные узлы Поркьюпайн, Керкленд-Лейк и Норанда, он отмечает, что разрезы вулканогенно-осадочной толщи на этих площадях сходны (сверху вниз):

- | | |
|--|-------------|
| 1. Граувакки, аргиллиты, конгломераты | 600—1800 м |
| Локальное несогласие | |
| 2. Риолито-дацитовые брекчии, туфы; осадочные породы, включающие в Поркьюпайн и Керкленд-Лейк железистые кварциты; подчиненные андезито-базальты | 600—3000 » |
| 3. Андезито-дацитовые покровы и брекчии; возрастание в верхней части количества риолитов | 1500—3000 » |
| 4. Андезито-базальтовые покровы; небольшое развитие брекчии; подчиненные дациты и риолиты | 3000—6000 » |

Таким образом, общая тенденция в развитии вулканизма в рассмотренных главных золотоносных районах сводится к переходу

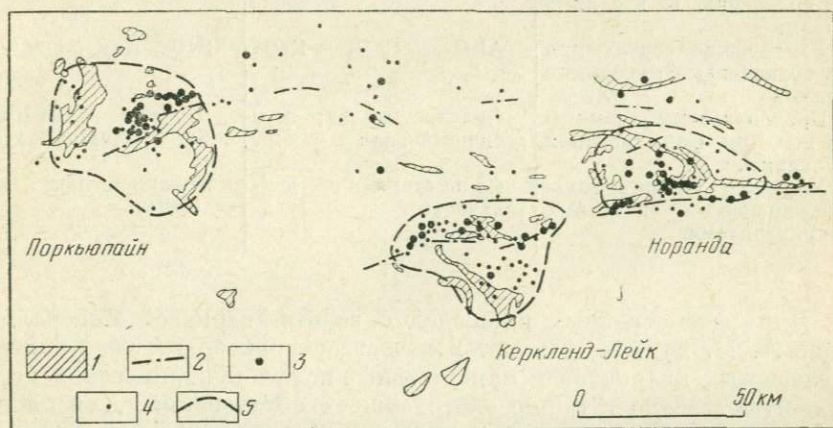


Рис. 12. Размещение золоторудных полей в восточной части провинции Киватин. По А. М. Гудвину

1 — субвулканические породы кислого состава; 2 — главные разломы; 3 — промышленные золоторудные месторождения; 4 — рудопоявления золота; 5 — границы рудных полей

от однородных и массивных основных вулканитов к кислым дифференциатам с преобладанием эксплозивных фаций и все более значительным участием осадочных пород. Предполагается наличие вулканических аппаратов центрального типа и тектоно-вулканических антиклинальных структур, лучше всего сохранившихся в районе Норанды и хуже — в Поркьюпайне и Керкленд-Лейке. Вне развития золотого оруденения распространены только однородные по составу основные вулканиты (рис. 12).

Аналогичные закономерности размещения золотоносных площадей в зависимости от эволюции архейского вулканизма отмечаются и для ряда других территорий провинции Киватин (Goodwin, Shk-lanke, 1967).

Интересна также попытка А. М. Гудвина (Goodwin, 1967) сопоставить условия локализации золото-кварцевых и золото-сульфидных месторождений провинции в зависимости от различного хода эволюции вулканизма. В частности, он сопоставляет вулканизм в районе золото-сульфидного месторождения Хорн (Норанда) с вулканизмом в районах золото-кварцевых месторождений Поркьюпайн и Керкленд-Лейк (табл. 6).

Таблица 6

Особенности проявлений вулканизма на различных
золотоносных территориях провинции Киватин
По А. М. Гудвину

Особенности вулканитов и условий их формирования	Норанда	Поркьюпайн и Керкленд-Лейк
Увеличение содержания по сравнению со средними типами	FeO, Na ₂ O, S	FeO, CO ₂ , H ₂ O
Уменьшение содержания по сравнению со средними типами	Al ₂ O ₃ , CaO, K ₂ O, Fe ₂ O ₃	SiO ₂ , Na ₂ O, Fe ₂ O ₃
Предполагаемый химизм среды при формировании вулканитов	Сильно кислая; вос- становительная	Близкая к нейтраль- ной; восстановительная
Характер гидротермаль- ных процессов, связанных с вулканитами	Сольфатарная дея- тельность	Бикарбонатная дея- тельность

Для рассмотренных площадей с золото-кварцевой минерализацией А. М. Гудвин отмечает в качестве характерных черт наличие железистых кварцитов и присутствие кислых вулканических пород преимущественно в форме экструзивных образований. Для площадей с золото-сульфидной минерализацией отмечается большая мощность эффузивов, более выдержанные прослои основных пород, среди которых присутствуют вариолитовые лавы, отсутствие железистых кварцитов, наличие тонких прослоев карбонатных пород и, в основном, покровных фаций кислых эффузивов.

Несколько иные представления о генезисе золотого оруденения и отношениях его с сульфидной минерализацией высказывают В. Г. Гросс и С. А. Фергусон (Gross, Ferguson, 1965) на основании изучения золотоносного района Ред-Лейк, в западной части провинции (рис. 13). Они отмечают, что согласно гравиметровым измерениям зеленокаменные породы залегают на толще гранито-гнейсов и на гранитах, аналогичных окружающим зеленокаменный трог с объемным весом 2,62. Глубина прогибания трога около 7,5 км от современной поверхности. Внутреннее строение трога весьма сложное, в нем чередуются синклинали и антиклинальные складки, оси которых ориентированы в северо-восточном и широтном направлениях. В центральной части трога выделяются гранитные

массивы (штоки) Дом и Мак-Кензи размером в поперечнике около 1,5 и 9 км.

Возраст указанных гранитов по калий-аргоновому методу по породе в целом 2,4 млрд. лет, а возраст цирконов из гнейсов, окружающих трог, 3,3 млрд. лет; возраст свинца из зоны расланцевания в штоке Мак-Кензи и свинца из пиритов месторождения золота Хоувей-Хасага 3,2—3,1 млрд. лет.

При сравнении данных 103 анализов киватинских лав со средними составами океанических и орогенических (континентальных)

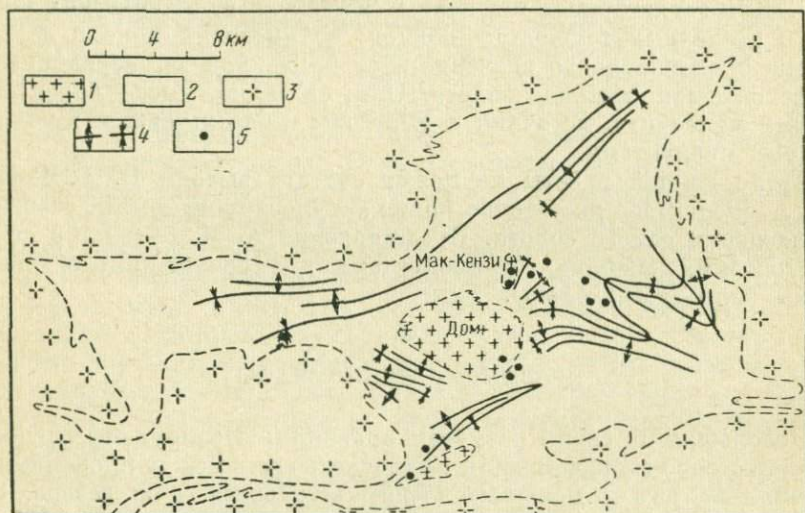


Рис. 13. Схема геологического строения золотоносного района Ред-Лейк
По В. Г. Гроссу и С. А. Фергюсону

1 — гранитные штоки; 2 — зеленокаменные породы; 3 — гранито-гнейсы и граниты; 4 — оси антиклинальных и синклиналиных складок; 5 — разрабатываемые и отработанные золоторудные месторождения

базальтов видно, что киватинские лавы относятся к орогеническому кальциевому типу.

Состав кислых интрузивных пород из штоков, прорывающих зеленокаменные толщи, и гранитоидов, окружающих их, одинаковый. Изотопный состав серы из сульфидов гранитного штока Дом отвечает сере эндогенного происхождения.

На основании этих положений авторы приходят к следующим выводам.

1. До проявления киватинского вулканизма существовала древняя гранитная кора возраста примерно 3,2 млрд. лет.

2. Распространенные в настоящее время площади зеленокаменных пород представляют собой сохранившиеся прогибы на древней коре.

3. Базальтовые лавы и более поздние основные и ультраосновные интрузии несомненно имеют мантийное происхождение. Однако не-

которые из кислых интрузивов и, возможно, часть кислых вулкани-
тов произошли за счет плавления гранитной коры, происходившего
2,4 млрд. лет назад.

4. Золоторудные месторождения связаны с кислыми интрузивами,
некоторые из них размещаются внутри гранитных штоков, которые
являются продуктами регенерации древней коры. Вероятно, золото,
так же как свинец и сера, ассоциирующие с ним, регенерированы из
древних жил и россыпей, приуроченных к коре возраста
3,2 млрд. лет.

5. Для заключенных в основных и кислых вулканических поро-
дах и осадочных толщах сульфидов, не имеющих пока в данном
районе промышленного значения, нет признаков регенерационного
происхождения, как для золота. Они, очевидно, имеют более глу-
бинный мантийный источник и вынесены с базальтовыми вулкани-
ческими продуктами.

Автор данной работы не может считать выводы В. Г. Гросса
и С. А. Фергусона достаточно полно аргументированными, особенно
в отношении самого золота. Представления А. М. Гудвина о связи
золотоносных эманаций с продуктами дифференциации основной
магмы более убедительны.

ПРОВИНЦИЯ ЙЕЛЛОУНАЙФ

Небольшая по своим размерам провинция Йеллоунайф распола-
гается в северо-западной части Канадского щита между провинциями
Черчилл на юге и Большого Медвежьего озера — на севере. Эта
провинция, как специфически золотоносная, была выделена в 1952 г.
А. В. Джоллиффом (Jolliffe, 1952). Он называл ее субпровинцией,
так как относил к провинции Канадский щит в целом. А. В. Джол-
лифф противопоставлял провинцию Йеллоунайф специфически ура-
ноносной субпровинции Большого Медвежьего озера, объясняя ме-
таллогеническую их специфику первичной неоднородностью земной
коры в отношении распределения металлических компонентов. В ра-
боте А. Х. Ланга (Lang, 1961) золотоносная территория в районе
г. Йеллоунайф входит в качестве субпровинции в провинцию Не-
вольничью, охватывающую также ураноносные площади в районе
Большого Медвежьего озера. По И. Т. Вилсону, Р. Д. Расселлу
и Р. М. Фаркухеру (Wilson a. o., 1956), впервые широко использовав-
ших для районирования данные абсолютного возраста (см. табл. 4),
она выделяется в самостоятельную провинцию. Границы ее, по-ви-
димому, точно еще не определены, так как северо-западные терри-
тории Канады изучены плохо.

Геологическое строение провинции Йеллоунайф очень близко
к таковому провинции Киватин. Здесь так же, как и в последней,
развиты вулканогенные и осадочные граувакковые толщи, заклю-
ченные среди обширных полей гранито-гнейсов и гранитов. Обра-
щает на себя внимание не субширотная, как в провинции Киватин,

а субмеридиональная ориентировка площадей распространения зеленокаменных пород, слагающих трюги.

Вулканогенные и осадочные породы в данной провинции описываются как единая группа Йеллоунайф, которая, однако, на всех картах разделяется на нижнюю часть, сложенную преимущественно вулканитами, и верхнюю, представленную в основном осадочными породами.

Вулканогенные толщи района Йеллоунайф изучались В. Р. Баргаром (Baragar, 1966), который отобрал образцы для анализов из толщи вулканитов общей мощностью 12 000 м через 150 м вкостратиграфического разреза. Всего выполнено 105 анализов, в результате чего установлено, что вулканиты в Йеллоунайф можно разделить на два цикла формирования, каждый из которых заканчивается кислыми породами. Определены две линии дифференциации вулканических пород: 1) известково-щелочной ряд с обогащением поздних дифференциатов щелочами и кварцем без соответствующего увеличения содержания железа; 2) толеитовый ряд с обогащением железом за счет магния и с небольшим обогащением щелочами. Толеитовый ряд отвечает, по-видимому, кристаллизационной дифференциации, а известково-щелочной является результатом контаминации толеитовой магмы сиалическим материалом коры. Детальное изучение формаций вулканогенных пород провинции несомненно представляет интерес также с позиций связи оруденения с вулканизмом, но данных по этому вопросу автор исследования не приводит.

Всего в описываемой провинции на 1/1 1970 г. добыто 240,3 т золота. Здесь известно восемь месторождений, из которых одно — Джиант Йеллоунайф — относится к крупным с добычей более 100 т золота, два — к средним: Дискавери (25—30 т) и группа рудников Кон, Рикон и Негус (35—40 т). Остальные месторождения небольшие, с добычей в сотни килограмм или первые тонны. Некоторые из них, как, например, месторождение Тундра Голд-Майнз, расположенное в наиболее северных районах, еще детально не описаны. Имеются также довольно многочисленные упоминания об открытии новых рудопроявлений в удаленных и очевидно относительно труднодоступных районах провинции.

По формационным группам все месторождения относятся к золото-кварцевому типу. Только одно небольшое месторождение Аутпос Айленд, расположенное на острове Большого Невольничьего озера, по данным Г. К. Кука (Cooke, 1946), представляет собой зону вкрапленности довольно разнообразных рудных минералов в брекчиях, рассекающих кварциты и почти не содержащих жильного кварца. Вероятно оно должно быть отнесено к золото-сульфидной формационной группе. Из рудных минералов в нем указываются халькопирит, пирит, ферберит, магнетит, марказит, борнит, халькозин и др. Одновременно с золотом производилась небольшая добыча вольфрама и меди.

По минеральным типам месторождения провинции в большинстве относятся к полиметаллическим сульфидным и характеризуются значительным разнообразием рудной минерализации. Характерно в этом отношении месторождение Джиант Йеллоунайф, описываемое ниже.

Из морфологических классов наибольшее значение имеют кварцевожилвные зоны и сложные кварцевые жилы.

Вмещающими породами для наиболее крупных месторождений служат вулканогенные толщи основного состава, однако ряд значительных месторождений залегает среди граувакковых слоистых песчаников, в которых жилы согласны со слоистостью и сланцеватостью пород и характеризуются иногда весьма сложной формой, подчиненной мелкой складчатости (месторождение Дисловери по М. Б. Уайчвару, «Структур, геол...», 1964). Следует отметить также сравнительно высокую степень регионального метаморфизма рудовмещающей толщи на данном месторождении с развитием хиастилитовых сланцев.

Охарактеризуем подробнее месторождение Джиант Йеллоунайф, как в связи с его наиболее значительными размерами, так и с тем, что изучение его производилось наиболее детально, и ряд относящихся к нему исследований имеют общий интерес для коренных месторождений золота.

Месторождение Джиант Йеллоунайф (индекс 144336) открыто в 1935 г., разведывалось в основном бурением и эксплуатируется с 1946 г. К 1/1 1970 г. было добыто примерно 140 т.

Месторождение приурочено к вытянутой в меридиональном направлении полосе (рис. 14), сложенной вулканогенными породами и окруженной гранитами. С запада оно ограничено разломом Вест Бей, который очень четко фиксируется в современном рельефе в виде уступа и прослеживается примерно на 6 км.

Согласно А. С. Дэдсону и Дж. Д. Бэтману («Struct. Geol...» 1948), месторождение Джиант Йеллоунайф представлено серией субпараллельных зон концентрации кварцевых прожилков и линз, в которых общее количество кварца колеблется от 30 до 90%, а вмещающие породы интенсивно серицитизированы, карбонатизированы и минерализованы пиритом, арсенопиритом и другими рудными минералами. Выделяются (Boyle, 1954₁) зоны рассланцевания, в которых кварцевые образования параллельны друг другу, и зоны брекчирования, где прожилки неправильно ветвятся. Наряду с прожилками в тех же зонах развиты и более мощные кварцевые жилы. В виде отдельных кулис зоны прослежены в целом почти на 4 км.

Наиболее детальные исследования данного месторождения проводил Р. В. Бойл (Boyle, 1954₁, 1954₂, 1959, 1961 и др.). Он указывает, что все кварцевые жилы и линзы месторождения окружены гидротермально измененными породами, которые разделяются на три зоны. Во внешней по отношению к жиле зоне существенно амфиболовые массивные вмещающие породы превращены в хлоритовые сланцы. Далее, ближе к жиле, располагается зона карбонато-хлоритовых пород, а в непосредственном контакте с жилой — анкерито-

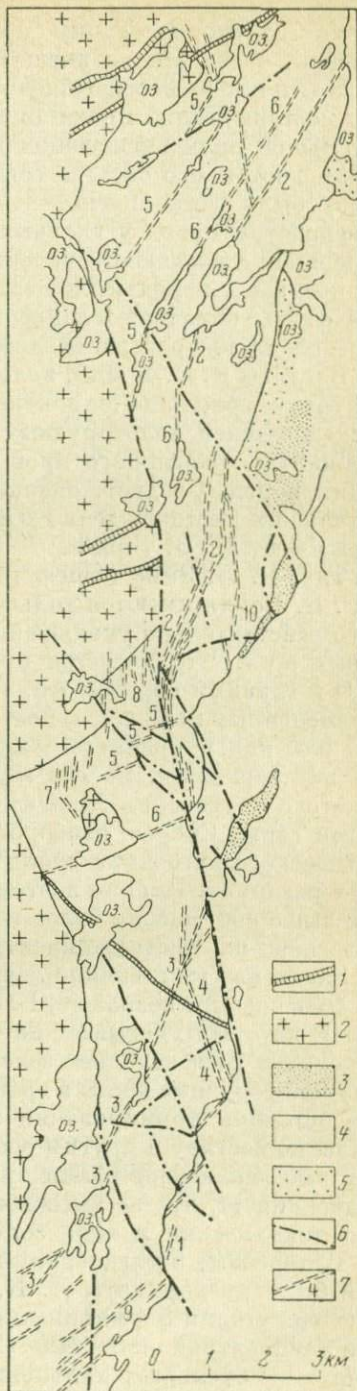
серицитовая зона. Мощность каж-
дой зоны примерно 3 м. Химиче-
ские анализы показывают, что ко-
личество кремнезема в породах
уменьшается по мере приближения
к кварцевым жилам примерно от 50
до 37—40%. При сравнении степени
выноса кремнезема из пород на раз-
ных горизонтах было установлено
усиление интенсивности этого про-
цесса с глубиной. На горизонте
150 м от поверхности убыль кремне-
зема составляет 6%, на горизонте
420 м — 7% и на горизонте 680 м —
20%. Одновременно с уменьшением
содержания кремнезема в породах
происходит увеличение содержания
CO₂. Количество прочих элементов
изменяется незначительно.

Р. В. Бойл подчеркивает, что в
описываемых им процессах очень
большую роль играют щелочи, так
как при наличии их образуются
промежуточные растворимые соеди-
нения типа K₂SiO₃ и Na₂SiO₃. Он
считает, что щелочи не столько
привносились извне, сколько высво-
бождались при разложении полевых
шпатов в ходе углекислого метасо-
матаза.

Р. В. Бойл подсчитал, что при ги-
дротермальной переработке пород на
рассмотренной площади выделилось
2,9 млн. т кремнезема. Вместе
с тем объем всего имеющегося на
этой площади кварца составляет при-

Рис. 14. Схема геологического строения
зеленокаменного пояса Йеллоунайф. По
Р. В. Бойло

1 — дайки диабазов; 2 — гранодиориты; 3—5 —
породы группы йеллоунайф: 3 — подразделение
«В» — кварциты, конгломераты, граувакки, да-
циты, туфы, метагабро, метаандезиты, 4 — под-
разделение «А» — зеленокаменные породы, в том
числе кварц-полевошпатовые порфиры, 5 — конгло-
мераты и кварциты неясного возраста; 6 —
сбросы (постдиабазовые); 7 — золотопосные зоны
расщепления (додиабазовые); 1 — Кемпбелл,
2 — Джинант Йеллоунайф, 3 — Кон, 4 — Негус —
Ривок, 5 — Ронни — Крестум, 6 — AES, 7 —
Шток-Лейк, 8 — Хендл-Лейк, 9 — Ком Пойнт,
10 — Бой-Лейк



мерно 725 тыс. т. Таким образом, кремнезем рудных тел заимствован, очевидно, из вмещающих пород.

На примере месторождения Джиаит Йеллоунайф, а также других месторождений провинции Р. В. Бойлем рассматривался вопрос о большой роли вмещающих пород для рудообразования. При изучении изотопного состава серы в сульфидах из руд (Wanless a. o., 1960) было установлено, что сульфиды из зон гидротермальной переработки пород у главных рудных зон обогащены изотопом S^{34} . Содержание последнего падает при переходе от центральных частей рудных зон к породам, лишенным гидротермальных преобразований. Эти факты объясняются преимущественным выносом более легкого изотопа из зон расщелачивания в ходе рудного процесса.

Взгляды Р. В. Бойля, изложенные им в многочисленных статьях, получили довольно широкую известность. Они приводятся рядом исследователей золоторудных месторождений в качестве примеров полностью доказанного происхождения оруденения за счет вмещающих пород. Следует, однако, заметить, что среди геологов, также изучавших месторождение Джиаит Йеллоунайф, далеко не все поддерживают Р. В. Бойля.

Так, Р. Л. Эймс (Ames, 1962) отмечает, что фактические данные у Р. В. Бойля имеются только в отношении SiO_2 , содержание которого действительно уменьшается в измененных ореолах вокруг кварцевых жил. Что касается прочих компонентов: H_2O , CO_2 , S, As, K_2O и главным образом Au, то содержание их, наоборот, возрастает в измененных породах, и поэтому нет никаких оснований считать их так же, как и кремнезем, заимствованными из вмещающих пород. Не подтверждают, по его мнению, латераль-секреционный генезис золотого оруденения Джиаит Йеллоунайф и данные изотопных анализов серы. Скорее, наоборот, они говорят о привносе серы из магматического источника вдоль разломов и миграции ее в стороны от этих разломов. Именно поэтому около разломов наблюдается указанное выше обогащение более тяжелым изотопом серы S^{34} , а в периферической их части концентрируется изотоп S^{32} . Высказывания Р. Эймса кажутся вполне логичными.

Обоснованно возражает Р. В. Бойлю и Г. В. Макконелл (McConnell, 1964), который указывает на то, что помимо жил в зеленокаменных породах в 2 км западнее зеленокаменного пояса имеются аналогичные золоторудные жилы в гранитоидах. В данном случае естественно, что источник формирования золотых руд был иным. Вместе с тем жилы по составу и другим особенностям полностью аналогичны тем, которые заключены в зеленокаменных породах. Это дополнительно подчеркивает, что не вмещающие породы являются определяющими для локализации и типа золотого оруденения.

Интересные исследования минерального состава руд месторождения были предприняты Л. К. Колманом (Coleman, 1957). Он выделяет три стадии формирования рудных минералов. В первую стадию при температуре около $500^\circ C$ выделялись арсенопирит и пирит, во вторую — сфалерит, халькопирит и пирротин и в третью — суль-

фиды и сульфосоли, содержащие свинец и сурьму. К третьей стадии температура снизилась примерно до 350° С. В противоположность взглядам других исследователей и своим более ранним представлениям, Л. К. Колман считает, что золото отлагалось главным образом на раннем этапе, а потом только переотлагалось. Подтверждением этому служит, по его мнению то обстоятельство, что наряду с прожилковой формой выделений золота в пирите и арсенопирите оно образует в них овальные или округлые выделения, которые рассматриваются как результат метаморфического укрупнения золота и выделения его из кристаллической решетки сульфидов при последующих втором и третьем этапах рудообразования. Возможность такого укрупнения подтверждена экспериментальными работами. Наиболее убедительно о раннем времени выделения золота свидетельствует, по мнению Л. К. Колмана, наличие реакций его с свинцом и сурьмасодержащими минералами с образованием соответствующих реакционных кайм. В частности, образуется минерал аурустибит ($AuSb_2$), который дает оторочки вокруг выделений золота там, где последние контактируют с более поздними, чем золото, сурьмяными минералами. Взаимодействием медьсодержащих растворов с ранее выделившимся золотом автор объясняет также появление в ряде мест красного медистого золота.

Л. К. Колман подчеркивает, что его материалы не противоречат взглядам Р. В. Бойля о заимствовании кремнезема из вмещающих пород. Однако согласно построениям Л. К. Колмана объяснение генезиса кварца не может быть использовано для рудных минералов и золота. Очевидно переотложение кремнезема вызывалось магматическими гидротермами, причем несомненно имело место стадийное поступление этих гидротерм.

В целом, характер оруденения, особенности его размещения, типы месторождений и вмещающие толщи провинции Йеллоунайф аналогичны таковым в провинции Киватин.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ МЕЗОХРОНА

Выделение геотектонических провинций мезохрона в пределах Северо-Американского континента может быть сделано только со значительной долей условности. Наиболее определено к этому геохрону относятся провинции Черчилл, побережья Лабрадора и Большого Медвежьего озера в пределах Канадского щита. Соответствующие комплексы отложений развиты также в южной части щита в районе Великих озер. Ограничения провинции здесь менее определены, южная граница образований мезохрона перекрыта чехлом Северо-Американской платформы.

Юго-западнее щита в пределах Скалистых Гор имеется значительное число выходов дорифейских пород из-под платформенного чехла. Большинство их характеризуется развитием наложенного молодого (мезозойского) оруденения, описанного ниже при характеристике провинций магматической активизации. Однако в пре-

делах одного из выходов, в районе Блэк-Хилс (штат Южная Дакота, США) располагается одно из крупнейших месторождений золота Хоумстейк, время формирования которого хотя и дискуссионно, но очевидно, в основном относится к мезохрону. Район этого месторождения выделен нами в самостоятельную провинцию Блэк-Хилс.

Прежде чем перейти к характеристике двух описываемых в настоящей работе провинций — Черчилл и Блэк-Хилс, осветим кратко вопрос о границе провинций археохрона и мезохрона в целом.

Характеризуя обрамление провинции Киватин, Д. Р. Дэрри (Derry, 1961) отмечает очень широкое распространение в основании протерозоя¹ железорудных месторождений так называемой железистой формации, характерной как для северо-восточного ограничения провинции (месторождения железа полуострова Лабрадор и восточного побережья Гудзонова залива), так и для ее южного обрамления в районе Великих озер.

Вторая группа месторождений, генетически связанная (по Д. Р. Дэрри) с архейско-протерозойской границей, — это ураноносные конгломераты, к которым относится широко известное месторождение Блайнд-Ривер, находящееся в районе Алгома к югу от провинции Киватин. Содержание золота в этом месторождении местами довольно высокое, но в целом непромышленное.

Интересны также выводы Д. Р. Дэрри о тяготении к зоне архейско-протерозойского контакта месторождений сульфидно-никелевых и колчеданно-полиметаллических руд. Часть из них находится при этом в самом Киватинском ядре (группа Норанда — Чибугамо и др.), а часть в обрамляющих Киватинскую провинцию более молодых породах. К ним он относит, в частности, месторождение Садбери за южной границей провинции Киватин (из него добыто около 40 т золота) и месторождения Флин-Флон, Шеррит-Гордон, Томпсон-Лейк и другие в провинции Черчилл у северо-западной границы провинции Киватин.

Д. Р. Дэрри широко сопоставляет данные по Северной Америке с материалами по другим континентам, частично на основании личных впечатлений. С геологической позицией месторождения Блайнд-Ривер он (что широко известно) сопоставляет позицию месторождений Витватерсранд в Южной Африке, конгломератов Якобина в Южной Америке, конгломератов окрестностей Удаяцутры в Индии и отмечает наличие на всех упоминавшихся континентах в аналогичной геологической позиции более или менее крупных месторождений железных руд. Выяснение условий, в которых на границе провинций археохрона и мезохрона формируются золотоносные конгломераты и причин их отсутствия в других случаях, представляет собой чрезвычайно важную и вместе с тем очень сложную проблему.

¹ Д. Р. Дэрри пользуется термином «архейско-протерозойский контакт», что не вполне точно, так как часть слоистых толщ в провинции Киватин относится к протерозою.

ПРОВИНЦИЯ ЧЕРЧИЛЛ

Провинция Черчилл размещается между двумя более древними участками земной коры — провинциями Киватин и Йеллоунайф. Ее западная граница перекрыта платформенным чехлом, а восточная ограничена водами Гудзонова залива. На севере она протягивается вплоть до берегов Северного Ледовитого океана, но северные части провинции мало исследованы, за исключением района, прилегающего к оз. Атабаска, где расположены крупные урановые месторождения. Золотосодержащие, в основном комплексные, колчеданно-полиметаллические месторождения сосредоточены в южной части провинции.

От описанных выше провинция Черчилл отличается меньшей ролью вулканогенных пород основного состава и более широким развитием осадочных пород — конгломератов, аркозовых песчаников, доломитов, кварцитов. В значительной части эти породы метаморфизованы с переходом в кристаллические сланцы. Все они располагаются среди полей гранитов и гранито-гнейсов, аналогичных развитым в провинциях археохрона. Выходы осадочных пород не имеют здесь, однако, четкой линейной ориентировки, как это характерно для зеленокаменных трогов.

Определения абсолютного возраста пород в пределах провинции Черчилл многочисленны, значения возраста колеблются от 1760 до 1910 млн. лет (Тугаринов, Войткевич, 1970).

Общее количество добытого золота на 1/I. 1970 г. в провинции Черчилл может быть приблизительно оценено в 150 т.

Почти все золото получено из месторождений массивных сульфидных медно-цинковых руд, расположенных в южной части провинции в Манитобе, у границы ее с Саскачеваном (см. рис. 2). Здесь находятся месторождения Флин-Флон, Шеррит-Гордон, Мэнди, Нордз-Стар, Дон-Джон и другие более мелкие или еще слабо разведанные. О составе руд этих месторождений можно судить по данным, приведенным при описании одного из наиболее крупных месторождений Флин-Флон («Struct. Geol...», 1948, стр. 295). В преобладающих на этом месторождении сплошных сульфидных рудах содержится (по данным запасов на 1/I. 1946 г.) меди 1,99%, цинка 4,24%, золота 2,77 г/т, серебра 38,8 г/т. В состав руд входят также кадмий, селен, теллур. Сульфидные залежи месторождения Флин-Флон приурочены к эффузивам и субвулканическим породам среднего, кислого и реже основного состава. Размеры их весьма значительны. Отработки проводятся на глубинах более 1000 м. Локализация залежей контролируется, согласно К. Г. Стоквеллу и Дж. М. Харрисону («Struct. Geol...», 1948), очень сложной складчатой структурой с различно ориентированными сближенными складками, которым подчинены неправильные тела гранитов.

Из собственно золоторудных месторождений в южной части провинции Н. Ходжем описано только Нор-Акме («Структур. геол...», 1964). Запасы его оценивались примерно в 30 т золота при содержа-

нии в руде около 5 г/т. Рудные тела представляют собой метасоматические существенно кварцевые залежи невыдержанной мощности, достигающей местами 30 м. Они залегают в интенсивно метаморфизованных породах, которые по исходному составу относятся к основным (висячем боку залежей) и кислым (в их лежащем боку) вулканитам. Эти породы преобразованы в амфиболиты, плагиоклазовые амфиболиты и кварц-биотит-гранатовые сланцы. В некоторых местах с рудными телами контактируют также гранат-ставролитовые сланцы с кристаллами ставролита длиной до 40 см. Характерно развитие на месторождении штоков, пластовых тел и силлов горнблендитов и метадiorитов. В составе руд около 2% арсенопирита, менее 1% пирротина и менее 0,25% пирита. В очень небольшом количестве встречаются также халькопирит и сфалерит.

Месторождение, очевидно, сформировано в условиях значительных температур и давлений. Н. Ходж, давая (к сожалению не очень четкую) характеристику измененных пород месторождения, отмечает: «редкость хлорита и обилие в руде и боковых породах таких минералов, как роговая обманка, биотит и пироксен, позволяют предполагать условия высоких температур и больших глубин во время формирования рудных тел» («Структ. геол...», 1964, стр. 246).

Общему обзору минеральных месторождений той части провинции Черчилл, где находятся описанные месторождения, посвящен ряд работ Дж. Ф. Дэвиса (Davies, 1960, 1962, 1964), который подчеркивает, что здесь, в отличие от провинции Киватин, площади осадочных пород и гнейсов, даже гнейсов, похожих на граниты, не должны рассматриваться как территории, неблагоприятные для поисков рудных месторождений. Наоборот, они являются здесь более благоприятными вмещающими породами, чем зеленокаменные. Дж. Ф. Дэвис указывает, что крупное медно-цинковое с золотом месторождение Шеррит-Гордон находится в парагнейсах. Недавно открытое никелевое месторождение Томпсон расположено в северо-западной части широкой зоны гнейсов, находящихся на границе провинции Черчилл и Киватин, цинковое месторождение Чайзл-Лейк приурочено к полосчатым гранатосодержащим кварц-биотитовым гнейсам у контакта их с андезитами. Также среди гнейсов размещаются рудные тела медного месторождения Стол-Лейк и медно-цинкового — Осборн-Лейк. Кроме того к гнейсам, по Дж. Ф. Дэвису приурочен еще ряд небольших месторождений цветных металлов и золота. Дж. Ф. Дэвис рекомендует провести ревизию сложенных гнейсами площадей провинции Черчилл у границы ее с провинцией Киватин, но генетическое объяснение приуроченности рудных месторождений к высоко метаморфизованным породам пока не может быть дано.

В северной части провинции Черчилл в районе оз. Атабаска (Северный Саскачеван), в крупном ураноносном районе Канады Биверлодж находится небольшое золоторудное месторождение Бокс, из которого было добыто около 2 т золота при содержании его в руде 1,5 г/т. Месторождение представлено штокверком кварцевых про-

жилков с пиритом и очень небольшим количеством халькопирита и сфалерита в красном (фельдшпатизированном?) граните. На этом месторождении, как указывают Б. Баффем и др. («Структ. геол...», 1964), впервые в районе была обнаружена урановая минерализация, определившая впоследствии промышленное лицо района. Хотя золотое и урановое оруденение присутствуют совместно, размеры месторождений этих металлов характеризуются обратно пропорциональной зависимостью. В ураноносном районе Биверлодж при крупных масштабах уранового оруденения сколько-нибудь значительные месторождения золота отсутствуют, в то время как для описанных выше главных золоторудных площадей провинции промышленная урановая минерализация не характерна.

ПРОВИНЦИЯ БЛЭК-ХИЛС

Под таким названием в данной работе описывается выход докембрийских пород размером 160×80 км² из-под чехла Северо-Американской платформы в штате Южная Дакота. Несмотря на малые размеры данной территории ее с полным основанием можно рассматривать в качестве самостоятельной металлогенической провинции, как в связи с геологической обособленностью, так и из-за весьма большого количества (примерно 1000 т) добытого золота. Подавляющая часть его получена из месторождения Хоумстейк, одного из крупнейших в мире.

Это месторождение и другие проявления золотого оруденения приурочены к северной части выходов докембрийских пород (Северный Блэк-Хилс). Последовательность отложения докембрийских толщ в районе, по А. Л. Слоутеру (Slaughter, 1968), следующая (снизу вверх):

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Формация ¹ пурман — темно-серые до черных графит-мусковит-кварцевые сланцы, иногда с анкеритом; прослой существенно биотитовых сланцев | более 600 м |
| 2. Формация хоумстейк — карбонато (сидероплезит)-кварцевые сланцы, в зонах повышенного регионального метаморфизма переходящие в амфибол (куммингтонит) — гранат-биотитовые сланцы | 60—90 м |
| 3. Формация эллисон — филлиты и темно-серые до черных кварциты | 900—1500 м |
| 4. Формация нордз-вестерн — филлиты кварц-серпичитового с биотитом состава | предположительно 1200 м |
| Несогласие | |
| 5. Формация флэг рок — породы наиболее пестрого состава — филлиты, сланцы, кварциты, в том числе частично пиритизированные | предположительно 1500 м |
| 6. Формация гризли — филлиты | 900 м и более |

¹ Понятие «формація» в данном случае соответствует, очевидно, свите.

Региональный метаморфизм перечисленных комплексов отложенный нарастает с юго-запада на северо-восток. Дж. А. Нобл и Дж. О. Хардер (Noble, Harder, 1948) выделяют три зоны метаморфизма — биотитовую, гранатовую и ставролитовую. Все проявления оруденения сосредоточены в пределах двух первых зон.

Докембрийские образования смяты в сжатые сложные складки, осевые плоскости которых падают к востоку под углом $65-70^\circ$, а шарниры имеют южное склонение под углами от $10-15^\circ$ до 45° . Все исследователи района придают большое значение наложенной поперечной складчатости. Она имеет более поздний возраст по сравнению с региональным метаморфизмом, но предшествует внедрению третичных интрузий. Вероятно, складчатые дислокации в районе были неоднократными. Из изверженных пород докембрийского возраста отмечаются силлы и дайки основных пород, преобразованных в амфиболиты.

Южнее главной золотоносной площади, примерно в 30 км (Южный Блэк-Хилс) появляются выходы гранитоидов, и метаморфизм пород вновь возрастает. Развитые здесь лейкократовые мусковитовые граниты содержат большое количество турмалина, который местами является породообразующим минералом. Главный гранитный массив имеет около 16 км в поперечнике, в его экзоконтакте широко распространены гранитные и пегматитовые дайки. С пегматитами в Южном Блэк-Хилсе связаны месторождения тантала и ниобия, мусковита, литиевых слюд. Возраст пегматитов (Kulp а. о., 1956) 1620 ± 20 млн. лет.

Описанный выше комплекс сложно дислоцированных протерозойских пород перекрыт платформенными образованиями, залегающими почти горизонтально, несколько воздымаясь к протерозойским выходам. Нижним членом платформенных отложений является формация дэдвуд, охарактеризованная фауной верхнего кембрия. В основании этих отложений располагаются конгломераты с галькой преимущественно белого кварца и пиритизированным цементом. Они переходят в кварциты, а выше разрез в основном карбонатный.

Отложения протерозойского складчатого основания и платформенного чехла прорваны многочисленными третичными изверженными породами. Особенно они сконцентрированы в Северном Блэк-Хилсе, там, где находится месторождение Хоумстейк (рис. 15).

Третичные изверженные породы представлены штоками, лакколитами и дайками. В протерозойской складчатой толще они чаще образуют дайки и сложные по форме тела, а среди платформенного чехла — лакколиты, подчиненные горизонтальному залеганию пород и активно механически воздействующие на них.

По составу (Darton, Paige, 1925) третичные изверженные породы более чем на 80% представлены риолитами, риолитовыми порфирами, монцонитами и кварцевыми монцонитами, около 6% приходится на грорудиты и примерно столько же на фонолиты (эгириновые сиениты). Предполагаемая последовательность: монцониты, риолиты, кварцевые монцониты, фонолиты. В отдельных породах, согласно

приводимых Н. Г. Дартонем и С. Пейджем анализов, содержится до 8,33% Na_2O и 4,88% K_2O .

Наряду с третичными интрузивными породами в районе имеются также небольшие выходы четвертичных экзструзий риолитового состава (обсидианы).

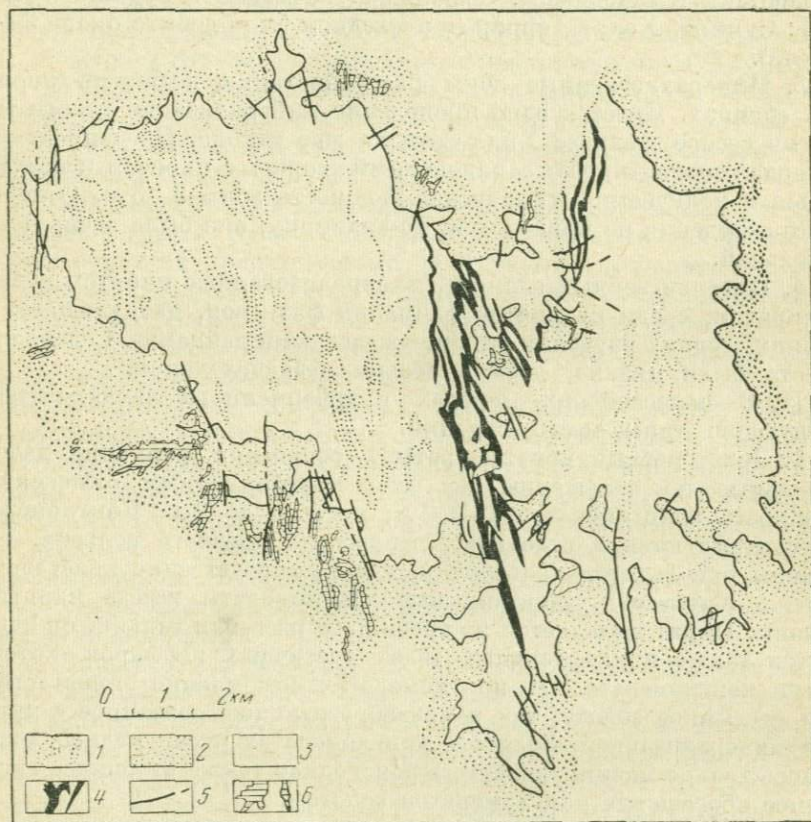


Рис. 15. Схема геологического строения района месторождения Хоумстейк (Северный Блэк-Хилс). По А. Л. Слоутеру

1 — контакты третичных интрузивных пород; 2 — формация лэдвуд; 3 — докембрийские отложения; 4 — слои формации хоумстейк среди докембрийских отложений; 5 — разрывные нарушения; 6 — участки отработок на золото в кембрийских породах

В пределах провинции генетические и возрастные типы золоторудных месторождений разнообразны.

I. В докембрийских породах выделяются следующие типы оруденения.

1. Гидротермально измененные (в основном хлоритизированные) участки куммингтонитовых сланцев, пронизанных неправильными жилами и телами кварца, и минерализованные сульфидами. К этому

типу относится крупнейшее месторождение Хоумстейк, которое подробно будет описано ниже.

2. Отдельные кварцевые жилы в протерозойских породах, обычно подчиненные сланцеватости последних. Жилы минерализованы пиритом и галенитом. Они незначительно обрабатывались, но уже давно выработаны и заброшены. Среди них указываются рудники Кlover Лиф, Суммит, Холли-Террор (в последнем было добыто около 200 кг золота).

3. Минерализованные зоны рассланцевания в биотит-хлоритовых сланцах. Имеется одно проявление минерализации такого типа в 7 км северо-западнее Хилл-Сити на юге района. Брекчированный материал сцементирован сахаровидным кварцем с пиритом и незначительным количеством сфалерита. Мощность зоны 3—5 м. О добыче золота сведения не приводятся, по-видимому, она была очень незначительной.

4. Прослой черных сланцев, минерализованные пиритом и халькопиритом, среди кварцитов формации флэг рок, называвшиеся на ранних стадиях изучения района «железными дайками». Содержания золота были низкие, добыча весьма незначительной.

II. В палеозойских породах платформенного чехла имеются следующие типы месторождений.

1. Золотоносные конгломераты в основании формации дэдвуд, базальные по отношению ко всем платформенным отложениям. Мощность конгломератов 1—1,2 м, местами до 9 м. Конгломераты концентрируются в отдельных депрессиях древнего рельефа. Обогащены они золотом только там, где непосредственно налегают на залежь Хоумстейк. Золотоносные конгломераты всегда пиритизированы. Пирит выделяется по трещинам, рассекая гальки, он содержится также в интрузивных телах третичных порфиров, которые секут конгломераты. В конгломератах несомненно присутствует как россышное золото, так и новообразованное, связанное с пиритной минерализацией. Золото в конгломератах очень мелкое, извлекалось только цианированием. Происходило также вторичное гипергенное обогащение конгломератов золотом.

2. Залежи в доломитах формации дэдвуд верхнекембрийского возраста. Изменения доломитов выражаются в окварцевании с сохранением структуры исходной породы и пиритизации. Выделяется два минерализованных горизонта доломитов: «нижний контакт», который располагается непосредственно на базальных кварцитах в 4,5—7,5 м над фундаментом; «верхний контакт» — под песчаниками вблизи от кровли доломитов формации дэдвуд. Мощность залежей в среднем 9 м, местами до 90 м. Они вытянуты, так как наряду с контролем слоистостью кембрийских пород, контролируются вертикальными секущими зонами трещиноватости (см. рис. 15). Проследить их по падению в докембрийский фундамент не удается. С третичными интрузивными телами соотношения зон трещиноватости различны. Эти тела частично контролируются данными зонами, но по ним же наблюдаются смещения тел небольшой (первые сантиметры) ампли-

туды. Имеет место экранирование залежей отдельными прослоями кембрийской толщи и третичными силлами.

Первичные руды в описываемом типе минерализации представлены пиритом, флюоритом, местами гипсом, баритом, антимонитом, арсенопиритом. Указывается также присутствие вольфрамита и урановой слюдки. Содержание золота 10—20 г/т, местами до 60 г/т. Общее количество добытого золота, по-видимому, не очень значительное, во всяком случае по сравнению с месторождением Хоумстейк. Н. Г. Дартон и С. Пейдж указывали, что в данном случае возможно происходило переотложение золота из протерозойских месторождений, но не исключен и самостоятельный генезис в связи с третичной магматической деятельностью.

3. Тела замещения в известняках формации пахасапа каменноугольного возраста. Руда состоит на 96% из кремнезема, в некоторых рудных образцах присутствовали теллуриды и флюорит. Содержание золота на руднике Улстер доходило до нескольких килограммов на тонну, но общие масштабы оруденения весьма незначительны. Обычно имели место только небольшие по размерам гнезда окварцованных и минерализованных известняков.

III. В третичных интрузивах месторождения золота развиты незначительно. Известны были только два месторождения этого типа: Струберри Галч и Скоу-Крик, представленные кварцевыми жилами, переходящими из третичных порфиров во вмещающие породы. Золото заключено в основном в примазках лимонита. Обычно при переходе в неокисленную зону золотоносность становилась непромышленной. В первичных рудах встречались галенит и сфалерит, в одном случае был зафиксирован силванит. С оруденением связано окварцевание.

IV. Кайнозойские россыпи, которые в первые годы отработки района имели большое экономическое значение, были быстро отработаны. Золото в россыпи поступало главным образом из месторождений в протерозойских породах, отчасти из формации дэвуд. Главные промышленные россыпи располагались вблизи от месторождения Хоумстейк, но имелись россыпи и повсеместно на территории Блэк-Хилс.

Главное месторождение провинции — Хоумстейк (индекс 513438) открыто в 1876 г. К 1970 г. из него добыто около 900 т золота и 200 т серебра. Оработки проводятся на глубинах около 1900 м.

Рудные тела месторождения Хоумстейк представляют собой более или менее интенсивно хлоритизированные участки куммингтонитовых или сидероплезитовых сланцев формации хоумстейк, пронизанные жилами и неправильными телами кварца и содержащими обильную вкрапленность сульфидов: пирротина, пирита и арсенопирита. На месторождении выделяется пять самостоятельных рудных тел, которые, согласно Дж. А. Ноблу (Noble, 1950) и А. Л. Слоутеру (Slaughter, 1968), приурочены к единому сложно смятому горизонту.

Вопрос структурного контроля оруденения детально рассмотрен

Дж. А. Ноблом. Этот исследователь считает главным рудоконтролирующим фактором приуроченность оруденения к поперечным наложенным складкам различных размеров от небольшого коробления пород, до складок, отчетливо картируемых на погоризонтных планах и разрезах (рис. 16). В связи с этими складками происходит, по его мнению, растяжение пород, создающее условия для циркуляции гидротермальных растворов. Разрывные нарушения, антиклиналь-

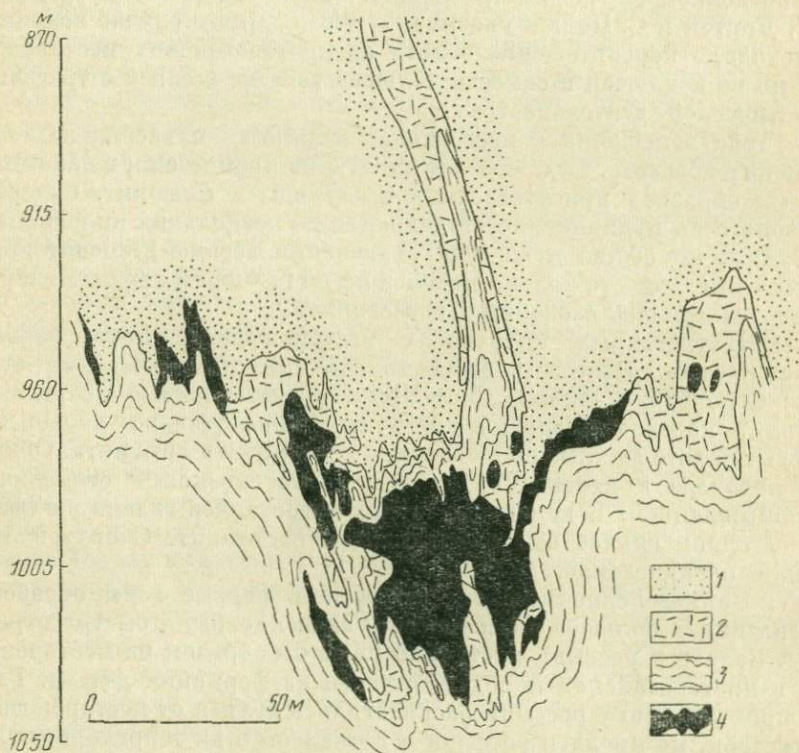


Рис. 16. Поперечный разрез через Главное рудное тело месторождения Хоумстейк. По Дж. А. Ноблу

1 — отложения формации эллисон; 2 — отложения формации хоумстейк; 3 — отложения формации пурман; 4 — рудное тело

ные перегибы и дайки (третичные) имеют на месторождении в качестве рудоконтролирующих факторов, согласно Дж. А. Ноблу, совершенно подчиненное значение.

Общее содержание сульфидов в руде месторождения Хоумстейк по данным ее переработки 7—8%. Из сульфидов преобладает пирротин, относительное (по отношению ко всем сульфидам) содержание которого составляет 50%, количество пирита 40% и арсенопирита 10%. В подчиненном количестве среди гидротермальных минералов распространены анкерит, куммингтонит, сидероплезит, биотит, гра-

нат, альбит, кальцит, серицит, флюорит, галенит, сфалерит, тетраэдрит, халькопирит, гематит (спекулярит), магнетит, гипс и самородное золото.

Дж. А. Нобл выделяет четыре стадии гидротермальной минерализации. Согласно принятой сейчас терминологии, очевидно правильнее говорить о наличии двух циклов минерализации с подразделением первого цикла на три стадии, из которых часть следует, вероятно, отнести не к стадиям, а к самостоятельным этапам.

К первой «стадии» минерализации относится образование, возникшее по исходным регионально метаморфизованным сланцам и состоящее из сидероплезита (реликтовый), куммингтонита, биотита, кварца, в подчиненных количествах отмечается гранат, графитистое вещество, хлорит и арсенопирит. Молочно-белый кварц формируется самым первым из гидротермальных минералов, в значительной мере замещая метаморфический темно-серый кварц. Судя по приведенным в работе Дж. А. Нобла фотографиям, кварц образует сложные тела, часто подчиненные форме дополнительных складок; местами мощные жилы переходят в серии прожилков. Кварцевые жилы сопровождаются интенсивной хлоритизацией вмещающих пород, новообразованием «гидротермального рекристаллизованного биотита» и окварцеванием. Арсенопирит в виде эвгедральных кристаллов размером от 2—3 мм до 2 см в поперечнике распространен в хлоритизированных породах, сопровождающих кварцевые тела. Часто он концентрируется у контактов жил или в местах их выклинивания.

Ассоциация минералов второй «стадии» минерализации представлена кварцем, анкеритом, пирротином и подчиненными количествами альбита, биотита, граната и куммингтонита. Три последние минерала представляют собой результат рекристаллизации продуктов регионального метаморфизма. Формирование кварца в данной стадии является непосредственным продолжением его отложения в предыдущей, но в данном случае более характерны секущие жилы и прожилки с резкими контактами с вмещающими породами. Выделение самостоятельной второй стадии минерализации обосновывается фактами пересечений согласных кварц-хлорит-арсенопиритовых жил кварц-анкерит-пирротиновыми. Эти пересечения в основном характерны для площадей, вне распространения интенсивной хлоритизации первой «стадии». Среди хлоритизированных пород анкерит и пирротин образуют большей частью вкрапленность и тонкие прожилки, причем соотношений их с арсенопиритовой минерализацией не наблюдается.

Третья «стадия» минерализации выражается в формировании мономинеральных пирротиновых жилок мощностью 2—5 см и протяженностью в метры или десятки метров. Эти прожилки пересекают как продукты более ранних стадий минерализации, так и исходные куммингтонитовые сланцы. Наряду с резко преобладающим пирротином в них встречаются иногда также небольшие количества кварца и арсенопирита.

Четвертая «стадия» минерализации, которую, как указывалось выше, правильнее было бы относить к самостоятельному второму циклу оруденения, отделенного внедрением третичных малых интрузий, представлена главным образом пиритом и кальцитом, с подчиненным количеством кварца, серицита, флюорита, целестина, ангидрита, гипса, хлорита, опала, доломита, родохрозита, гематита (спекулярита), магнетита, сфалерита, галенита, халькопирита, реальгара и самородного мышьяка. Часть прожилков, сформированных в эту наиболее позднюю стадию, не сопровождается изменением вмещающих пород, но около некоторых из них породы интенсивно замещены пиритом, кальцитом, серицитом, а в некоторых местах в небольших количествах также магнетитом и гематитом.

Интересно отметить, что в жилах, сложенных указанной поздней ассоциацией, между кристаллами кальцита и пирита встречаются пустоты, заполненные минеральными водами, обычно сероводородного типа.

Место золота среди описанных стадий минерализации не вполне ясно. Наиболее отчетливо проявлена пространственная связь как видимого, так и тонкодисперсного золота с арсенопиритом. Вместе с тем золотоносными иногда являются также куммингтонитовые сланцы, даже не хлоритизированные и находящиеся вне рудной зоны. В пирротине содержания золота, как правило, ниже, чем в арсенопирите. В частности, в мономинеральных пирротиновых прожилках оно составляет около 4,5 г/т. Золото содержится также в поздних пирит-кальцитовых жилах, причем также и на тех участках их развития, где другие стадии минерализации не проявлены.

В распределении минералов в пределах рудного поля устанавливается зональность. Согласно А. Л. Слоутеру, пирротин на верхних горизонтах примерно до 240 м встречается редко, арсенопирит и халькопирит, наоборот, более характерны для верхних горизонтов.

Наиболее сложными и дискуссионными вопросами, возникающими при изучении месторождения Хоумстейк, являются возраст минерализации и причина локализации в строго определенной части протерозойского разреза.

Высказывались взгляды как о докембрийском, так и о третичном возрасте золотой минерализации. В пользу третичного возраста говорят следующие факты: 1) отчетливо послетретичный возраст минералов четвертой стадии минерализации, с которой связано поступление во всяком случае части золота; 2) наличие в обрамлении докембрийского ядра несомненно третичной минерализации; 3) возможно третичный возраст поперечной складчатости, контролирующей распределение оруденения, причем Дж. А. Нобл указывает на то, что сами поперечные складки могут быть обусловлены внедрением третичных интрузий.

На докембрийский возраст минерализации указывает: 1) присутствие золота в базальных конгломератах кембрия, причем во всяком случае часть этого золота кластогенная; 2) характер оруденения, указывающий на формирование его на значительной глубине,

и значительные отличия (кроме образований четвертой стадии) от близповерхностного третичного оруденения; 3) Дж. Л. Калл и др. (Call a. o., 1956) указывают, что возраст галенита, находящегося в тесной ассоциации с золотом в руднике Хоумстейк, равен 1500—1700 млн. лет ($Pb^{204} = 1,00$; $Pb^{206} = 16,39$; $Pb^{207} = 15,72$; $Pb^{208} = 36,33$). К сожалению, принадлежность галенита к той или иной из выделенных Дж. А. Ноблом стадий минерализации не указана. Возраст оруденения Хоумстейка увязывается с возрастом уранинита из пегматитов в Южном Блэк-Хилс, который, как было упомянуто выше, датируется в 1620 млн. лет.

Дж. А. Нобл указывает, что структурные факторы, в том числе и характер трещиноватости пород, не могут объяснить приуроченность промышленного золотого оруденения к одной формации мощной протерозойской толщи, так как те же структуры развиты и в других формациях. Привлечение для объяснения химического состава пород также встречает значительные трудности, так как золото локализуется как в сидероплезитовых, т. е. карбонатных, так и в куммингтонитовых, т. е. алюмосиликатных породах. Единственное химическое сходство между ними, отличающее их от пород других формаций, это соотношение железа и магния.

Вместе с тем, хотя оруденение действительно в основном приурочивается к формации хоумстейк, проявления его не ограничиваются полностью этой формацией. По отдельным наиболее интенсивно минерализованным зонам оно выходит в подстилающие и отчасти перекрывающие породы, но здесь изменяются соотношения новообразованных минералов и морфология рудных тел. В частности, нередко наблюдается, что при продолжении кварцевых образований в подстилающую толщу в них затухает арсенопиритовая минерализация. Это же характерно при переходе оруденения в перекрывающую существенно кварцевую формацию эллисон. Вопрос о возможном наличии в породах формации хоумстейк сингенетичного золота и его последующем перераспределении при процессах гидротермального метаморфизма в опубликованной литературе не обсуждался, и материалы для его рассмотрения отсутствуют.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ РАННЕГО НЕОХРОНА

К раннему неохрону, или геосинклинальному этапу развития земной коры, в пределах Северной Америки относится несколько геотектонических провинций: Аппалачский палеозойский складчатый пояс восточного обрамления Северо-Американской платформы, Кордильерский мезозойский складчатый пояс его западного обрамления, Иннуитская и Восточно-Гренландская складчатые системы на севере Канадского щита и небольшие зоны дислоцированных пород в южной части Северо-Американской платформы (системы Уачита, Уичита, [Марафон]). По количеству добытого золота выдающееся значение занимает провинция мезозойского складчатого пояса Кордильер на западе платформы (см. рис. 1). Палеозойский

складчатый пояс Аппалачей относится к довольно слабо золотоносным территориям. Прочие геотектонические провинции раннего неохрона не могут пока рассматриваться в качестве золотоносных площадей. Северные системы очень мало изучены и трудно доступны. Выходы смятых в складки пород в южной части Северо-Американской платформы включают только отдельные очень небольшие проявления золотоносности. Характеристика главных провинций раннего неохрона дается ниже в их возрастной последовательности.

ПРОВИНЦИЯ ПАЛЕОЗОЙСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ (АППАЛАЧЕЙ)

Складчатая система Аппалачей протягивается вдоль Атлантического побережья Северной Америки, частично отделяясь от него Прибрежной равниной, от Ньюфаундленда на северо-востоке до штата Алабама в США на юго-западе, на протяжении около 3500 км. До последнего времени она разделялась на каледониды в северной части и герциниды на юге. Однако, как указывает Ф. Б. Кинг (1969), как в северных, так и в южных Аппалачах по данным определений абсолютного возраста устанавливаются одни и те же тектоно-магматические эпохи: незначительно проявленная в конце ордовика (440 млн. лет), девонская (около 350 млн. лет) и заключительная в конце палеозоя (260 млн. лет). Ф. Б. Кинг пишет: «Теперь мы можем отбросить старую догму исторической геологии о существенном различии двух сегментов Аппалачского региона, так как эта точка зрения предполагала, что Северные Аппалачи были консолидированы среднепалеозойской, акадийской складчатостью, а Южные Аппалачи — позднепалеозойской, аппалачской складчатостью» (Кинг, 1969, стр. 10).

Строение Аппалачей, несмотря на наличие ряда крупных нерешенных геологических проблем, можно считать хорошо изученным. Это типичная геосинклиналиная система с отчетливо выделяющейся миогеосинклиналиной зоной ближе к платформе и эвгеосинклиналиной — во внешней части. Слоистые толщи в Аппалачах интенсивно смяты и нарушены многочисленными разрывами, среди которых выделяются нарушения с большими амплитудами горизонтальных перемещений как сдвигового, так и надвигового характера. В Аппалачах широко проявлены основной и ультраосновной магматизм (с последним связаны крупнейшие месторождения асбеста), а также гранитоидные интрузии. Сколько-нибудь подробное изложение общей геологии описываемого складчатого пояса выходит за рамки задач настоящей работы, тем более что соответствующие данные можно получить в переведенных на русский язык работах А. Ирдли (1954) и Ф. Б. Кинга (1961, 1969).

Количество учтенного добытого золота в пределах Аппалачской складчатой системы незначительно. В ее северной части на территории Канады добыто всего около 30 т, а в южной, расположенной

в США, — около 70 т. Некоторые американские геологи высказывают предположения о возможности здесь новых открытий. Хотя это и не исключено, но, учитывая детальную изученность и высокую экономическую освоенность территории, серьезное изменение

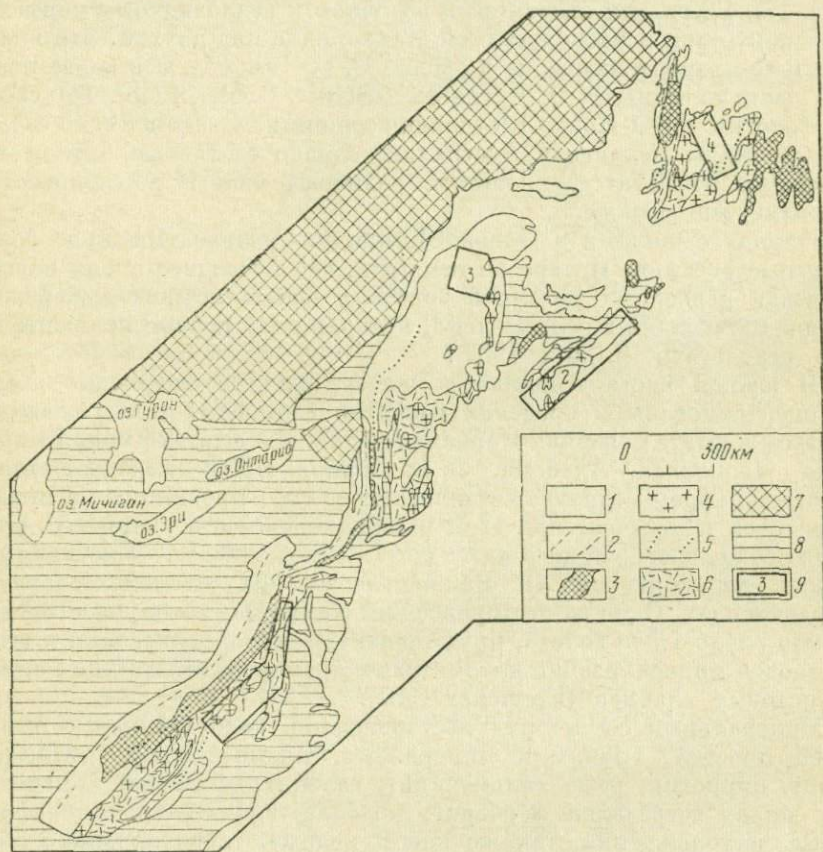


Рис. 17. Главные золотоносные районы Аппалачей. Тектоническая основа приведена по Тектонической карте Северной Америки

1 — эвгеосинклинальная зона Аппалачей; 2 — миогеосинклинальная зона; 3 — докембрийские выступы в пределах Аппалачей; 4 — главные гранитные массивы; 5 — пояса ультраосновных интрузий; 6 — площади повышенного метаморфизма пород; 7 — Канадский щит; 8 — площади развития платформенного чехла; 9 — главные золотоносные районы: 1 — район развития кварцевых жил Центральных Аппалачей, 2 — район развития кварцевых жил и россыпей Новой Шотландии, 3—4 — районы развития колчеданных золотоносных месторождений; 3 — полуострова Гаспе, 4 — Ньюфаундленд

степени золотоносности вряд ли возможно. На территории Аппалачей отсутствуют также крупные месторождения цветных металлов, хотя малые и средние по размерам месторождения здесь довольно многочисленны.

Собственно золотые месторождения Аппалачей относятся в основном к золото-кварцевой формационной группе, реже встречаются

сульфидно-вкрапленные месторождения. Кварцевые малосульфидные жилы приурочены преимущественно к песчанико-сланцевым, незначительно метаморфизованным флишоидным толщам. В северной части такие жилы сконцентрированы на п-ове Новая Шотландия (рис. 17). Здесь они относятся в основном к седловидному морфологическому типу и располагаются этажно одна под другой. Эти жилы детально охарактеризованы в сводке В. Г. Эммонса, а в более позднее время описаны Г. В. Дугласом («Struct. Geol.», 1948). По своей морфологии жилы Новой Шотландии напоминают знаменитые седловидные жилы Бендига в Австралии, однако слагаемые ими месторождения по богатству золотом, размерам жил и их количеству несоизмеримо меньше.

Наряду с жилами в Новой Шотландии разрабатывались золотосные россыпи. Интересно отметить, что последнее время начата разведка подводных россыпей золота у юго-восточного побережья Новой Шотландии в зоне шельфа, которая дала первые положительные результаты (Libby, 1969).

В южной части Аппалачей малосульфидные кварцевые жилы сконцентрированы в пределах развития сланцевых толщ, главным образом в штате Северная Каролина, а также в штатах Южная Каролина, Джорджия, Алабама. Ф. С. Тюрнор (1959) выделяет здесь золото-вольфрам-медную металлогеническую провинцию Южных Аппалачей и отмечает при этом рассредоточенность кварцевых жил и невысокие содержания в них золота. Жилы залегают в метаморфических докембрийских и нижнепалеозойских слоистых толщах и гранитоидах. Одно из месторождений Кингс Маунтинс, из которого добыто около 1,5 т золота, представлено зоной окварцевания и пирротиновой минерализации доломитовых мраморов, залегающих среди хлоритовых сланцев (Emmons, 1937).

Минеральный состав руд месторождений золота Южных Аппалачей простой. Главными минералами, кроме кварца, являются пирит, пирротин, реже халькопирит, галенит, сфалерит. В некоторых жилах встречался ферберит, но более значительные вольфрамовые месторождения, так же как и медные, территориально обособлены от месторождений золота.

Помимо собственно золотых месторождений небольшое количество золота в Аппалачах получено из месторождений сплошных сульфидных, в основном цинковых и медных руд. Такие комплексные месторождения, обычно с бедными содержаниями золота (до 1 г/т) и сравнительно небольшими запасами руды отрабатываются в Восточном Квебеке (п-ов Гаспе). Нью-Брансуике, на Ньюфаундленде и на ряде других площадей.

Бедность Аппалачской геосинклинальной системы золотом, несмотря на наличие казалось бы всех предпосылок для формирования крупных золоторудных месторождений: проявлений раннегеосинклинального вулканизма, наличия поясов ультраосновных интрузий, широкого развития гранитоидных батолитов и т. д. не может быть пока удовлетворительно объяснена. Не исключено, что на

золотоносность отрицательное влияние оказывало преобладание тангенциальных, а не вертикальных движений при формировании складчатого пояса, хотя этот вопрос еще является дискуссионным. С другой стороны, решение поставленного вопроса возможно следует искать в незначительном проявлении в Аппалачах посторогенного (послебатолитового) магматизма и слабой дифференцированности поздних магматических образований. Наконец, не исключено и отсутствие первичной золотой геохимической специализации данного сектора земного шара.

ПРОВИНЦИЯ МЕЗОЗОЙСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ (КОРДИЛЬЕР)

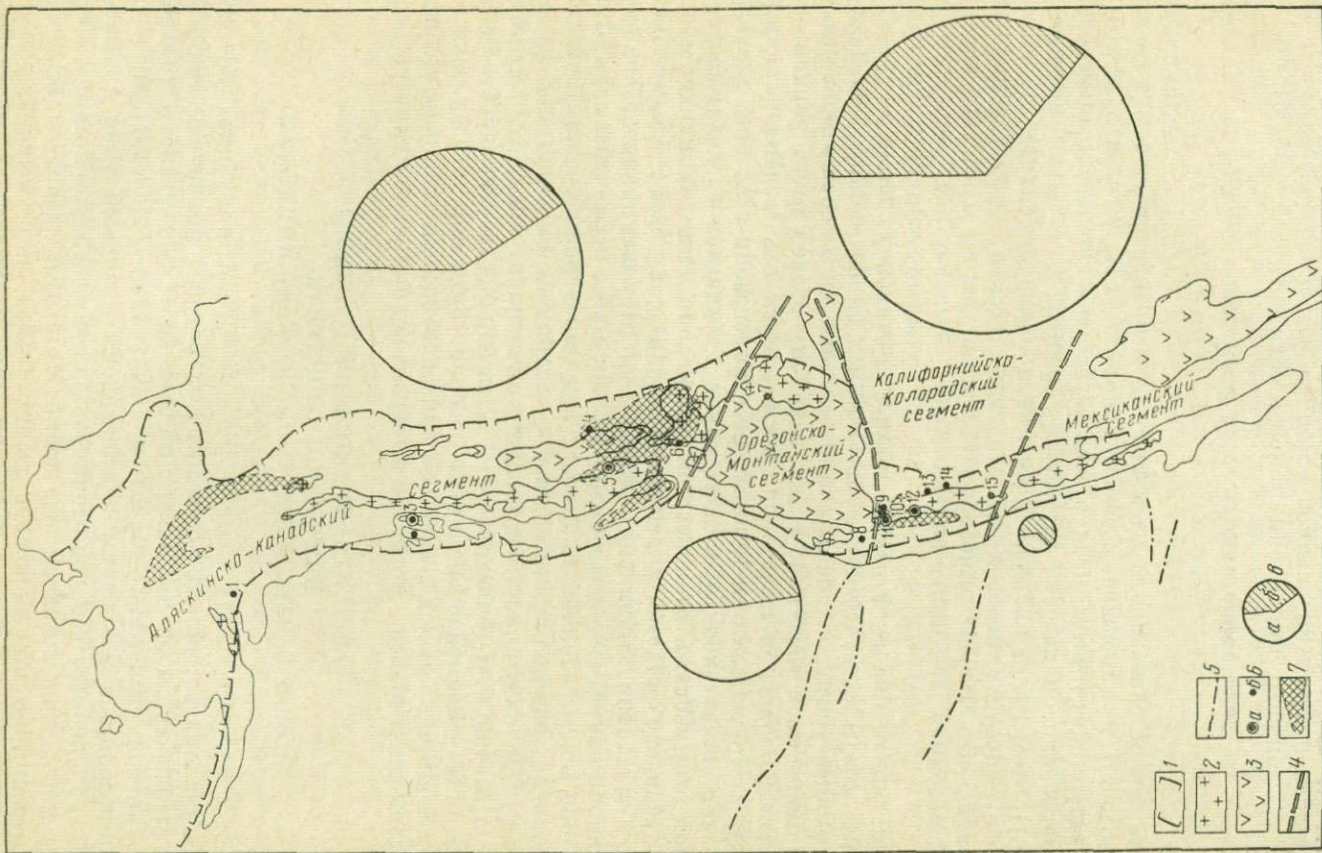
Указанная провинция совпадает в основном с центральной частью Кордильер, но точное определение ее границ может быть проведено не повсеместно. Вероятно наиболее правильно ограничить ее поясом распространения эвгеосинклинальных отложений Кордильер, показанных на тектонической карте Северной Америки (рис. 18). С востока этот пояс контактирует с миогеосинклинальной областью, которая лишена проявлений как геосинклинального, так и орогенного магматизма. На этой площади распространены только проявления внегеосинклинального магматизма типа малых интрузий, и она описывается ниже как провинция магматической активизации.

Западная граница провинции мезозойского складчатого пояса соответствует ее контакту с кайнозойским Тихоокеанским поясом. Полной ясности в проведении этой границы не имеется. Ф. Б. Кинг (1967) указывает, что кайнозойский пояс «весьма слабо обозначен в западной части Северо-Американских Кордильер» и выделяет его в основном в связи с наличием «азиатского эквивалента Северо-Американских Кордильер на тектонической карте СССР» (Кинг, 1967, стр. 51). Однако проводить в данном случае аналогии можно лишь с большой осторожностью.

Наиболее определенно разграничение мезо- и кайнозойских поясов сделано в Калифорнии, где Береговые хребты, относящиеся к кайнозойскому поясу, отделены от мезозойских Сьерра-Невады Большой Долиной. Однако и для этой площади Ф. Б. Кинг (1969) указывает на то, что граниты Береговых хребтов по определению абсолютного возраста одновозрастны с гранитами Сьерра-Невады. Следует отметить, что золоторудные месторождения в Береговых хребтах и вообще западнее мезозойского складчатого пояса здесь отсутствуют.

Общая геологическая характеристика

Внутреннее строение описываемой провинции сложное. Одной из важных ее особенностей является наличие крупных поперечных смещений, разделяющих Кордильеры на ряд сегментов. Ф. Б. Кинг



(1969) выделяет следующие сегменты: Аляскинско-Канадский (Северная Кордильера); Орегонско-Монтанский (северная часть Центральной Кордильеры), Калифорнийско-Колорадский (южная часть Центральной Кордильеры), Мексиканский (Южная Кордильера). Эти сегменты разделяются так называемыми переходными поперечными зонами, в значительной части (хотя, как подчеркивает Ф. Б. Кинг, не всегда) маркируемыми крупными разломами. Часть разломов при этом представляет собой «как бы продолжение в пределах континента огромных трещин широтного простирания, которые западнее были закартированы на дне Тихого океана». С севера на юг выделяются поперечные зоны Льюис — Кларк, р. Снейк и Техас.

Слоистые дислоцированные толщи в пределах провинции представлены отложениями от докембрийских до мезозойских. В отдельных участках пояса, в основном в Аляскинско-Канадском и Центрально-Американском сегментах довольно широко развиты глубоко метаморфизованные породы предположительно докембрийского возраста (серия белт и др.). Они перекрыты более широко распространенными вулканогенно-осадочными отложениями, находящимися в зеленокаменной фации метаморфизма и датированными палеозоем и мезозоем.

Среди интрузивных образований провинции должны быть отмечены ультраосновные породы, выходы которых сконцентрированы в калифорнийской части пояса, но встречаются вдоль крупных продольных разломов и в остальных его частях. Наиболее существенным элементом пояса являются крупные гранитоидные батолиты. Единая цепь этих батолитов протягивается вдоль всего пояса на протяжении не менее 5,5 тыс. км при ширине до 200 км. К главным относятся батолиты Береговых хребтов, Нельсон, Айдахо, Сьерра-Невада, п-ова Калифорния (Байя-Калифорния). Важно подчеркнуть, что пояс гранитных батолитов разрывается поперечными зонами Льюис — Кларк и р. Снейк. Заключенный между ними в Орегонско-Монтанском сегменте складчатого пояса батолит Айдахо как бы «сдвинут» от общей цепи батолитов к востоку не менее чем на 400 км.

Большинство гранитных батолитов детально изучено. В более раннее время им (в частности, лучше других изученному батолиту

Рис. 18. Схема золотоносности провинции мезозойского складчатого пояса Кордильер. Геологические данные и границы провинции приведены по Тектонической карте Северной Америки

1 — границы провинции; 2 — главные гранитные батолиты; 3 — главные поля развития кайнозойских эффузивов; 4 — переходные зоны между сегментами Кордильер; 5 — зоны разломов на дне Тихого океана; 6 — главные золоторудные месторождения: а — с добычей более 100 т, б — с добычей 20—100 т; 7 — главные районы распространения россыпей золота; 8 — относительное количество добытого золота: а — из россыпей, б — из коренных месторождений

Золоторудные месторождения и рудные поля (цифры на схеме):

14 — Виллоу-Крик, 2 — Чичагов, 23 — Джуно — Тредвелл, 4 — Карибу, 5 — Бридж-Ривер, 6 — Никель Плейт, 7 — Элкс-Сити, 8 — Уэст-Шафта, 9 — Сьерра-Бьюте, 10 — Аллегани, 11 — Грасс-Валли — Невада-Сити, 12 — Мадзер Лоуд, 13 — Боди, 14 — Силвер-Шик, 15 — Рандсбург

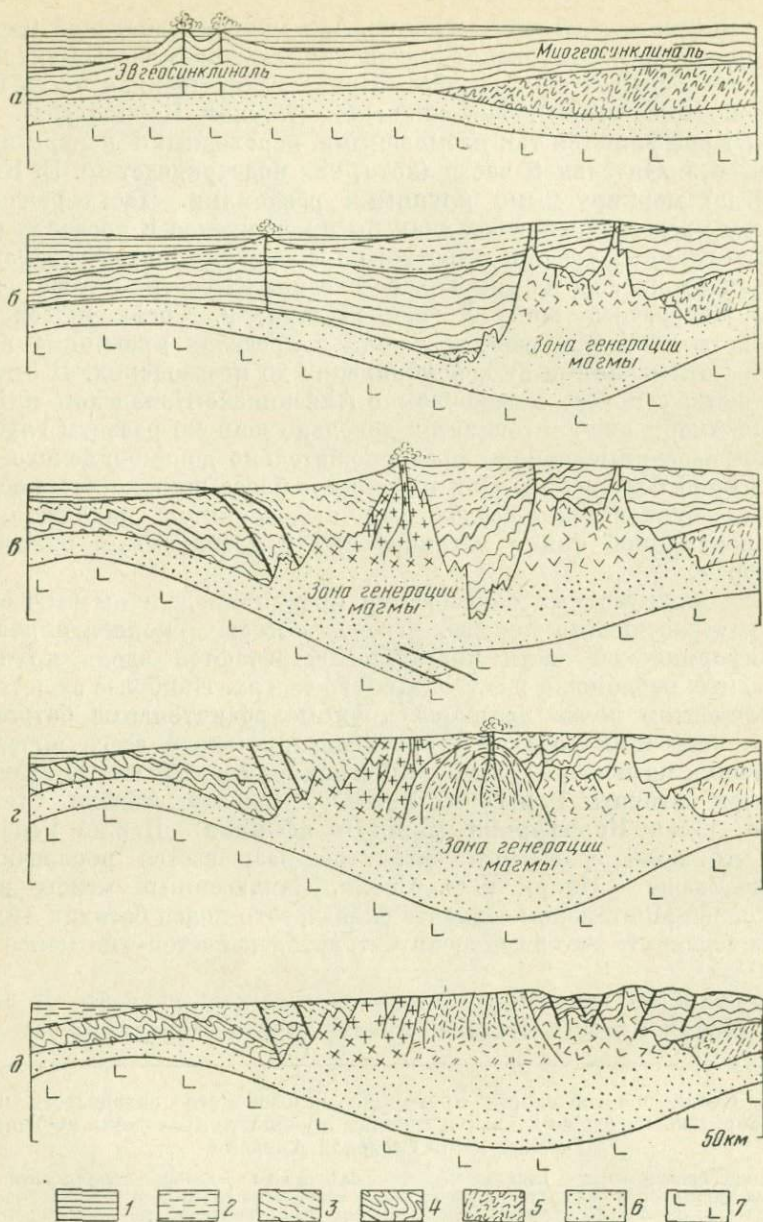


Рис. 19. Главные этапы формирования батолита Сьерра-Невада. По П. К. Бэтману и Дж. П. Итону

a — поздний палеозой; *b* — поздний триас или ранняя юра; *в* — поздняя юра; *г* — ранний и поздний мел; *д* — настоящее время
 1 — океан; 2 — осадочные породы; 3 — мезозойские отложения; 4 — палеозойские отложения; 5 — докембрийские толщи; 6 — базальтовый слой; 7 — перидотитовый слой. Крестиками и другими знаками показаны различные магматические породы

Сьерра-Невада) были посвящены исследования Э. Клооса. Позже вопросу о генезисе батолитов (на примере того же батолита Сьерра-Невада) были посвящены исследования П. К. Бэтмана (Bateman, Eaton, 1967), который генезис батолита связывает с формированием крупного осложненного разрывами синклинория, сопровождавшегося прогибом поверхности Мохо (рис. 19). Генезис гранитоидных пород принимается анатектическим на глубинах порядка 25—45 км, причем анатексису подвергались как породы сиала, так и симатическая оболочка, а частично и перидотитовый слой. Прогибание и магмаобразование было многоактным с общей тенденцией смещения более молодых магматических камер к западу, что подтверждается определениями абсолютного возраста, варьирующими от 170—210 млн. лет в восточной части батолита до 80—90 млн. лет в его западной части.

Общие данные о золотоносности

В пределах описываемой провинции на площади около 3,7 млн. км² добыто примерно 6000 т золота. Количество учтенных нами месторождений 118, что, очевидно, далеко не полно, так как о весьма многочисленных мелких месторождениях сведений нет. Таким образом, хотя статистические данные, охватывающие целиком отдельные штаты или части стран, в целом достаточно надежны, говорить о распределении золотоносности между месторождениями, различными по крупности, можно лишь очень приблизительно. Из указанного количества 3550 т (примерно 60%) приходится на кайнозойские россыпи, остальное на коренные месторождения. Учтенные статистикой коренные месторождения можно разбить по крупности на ряд классов (табл. 7). Несомненно очень большое количество малых месторождений и рудопроявлений золота не учтены в таблице.

Таблица 7

Распределение месторождений золота мезозойского складчатого пояса Кордильер по крупности (по данным о добыче на 1/1 1970 г.)

Классы месторождений по крупности	Количество месторождений	Суммарная добыча, т	Примеры месторождений и рудных полей
100—1000 т	4	1081,6	Мадзер Лоуд, Грасс-Валли — Невада-Сити, Джуно — Тредвелл
10—100 т	22	570,3	Аллегани, Никель Плейт, Рос-сланд
1—10 т	63	218,3	Дэдвуд, Корьюкопия, Вертью
Менее 1 т	29	14,6	Сильванит, Эпплгейт
Итого	118	1884,8	

Главное количество добытого из коренных месторождений золота, как и в других провинциях, приходится на крупные месторождения,

хотя они встречаются весьма редко. Наибольшее количество добытого золота распределяется в пределах провинции по четырем рудным полям: Мадзер Лоуд (суммарная добыча по разным источникам 239—424 *m*), Грасс-Валли — Невада-Сити (324—392 *m*), Джуно — Тредвелл (214 *m*) и Брэлорн — Пайонир или Бридж-Ривер (120 *m*). Значительное расхождение в оценке количества золота, добытого на рудном поле Мадзер Лоуд, обусловлено тем, что в него включаются при различных подсчетах разные рудные зоны, поскольку оруденение здесь в целом протягивается на очень большое расстояние.

К месторождениям значительным в пределах провинции относятся: Чичагов (24 *m*), Виллоу-Крик (20 *m*) на Аляске, Аллегани (68 *m*), Боди (около 45 *m*), Сьерра-Бьютс (26 *m*), Рендсбург (26 *m*), Уэст-Шаста (16 *m*) в Калифорнии, Никель Плейт (70 *m*) и Карibu (около 30 *m*) в Британской Колумбии, Силвер-Пик в Неваде (18 *m*), Элк-Сити в Айдахо (около 20 *m*).

В пределах провинции четко выступает субмеридиональное поясное размещение месторождений, согласующееся с общим простираанием ее главных геотектонических и структурных элементов. Однако хотя золоторудные месторождения располагаются на всем протяжении описываемой складчатой области, распределение их в ее пределах весьма неравномерное. Резко повышенное количество месторождений приходится на Калифорнийско-Колорадский сегмент Кордильер, причем в основном на его северную часть, примающую к поперечной зоне р. Снейк. Здесь на территории Калифорнии добыто около 3300 *m* золота и располагаются крупнейшие упоминавшиеся уже рудная зона Мадзер Лоуд и рудное поле Грасс-Валли — Невада-Сити. Здесь же сконцентрированы и известные россыпные месторождения Калифорнии, на долю которых приходится более 2000 *m* добытого золота, что составляет около 65% от общей добычи по данному району. Поскольку площадь Калифорнийско-Колорадского сегмента очень невелика, то по насыщенности золотом она выделяется еще более резко. Ниже будет показано, что в примающую с востока провинции магматической активизации насыщенность золотом также резко увеличена в пределах того же сегмента.

Южнее главного Калифорнийского узла на протяжении около 200 км золоторудные поля практически отсутствуют. Далее в южной части штата Калифорния и на Калифорнийском полуострове в Мексике распространены в основном лишь небольшие месторождения золота, которые значительно рассредоточены.

К северу от главного Калифорнийского узла по северную сторону от поперечной зоны р. Снейк площадь в основном перекрыта третичными вулканогенными толщами. Сравнительно небольшие золотоносные узлы размещаются в северо-западной части Калифорнии — юго-восточном Орегоне и примерно в 400 км северо-восточнее этой площади в штате Айдахо в окрестностях батолита Айдахо.

Далее к северу уже на территории Канады проявления золотоносности становятся более рассредоточенными и в целом меньшими

по размерам. Наиболее богатый золотом узел расположен в южной части Британской Колумбии, вблизи от проходящей южнее поперечной зоны Льюис — Кларк.

Выделяются также повышенной золотоносностью район рудной зоны Джуно и о. Чичагов на Аляске. Наконец, в северной части провинции расположены широко известные узлы золотых россыпей в Юконе и на Аляске. Сколько-нибудь значительные коренные месторождения золота здесь отсутствуют.

Таким образом, в пределах описываемой провинции, как и на других золотоносных территориях, установлено отчетливое узловое размещение золотоносности. Обычно подчеркивается приуроченность золотого оруденения данной провинции к обрамлению гранитных батолитов. Эта закономерность выражается в отсутствии месторождений в центральных частях батолитов, но в их экзоконтактовых зонах размещение золотого оруденения очень неравномерное, и каких-либо ореолов золотоносности вокруг батолитов не наблюдается.

Типы месторождений

Среди формационных групп в рассматриваемой провинции как по количеству учтенных месторождений, так и по суммарной добыче из них резко преобладает золото-кварцевая с малым количеством сульфидов (рис. 20). К ней относятся почти все, в том числе крупные, месторождения Калифорнии, рудные поля Джуно — Тредвелл на Аляске и Брэлорн — Пайонир в Британской Колумбии.

На втором месте находится золото-сульфидно-кварцевая формационная группа, разделение которой с предыдущей не всегда может быть произведено по имеющимся материалам с достаточной достоверностью. При значительном количестве (28%) учтенных месторождений этой группы суммарная добыча золота из них составляет всего 15% от общей добычи золота по провинции. Таким образом, эти месторождения в среднем меньше по размерам, чем месторождения золото-кварцевой формации, тогда как в провинции Киватин на Канадском щите наблюдалась обратная картина.

Третью по значению формационную группу представляют скарновые месторождения. Их учтено 14, или 11% от всех рассматривавшихся. Из них только одно — месторождение Никель Плейт в Британской Колумбии — является значительным, остальные относятся к мелким с добычей, как правило, в первые тонны или менее тонны золота.

Интересно почти полное отсутствие в рассматриваемой провинции месторождений золото-сульфидной формационной группы. Единственным значительным золотосодержащим месторождением колчеданного типа является Уэст-Шафта в Северной Калифорнии, давшее около 16 т золота. Малое развитие в мезозойском складчатом поясе, носящем явно выраженный эвгеосинклинальный характер с широко проявленным инициальным вулканизмом и интрузиями

ультрабазитов, колчеданных месторождений представляет его специфическую черту и заслуживает специального изучения.

По минеральным типам месторождения провинции весьма разнообразны. По количеству месторождений преобладающими минеральными типами являются полиметаллически-сульфидный, сфалерит-галенитовый и арсенопиритовый. Характерно малое развитие существенно теллуридовых минеральных типов, хотя минералы теллура в виде небольших примесей указываются в рудах довольно часто. К существенно теллуридовым месторождениям можно отнести только одно месторождение Виллоу-Крик на Аляске. Редки в пределах провинции минеральные типы с широким развитием серебряной минерализации, отсутствуют антимонит-реальгоровые типы месторождений золота, хотя так же как теллуриды, антимонит нередко встречается в золоторудных месторождениях других типов.

Из отдельных особенностей минерального состава месторождений интересно указать на наличие в некоторых из них своеобразной золото-никелевой минерализации. Так, на месторождении Алистос в Мексике ука-

зываются отдельные особенности минерального состава месторождений интересно указать на наличие в некоторых из них своеобразной золото-никелевой минерализации. Так, на месторождении Алистос в Мексике ука-

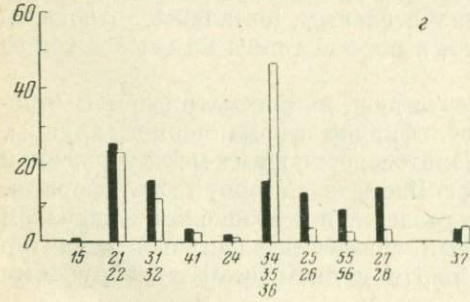
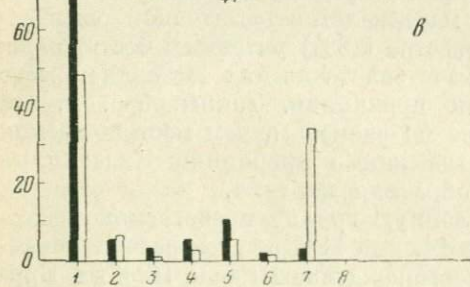
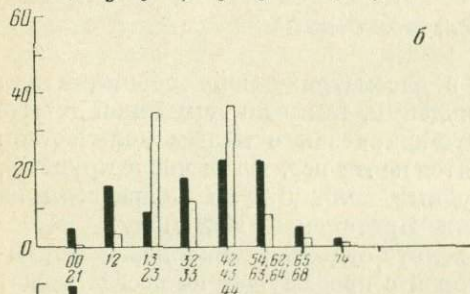
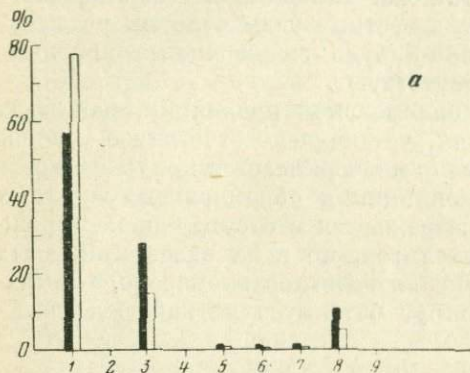


Рис. 20. Распределение месторождений золота мезозойского складчатого пояса Кордильер Северной Америки по формационным группам (а), минеральным типам (б), морфологическим классам (в) и характеру вмещающих пород (з). Условно обозначены см. на рис. 5. Всего учтено 130 месторождений с суммарной добычей около 1890 т золота

зано (Krieger, Hagner, 1943) наличие золото-никелиновых и золото-миллеритовых руд. Отмечаются графические прорастания золота с герсдорфитом. В рудах имеются также следы платины. Аналогичные месторождения встречены в штате Вашингтон, США. Во всех случаях минерализация развивается в ультраосновных породах, геохимическая специализация которых оказывает, очевидно, влияние на состав руд. То же самое, по-видимому, имеет место на небольшом скарновом месторождении Солт-Чок на Аляске, где в составе золотых руд, наложенных на скарны, указано наличие платины и платиноидов.

Месторождения золота, в которых распространена вольфрамовая и молибденовая минерализация, также встречаются в описываемой провинции, но относительно редки и не относятся к крупным.

Среди морфологических классов резко преобладает жильный. Отнесение большинства месторождений к классу простых жил очень условно. Очевидно при более детальном изучении часть жил надо было бы классифицировать как сложные. Из кварцевожильных месторождений выдающимся по крупности является рудное поле Грасс-Валли — Невада-Сити. В остальном месторождения, относящиеся к этому классу, обычно небольшие.

Из других морфологических классов наибольшее значение имеет сочетание жил, жильных зон и зон вкрапленности. Хотя к нему нами отнесены только два месторождения — Мадзер Лоуд и Джуно, но по количеству добытого золота они составляют около 35%.

Породы, вмещающие оруденение, в описываемой провинции весьма разнообразны. Около 50% всего добытого золота приходится на рудные тела в зеленокаменных толщах, представленных обычно сложным переслаиванием рассланцованных зеленокаменно измененных основных вулканитов и осадочных отложений исходного песчано-глинистого состава. Довольно заметная роль принадлежит кислым и основным интрузивным породам, слагающим как дайки, так и массивы значительной величины. Большинство вмещающих месторождение массивов рассматривается как сателлиты крупных батолитов и не отличается большими размерами.

Ультраосновные породы служат рудовмещающими сравнительно редко, но присутствие их на рудных полях вне непосредственных контактов с рудными телами распространено очень широко.

Карбонатные породы, а также глубоко метаморфизованные отложения различного исходного состава являются рудовмещающими относительно редко, а месторождения, которые в них залегают, характеризуются очень небольшими размерами.

Влияние структурных элементов на размещение оруденения

Наиболее характерными структурными элементами, определяющими размещение золотого оруденения в мезозойском складчатом поясе, являются разрывные нарушения типа зон рассланцевания.

Они развиваются, как правило, в интенсивно смятых вулканогенно-осадочных толщах, включающих согласные интрузивные тела различного состава. Наиболее яркими представителями такого структурного контроля являются рудные зоны Мадзер Лоуд в Калифорнии и Джуно на Аляске. Поперечные структуры в таких зонах, определяющие размещение обогащенных золотом участков, выражены, как правило, не четко. Они могут быть представлены незначительными изгибами общей зоны или осложнениями ее внутреннего строения, за счет появления пород резко отличающихся по механическим свойствам.

В небольших интрузивных массивах контролирует размещение оруденения обычно сеть различно ориентированных трещин, одни из которых заполнены кварцем и образуют жилы, а другие оказывают экранирующее влияние или содействуют приоткрыванию трещин.

Существенное значение на размещение оруденения оказывают также дайковые пояса, хотя некоторые из них распространены и вне золотоносных площадей, как, например, дайковый пояс в Восточной Калифорнии, протягивающийся на 140 км при ширине 25 км (Moore, Hopson, 1961). Исключительно широко дайки распространены также иногда в очень небольших по размерам месторождениях золота, например, месторождении Аламо на Калифорнийском полуострове (Moeblman, 1935). С другой стороны, хотя все крупнейшие месторождения провинции обязательно включают дайки, насыщенность ими часто бывает не очень высокая.

Интересно отметить сравнительно незначительное влияние на локализацию оруденения складчатых структур, в частности, полное отсутствие седловидных жил, малое распространение жил, размещенных закономерно по отношению к отдельным элементам складок, и т. д.

Изменения пород, вмещающих оруденение

Изменения рудовмещающих пород описаны только для более крупных месторождений провинции. Судя по этим описаниям, ведущей формацией околорудных метасоматитов является лиственито-березитовая¹. Проявления ее как по интенсивности, так и по характеру образующихся метасоматитов в значительной степени зависят от характера вмещающих пород. Они наиболее отчетливо выражены в породах ультраосновного и основного состава, где происходит новообразование типичных лиственитов, состоящих из магнезиально-железистого карбоната, бесцветной слюды, кварца и биотита; в ряде случаев отмечается также фуксит. Гранитоиды, вмещающие золотоносные кварцевые жилы, испытывают березитизацию. В довольно

¹ В американской геологической литературе эти термины не употребляются, но имеющиеся описания метасоматитов позволяют определить их формационную принадлежность достаточно точно.

распространенных в пределах провинции черных филлитовидных сланцах изменения выражены менее отчетливо и проявляются обычно только в развитии отдельных метакристаллов карбонатов.

Сколько-нибудь детальные, хотя и относящиеся к довольно давнему времени описания околорудных метасоматитов имеются только для наиболее крупных месторождений провинции, таких, как Мадзер Лоуд, Грасс-Валли, Джуно, и приводятся при характеристике этих месторождений.

Характеристика золота в рудах

Месторождения золота провинции отрабатывались при средних содержаниях в рудах 10—20 г/т, но эксплуатировались и значительно более бедные руды. В частности, в рудном поле Джуно на Аляске отработка минерализованных даек была рентабельной при среднем содержании золота около 3 г/т. С другой стороны, имеется довольно много примеров эксплуатации значительных участков крупных месторождений или отдельных небольших месторождений с содержаниями золота в руде до 100—150 г/т. Обычно размещение подобных рудных столбов определялось структурными факторами, чаще всего пересечениями различно направленных жил и прожилков. Наиболее известны в этом отношении пересечения субмеридиональных жил и субширотных минерализованных кварцем трещин — «кроссингов» на месторождении Грасс-Валли.

На некоторых небольших месторождениях указывались исключительно богатые содержания золота. Так, на небольшом месторождении Покет Белл с общей добычей около 8 т золота за неделю из богатой выборки было извлечено около 500 кг золота.

Проба золота указывается для значительного числа месторождений мезозойского складчатого пояса. В целом она варьирует обычно от 700 до 850, но локально встречается также золото более низкой и более высокой проб. В качестве примеров приведем по сводке Н. Х. Фишера (Fisher, 1945) данные по ряду месторождений провинции, расположенных в штате Калифорния. Проба золота в них меняется в следующих пределах: Мадзер Лоуд 790—840, Грасс-Валли и Невада-Сити 730—950, Аллегани 796—869, Рендсбург 730—780, Боди 675.

По крупности выделений золото в месторождениях провинции разнообразно. На наличие в коренных рудах весьма крупных выделений золота указывают находки самородков в россыпях Калифорнии, Аляски и Юкона. Наряду с этим в сочетании со свободным видимым золотом на многих месторождениях присутствует тонкодисперсное золото, приуроченное к различным сульфидам, в основном к пириту.

Краткая характеристика главных месторождений¹

Рудный пояс Мадзер Лоуд (индекс 113736) представляет собой несколько зон концентрации кварцевых жил, протягивающихся почти на 100 км параллельно друг другу в север-северо-западном направлении. Выделяются три параллельных пояса жил: в центре главный, собственно Мадзер Лоуд, и отстоящие от него в обе стороны на 8—20 км Восточный и Западный пояса. Добыча золота из всей системы оценивается в 400 т золота. Глубина отработки месторождений достигала 1350 м, в настоящее время они полностью выработаны. Из общего количества добытого в Мадзер Лоуд золота 239 т приходится на участок длиной 10—15 км в округе Амадор, где пояс в целом, а также вмещающие толщи меняют ориентацию с северо-западного (на юге) на субмеридиональное.

Кварцевые жилы системы Мадзер Лоуд описаны многочисленными исследователями, наиболее полным остается описание А. Нопфа (Knopf, 1929).

Вмещают кварцевые жилы системы Мадзер Лоуд филлиты, черные филлитовидные сланцы, амфиболиты, зеленые сланцы с реликтами вулканических пород и серпентиниты. Слоистые толщи подразделяются на две формации: более древнюю калаверас и молодую — марипоза.

Формация калаверас представлена черными филлитами с подчиненным распространением тонкозернистых кварцитов, известняков и кремнистых сланцев. В известняках имеются находки карбоновой фауны. А. Нопф подчеркивает значительный метаморфизм формации калаверас с появлением в некоторых местах в сланцах граната.

Формация марипоза в основном представлена черными сланцами и граувакковыми песчаниками с подчиненным количеством конгломератов и вулканогенными породами. Возраст ее юрский.

Для толщи в целом характерно значительное распространение основных вулканитов, представленных в зависимости от степени метаморфизма породами от амфиболитов до сравнительно слабо измененных авгитовых порфиритов, их туфов и брекчий. А. Нопф указывает также на присутствие в подчиненном количестве более кислых вулканогенных пород, которые он относит к кератофирам и альбит-авгитовым мелафирам с альбитизацией первично основных плагиоклазов. Среди вулканогенных пород преобладают пирокластические разности.

Интрузивные породы в пределах пояса Мадзер Лоуд различны по возрасту и составу. Выделяются породы домарипозского возраста — метадiorиты и более распространенные поздние интрузивные породы, среди которых преобладают гранодиориты, слагающие сателлиты батолита Сьерра-Невада.

¹ В данном разделе мы вынуждены ограничиться описанием только пяти наиболее крупных месторождений с количеством добытого золота 100 т и более, что диктуется как объемом работы, так и отсутствием сколько-нибудь детального описания большинства месторождений, как правило, уже выработанных.

Значительно распространены ультраосновные породы, превращенные в серпентиниты. Серпентиниты не встречаются в пределах пояса Мадзер Лоуд в наиболее богатой его части (округ Амадор), но весьма характерны для других, более бедных золотом участков. Значительно распространены в пределах жильного пояса также дайки и небольшие выходы горнблендитов, габбро, альбититов, альбитовых порфиров, натровых сиенит-порфиров.

Кварцевые жилы пояса Мадзер Лоуд в разных частях залегают в различных породах — осадочных, зеленокаменно измененных вулканитах и серпентинитах. Жилы Восточного пояса частично приурочены к гранодиоритам или контактирующим с ними метаморфизованным сланцам формации калаверас. Эти жилы имеют небольшие размеры, но высокие содержания золота. Из рудных минералов в них появляется пирротин.

В целом оруденение пояса Мадзер Лоуд подразделяется следующим образом.

А. Кварцевые жилы

Б. Минерализованные вмещающие породы

1. Минерализованные зеленокаменные породы («серые руды»)

2. Золотоносные сланцы

а) штокверки кварцевых прожилков в сланцах;

б) анкеритизированные золотосодержащие сланцы

В кварцевых жилах из жильных минералов кроме кварца встречаются анкерит и альбит. Сульфиды составляют 1—2%; преобладает пирит, затем следует арсенопирит, еще менее распространены сфалерит, галенит, халькопирит и тетраэдрит. Изредка встречается пеццит (Ag_3AuTe_2).

Среднее содержание золота в руде 10,5 г/т, обрабатывались также руды с содержанием 3—4,5 г/т. Проба золота 790—840, в зоне окисления до 912. В первичных рудах изменения пробы с глубиной (в пределах 1200 м) не отмечается.

Жилы хотя в целом и совпадают с простиранием рудовмещающих толщ, в деталях, как правило, кососекущие. По падению они переходят из одних пород в другие, чаще всего из черных сланцев в зеленокаменные породы. Кварц, слагающий жилы, обычный молочно-белый, крупно неяснокристаллический. Характерны полосчатые текстуры кварца. В зеленокаменных породах кварц чаще молочно-белый, массивный. Встречаются раздувы жил более 15 м, но они, как правило, содержат золота не более 1,5 г/т.

А. Нопф подробно рассматривает влияние вмещающих пород на рудоотложение, поскольку до него некоторые исследователи отмечали, что черные сланцы благоприятны для обогащения жил. Хотя в ряде случаев оно и имеет место, но А. Нопф приводит ряд фактов наличия богатых рудных столбов в амфиболитах и серпентинитах, а также указывает на золотоносность измененных зеленокаменных пород и приходит к выводу, что химическая природа вмещающих пород не может быть фактором, определяющим содержание золота в поясе Мадзер Лоуд. Детально рассмотрены им также

причины формирования рудных столбов. Он считает, что последние приурочены к путям циркуляции золотоносных растворов.

Минерализованные зеленокаменные породы («серые руды») играли существенную роль в общем балансе добычи золота в поясе Мадзер Лоуд. Эти руды состоят из тонкозернистого агрегата анкерита с большим или меньшим количеством серицита, альбита и кварца. Пирит и арсенопирит присутствуют в количестве 3—4%. Содержание золота в среднем было порядка 12 г/т, местами до 35 г/т. Минерализованные зоны развиты обычно в контактах кварцевых жил, но мощности тех и других не пропорциональны. Иногда минерализованные породы встречались и вне видимой связи с жилами. Наибольшие размеры тел «серых руд» в руднике Фремон, как указывает А. Нопф, были: длина 90 м, средняя мощность 12 м и протяженность по падению около 100 м.

«Серые руды» образуются главным образом при замещении пирокластических пород (брекчий и туфов авгитовых порфиритов), причем обломочная текстура этих пород не только не стирается, но подчеркивается.

Минерализованные амфиболовые и хлоритовые сланцы выделяются в Мадзер Лоуд в качестве самостоятельного типа руд. Это существенно анкеритовые породы с подчиненным количеством пирита (в виде кристаллов размером до 1—1,5 см в поперечнике), серицита, кварца, альбита и рутила. Они пронизаны тонкими (мощностью до первых сантиметров) прожилками кварца. Содержание золота в минерализованных сланцах обычно не превышает 3—4,5 г/т, но встречались и богатые руды.

Гидротермальные метасоматические изменения пород широко развиты в поясе Мадзер Лоуд, причем, как уже упоминалось, измененные породы частично непосредственно являются рудами. В черных сланцах около жил ширина ореолов изменений пород достигает 3 м. Они выражаются в развитии порфириобластов карбоната (анкерита, брейнерита), причем отчетливо отмечается наличие двух генераций карбоната: крупных порфириобласт неправильной формы со следами вращения, выявляемыми по размещению в них углистых частиц, существовавших в сланцах, и значительно меньших по размеру ромбовидных кристаллов, включенных в порфириобласты.

А. Нопф приводит анализы исходных и измененных черных сланцев и авгитовых порфиритов. Общим для тех и других пород является вынос при гидротермальной переработке кремнезема и привнос углекислоты и серы. Интересно поведение щелочей: калий при изменении авгитовых порфиритов привносится, а из черных сланцев выносится; для натрия наблюдается обратная картина. А. Нопф считает, что при формировании жил кремнезем заимствовался из вмещающих пород, а золото имело глубинный магматический источник.

Рудные поля Грасс-Валли — Невада-Сити (индекс 142121), рассматриваемые обычно совместно, так как практически составляют единую площадь распространения кварцевых жил, относятся к весьма

крупным месторождениям. Суммарная добыча из них оценивается примерно в 324 т золота. Кроме того с этой же площади добыто еще 68 т золота из россыпей.

Рудное поле является типичным представителем золото-кварцевой формации жильного морфологического класса. Жилы залегают в гранодиоритах и в значительной части во вмещающих их зеленокаменных диабазах, серпентинитах, реже в других породах. Длина некоторых из них до 2 км, по падению (при угле в 35°) они разрабатывались до 2700 м или до 1100 м по вертикали. Главным жильным минералом является кварц. Количество сульфидов составляет 2—3%, в обогащенных участках до 4%. Сульфиды представлены пиритом, в подчиненном количестве встречается сфалерит, редко халькопирит и галенит. Некоторые исследователи указывают также на присутствие арсенопирита. В незначительном количестве встречаются теллуриды. Среднее содержание золота 7—14 г/м. Золото в основном мелкое, в Невада-Сити несколько более крупное, пространственно наиболее тесно связано с галенитом.

Изменения вмещающих пород относятся к березито-лиственитовой формации. Они выражаются в замещении гранодиоритов и других вмещающих пород серицитом, анкеритом и пиритом. При этом происходит обогащение измененных пород углекислотой, калием и серой и вынос из них кремнезема и натрия.

Месторождениям Грасс-Валли и Невада-Сити посвящена большая литература, но последние работы относятся к 1941 г., поскольку к этому времени оно было уже отработано. Данное месторождение во многом являлось как бы эталонным при изучении других кварцевожильных месторождений. Внимание американских исследователей привлекали такие вопросы, как закономерности формирования жильных трещин, генезис текстур руд, характеризующихся большим количеством включений вмещающих пород, механизм заполнения жил и др.

В Линдгрэн детально описал месторождение в 1896 г., причем трактовал его как результат отложения руд из горячих растворов в открытых полостях. Более 25 лет спустя к этому вопросу вернулся Э. Хоув (Howe, 1924), который пришел к выводу о ведущей роли замещения при формировании жил. Наблюдая обломки пород в жилах, он подчеркивал отсутствие их перемещения — соответствие вмещающим породам, что наиболее четко наблюдалось в контактовой зоне гранодиоритов и диабазовых порфиритов. Некоторые обломки явно не сдвигались с места, другие были не угловатыми и частично замещенными. Э. Хоув также изучал причины появления рудных столбов и, после рассмотрения всех возможных факторов, влияющих на их образование, пришел к выводу, что они связаны с поздними подвижками и отложением из новых порций растворов сульфидов и золота.

После появления статьи Э. Хоува в журнале «Economic Geology» она широко обсуждалась, в том числе такими крупными геологами, как В. Линдгрэн, Дж. Сперр. Большинство геологов согласилось

с Э. Хоувом в отношении большой роли замещения при формировании жил, хотя В. Линдгрэн подчеркнул, что оно, очевидно, было не единственным механизмом их формирования, а сочеталось с заполнением отдельных полостей. В частности, он указал, что и в современное время для жил характерно наличие обширных пустот, частично выполненных кристаллами кварца и обломками пород.

Дж. Сперр именно в Грасс-Валли видел подтверждение своим взглядам о рудной магме и называл жилы этого месторождения «жилодайки» (vinedikes). Он указывал, что аналогичные брекчиевые текстуры с обломками вмещающих пород характерны для гранитных и пегматитовых тел, которые никто не относит к продуктам отложения из «термальных вод». Поздние выделения сульфидов в кварце он расценивал как результат поздней кристаллизации определенных частей единой рудной магмы.

Позже аналогичные взгляды в ряде статей для месторождений Грасс-Валли защищал Р. Фармин (Farmin, 1938, 1941). Приводимые им доказательства квази-магматического состояния рудного флюида основаны исключительно на характеристике морфологии жил и сравнении ее с таковой у даек. Все рудные минералы и золото были, согласно представлениям Р. Фармина, с самого начала в составе рудной магмы, а их отложение по трещинам в кварце является результатом последующего перераспределения.

Наиболее полное описание месторождения осуществлено В. Д. Джонстоном (Johnston, 1940), который подробно рассмотрел тектонические условия формирования главных рудных тел месторождения и пересекающих их широтных вертикальных трещин («кроссингов»), частично также выполненных рудоносным кварцем, а также дайками более ранних диабазов и поздних аплитов. И жилы, и «кроссинги» В. Д. Джонстон считает принадлежащими к сопряженным трещинным системам, частично связанным с остыванием гранодиоритового массива, а частично отражающим региональные поля напряжения. В. Д. Джонстон вновь пришел к выводу об образовании жил при кристаллизации из разбавленных гидротермальных растворов, причем хотя он и отмечает вынос кремнезема при околожильных изменениях, но указывает, что «жилобразующие растворы были полностью магматического генезиса, так как нет доказательств в поддержании гипотезы о том, что кремнезем в кварце был получен из вмещающих пород».

Рудное поле Джуно на Аляске (индекс 143736) с главным рудником Тредвелл дало в целом около 237 т золота. Рудное поле наиболее полно описано в начале XX века А. К. Спенсером (Spencer, 1905), к значительно более позднему времени относится статья Р. Г. Вейланда (Wayland, 1960), не содержащая, однако, каких-либо принципиально новых данных. Несмотря на четкое и очень хорошее описание месторождения А. К. Спенсером, в последующих сводках и учебниках о месторождении приводились различные и часто неверные данные.

Район месторождения сложен однообразными черными филлито-

видными сланцами, включающими горизонты зеленых сланцев и отдельные маломощные прослои и линзы известняков. С юго-запада полоса выходов этих пород ограничивается водами океана, а с северо-востока — контактом батолита Берегового хребта. Простирающиеся пород 320—340°, падение моноклинальное на юго-запад под углом в среднем 50—60°. Возраст отложений определяется как карбоновый. В контактовой зоне с батолитом на протяжении около 5 км породы метаморфизованы с развитием амфибола и граната, далее интенсивность метаморфизма не превышает фацию филлитов — зеленых хлоритовых сланцев.

Рудное поле Джуно представляет собой протяженный пояс распространения неправильных кварцевых жил и прожилков с малым количеством сульфидов в филлитах. Наибольшая концентрация золота наблюдается в центральной части пояса, где находится месторождение Тредвелл на о. Дуглас, отделенном от материка узким фиордом Гастино. Здесь геологическое строение осложнено развитием даек, согласных с общим напластованием и сланцеватостью пород. Мощность даек до 60 м, они сложены альбитовыми диоритами или, по другой терминологии, натровыми сиенитами. Дайки образуют зону протяженностью около 5 км и шириной примерно 1 км. Кварц-кальцитовые прожилки, а также сопровождающая их пиритовая вкрапленность локализованы в этих дайках, и они непосредственно являются рудными телами.

Месторождение обрабатывалось частично открытыми разрезами, частично подземным способом при очень низком содержании золота в руде (около 3 г/т), но местами встречались и обогащенные участки. Рудой являлись также филлитовидные сланцы в зальбандах даек (на расстоянии от них до 0,6—1 м), минерализованные пиритом, который вблизи от поверхности окислен («коричневая руда»).

Мощность прожилков кварца и кальцита в дайках — первые сантиметры, редко около 10 см, много микроскопических прожилков. Суммарное количество их составляет около 1/5 от всей массы даек. Они имеют различную ориентировку, но резко преобладают две системы: поперечные к дайке типа лестничных и согласные с залеганием дайки и вмещающих пород.

Главные жильные минералы руд — альбит, кварц и кальцит; сульфиды составляют в руде около 2%. Наиболее распространен из них пирит, который, однако, существенно не влияет на содержание золота. Наряду с ним в заметном количестве присутствует магнетит. Довольно широко распространен антимонит, обычно в виде микроскопических игольчатых кристаллов. Кроме того встречаются пирротин, халькопирит, галенит, сфалерит и молибденит. Не исключено, что в месторождении присутствует также наложенное оруденение близповерхностного типа, так как отмечается присутствие малых количеств самородного мышьяка, реальгара, аурипигмента, а из жильных минералов — родохрозита.

Видимое золото на месторождении встречалось редко, но извлечение амальгамацией составляло около 75%.

Интересно, что рудоносные дайки не серицитизированы, как это обычно бывает в месторождениях золота, а альбитизированы. Альбит развивается, замещая микропертит, в виде агрегатов небольших «свежих» кристаллов, а также по сети тонких прожилков, рассекающих исходные вкрапленники альбит-олигоклаза. А. К. Спенсер специально подчеркивал значение альбитизации на месторождении и указывал, что этот тип изменений является необычным и не был описан в вышедшей в 1901 г. сводке В. Линдгрена.

Рудное поле Брэлори — Пайонир (индекс 113131) в Британской Колумбии (Канада) дало около 120 *t* золота. Оно относится к типичным кварцевожильным. Рудное поле приурочено к восточной контактовой зоне батолита Берегового хребта. Вмещают жилы, согласно Ф. Р. Джубину («Struct. Geol...», 1948), зеленокаменные породы и аргиллиты триаса, прорванные небольшими штоками и дайками диоритов и гранитов. Присутствуют также тела серпентинитов.

Кварцевые жилы приурочены в основном к диоритам и массивным зеленокаменным породам. Зеленые сланцы, аргиллиты и серпентиниты не благоприятны для локализации жил. Серпентиниты нередко экранируют оруденение. Большинство жил располагается в контактах даек альбититов.

Жилы имеют протяженность до 1500 м, прослеживаются на глубину более 1000 м при средней мощности около 1 м (от 10 см до 6 м). Кварц обычный, молочно-белый, часто с полосчатой текстурой. Общее количество рудных минералов в жилах не превышает 2—3%. В качестве главных из них указываются пирит и арсенопирит. Помимо самородного золота присутствуют теллуриды. Содержание золота 15—20 г/т. Встречались отдельные обогащенные столбы протяженностью около 75 м, средней мощностью 1 м со средним содержанием около 150 г/т.

Изменения вмещающих пород около жил обычно типа лиственизации с новообразованием серицита, карбоната, кварца и сульфидной (пиритовой и арсенопиритовой) минерализацией. Измененные вмещающие породы незолотоносны.

Месторождение Россланд в Британской Колумбии (индекс 332234) было в основном отработано уже в 1928 г. и окончательно закрыто в 1941 г. Из него добыто около 90 *t* золота, 110 *t* серебра и около 100 тыс. *t* меди при содержаниях в руде соответственно 15 г/т, 18 г/т и 1%.

Месторождение, по Г. Жилберту («Struct. Geol...», 1948), представлено богатыми сульфидами (50—70%), местами почти нацело сульфидными жилами, залегающими среди авгитовых порфиритов (С—Т) в контактовой зоне с монцонитами. На рудном поле весьма обильны дайки.

Жилы непротяженны по простиранию и более выдержаны по падению. Главными рудными минералами являлись пирротин, халькопирит и пирит. В подчиненном количестве встречались арсенопирит, герсдорфит, магнетит.

Месторождение Никель Плейт (индекс 833537), также расположен-

ное в Британской Колумбии, дало около 70 т золота. Обрабатывалось оно карьерами. Согласно Д. Лама и др. («Структ. геол...», 1964), рудные тела этого месторождения представляют собой зоны сульфидной существенно арсенипиритовой вкрапленности, наложенной на скарны. Скарны образуются в толще известняков и известковистых аргиллитов триасового возраста, подстилаемой гранодиоритом и включающей несколько силлов порфириров. Скарновые залежи падают полого (20—30°), мощность их от 3 до 30 м. С висячего или лежащего боков они ограничиваются упомянутыми силлами, а по простиранию, кроме того, разбиты крутопадающими дайками. Д. Лам и другие указывают, что оруденение контролировалось: 1) переходными зонами от скарнов к неизменным известнякам; 2) крутопадающими секущими дайками; 3) шарнирными частями складок и их поперечными перегибами; 4) разрывными нарушениями.

Генезис оруденения и закономерности локализации рудных полей

Обобщающие работы по генезису и условиям локализации золотого оруденения для провинции мезозойской складчатости отсутствуют. Исследования относятся либо к отдельным золотоносным узлам этой провинции, либо (для наиболее богатой золотом части провинции в США) затрагивают в целом металлогению Кордильер, касаясь в основном характеризуемой ниже провинции активизации. Эти работы будут рассмотрены в соответствующем разделе.

Исследователи отдельных золоторудных узлов провинции мезозойской складчатости, как правило, связывают золотоносность с гранитоидными батолитами. Однако изучение большинства месторождений производилось давно, в период их отработки, поэтому эта связь детально не обосновывалась. В настоящее время в подтверждение ее можно было бы привести прежде всего данные абсолютного возраста как гранитных батолитов, так и оруденения, но они очень ограничены, особенно в отношении руд или околорудных пород. Для развития представлений о связи золотого оруденения с гранитоидными батолитами очень важной предпосылкой является выяснение генезиса самих батолитов. В этом отношении интересна работа П. К. Бэтмана и Дж. П. Итона, которые, как уже упоминалось при общей характеристике провинции, считают, что батолит Сьерра-Невада формировался за счет анатектического плавления не только пород сланца, но и симатической оболочки и даже перидотитового слоя (см. рис. 19). Отчетливо выраженная дифференциация интрузивных пород от основных к кислым создавала, по-видимому, благоприятную обстановку для накопления золотоносных флюидов.

На размещение золотоносных узлов в региональном плане существенное влияние несомненно оказывали глубинные поперечные структуры, разделяющие Кордильеры на сегменты, а для локализации отдельных месторождений и их обогащенных участков —

поперечные структуры более высоких порядков, иногда проявленные не в виде отчетливых разломов, а небольшими осложнениями простираения слоистых толщ, особенностями размещения и формы интрузивных тел и другими косвенными признаками.

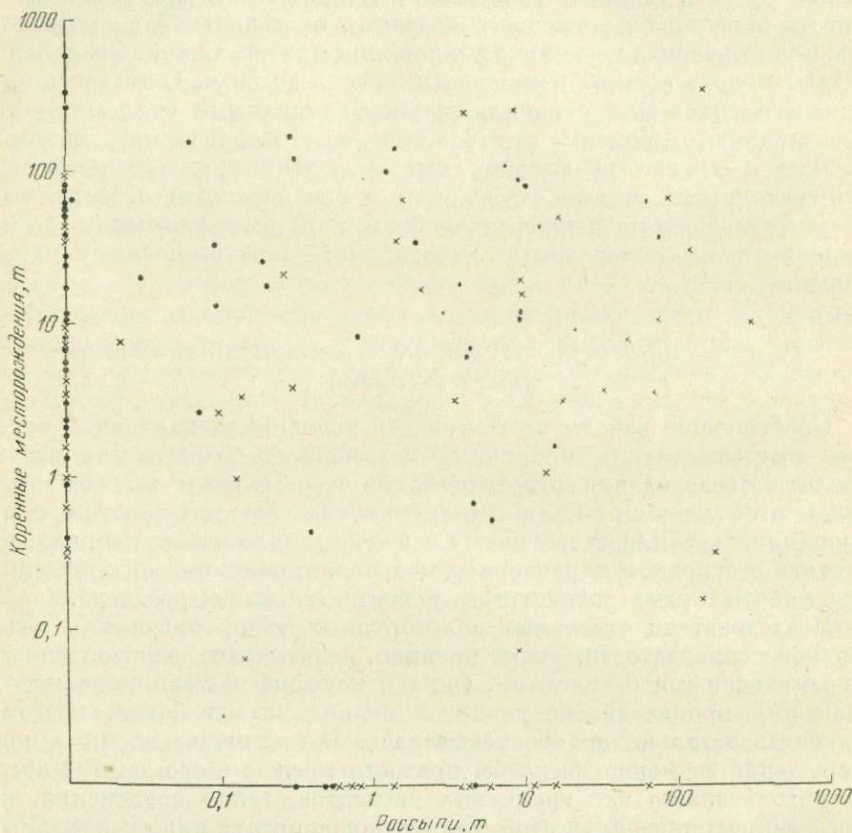


Рис. 21. Диаграмма, показывающая количество добытого золота из коренных месторождений и россыпей по округам Западных штатов США. По А. Г. Кошману и М. Г. Бергендалю

Масштаб логарифмический. Крестиками показаны данные по округам, относящимся к провинции мезозойского складчатого пояса, точками — к провинции активизации

В заключение рассмотрения провинции мезозойской складчатости затронем кратко вопрос о размещении в ее пределах золотосодержащих россыпей. Количество добытого золота в этой провинции распределяется почти поровну между россыпями и коренными месторождениями (см. табл. 3). Однако в отдельных сегментах Кордильер соотношения их заметно различаются. В северной части провинции (на Аляске и в Юконе) резко преобладают россыпи при совершенно подчиненной роли коренного золотого оруденения. Несмотря на

многолетние поиски здесь не удалось обнаружить значительных коренных месторождений, и исследователи пришли к выводу о том, что источником россыпей являлись рассредоточенные кварцевые жилы, не имеющие самостоятельного промышленного значения.

Крупные коренные месторождения пояса Джуно появляются только на юге Аляски, и отсюда южнее развиты в основном смешанные золотороссыпные районы. Особенно значительна из них Калифорния, однако и здесь имеется некоторое разобщение коренных месторождений и россыпей. Последние тяготеют к периферии площади развития коренных месторождений, располагаясь главным образом в восточном обрамлении Большой долины.

В работе А. Г. Кюшмана и М. Г. Бергендаля (Koschmann, Bergendahl, 1968) приведены статистические данные о добыче золота по всем округам США с указанием количества золота, добытого из россыпей и коренных месторождений. Эти данные охватывают как описываемую в данном разделе провинцию мезозойской складчатости, так и рассматриваемую в следующей главе провинцию активизации. Они нанесены нами на сводную диаграмму (рис. 21), из которой хорошо видна значительная независимость масштабов россыпной и коренной золотоносности для рассматриваемых площадей, что с более общих позиций автор уже отмечал раньше (Шер, 1965₂). Отчетливо выступает также большее значение россыпей для мезозойского складчатого пояса по сравнению с рассматриваемой ниже провинцией магматической активизации.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ПОЗДНЕГО НЕОХРОНА

К образованиям позднего неохрона относится прежде всего провинция мезо-кайнозойской магматической активизации Кордильер и прилегающей к ним части Северо-Американской платформы. Со значительной долей условности мы относим к ней и провинцию кайнозойского складчатого пояса, который развит вдоль западного побережья Северной Америки очень ограниченно и где добыто небольшое количество золота. По стилю геотектонического развития кайнозойский складчатый пояс возможно правильнее было бы отнести к образованиям раннего неохрона, но трудность расчленения приуроченных к нему месторождений, особенно в Латинской Америке, и месторождений провинции активизации обуславливает его краткое описание в этом разделе.

ПРОВИНЦИЯ МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКОЙ МАГМАТИЧЕСКОЙ АКТИВИЗАЦИИ ЗАПАДНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

Общая геологическая характеристика

Подобная провинция в качестве отдельной единицы геотектонического или металлогенического районирования американскими геологами не выделяется, хотя понятие о магматической активизации

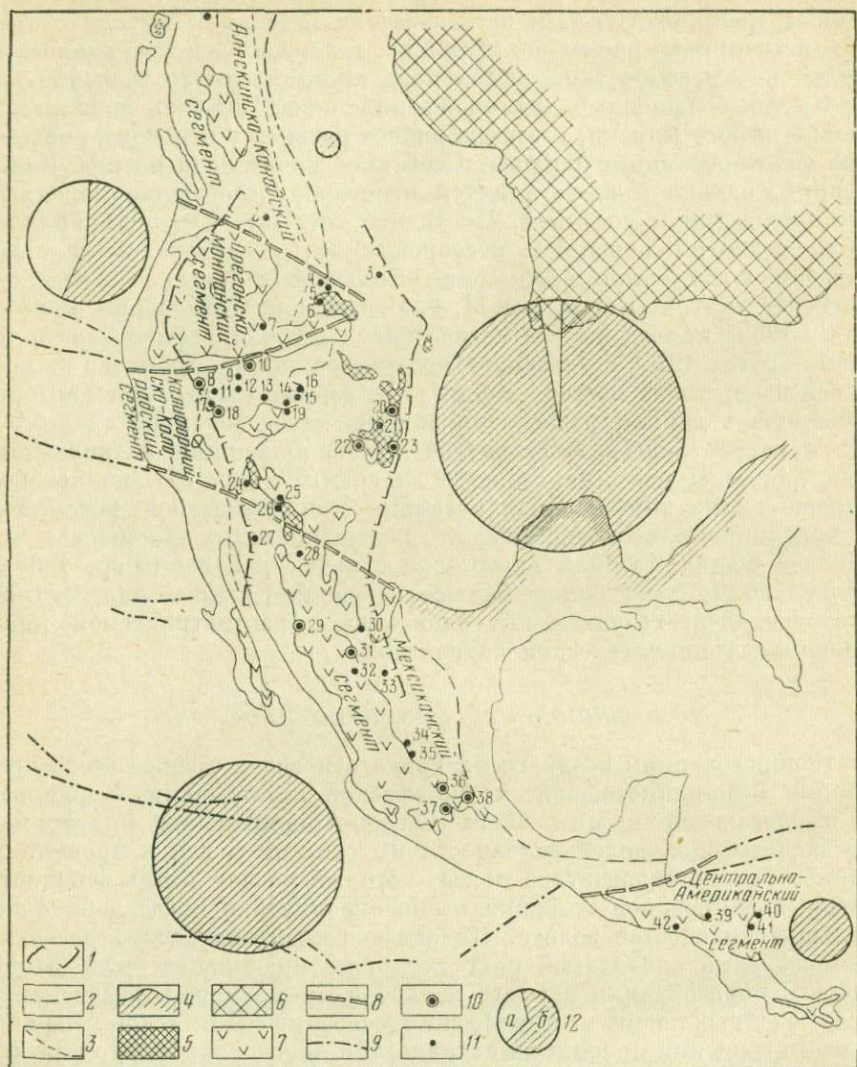


Рис. 22. Схема золотоносности провинции мезо-кайнозойской магматической активизации и Антильского складчатого пояса Северной Америки. Геологические данные приведены по Тектонической карте Северной Америки

1 — границы провинции; 2 — восточная граница геосинклинальной области; 3 — граница между эв- и миогеосинклиналями; 4 — граница Аппалачского и Уачитского складчатых поясов; 5—6 — выходы докембрийских пород; 5 — в приподнятых блоках Северо-Американской платформы, 6 — на Канадском щите; 7 — главные поля развития третичных эффузивов; 8 — переходные зоны между сегментами Кордильер, 9 — зоны разломов на дне Тихого океана; 10—11 — главные золоторудные месторождения: 10 — с добычей более 100 т, 11 — прочие; 12 — относительное количество добытого золота: а — из россыпей, б — из коренных месторождений

неоднократно упоминается в работах О. Твето, П. К. Симса (Tweto, Sims, 1960, 1963) и других металлогенистов. Определение точных границ провинции представляет значительные трудности. На тектонической карте Северной Америки, составленной Ф. Б. Кингом, распространение верхнемеловых — третичных гиабиссальных интрузий и соответствующих им по возрасту вулканогенных образований показано в пределах Кордильер Северной Америки повсеместно, хотя и неравномерно, однако на значительных площадях эти проявления магматизма не сопровождаются характерными для зон активизации месторождениями, в том числе золоторудными. Поэтому, несколько отступая от принятого в других разделах данной работы порядка, пришлось при выделении провинции воспользоваться главным образом не геотектоническими, а металлогеническими признаками.

В качестве северной границы провинции активизации может быть принята выделенная Ф. Б. Кингом поперечная зона Льюис — Кларк (рис. 22), проходящая несколько южнее границы Канады и США. Севернее этой зоны, месторождений, связанных с верхнемеловой — третичной магматической деятельностью, практически неизвестно, если не считать значительного по размерам месторождения Премьер в Британской Колумбии, формационная принадлежность которого к близповерхностным халцедоновидно-кварцевым определена нами условно. В районе указанной поперечной структуры располагается месторождение Репаблик (штат Вашингтон), а южнее нее находится чрезвычайно насыщенная золоторудными месторождениями металлогеническая область Монтаны. Поперечная зона Льюис и Кларк имеет, по-видимому, очень существенное геологическое значение, ограничивая с севера вулканическое плато Колумбии и приводя к указанному выше горизонтальному смещению пояса мезозойских гранитоидных интрузий.

Южная граница провинции активизации принимается нами проходящей по границе пояса кайнозойской складчатости и пока детальнее не может быть установлена.

На востоке распространение описываемой провинции соответствует распространению ларамийских малых интрузий на Северо-Американской платформе, т. е. примерно ограничивается 102-м меридианом. Западное ее ограничение еще менее четкое. В основном оно отвечает восточной приконтактной зоне мезозойских гранитоидных батолитов, однако соответствующие месторождения иногда накладываются на эти батолиты (в северной части провинции),

Золоторудные месторождения и рудные поля (цифры на схеме):

1 — Премьер, 2 — Репаблик, 3 — Литл-Роки-Маунтинс, 4 — Морисвилл, 5 — Хелена-Ласт-Чанс, 6 — Бьютт, 7 — Силвер-Сити, 8 — Комсток, 9 — Кортез, 10 — Карлин, 11 — Раунд-Маунтин, 12 — Эврика, 13 — Эли, 14 — Кемпфлонд, 15 — Бингхем, 16 — Парк-Сити, 17 — Топола, 18 — Голдфилд, 19 — Тинтик, 20 — Айдахо-Спрингс — Централ-Сити, 21 — Лидвилл, 22 — Теллурид — Силвертон, 23 — Крипл-Крик, 24 — Сан-Франциско (Оутмен), 25 — Джером, 26 — Биг-Баг, 27 — Айо, 28 — Висби, 29 — Окампо, 30 — Сан-Эвладия, 31 — Парраль, 32 — Гуарасава, 33 — Малими, 34 — Фреснильо, 35 — Пенатекас, 36 — Гуанахуато, 37 — Эль-Оро, 38 — Пачука, 39 — Эль-Росарио, 40 — Пис-Пис, 41 — Сиуна, 42 — Сан-Себастьяно

а иногда западная граница их распространения значительно отделена от батолитов. Наиболее изучена эта граница в центральной части провинции активизации в штате Невада, где еще Г. Г. Фергусон (Ferguson, 1929) обратил внимание на принципиальное различие месторождений западной и восточной части штата. На западе — это кварцевые жилы того же типа, что и в Калифорнии, а на востоке — золото-серебряные и полиметаллические месторождения замещения Г. Г. Фергусон указывал, что западные месторождения являются позднеюрскими или раннемеловыми и связаны с батолитом Сьерра-Невада, в то время как месторождения восточной части штата раннетретичные. Однако и здесь, в наиболее изученной части, проведение западной границы провинции активизации, так же как и восточной границы провинции мезозойской складчатости, достаточно сложно, поскольку площади распространения тех и других месторождений нередко перекрывают друг друга.

Для более дробного районирования провинции тектонической активизации исключительное значение, очевидно, имеют крупные поперечные к системе Кордильер зоны. Об одной из них — зоне Льюис — Кларк, ограничивающей наиболее насыщенную месторождениями часть провинции с севера, уже упоминалось. Следующей к югу зоной, согласно Ф. Б. Кингу, является зона р. Снейк, проходящая близ южной границы штатов Орегон и Айдахо и являющаяся непосредственным продолжением разлома Мендосино, трассирующегося в дне Тихого океана. Эта зона ограничивает с юга поле преобладающего распространения вулканических пород Орегонско-Монтанского сегмента, и вдоль нее происходит горизонтальное смещение мезозойских гранитоидных батолитов не менее чем на 400 км. Расположенный южнее данной зоны Калифорнийско-Колорадский сегмент Кордильер резко выделяется по общей насыщенности золотом и представляет собой основную золотоносную область провинции активизации.

Южной границей Калифорнийско-Колорадского сегмента служит поперечная зона Техас, проходящая немного севернее границы США и Мексики. Так же, как и предыдущая зона, зона Техас является, по-видимому, составной частью глобального тектонического шва. Ей соответствует разлом Моррей в Тихом океане. Южнее зоны Техас располагаются Мексиканский и Центрально-Американский сегменты Кордильер, отличающиеся от более северных в металлогенетическом отношении хорошо известной повышенной серебреностью месторождений.

При дальнейшей характеристике золотоносности провинции активизации главное внимание будет обращено на Калифорнийско-Колорадский и отчасти Орегонско-Монтанский сегменты, как потому, что в них добыто главное количество золота провинции, так и вследствие их несравненно большей изученности по сравнению с другими территориями в отношении геологии и золотоносности.

Верхнемеловые — третичные проявления магматизма в про-

винции активизации располагаются в различной геотектонической обстановке. В восточной части магматическая активизация затрагивает древнюю платформу, в той или иной степени тектонически нарушенную. Здесь на одних площадях выступает докембрийское сложное складчатое основание платформы, а на других — чехол осадочных (в основном карбонатных) пород. В более западных частях меловая — третичная магматическая деятельность проявляется в пределах выделяемой американскими геологами миогеосинклинали, где осадочные толщи достигают весьма больших мощностей и смяты в складки, однако представлены теми же, что и на платформе карбонатными и в подчиненном количестве терригенными фракциями. В миогеосинклинальной области породы не метаморфизованы, и какие-либо магматические образования, кроме связанных с активизацией, отсутствуют.

Вблизи западной границы провинции молодые магматические проявления распространены на эвгеосинклинальном основании. Переход миогеосинклинали в эвгеосинклиналь, наиболее полно изученный в штате Невада (Roberts а. о., 1958), выражается в постепенном изменении фаций с появлением в разрезе вулканогенных пород, нарастании степени метаморфизма толщ и развитии гранитоидов, завершающих геосинклинальное развитие. Он осложнен крупными пологими надвигами. Нельзя не заметить, что в данной провинции разрыв во времени между орогенными гранитоидами и магматическими проявлениями, четко выделяющимися восточнее как результат магматической активизации, очень невелик. Согласно приводимым Р. Дж. Робертсом и др. (Roberts а. о., 1971) данным, здесь выделяются пять магматических и соответственно металлогенических эпох со следующей возрастной датировкой (в млн. лет): 168—143, 105—87, 71—68, 40—30 и 16—10. Из них первые две отвечают времени становления батолита Сьерра-Невада, а три последние могут быть отнесены к проявлениям магматической активизации.

Весьма интересной особенностью рассматриваемой провинции является то, что внедрение молодых магматических пород не сопровождалось отчетливо проявленной одновременной с ним тектонической активизацией. В целом для провинции общий «тектонический рисунок» размещения ларамийских малых интрузий и вулканических аппаратов неясен. Намечается лишь общая тенденция их ориентировки в северо-восточных и даже широтных направлениях, поперечных к общему простиранию системы Кордильер, и наиболее отчетливым молодым дизъюнктивным нарушениям.

Общие данные о золотоносности

В описываемой провинции удалось учесть 219 коренных месторождений, из которых добыто 4700 т золота. По статистическим данным, относящимся к крупным территориям, общее количество золота, добытого в пределах провинции, значительно больше

и составляет 6350 *t*, из которых только около 350 *t* приходится на россыпи, а остальные на коренные месторождения. Такое значительное расхождение данных объясняется, с одной стороны, тем, что систематизированные материалы по отдельным месторождениям или рудным полям имеются, в основном, по 1959 г. (Koschmann, Bergendahl, 1968) и только частично могли быть пополнены нами, и, с другой стороны, большой долей в золотодобыче не учитываемых отдельно, частично мелких месторождений. Особенно неполны статистические данные, относящиеся к отдельным месторождениям, для стран Латинской Америки.

Распределение учтенных месторождений по крупности неравномерно (табл. 8). При резком преобладании небольших месторождений в пределах провинции отмечается также значительное количество крупных и средних по размерам объектов. Наиболее крупным месторождением провинции и одним из крупнейших в мире является Крипл-Крик (594 *t* золота). Более чем по 100 *t* золота дали также золотосодержащее месторождение медно-порфировых руд Бингхем (330 *t*), собственно золотые — Комсток (266 *t*), Голдфилд (130 *t*) и недавно открытое месторождение Карлин (с запасами 120 *t*). К крупнейшим отнесены также рудные поля Айдахо-Спрингс — Централ-Сити (186 *t*) и Теллурид — Силвертон (220 *t*). Эти рудные поля обычно не выделяются в целом, а рассматриваются отдельные входящие в их состав месторождения, но разделение в данном случае обусловлено не геологическими соображениями и является искусственным. Наконец, к весьма крупным месторождениям относятся в Мексике Пачука, Эль-Оро (добыто примерно по 150 *t*), Парраль, Окампо, Гуанахуато (примерно по 100 *t*). Точные данные по добыче золота на этих месторождениях получить не удалось.

Таблица 8

Распределение месторождений золота провинции мезо-кайнозойской магматической активизации Северной Америки по крупности (по данным о добыче на 1/1 1970 г.)

Классы месторождений по крупности	Количество месторождений	Суммарная добыча, <i>t</i>	Примеры месторождений и рудных полей
100—1000 <i>t</i>	12	2447	Крипл-Крик, Теллурид—Силвертон, Комсток
10—100 <i>t</i>	50	1416	Бьютт, Топопа, Ренаблик, Лидвилл
1—10 <i>t</i>	105	411	
Менее 1 <i>t</i>	41	21	
Итого	208	4295	

Из месторождений с добычей менее 100 *t* отметим только некоторые; большинство из них относится к комплексным. Это медные месторождения Бьютт, из которого добыто 73 *t* золота, Эли (61 *t*),

Бисби (68 *m*), Джером (49 *m*), свинцово-цинковые Тинтик (82 *m*), Лидвилл (92 *m*). Из собственно золотых или золото-серебряных могут быть названы Топопа (58 *m*), Премьер в Канаде (50 *m*), Цекатекас в Мексике (50 *m*), Пис-Пис в Никарагуа (40 *m*).

Общее размещение золоторудных месторождений в пределах провинции весьма неравномерное. По насыщенности золотом, как и для провинции мезозойского складчатого пояса, резко выделяется Калифорнийско-Колорадский сегмент Кордильер. К югу и к северу от него золотоносность заметно затухает. На этом общем фоне выделяется ряд узлов резко более насыщенных золотом, чем остальная территория.

1. Монтанский, размещенный в восточной части Орегонско-Монтанского сегмента Кордильер между сближающимися здесь поперечными зонами Льюис — Кларк и р. Снейк. Этот узел тяготеет к наиболее крупному интрузивному телу, относящемуся к проявлениям магматической активизации — батолиту Боулдер, расположенному в миогеосинклинальной зоне Кордильер. В восточной части он переходит на площадь платформенного чехла, прорванного многочисленными малыми интрузиями. Наиболее крупным месторождением узла является Бьютт, в крайней восточной части узла расположено рудное поле Литл-Роки-Маунтинс.

2. Невадский, расположенный в Калифорнийско-Колорадском сегменте Кордильер и тяготеющий к поперечной зоне р. Снейк. Здесь оруденение накладывается как на эвгеосинклинальную, так и на миогеосинклинальную зоны Кордильер, и узел частично перекрывает соответствующую часть провинции мезозойского складчатого пояса. Наиболее крупными месторождениями узла являются Комсток, Голдфилд, Карлин.

3. Узел штата Юта и Восточной Невады, небольшой по площади и не очень четко выраженный, но включающий такие крупные комплексные месторождения, как Бингхем и Тинтик.

4. Колорадский, расположенный в наиболее восточной платформенной части Калифорнийско-Колорадского сегмента. Этот рудный узел, единственный изучавшийся в целом под названием рудного пояса Колорадо, ниже характеризуется более подробно. Он включает крупнейшее месторождение Крипл-Крик и также весьма крупные поля Айдахо-Спрингс — Централ-Сити и Теллурид — Силвертон.

5. Узел южных частей штатов Аризона — Нью-Мексико, вытянутый в восток-юго-восточном направлении вдоль поперечной зоны Техас. Размеры золоторудных месторождений здесь меньше, чем в предыдущих узлах. К более крупным месторождениям относятся Бисби, Сан-Франциско (Оутман) и др.

Вне указанных узлов месторождения заметно более рассредоточены. Некоторая концентрация их имеется еще в южной части Мексики, где располагаются золоторудные поля Пачука, Эль-Оро, Гуанахуато. Однако оконтурить здесь рудный узел по имеющимся данным затруднительно.

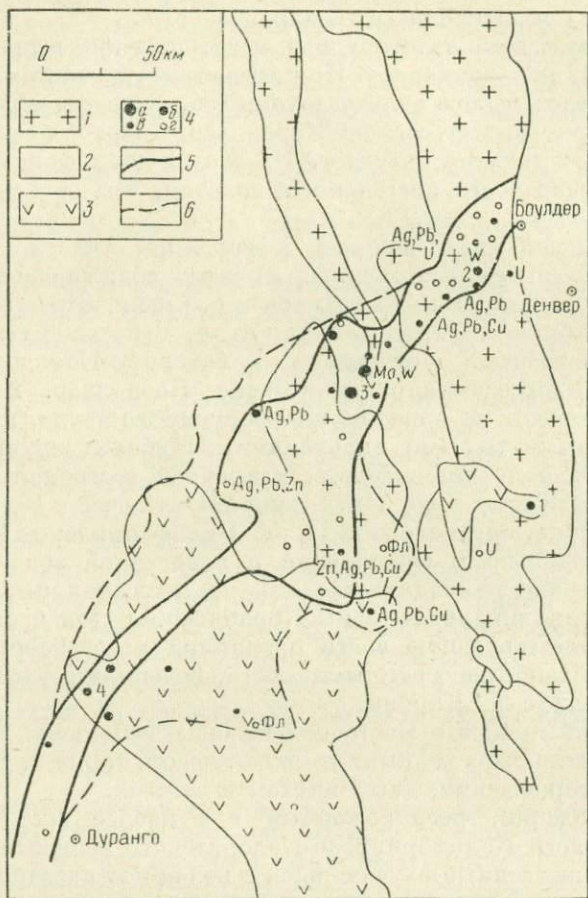


Рис. 23. Схема размещения месторождений полезных ископаемых в рудном поясе Колорадо. По *О. Тевто* и *П. К. Симу*

1 — выходы докембрийских гранитов и гнейсов; 2 — площадь распространения платформенного осадочного чехла; 3 — главные поля развития вулканитов; 4 — месторождения с суммарной продукцией в млн. долларов: а — более 500, б — от 100 до 500, в — от 10 до 100, г — от 1 до 10; 5 — границы Рудного пояса по распространению рудных районов ларамийского возраста; 6 — максимальные границы пояса, включающие область распространения интрузивных пород и месторождений ларамийского возраста и третичной минерализации в горах Сан-Жуан

Золоторудные месторождения и рудные поля (цифры на схеме):

1 — Крипл-Крик, 2 — Айдахо-Спрингс — Централ-Сити, 3 — Лидвилл, 4 — Теллурид — Силвертон. Главные незолотые месторождения обозначены индексами элементов, входящих в состав руд (фл — флюорит)

Как уже упоминалось выше, наиболее изученным с регионально-металлогенических позиций в пределах провинции является Колорадский рудный пояс. Он был выделен еще Дж. Сперром в 1908 г. и с тех пор неоднократно характеризовался в печати. Последнее наиболее полное описание металлогении пояса дано О. Твето и П. К. Симсом (Tweto, Sims, 1963; Tweto, 1968). Рудный пояс Колорадо протягивается в северо-восточном направлении примерно на 400 км при ширине от 15 до 50 км (рис. 23).

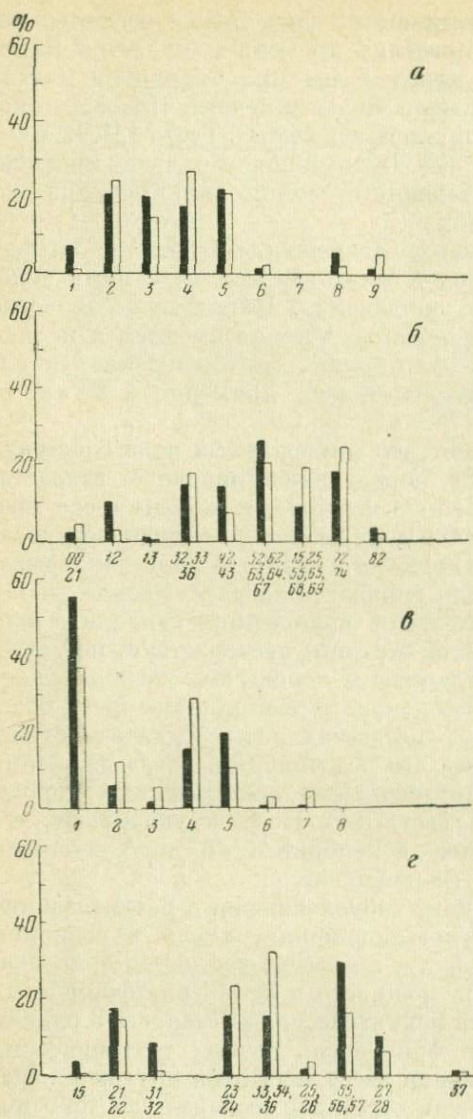
Положение пояса определяется размещением даек и штоков ларамийских изверженных пород и тесно связанного с ними золотого, молибденового, уранового оруденения. Наряду с очень четко проявленным поясовым размещением оруденения имеются и исключения. В частности, крупнейшее золоторудное месторождение Крипл-Крик размещено вне Колорадского пояса, примерно в 80 км от него.

О. Твето и П. К. Симс отмечают, что минеральный пояс Колорадо совпадает с зоной деформаций пород докембрийского возраста. В докембрии пояс пережил сложную историю, и породы в его пределах претерпели как пластические деформации со складкообразованием, так и наложенную трещиноватость. Вначале зона закладывалась как полоса распространения горизонтальных смещений, к которой приурочивались дополнительные наложенные складки с вертикальными шарнирами. Вдоль той же зоны впоследствии, но также в докембрии, были сконцентрированы процессы регионального прогрессивного, а затем и регрессивного метаморфизма. Здесь были сосредоточены также милониты, псевдотахилиты и катакластические гнейсы. Интересно отметить, что в докембрии, когда движения вдоль пояса были наиболее интенсивными, изверженные породы здесь не концентрировались. О. Твето и П. К. Симс указывают, что наоборот, «зона заметно беднее докембрийскими интрузивными породами, чем окружающие ее площади».

Послекембрийские дислокации, обусловившие распределение платформенного чехла и выступов докембрия, имели в основном север-северо-западную ориентировку, но северо-восточная зона оказывала существенное влияние на мощности и фации платформенных отложений. В ларамийское время магматическая активность и рудная минерализация происходили на фоне очень слабых тектонических движений. В постларамийское время здесь, как и на других площадях провинции, происходила очень отчетливо выраженная тектоническая активизация, приведшая к формированию чередующихся меридиональных хребтов и тектонических впадин.

Типы месторождений

Общая типизация месторождений провинции дается в соответствии с принятой в данной работе группировкой. Среди формационных групп (рис. 24) здесь преобладают специфичные для провинции



ции золото-халцедоновидно-кварцевые, как с малым, так и со значительным количеством сульфидов (группы 2 и 4). Месторождения четвертой формационной группы образуют все переходы к золото-сульфидно-кварцевой (третьей) группе, так что классифицировать месторождения удастся не всегда вполне отчетливо. Помимо прямых указаний на наличие в жилах халцедона или халцедоновидного кварца, при отнесении месторождений к четвертой формационной группе принималось во внимание наличие в жилах адуляра, карбонатов марганца и других признаков близповерхностного генезиса.

Сравнительно широко развиты в пределах провинции «неспецифичные» для нее формационные группы, такие, как золото-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая

Рис. 24. Распределение месторождений золота провинции магматической активизации Северной Америки по формационным группам (а), минеральным типам (б), морфологическим классам (в) и характеру вмещающих пород (г). Условные обозначения см. на рис. 5. Всего учтено 219 месторождений с суммарной добычей 4700 т золота

и золото-сульфидная. К последней, в частности, отнесены давние очень большие количества золота вкрапленные существенно халькопиритовые («меднопорфировые») зоны и полиметаллически-сульфидные залежи в известняках.

Заметное (около 100 т) количество золота добыто в описываемой провинции также из скарных месторождений.

Особо следует остановиться на наличии месторождений, которые по принятому формационному делению не попадают ни в одну группу,

и отнесены в разряд прочих. Это выявленные сравнительно недавно месторождения тонкодисперсного золота в углистых известняках — Карлин и Кортен, отдельные описания которых приведены ниже. Хотя в этих месторождениях и присутствует вкрапленность пирита, но она, судя по описаниям, не имеет отношения к процессу золотой минерализации, а затрагивает в целом вмещающие породы, и интенсивность ее даже уменьшается в ходе рудного процесса.

По минеральным типам золоторудные месторождения провинции весьма разнообразны. Наиболее характерно малое распространение простых минеральных типов — пиритового и особенно арсенопиритового, что резко отличает данную провинцию от других. Мышьяк участвует здесь в формировании более сложных минеральных типов: полиметаллически-сульфосольного, энаргитового и др.

Для провинции специфично также широкое распространение серебряных минералов с образованием аргентитового, пираргирит-миаргиритового и других минеральных типов. Разнообразны также минеральные типы, в которых существенное значение имеют теллуриды, хотя общий процент добытого золота из теллуридных типов не превышает таковой для Канадского щита. Из существенно золототеллуридных месторождений, помимо широко известных Крипл-Крик и Голдфилд, можно указать месторождение Магнолия — первое в Колорадо, где добывались существенно теллуридные руды. Значительный интерес представляет здесь ассоциация теллуридов с ферберитом, молибденитом и ванадиевой слюдой роскоэлитом (Lovering, Goddard, 1950).

Специфичны, хотя и не очень широко развиты в описываемой провинции реальгаровый, антимонитовый и ртутный минеральные типы золотых месторождений. Из этих месторождений следует отметить Гэтчел и Манхэттен в Неваде, Меркур в Юте и некоторые другие. Весьма интересное месторождение Гэтчел (Jorganson, 1954), давшее около 15 т золота, представлено залежью мягкой глиноподобной массы в известняках, в составе которой наряду с пиритом, пирротинном, арсенопиритом, марказитом, присутствуют в значительном количестве аурипигмент (до 40%), реальгар (1—10%), а также антимонит, киноварь, магнетит, молибденовый минерал илземанит. Золото в месторождении чрезвычайно мелкое, заключено в основном в пирите.

В месторождении Меркур (суммарная добыча золота из рудного района, где оно находится, около 35 т) рудные тела представлены залежами кремневидного кварца в известняках, минерализованными пиритом, реальгаром, аурипигментом и киноварью. Золото очень мелкое. Форма его выделения неясна.

Согласно данным сводки А. Г. Кошмана и М. Г. Бергендаля (Koschmann, Bergendahl, 1968), а также отдельным имеющимся статьям по этим вопросам, для данной провинции характерно присутствие в рудах многих месторождений молибденита и вольфрамита, причем соотношения их с золотым оруденением различны. Нередко их отложение обособляется в самостоятельные стадии, как более ранние,

так и более поздние по отношению к продуктивным на золото. Указывается также присутствие минералов молибдена и вольфрама в тесной парагенетической ассоциации с собственно золотыми рудами.

Из других довольно обычных компонентов руд можно указать минералы висмута.

В ряде месторождений провинции развита селеновая минерализация. Наиболее известным в этом отношении является месторождение Репаблик в штате Вашингтон, где в весьма мелкозернистом агрегате рудных минералов установлены науманит (Ag_2Se), агвиларит (Ag_4SeS) и предположительно селенид золота (Au_2Se_3) (Muessig, 1967). Присутствие агвиларита, а также селенида висмута — гуанахуатита (Bi_2Se_2) — указано для месторождения Гуанахуато в Мексике (Johnson, 1963). Наконец, значительная роль в рудах селенидов отмечается также для месторождений Комсток и Аврора (штат Невада). В последнем селениды встречаются при отсутствии в рудах теллуровой минерализации. Перечисленные месторождения с селенидами размещаются в разных местах провинции и подметить какую-либо закономерность в локализации селена в рудах не удастся.

Из жильных минералов одним из наиболее распространенных (после кварца) в месторождениях провинции является адуляр, присутствие которого типично для очень многих месторождений. Довольно обычным компонентом руд является также флюорит. Широко известным примером в этом отношении является крупнейшее месторождение Крипл-Крик. Часто встречается флюорит также во многих полиметаллических сульфидных с золотом месторождениях замещения в известняках.

Менее характерен, но спорадически встречается в различных месторождениях золота турмалин. Он отмечен, в частности, в месторождениях Блэк-Каньон в Аризоне, Лордсберг в Нью-Мексико, Элкорн в Монтане. В последнем случае мелкозернистый агрегат турмалина с кварцем слагает цемент минерализованной трубки взрыва.

Из морфологических классов оруденения резко преобладает кварцевожильный. Им представлено более 50% всех месторождений и почти 40% от суммарной добычи золота провинции. Следующими по значению являются зоны вкрапленных руд. Наибольшее количество отнесенных сюда месторождений принадлежит к меднопорфировым. В этот же морфологический класс включены очень специфические для провинции активизации и интересные с генетических позиций минерализованные вулканические брекчии, слагающие тела трубчатой формы. Это знаменитая «Крессонова труба», или «Крессонов раздув» на месторождении Крипл-Крик, трубка Пэтч в рудном поле Айдахо-Спрингс — Централ-Сити, вулканическая трубка месторождения Бассик (округ Розита Хиллс) в Колорадо и ряд других. В месторождении Бассик вулканическая трубка располагается в гнейсах, имея размеры в плане 360×600 м. Минерализованная часть ее площадью 9×30 м прослежена на глубину 450 м.

Следует заметить, что представляя очень большой интерес с точки зрения геологии, минерализованные трубки в общем балансе золотодобычи играют довольно скромную роль. Хотя учесть отдельно количество добытого из них золота невозможно, оно, несомненно, сравнительно невелико.

Значительная роль среди морфологических классов золотого оруденения принадлежит также залежам, сложенным сплошными сульфидными рудами. Большая часть залежей приурочена к известнякам, слагающим платформенный чехол или участвующим в строении миогеосинклинальных толщ. Залежи также нередко характеризуются трубо- или столбообразной формой, обусловленной уже структурными факторами: пересечениями нескольких разломов или разломов с литологически благоприятными горизонтами.

По характеру вмещающих пород золоторудные месторождения провинции активизации довольно разнообразны. Специфично наличие значительного числа месторождений в карбонатных породах, давших, правда, сравнительно немного золота. Необычно также присутствие месторождений, приуроченных к глубоко метаморфизованным породам. Ими сложены выступы докембрийского фундамента в Колорадо и на других золотоносных площадях провинции. Как и в других типах золотоносных провинций, наибольшее количество месторождений и, главное, наибольшая суммарная добыча золота приходится на месторождения, рудные тела которых залегают в вулканитах основного состава. Наряду с ними заметную роль в качестве рудовмещающих играют и кислые вулканические породы, а также субвулканические и эруптивные тела кислого состава. Особенно характерна приуроченность к ним существенно серебряных золотосодержащих месторождений Латинской Америки.

Влияние структурных элементов на размещение оруденения

Структурный контроль размещения месторождений и отдельных рудных тел в описываемой провинции в значительной степени обычен вообще для гидротермальных месторождений. Особенно это относится к резко преобладающему кварцевожильному классу месторождений. Большое влияние на размещение промышленного оруденения оказывают в этом классе элементы залегания отдельных отрезков жил, нередко жилы приурочиваются к трещинам оперения, сопровождающим главные рудоносные трещины, развиты явления экранирования оруденения. Примеры подобного структурного контроля хорошо известны из курсов рудных месторождений и поэтому здесь не рассматриваются.

Остановимся на некоторых специфических для провинции чертах структурного контроля оруденения. Одной из них является значительная роль в локализации золотой минерализации вулканических структур, наряду с тектоническими. Ряд месторождений

провинции связан как генетически, так и структурно с вулканическими аппаратами центрального типа, в первую очередь, со структурами типа кальдер. К ним относятся, в частности, крупное рудное поле Теллурид — Силвертон в Колорадо, а также менее значительные месторождения Крид, Лейк-Сити и др. Во всех этих случаях отмечается сложная связь рудных тел со структурными элементами кальдер. Оруденение обычно является наложенным на кольцевые и радиальные разломы, сформированные при кальдерообразовании, и использует только их отдельные фрагменты, активизированные на поздних этапах развития вулканических аппаратов. Вместе с тем общая связь размещения оруденения с кальдерами выступает достаточно отчетливо.

Наряду с отрицательными вулканическими структурами значительная роль в локализации оруденения принадлежит также положительным структурам: субвулканическим телам, неккам, жерловинам, трубкам взрыва. О случаях непосредственной связи оруденения с минерализованными вулканическими трубками уже упоминалось выше при характеристике морфологических типов оруденения. Эти образования играют большую роль на ряде месторождений, особенно штата Колорадо, и в качестве структурных элементов.

Т. С. Ловеринг и Э. Н. Годдард указывают для месторождений Передового хребта Колорадо два пути поступления рудоносных растворов: 1) дорудные и внутрирудные тектонические нарушения; 2) зоны магматических брекчий и полости, образованные в связи с эксплозивным вулканизмом. При этом выделяются брекчии двух типов: с интрузивным материалом (латитовым, но обычно нацело измененным цементом) и такие, где интрузивный материал в составе цемента отсутствует.

Из тектонических рудоконтролирующих структур для данной провинции специфичны, хотя и мало распространены, грабены. Наиболее отчетливо приуроченность к грабену субмеридионального простирания устанавливается для месторождения Репаблик в штате Вашингтон, давшем около 30 *t* золота. Согласно С. Дж. Мюссигу (Muessig, 1967), жилы размещаются в центральной части грабена и ориентированы вдоль его длинной оси.

Для наиболее крупного месторождения провинции Крипл-Крик также предполагается грабеновая природа площади развития третичных вулканогенно-осадочных пород среди гранитоидов, к которой приурочены почти все золотосодержащие жилы.

Для многих месторождений провинции характерно также влияние на локализацию оруденения различных структурных этажей. В частности, большое значение принадлежит карбонатным породам платформенного чехла, в которых на многих месторождениях локализуются сплошные сульфидные золотосодержащие руды. Сочетание крутопадающих разломов с элементами слоистой структуры обуславливает в этих случаях весьма сложные формы рудных тел.

Зональность в распространении оруденения

Провинция активизации отличается от других металлогенических по золоту провинций Северной Америки очень отчетливо проявленной зональностью различных порядков в размещении золотого оруденения.

Региональная зональность проявляется в преимущественном развитии определенных типов золотого оруденения в разных частях провинции. Так, существенно серебряные месторождения сконцентрированы в южной (мексиканской) и западной (штат Невада) частях провинции. Медная минерализация в золотых месторождениях больше тяготеет к северной (штат Монтана) и центральной частям провинции (штаты Юта, Аризона и юго-западная часть штата Нью-Мексико). Полиметаллическая минерализация преобладает в месторождениях, расположенных ближе к восточной части провинции: в центральной части штата Монтана, в штатах Колорадо и Нью-Мексико. Теллуридная минерализация в золоторудных месторождениях (за исключением месторождения Голдфилд) наиболее типична для еще более восточных территорий.

Указанная зональность размещения разнотипных месторождений проявляется не очень отчетливо, имеются многочисленные отступления от изложенной схемы, что возможно обусловлено и недостаточной полнотой имевшихся в нашем распоряжении материалов.

Более определенно горизонтальная зональность отмечается в пределах отдельных частей провинции. Так, для части рудного пояса Колорадо, охватывающей Передовой хребет, т. е. на протяжении около 100 км, Т. С. Ловеринг и Э. Н. Годдард указывают на следующее проявление зональности. В юго-западной части этого отрезка пояса в качестве околорудных изменений развита серицитизация, а в направлении к северо-востоку увеличивается роль вначале адюллара, а затем глинистых минералов. Авторы не интерпретируют эту интересную закономерность, но, очевидно, она может быть объяснена уменьшением в направлении к северо-востоку глубинности формирования месторождений или их эрозионного среза. Указанной зональности околорудных изменений отвечает и рудная зональность, которая, в целом сводится к преобладанию в юго-западной части рассматриваемого отрезка пояса полиметаллического, а в северо-восточной — золотого оруденения.

Т. С. Ловеринг и Э. Н. Годдард отмечают, что зональное размещение оруденения отвечает следующей возрастной последовательности минерализации: 1) пирит, 2) сфалерит, 3) халькопирит, 4) галенит и халькопирит, 5) серебродержащие сульфосениды, сульфоантимониды и висмутовые минералы, 6) пирит с подчиненным количеством халькопирита, 7) свободное золото, 8) небольшие количества сфалерита, галенита и серебряных минералов, 9) теллуриды золота, 10) золото, сфалерит, галенит и небольшие количества пирита, 11) ферберит. На юго-западе в целом преобладают минералы группы 1—5, а на северо-востоке — группы 6—11.

Наиболее отчетливо зональность отмечается в пределах рудных узлов или рудных полей. Целый ряд крупных месторождений провинции, таких, как Бьютт, Тинтик, Айдахо-Спрингс — Централ-Сити, Теллурид — Сильвертон, являются классическими в этом отношении. Наблюдается она и на менее значительных полях, таких, как Монтесума, Брекенридж, Крид и др. Обычно намечается зональное концентрическое проявление разнотипной минерализации вокруг отдельных магматических тел или скоплений штоков и даек. Подробнее об этом сказано при описаниях конкретных месторождений.

О вертикальной зональности месторождений золота провинции сведений меньше, чем о горизонтальной. Общая глубина оруденения значительно варьирует. По Т. С. Ловерингу и Э. Н. Годдарду, для Передового хребта Колорадо она определяется в каждом месторождении не общим выклиниванием минерализации по падению, а местным неравномерным содержанием полезных компонентов. Наиболее глубокие отработки месторождений в пределах Передового хребта были достигнуты на рудном поле Айдахо-Спрингс — Централ-Сити — 660 м. Непрерывный рудный столб, сложенный серебро-свинцово-цинковыми рудами, прослеживался на месторождении Силвер-Плум на 540 м. Для многих рудных тел глубина экономически выгодной отработки ограничивалась 200—250 м, но вблизи них нередко размещались значительно более протяженные на глубину рудные тела.

Вследствие сильно пересеченного рельефа могут быть получены дополнительные данные о вертикальной протяженности оруденения, которая в целом оценивается в 1000 м. Бóльшей частью нижнее выклинивание рудных тел определяется не затуханием минерализации, а сменой структурных условий, которые становятся неблагоприятными. Глубина отработки месторождений, в свою очередь, часто зависит только от экономических факторов и горно-технических условий (например, высокой обводненности выработок).

В целом по провинции наиболее глубокие отработки (около 1000 м) были на месторождении Криш-Крик. Оруденение на этой глубине обнаруживало явные тенденции к затуханию, хотя непосредственным поводом для прекращения работ служили трудности с водоотливом. До глубины 600 м прослеживались богатые руды на месторождении Комсток, хотя отдельные рудные тела были встречены до 900 м. Богатое оруденение отмечено до глубины 750 м также на месторождении Эль-Оро в Мексике.

Изменения пород, вмещающих оруденение

Изменения рудовмещающих пород в месторождениях золота описываемой провинции весьма характерны и относятся к выделяемым автором аргиллизито-кварцевой и серицито-гидрослюдистой формациям. Эти изменения в тех случаях, когда рудные тела размещены в вулканогенных толщах, сопровождаются широкими ореолами пропилитизации низко- или среднетемпературных фаций.

При приуроченности оруденения к иным породам, в частности, кристаллическим сланцам докембрия, в них развиваются аналогичные пропилитоподобные изменения с новообразованием хлорита, эпидота и других типоморфных минералов.

Очень характерна горизонтальная зональность ореолов околорудных изменений. Пропилиты или пропилитоподобные породы внешних зон сменяются обычно аргиллитовыми изменениями с постепенными переходами от монтмориллонитовой внешней подзоны к каолинитовой внутренней. Еще ближе к жиле развивается, как правило, серицитизация. Более подробно изменения пород будут описаны при характеристике отдельных месторождений.

Особо должны быть отмечены весьма характерные для данной провинции изменения известняков. Они хорошо известны по описаниям Т. С. Ловеринга для месторождения Тинтик, где развиты доломитизация и окварцевание. На крупном полиметаллическо-золоторудном месторождении Лидвилл, как отмечает О. Твето (Tweto, 1968), генезис доломитов вызывал длительные споры. Обсуждался вопрос о том, являются ли они осадочными породами или результатом доломитизации известняков. О. Твето считает, что этот вопрос до сих пор нельзя считать выясненным окончательно, вероятно, явления доломитизации на месторождении широко развиты, хотя имеются и прослой осадочных доломитов.

Для наиболее близповерхностных месторождений характерна алунитизация вмещающих пород (см. описание месторождения Голдфилд). Алунитизация далеко не всегда сопровождается скольконибудь значительные золоторудные месторождения. Так, она очень широко развита в месторождении Суммитвилл (Юго-Западное Колорадо), которое дало всего около 8 т золота. Здесь процессы околорудных изменений детально описаны и охарактеризованы химическими анализами Т. А. Стевенем и Дж. К. Ратте (Steven, Ratte, 1965). Изменения затрагивают кварцевые латиты и непосредственно сопровождают рудные тела, представленные ноздреватым кварцем с сульфидами и предположительно с выщелоченным алунитом. Эти рудные тела окружены кварц-алунитовой зоной, сменяющейся последовательно иллит-каолинитовой и более широкой монтмориллонит-хлоритовой зонами.

Характеристика золота в рудах

Специальных исследований самородного золота из месторождений провинции не проводилось, но данные о пробе золота, соотношении золота и серебра в рудах и размерах золотин довольно многочисленны.

По пробе золота и отношению $Au : Ag$ месторождения провинции весьма разнообразны. Еще Г. Г. Фергусон (Ferguson, 1929), проводя исследования в штате Невада, выделил здесь две группы месторождений: преобладающую группу миоценовых месторождений с повышенной серебристостью руд и более поздние плиоценовые

месторождения, где золото резко преобладает над серебром. К первой группе им отнесены месторождения Аврора ($Au : Ag = 1 : 14$), Боди ($1 : 8$), Роухэд ($1 : 15$), Ярбридж ($1 : 1,5$), Нейшил ($1 : 50$), Топопа ($1 : 50$). Для всех этих месторождений характерно присутствие в рудах серебряных минералов, в первую очередь аргентаита, а также заметное распространение родохрозита. Ко второй группе им относится только месторождение Голдфилд, где $Au : Ag$ составляет $7 : 3$.

Г. Г. Фергусон указывает, что различия возможно связаны с глубиной формирования месторождений, но факты не подтверждают этого. Вероятно, отношение золота к серебру в рудах зависит от характера магматического источника.

В настоящее время данные о пробе золота и серебрности руд имеются для многих месторождений. Проба изменяется от 500—550 (месторождения Комсток, Топопа, Нейшил, Силвер-Сити и др.) до 900 (Крипл-Крик, Голдфилд). Отношение золота к серебру меняется в еще более широких пределах: от $10 : 1$ в Крипл-Крик до $1 : 200$ — $1 : 400$ в руде месторождений Мексики. Отдельные находящиеся здесь месторождения характеризуются даже в 1000 раз более высоким содержанием серебра, чем золота.

Размеры золотинок в месторождениях провинции, как правило, малые. Для многих месторождений указывается присутствие субмикроскопического золота, обычно приуроченного к сульфидам. В некоторых близповерхностных месторождениях провинции присутствуют крупные выделения золота. Так, А. Г. Кошман и М. Г. Бергендаль упоминают месторождение Фэрнкомб Хилл в Колорадо, где в весьма маломощных (редко более 1 см) прожилках встречалось исключительно крупное золото, поставлявшееся отсюда в музей всего мира.

Краткая характеристика главных месторождений

В описываемой провинции имеется значительное число крупных месторождений, заслуживающих отдельной характеристики. Многие из них относятся к хорошо известным, геология которых освещена в учебных пособиях по рудным месторождениям. В этом случае по возможности описание сокращено, приводятся только новые сведения. К сожалению, значительная часть крупных месторождений золота Северной Америки давно отработана и новых описаний их нет.

Месторождение Крипл-Крик в штате Колорадо (индекс 215124) относится к крупнейшим золоторудным месторождениям мира и является безусловно самым крупным месторождением золото-халцедон-кварцевой (близповерхностной) формации. Оно открыто в 1891 г. и обрабатывалось около 50 лет. За это время было добыто несколько более 594 т золота. Месторождение описано такими крупными геологами, как В. Линдгреном, Г. Ф. Лафлином, Т. С. Ловрингом, А. Г. Кошманом и др. (Lindgren, Ransome, 1906; Loughlin,

Koschmann, 1935; Lovering, Goddard, 1950). Согласно данным этих исследователей, район месторождения сложен крупным гранитным батолитом, так называемыми гранитами Пайкс Пик докембрийского возраста, занимающим площадь $45 \times 110 \text{ км}^2$. Это крупнозернистые красные граниты, пересеченные дайками более мелкозернистых.

Месторождение расположено вне главного пояса развития мезокайнозойских изверженных пород — описанного выше рудного пояса Колорадо, примерно в 80 км от его границ. На рудном поле развит свой обособленный очаг третичных вулканических пород, сформировавшийся, по Т. С. Ловерингу, позже почти всех остальных вулканогенных образований плато Колорадо, в основном в миоцене.

Площадь, заполненная вулканогенными породами и представляющая собой собственно рудное поле, имеет размер $6,5 \times 3,2 \text{ км}^2$ и неправильную форму, контролируемую пересечением разломов северо-восточного и северо-западного простираний (рис. 25). Наличие разломов определяют ступенчатые очертания этой площади и присутствие «останцов», сложенных докембрийскими гранитоидами и сланцами. Контакты вулканогенных пород с гранитоидами крутые, близкие к вертикальным.

Структурное сооружение Крипл-Крик интерпретируется рядом геологов как вулканический кратер, а заполняющие его тонкозернистые обломочные вулканогенные породы рассматриваются как продукты эксплозивной вулканической деятельности. П. Д. Яковлев (1967) при классификации вулканических построек относит ее к первому типу — эксплозивным кальдерам без кольцевых и радиальных разломов. Однако Г. Ф. Лафлин, А. Г. Кошман и более поздние исследователи указывают на то, что более вероятно тектоническая, а не вулканическая интерпретация структуры, которая рассматривается в этом случае в качестве сложно построенного грабена.

Заполняющие грабен отложения (суммарная мощность около 900 м) статифицированы. В нижней части они представлены конгломератами, аркозовыми песчаниками и алевролитами, не содержащими вулканогенного материала, а в верхней слабо сортированными и неяснослоистыми существенно фонолитовыми обломочными породами, которые могут интерпретироваться и как туфы, и как эксплозивные брекчи.

Вулканогенно-осадочные отложения прорваны дайками, на основании пересечений которых установлено не менее 10 стадий эруптивной деятельности. Выделяются две серии даек латито-фонолитов, две — сиенитов, две — фонолитов и по крайней мере пять — базальтов. В заключение вулканической активности был сформирован локальный субвертикальный базальтовый брекчиевый кратер — знаменитый «Крессонов раздув», который наряду с жилами представляет собой рудное тело.

Общий характер магматизма в Крипл-Крик основной, с натривой специализацией. Для фонолитов характерны вкрапленники

нефелина, для части базальтов — анальцима. Несмотря на правомерность интерпретации структуры Крипл-Крик в качестве грабена, взрывные явления, очевидно, происходили в нем не только при формировании «Крессонова раздува», но и на более ранних стадиях развития.

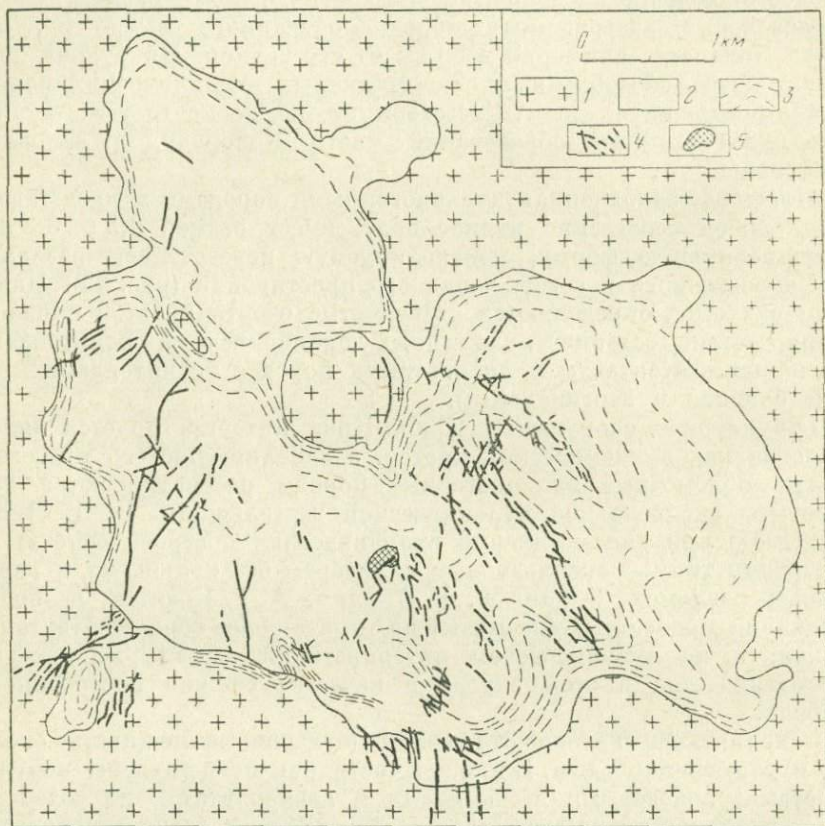


Рис. 25. Схема геологического строения рудного поля Крипл-Крик.
По Г. Ф. Лафлину и А. Г. Кошману

1 — докембрийские граниты; 2 — третичные вулканогенные породы; 3 — изогипсы стенок вулканотектонической постройки (проведены через 150 м); 4 — главные золото-кварцевые жилы; 5 — тело золотоносных брекчий («Крессонов раздув»)

Оруденение на месторождении включает все проявления магматической деятельности. Г. Ф. Лафлин и А. Г. Кошман выделяют три главные стадии оруденения.

На первой стадии происходят в основном изменения вмещающих пород, которые выражаются в новообразовании кварца, адуляра, плотных агрегатов темно-пурпурного флюорита и грубозернистого пирита. Кварц и адуляр выделяются также в плотных сплошных массах, которые называются на месторождении «яшмаами» и выпол-

няют пустоты в выщелоченном позрелом граните. Иногда в гранитах по трещинам развивается гематит (спекулярит). К этой же стадии относят и отдельные жилы плотного флюорита и кварца мощностью до 0,6 м, которые рассекают как вулканические брекчии, так и расщепленные граниты около них. Продукты первой стадии минерализации содержат золото только в тех случаях, когда на них накладывается минерализация последующих стадий.

Ко второй стадии относится отложение молочно-белого, иногда дымчатого кварца, более светлоокрашенного флюорита и тонкозернистого пирита. К этой же стадии принадлежат выделения карбонатов — доломита и анкерита, слагающих небольшие хорошо образованные кристаллы, целестина и теллуридов. В местах выклинивания жил и около обломков в них боковых пород наблюдаются выделения роскоэлит. Местами встречаются также небольшие количества сфалерита, галенита и тетраэдрита. Роскоэлит и целестин иногда являются показателями богатых руд.

Из теллуридов наиболее распространен калаверит; присутствуют также сильванит, креннерит и более редкие петцит, гессит и Au-Cu теллурид. Наряду с теллуридами встречаются выделения самородного высокопробного золота.

Третья стадия минерализации с двумя или более подстадиями представлена дымчатым или бесцветным кварцем, слагающим друзы кристаллов, и желтым халцедоном. Кроме них к ней относятся мелкозернистый пирит, частично игольчатый, похожий на марказит, кальцит и на отдельных участках киноварь.

Продукты указанных трех стадий минерализации слагают рудные тела следующих морфологических типов:

1) трещинные жилы заполнения — простые маломощные и сложные с колебаниями мощности от первых сантиметров до нескольких метров. Протяженность жил до 1,5 км, но обогащенные участки в их пределах не превышали 400 м. Жилы рассекают как вулканические породы, так и вмещающие их граниты;

2) неправильные по форме тела, часто локализованные на пересечениях жил и включающие минерализованные вулканогенные породы и граниты;

3) трубообразные тела, сложенные брекчиями обрушения или взрыва, к которым, в частности, относится упоминавшаяся уже трубка Крессон диаметром около 100 м, прослеженная на глубину 600 м.

По данным В. Линдгрена, руды состоят примерно на 60% из кварца, 20% доломита, 20% флюорита. Рудные минералы составляют доли процента.

Глубина оруденения не менее 1000 м. В. Линдгрэн указывает, что отработки велись до глубин 900 м, но затруднялись очень обильным притоком подземных вод, для отлива которых приходилось проходить многокилометровые вассерштольни.

Среднее содержание золота на месторождении 10—12 г/т. Очень четко была проявлена зона окисления, где содержание золота

достигало 50—110 г/т, причем значительно распространены были свободное золото и окислы теллура.

Рудное поле Айдахо-Спрингс — Централ-Сити (индекс 362728) расположено, так же как и Крипл-Крик, в штате Колорадо, но уже в пределах главного рудного пояса на пересечении им Передового хребта. Это рудное поле дало около 186 т золота. Описание его приведено в сводной работе Т. С. Ловеринга и Э. Н. Годдарда (Lovering, Goddard, 1950). В 1953—1954 гг. проводилось дополнительное картирование и изучение месторождений в северной части (Централ-Сити) П. К. Симсом, А. А. Дрейком и Э. В. Тукером (Sims a. o., 1963) и в южной (Айдахо-Спрингс) Р. Х. Моэнхом и А. А. Дрейком (Moench, Drake, 1966).

Рудное поле сложено кристаллическими сланцами и гнейсами докембрия, прорванными большим количеством раннетретичных штоков (до 0,8 км в поперечнике) и даек. Среди изверженных пород в возрастной последовательности (от древних к молодым) выделяются: гранодиорит-порфиры, альбитовые гранодиорит-порфиры, щелочные сиенит-порфиры, кварцево-монцитовые порфиры, гранит-порфиры, бостонитовые порфиры, кварцево-бостонитовые порфиры, трахитоидные гранит-порфиры, биотит-кварцевые латиты. Все эти породы внедрялись до рудоносных жил, за исключением биотит-кварцевых латитов, которые пересекают жилы. Более ранние изверженные породы слагают штоки, а поздние — дайки, причем размеры их уменьшаются от древних к молодым породам.

Большинство жил месторождения имеют северо-восточное простирание. Поле их концентрации ограничивается с юга разломом в докембрийских породах древнего заложения и того же простирания. Жилы на месторождении обычно следуют контактам даек. Они протягиваются в длину до 2 км, чаще на сотни метров. Мощности промышленных жил колеблются от 1 см (у существенно теллуридовых жил) до 12 м в отдельных раздувах, где жилы переходят в жильные зоны. Морфология рудных тел в значительной степени определяется характером вмещающих пород: в массивных гранито-гнейсах, инъекционных гнейсах, пегматитах, ларамийских порфирах расположены простые жилы, а в кристаллических сланцах — рассредоточенные жильные зоны. Описаны многочисленные конкретные случаи контроля оруденения механическими свойствами вмещающих пород. Жилы и жильные зоны, как правило, крутопадающие, углы их падения свыше 60°.

Промышленное оруденение локализуется в жилах не повсеместно, а в рудных столбах, положение которых контролируется благоприятными структурными элементами.

Наряду с жильным типом оруденения на описываемом рудном поле встречаются также локальные участки рудных штоков или минерализованных брекчий. Хотя экономическое значение их не очень большое, но с генетических позиций они очень интересны. Наибольшее тело минерализованных брекчий — Пэтч — в плане имеет форму овала с размерами 225 × 120 м. Тело столбообразное,

и по падению без существенного изменения размеров, но с постепенным затуханием минерализации, прослеживается на 480 м. В теле Пэтч пирит-халькопирит-золотая минерализация цементирует угловатые, иногда округленные обломки пород. Т. С. Ловеринг и Э. Н. Годдард указывают, что хотя трещиноватость в рудном теле Пэтч может быть поздней наложенной, но сходство с трубками взрывных брекчий так велико, что наиболее вероятно происхождение тела ударным воздействием нижележащей изверженной трубки, внедренной в ослабленную зону.

В составе руд, согласно П. К. Симсу, из жильных минералов главное значение имеют кварц и халцедон, присутствуют также сидерит, анкерит, флюорит и барит; из рудных минералов наиболее распространены пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, теннантит и энаргит. Локально распространены уранинит и теллуриды золота.

На месторождении выделяются пиритовый, пиритово-медный, галенит-сфалеритовый, а также теллуридный и урановый типы руд. Они сложены различными минеральными ассоциациями, характерными для отдельных жил или для их частей.

В состав руд пиритового типа входят пирит, халькопирит, теннантит, золото, местами энаргит и другие рудные минералы. Среди жильных минералов кроме кварца встречаются сидерит и флюорит. Содержание SiO_2 в руде колеблется от 30 до 70%, меди обычно менее 1,5%, местами до 15—16%. Золота содержится 30—90 г/т, серебра 120—240 г/т.

В галенит-сфалеритовых рудах содержания свинца доходят до 54%, цинка 32%, меди 17%. Золота содержится от 4,5 до 90 г/т, серебра от 165 до 1200 г/т.

Руды сложного типа представляют собой результат наложения галенит-сфалеритовой минеральной ассоциации на пиритовую.

Теллуридные руды формировались в более позднюю стадию по сравнению с вышеописанными. Размещаются они локально в зоне северо-восточного простирания. Жильным минералом в рудах этого типа является сине-серый тонкозернистый «роговиковый» кварц с небольшим количеством флюорита и железистого кальцита. Из теллуридов описаны алтаит, колорадоит, креннерит, петцит и сильванит. Содержание золота в отдельных участках рудных тел около 480 г/т, отношение золота к серебру 1 : 1—3 : 1.

В пределах рудного поля отмечается четкая горизонтальная зональность. П. К. Симс, А. А. Дрейк и Э. В. Тукер (Sims a. o., 1963) выделяют центральную, промежуточную, периферическую и пустую зоны. В центральной зоне распространены незолотоносные пирит-кварцевые жилы. В участках этих жил, расположенных в краевой внешней части зоны, в составе руд появляются теннантит и халькопирит.

Жилы в промежуточной зоне в основном также имеют пирит-кварцевый состав, но содержат несколько процентов сфалерита и галенита, существенные количества золота и серебра и меньше, чем в краевой части центральной зоны, медных минералов.

В жилах периферической зоны преобладают сфалерит, галенит и серебро, но присутствуют также халькопирит, теннантит и пирит. В составе жил здесь характерны карбонаты, барит и флюорит.

Указанные зоны сформированы в течение двух стадий минерализации: пиритовой и полиметаллически-сульфидной; продукты первой из них вначале выделялись в центральной части рудного поля, а затем рудоотложение сдвигалось к периферии. Отложение минералов второй стадии началось только с промежуточной зоны. Кроме указанных двух стадий отмечается еще урановая минерализация, которая предшествовала сульфидной и даже связанным с нею изменениям пород, и теллуридовая — наиболее поздняя. Возможно, что и та, и другая имели источник, независимый от источника главных сульфидных руд.

На рудном поле П. К. Симсом и П. Б. Бартоном-младшим (Sims, Barton, 1961) было проведено специальное изучение сфалеритов по более чем 90 образцам, отобраным из всех зон. Установлено, что содержание железа в сфалеритах меняется от 12 до 0,05%. На основании сопоставления железистости сфалеритов с экспериментальными данными установлено, что температура рудообразования менялась примерно от 620° С до 150° С. Снижение температуры шло от центра к периферии.

Согласно Э. В. Тукеру и другим, вокруг жил месторождения намечается две зоны изменений: внутренняя кварц-серицит-пиритовая и внешняя — аргиллитовая, в составе которой описаны монтмориллонит, смешаннослойные глинистые минералы, иллит и каолинит. Внутренняя зона имеет мощность от 2 до 60 см, внешняя — обычно несколько больше. Мощности измененных пород больше в центральной и промежуточной зонах рудного поля, чем в периферической. Местами общая ширина измененных пород доходит до 30 м. По периферии линейных зон изменений вмещающие породы хлоритизированы, эпидотизированы и карбонатизированы, т. е. несут те изменения, которые характерны для пропилитизации. Имеются наблюдения о независимости мощности зон изменений от мощности жил, поскольку изменения были, в основном, дорудными, лишь частично захватывая пиритовую стадию минерализации.

Глубина промышленного оруденения на месторождении до 800 м, причем отработка глубоких горизонтов лимитировалась не столько геологическими, сколько экономическими соображениями.

На верхних горизонтах обрабатывались окисленные руды, в которых установлено значительное обогащение золотом, особенно для галенит-сфалеритового типа. Содержание золота в окисленных рудах возрастает от 3 до 90 г/т.

Рудное поле Лидвилл в штате Колорадо (индекс 564555), согласно А. Г. Кошману и М. Г. Бергендалю, дало около 92 т золота. Для представления о составе руд интересно привести более ранние сведения Г. Ф. Лафлина и К. Г. Бера-младшего (Loughlin, Behre, 1947), которые указывают, что по 1944 г. было добыто 87,4 т золота, в том

числе 10,7 т из россыпей, серебра 7359,4 т, меди 51 437 т, свинца 1 033 454 т, цинка 714 038 т.

Монографическое описание месторождения приведено С. Ф. Эммонсом, Дж. Э. Ирвингом и Г. Ф. Лафлиным (Emmons a. o., 1927). Впоследствии более кратко оно было описано Г. Ф. Лафлиным и К. Г. Бером. Согласно этим данным, район рудного поля сложен известняками, известковистыми сланцами, песчаниками и кварцитами от верхнего кембрия до верхнего карбона, налегающими на докембрийский гранито-гнейсовый фундамент, который также в некоторых местах выходит на поверхность. Мощность палеозойского чехла около 900 м. Палеозойские породы почти нигде в пределах рудного поля не залегают строго горизонтально. Слои в них падают под углом 10—30°, а около многочисленных тектонических нарушений, разбивающих район на блоки, наблюдается крутое, вплоть до вертикального, падение слоев.

Палеозойские породы прорваны штоками, дайками и главным образом силлами изверженных пород верхнемелового — раннетретичного возраста. Состав этих пород гранитовый и монцитовый. Со времени первых исследований месторождения их разделяют на «белые» и «серые» порфиры. Описываются также риолитовые брекчии, слагающие тела неправильной формы.

Дополнительные сведения о дайках рудного поля Лидвилл приводит О. Твето (Tweto, 1960). Он отмечает, что могут быть выделены 25—30 различных типов порфиров, из которых около 15 разновидностей явно разновозрастны, так как наблюдаются их пересечения. Им приведены многочисленные схематические зарисовки соотношений даек с разломами, доказывающие многократность подвижек. Все дайковые породы дорудные, вмещающие их разломы только иногда подновлялись после процесса рудообразования.

Среди рудных тел резко преобладают и определяют облик месторождения послейные метасоматические залежи, подчиненное распространение имеет жильный тип оруденения. Рудовмещающей является нижняя часть палеозойского разреза, составляющая по мощности 150—160 м от докембрийского фундамента. Главные рудные тела, в целом размещенные на площади около 4 × 5 км, локализуются в контактах карбонатных пород с перекрывающими их силикатными. Наиболее благоприятны контакты доломитов формации лидвилл нижнего карбона (миссисипские слои) с расположенными над ними силлами порфиров. Оруденение распространяется обычно в стороны от рудоподводящих крутопадающих дизъюнктивов. Наибольшие метасоматические залежи имели длину до 600 м, ширину 240 м и мощность 60 м.

Выделяются три типа руд. 1. Силикатно-окисные магнетит-гематитовые, иногда с серпентином, которые образуются на контакте интрузивных тел с карбонатными породами. Практическое значение эти руды имеют только в том случае, если на них накладывается более поздняя сульфидная минерализация, распространение их незначительное.

2. Халькопирит-пиритовые с подчиненным количеством свинцово-цинковых минералов; жильные минералы — кварц, мангано-сидерит и барит. Эти руды слагают в основном кварцево-сульфидные жилы в силикатных породах. Промышленный интерес они представляют преимущественно в зоне окисления, где обрабатывались на золото и серебро.

3. Сфалерит-галенит-пиритовые, наиболее распространенные. Золото в них обычно содержится в количестве 0,9—1,5 г/т, но встречаются и исключительно богатые золотом и серебром гнезда, содержащие также висмутовую минерализацию (прорастания аргента, висмутина и галенита). Локально в рудах встречаются также тетраэдрит, халькопирит, арсенопирит. Золото в сульфидных рудах, как правило, субмикроскопическое.

Изменения вмещающих пород заключаются в окварцевании карбонатных пород и развитии ассоциации кварца, серицита и пирита в порфирах. Присутствие в рудах и околорудных ореолах адуляра не указывается, развитие глинистых минералов отмечается только в зоне окисления.

Глубина формирования месторождения на основании оценки мощности эродированных триасовых — меловых отложений оценивается в 3000—3800 м.

Рудное поле Теллурид — Силвертон (индекс 467124). К этому рудному полю, названному нами по наиболее крупным месторождениям, принадлежит целый ряд горных отводов в округах Оурей, Сан-Жуан и Сан-Мигуэль штата Колорадо, тяготеющих к единой структуре — кальдере Силвертон. Общее количество добытого с этой площади золота может быть приближенно оценено в 200—220 т. Описания давались для отдельных участков фактически единого рудного поля, выделявшихся по принципу принадлежности разным владельцам. При этом наиболее богатые площади обрабатывались давно и освещены в основном в работах начала XX в. К более позднему времени принадлежат публикации В. С. Бурбанка (Burbank, 1940; Burbank а. о., 1947; Burbank, Exeter, 1960 и др.), Р. С. Мельмана (Moehlman, 1936), Р. Г. Людке и др. (Luedke а. о., 1960), Д. Дж. Варнеса (Varnes, 1963), Г. С. Вхей (Vhay, 1962). Описание рудного поля дается с использованием перечисленных, а также других многочисленных работ.

Район рудного поля сложен залегающими горизонтально или почти горизонтально (углы 5—10°) третичными вулканогенными породами андезитового, риолитового и латитового состава общей мощностью около 1500 м. Эти породы перекрывают обнажающиеся только в глубоких врезам метаморфические докембрийские кристаллические сланцы, гнейсы и кварциты и платформенные осадочные породы возраста от кембрийского до позднемелового.

Размещение третичных пород определяется наличием эллиптической кальдеры размером 24 × 48 км, в пределах которой мощности вулканогенной толщи увеличены, и распространены многочисленные субвулканические образования, гипабиссальные интрузивные тела

и дайки. В центральной части основной кальдеры выделяется наложенная кальдера или блок опускания размером 13×16 км, ограниченная сложной системой кольцевых разломов, круто падающих во внутрь (рис. 26).

Последовательность отложения третичных пород следующая — на олигоценовых (?) конгломератах серии теллурид мощностью 0—300 м налегают (снизу вверх):

- | | |
|--|-------------|
| 1) туфы сан-жуан андезитового и латитового состава | 30—900 м |
| 2) лавы, туфы и брекчии пироксеновых андезитов, латитов и риолитов серии силвертон | более 900 м |
| 3) риолиты серии саншей, распространенные локально | 600 м |
| 4) лавы риолитов и кварцевых латитов серии потоси | более 900 м |
| 5) осадочные породы формации крид, распространенные восточнее описываемого рудного поля (у месторождения Крид) | 0—600 м |
| 6) латиты и андезиты серии фишер, распространенные локально | 0—600 » |
| 7) андезито-базальты, риолиты формации хинсдейл | 0—750 » |

При указанной последовательности вулканитов, приведенной В. С. Бурбанком и др. (Burbank a. o., 1947), не обнаруживается определенной тенденции в изменениях химизма вулканических пород. Вероятно, здесь совмещены продукты нескольких, во всяком случае двух самостоятельно развивавшихся вулканических центров. Наряду со слоистыми вулканогенными толщами на рудном поле широко распространены субвулканические и гипабиссальные тела различного состава и формы залегания.

Главное количество золота на рудном поле добыто из чрезвычайно многочисленных протяженных крутопадающих кварцевых жил, расположенных по периферии внутренней кальдеры, в целом радиально (см. рис. 26). Многие жилы приурочены к контактам даек, которые в свою очередь следуют тектоническим нарушениям и вновь осложнены более молодыми тектоническими подвижками. Некоторые жильные структуры протягиваются по простиранию до 8 км и на глубину до 1500 м. Мощность жил 0,9—1,5 м. Среди сотен промышленных жил выдающееся значение имели жилы Смагглер-Юнион к востоку от Теллурид, Кемп-Берд юго-западнее Оурей, Саннисайд северо-восточнее Силвертона, Шенано-Дейвс юго-восточнее Силвертона.

Наряду с протяженными жилами во внутренней части кальдеры располагаются короткие различно ориентированные жилы, а также трубчатые или сигарообразные сульфидные тела. Размеры таких тел в плане, согласно Р. С. Мельману, $3—15 \times 1,5—6,5$ м, а по вертикали от 15 до 270 м. Строение их брекчиевое. Р. Г. Людке и др. (Luedke a. o., 1960) считают, что происхождение таких минерализованных брекчий обусловлено давлением снизу магматических тел в виде пробок и последующим проседанием и растрескиванием вулканических пород. Промышленное значение тел минерализованных брекчий, несмотря на высокие местами содержания в них золота, было сравнительно небольшим.

Главным жильным минералом на рудном поле является кварц, наряду с которым присутствуют барит, серицит, родохрозит, адуляр, эпидот и флюорит. Сульфидов мало; они представлены пиритом,

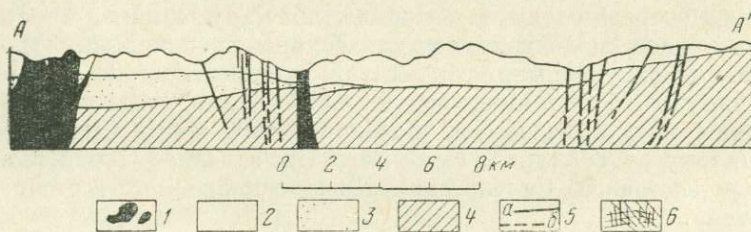
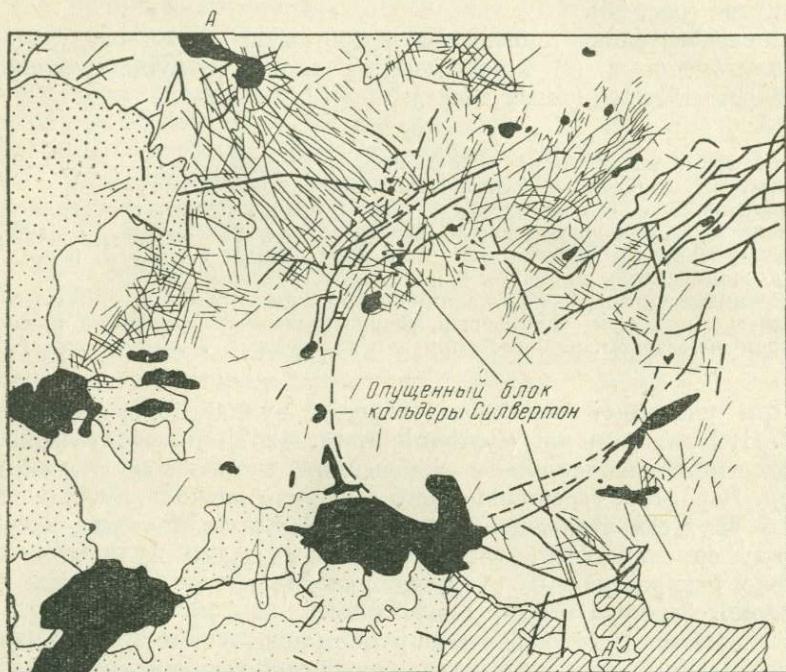


Рис. 26. Схема геологического строения рудного поля Теллурид—Силвертон.
По В. С. Бурбанку, Э. Б. Эжелю и Д. Дж. Варнесу

1 — интрузивные породы; 2 — вулканогенные породы; 3 — осадочные породы; 4 — выступы докембрийского фундамента; 5 — разломы установленные (а) и предполагаемые (б); 6 — жилы и дайки

сфалеритом, халькопиритом, галенитом, тетраэдритом. Несмотря на название рудного поля, теллуридов в руде очень мало.

Р. С. Мельман, описывавший северо-западную часть рудного поля, отмечает наличие горизонтальной минералогической зональности. Трубочатые тела, расположенные внутри зоны кольцевых

разломов, почти нацело сульфидные, среди последних значительное место занимают арсенопирит и энаргит, присутствуют также гематит и магнетит. В более удаленных от кальдеры частях количество рудных минералов в жилах уменьшается, и жилы приобретают характерные черты близповерхностных.

Вертикальная зональность проявлена менее определенно. В верхней части оруденение ограничивается покровом латитов серии потоси, неблагоприятных для замещения, где проявляются только следы оруденения. Нижний предел оруденения определяется не геологическими, а экономическими соображениями, и глубина отработки сильно колеблется в разных рудных телах.

Из изменений вмещающих пород, как отмечают В. С. Бурбанк и Н. Х. Экзетер (Burbank, Exeter, 1960), широким площадным распространением в пределах кальдеры и под ней в более древних породах пользуется пропилитизация карбонат-хлоритовой фации. На глубине в составе пропилитов появляются альбит и эпидот, а количество карбоната уменьшается. В пропилитах по породам андезитового состава преобладает хлорит, а по более кислым заметное место занимает серицит.

Непосредственно около жил на расстоянии 0,3—3 м породы превращены в агрегат кварца, серицита и пирита. Упомянуто также наличие аргиллизации, но значение ее неясно. Г. С. Вхей (Vhay, 1962) указывает наличие первичного диккита. М. Э. Харст (Hurst, 1922) приходит к выводу, что поскольку в околожилных ореолах отсутствуют адуляр, халцедоновидный кварц и цеолиты, оруденение относится к нижней части эпитермальной зоны. Р. С. Мельман также указывает, что оруденение относится к переходному между эпи- и мезотермальным.

На рудном поле и в его ближайших окрестностях проявлено также более древнее дотретичное оруденение, по типу близкое к описанному. Наличие его доказывается срезанием эрозионной поверхностью теллурид некоторых жил и присутствием обломков руд в конгломератах. Промышленное значение дотретичного оруденения невелико, оно составляет не более 10% от общей продукции района.

Месторождение Комсток в штате Невада (индекс 474334) дало около 266 т золота и почти 5000 т серебра. Его неоднократно описывали в различных работах, однако использовались при этом материалы Г. Т. Беккера (Becker, 1882), Э. С. Бастина (Bastin, 1922) и др., в связи с тем что уже к концу XIX в. месторождение было в основном отработано. В более поздние годы специальное рассмотрение измененных пород на месторождении было предпринято Р. Коатсом (Coats, 1940), а общее геологическое изучение района в связи с составлением геологической карты — Г. А. Томпсоном (Thompson, 1956).

Представления о последовательности формирования вулканогенно-осадочных толщ в районе месторождения претерпевали значительные изменения. В. П. Жианелла (Gianella, 1959) приводит следующий стратиграфический разрез (табл. 9).

Последовательность формирования пород на месторождении Комсток

По В. П. Жианелла

Возраст	Формация	Характеристика пород	Максимальная мощность, м
Плейстоцен	Мак-келллан-пик	Оливиновые базальты	7,5
Плиоцен	Несогласие Никкербоккер Несогласие	Андезит-базальтовые потоки	120
	Коул-валли (тракки)	Вулканогенно-озерные отложения, диатомиты и брекчии. В нижней части переслаиваются с породами формации кейт пик	900
Олигоцен	Кейт пик	Роговообманко-пироксен-биотитовые андезитовые агломераты, брекчии, частично потоки и некки	600
	Несогласие Альта	Риолитовые витрофиры (севернее месторождения)	600
	Интрузии гранодиоритов дэвидсон Роговообманково-пироксеновые андезиты, главным образом потоки, частично брекчии	780	
Эоцен (?)	Хартфорд-хилл	Вулканогенно-осадочная пачка, брекчии	120
	Несогласие	Брекчии роговообманко-пироксеновых порфиритов и потоки	180
Домеловые (триас?)	Хартфорд-хилл	Риолитовые пирокластические породы, часто спекшиеся туфы	300
	Несогласие	Интрузия гранодиоритов Сперран Метаосадки и метавулканыты	600

В отличие от более восточных районов, третичные вулканыты подстилаются в районе месторождения не миогеосинклинальными карбонатными или песчаниковыми толщами, а метаосадками и метавулканытами, прорванными гранодиоритами. Последние представляют собой результат той же магматической деятельности, как и на соседних площадях Калифорнии. Гранодиориты долгое время считались юрскими, однако по данным, приводимым Г. А. Томпсоном, основанным на определениях абсолютного возраста, они меловые.

Возраст оруденения на месторождении Комсток, согласно В. П. Жианелла, среднемиоценовый. Он указывает, что рудное тело прорывает гранодиориты дэвидсон и перекрывается андезитами кейт пик. Г. А. Томпсон считает оруденение более молодым, затрагивающим также и породы формации кейт пик.

Оруденение на месторождение Комсток представлено жильной зоной, протягивающейся примерно на 4 км при мощности до 100 м и падении под углом около 35°. Жильная зона приурочена к дизъюнктиву, смещение по которому, согласно Р. Р. Коатсу, составляло

в дорудное время около 720 м, а в послерудное — 480 м. В лежащем боку рудной зоны обнажаются диориты Дэвидсон, висячем — андезиты альта.

Вмещающие Комстокскую зону породы интенсивно изменены. В 1866 г. Ф. Б. Рихтгофом впервые здесь были описаны пропилиты. Подробную историю взглядов на их генезис изложил Р. Р. Коатс (Coats, 1940), согласно данным которого на рудном поле выделяются следующие типы изменений, в основном характерные для рудовмещающих андезитов: 1) дейтерические изменения, повсеместно развитые и выражающиеся в баститизации вкрапленников ромбических пироксенов; 2) пропилитизация, которая проявляется в развитии эпидота и альбита по плагиоклазам и замещении темноцветных минералов хлоритом, кальцитом и эпидотом и имеет также широкое площадное распространение; 3) цеолитизация, контролируемая минерализованными трещинами и выражающаяся в новообразованиях альбита и натролита по вкрапленникам плагиоклаза. Р. Р. Коатс предполагает, что цеолитизация связана с другими растворами, чем пропилитизация, так как она распространена независимо от последней, хотя всегда накладывается на пропилитизированные породы. С цеолитизацией обычно связана пиритизация, которая также является наложенной на пропилитизированные породы.

Кроме указанных трех типов изменений, Р. Р. Коатс отмечает наличие в отдельных образцах пропилитов около жил выделений гипса, включающего незамещенные участки ангидрита, а также окварцевание и серицитизацию в непосредственных контактах с жилами. Р. Р. Коатс на этом основании считает, что пропилиты нельзя рассматривать как непосредственно околожильные изменения.

Специальное описание измененных пород в районе месторождения было осуществлено позднее Г. А. Томпсоном и Д. Э. Уайтом (Thompson, White, 1964). Согласно составленной ими карте пропилитизация распространена почти повсеместно в пределах развития андезитов альта и кейт пик. Она не приурочена к каким-либо тектоническим нарушениям, но усиливается около них. Согласно этим авторам, пропилитизация также усиливается без наложения иных процессов у жилы Комсток. При этом, однако, они указывают, что в пропилитах около жилы уменьшается содержание эпидота, характерно развитие глинистых минералов, пирита, а также появление опала и кристаллита вместо кварца и халцедона. Пиритизированные пропилиты с поверхности превращены в осветленные породы. Наличие под ними на глубине 15—25 м пропилитов установлено бурением во многих случаях. Осветление рассматривается, таким образом, как поверхностное явление, связанное с воздействием серной кислоты, образованной за счет разложения пирита.

Поскольку в окрестностях месторождения Комсток проведено много буровых работ, имеются данные о вертикальной зональности пропилитов. Г. А. Томпсон и Д. Э. Уайт сообщают, что под

осветленными породами пропилены представлены хлоритом, цеолитами (эпистильбитом и стильбитом), монтмориллонитом, иллитом, калиевым полевым шпатом, вторичным кварцем, пиритом. Локально присутствует карбонат, но характерно отсутствие эпидота. На глубине около 160 м появляется эпидот, который ассоциирует с хлоритом, альбитом, карбонатом, небольшим количеством стильбита и эпистильбита и пиритом. С 175 м пирит и глинистые минералы исчезают, и распространена ассоциация эпидота, хлорита, карбонатов, актинолита с подчиненным количеством стильбита и эпистильбита. С 200 м андезиты незначительно изменены и содержат из новообразованных минералов немного эпидота, актинолита и хлорита. Пирит и цеолиты в них отсутствуют. Таким образом, ниже зоны гипергенного осветления отчетливо выделяются две зоны изменений пород, отличающиеся присутствием в нижней из них эпидота.

Руда месторождения Комсток, по В. Линдгрену (1932), состоит из кварца и небольшого количества кальцита, местами с полосами пирита, галенита, халькопирита и сфалерита. Ценными минералами являются главным образом серебристое золото, аргентит и полибазит. В некоторых жилах много адуляра. Большие участки раздробленного кварца местами необычайно богаты серебряными минералами. Содержание золота в них достигало 500 г/т, серебра 1,6%. Отношение Ag : Au по разным данным от 22 : 1 до 40 : 1.

Относительно генезиса рудных компонентов в жилах, в том числе и золота, еще Г. Т. Беккером было высказано предположение, что они могли накапливаться при выносе из андезитов при пропилитизации. Однако никаких исследований для подтверждения этого не производилось.

Главная промышленная минерализация на месторождении Комсток доходила до глубины 600 м от поверхности. Ниже, до глубины 900 м, производились в основном разведочные работы, причем без особого успеха. На глубине 900 м от поверхности рудник был затоплен сульфатными водами с температурой 75° С и минерализацией золотом до 0,29 мг/м³ и серебром до 2,9 мг/м³.

Примерно в 11 км к северо-востоку от месторождения Комсток находится знаменитая геотермальная площадь Стимбот-Спрингс. Тепловой поток там оценивается в $7 \cdot 10^6$ кал/сек на площади в 5 км², что отвечает, согласно Г. А. Томпсону и Д. Э. Уайту, теплу от сгорания 100 т каменного угля в день. В районе Стимбот-Спрингс располагается «современное» месторождение киновари, которое обрабатывалось. Наряду с киноварью в нем встречались антимонит, золото и серебро. Месторождение описано Д. Э. Уайтом (White, 1957).

Месторождение Голдфилд в штате Невада (индекс 455424) дало около 145 т золота и 40 т серебра. Оно было полностью отработано к 1925 г. Изучение его производилось Ф. Л. Ренсомом (Ransome a. o., 1909 и др.). В более позднее время осуществлялись только исследования геохимических особенностей месторождения и некоторых других вопросов.

В строении рудного поля четко обособляются два структурных этажа. Нижний сложен черными углистыми сланцами кембрия, смятыми в складки и прорванными небольшими телами аляскитовых гранитов. Он перекрыт третичными вулканитами, залегающими субгоризонтально. Третичная толща в нижней части сложена покровами риолитов, латитов, андезитов, дацитов общей мощностью около 600 м. Выше залегают туфогенные песчаники, туффиты и граувакки озерного генезиса формации эмеральда мощностью до 150 м. Структура месторождения определяется наличием пологой антиклинальной складки с выходом в ее ядре дотретичных пород. Эта складка нарушена меридиональным разрывом Колумбия Маунтин, с которым сопряжены кварцево-жильные системы. Нарушение смещает все породы, кроме относящихся к формации эмеральда.

Возраст оруденения, исходя из соотношений его с формацией эмеральда, определяется как *постпалеоценовый, но досреднемиоценовый*.

Ч. Дж. Виталиано (Vitaliano, 1965) высказал обоснованное предположение о том, что раннетретичные вулканиты на рудном поле слагают вулканический аппарат центрального типа, а не брахиантиклинальную складку. Он подтверждает это, помимо специфической трубообразной формы залегания вулканогенных пород, обилием грубообломочного материала и рядом других геологических фактов.

Согласно Р. Э. Андерсону (Anderson a. o., 1965), площадь рудного поля характеризуется положительной гравитационной аномалией, что подтверждает наличие здесь вулканической постройки. Гравитационные методы используются в настоящее время для поисков аналогов месторождения в районе под площадями распространения плиоценовых туфогенных пород

Оруденение на месторождении Голдфилд представлено гидротермально измененными трещиноватыми породами, рассекающими дациты. Залегание зон изменений субвертикальное. Измененные дациты сложены кварцем (49%), каолинитом (24%), алунитом (16%) и пиритом (7%). Рудные столбы в пределах зон измененных пород имеют неправильную, хотя в целом жилеобразную форму и выделяются по данным опробования. На глубоких горизонтах (до 720 м) рудные тела, как указывает В. Линдгрэн (1932), имеют более правильную жилеобразную форму.

Для руд месторождения характерен сложный минеральный состав. Наряду с преобладающими тонкозернистым пиритом и марказитом они содержат разнообразные теллуриды, висмутин, гольдфильдит ($\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{Te}_2\text{S}_{16}$), фамантит (Cu_3SbS_4), прустит, полибазит, кинюварь, самородную серу.

Существенными особенностями месторождения являются высокая проба золота и малая серебристость руд. На верхних горизонтах первичные руды были необычайно богатыми: в отдельных значительных по объему участках содержание золота доходило до 1,5—2 кг/т.

Оруденелые дациты характеризуются пористым кавернозным строением, В. Линдгрэн оценивает их пористость в 10%. Кварц,

выполняющий пустоты, имеет концентрически зональное строение.

Согласно проводившимся Х. Д. Вилсоном (Wilson, 1944) исследованиям, содержание золота в рудах находится в прямой корреляционной зависимости от содержания висмута, серебра и отчасти олова.

Специальное изучение изменений вмещающих пород на месторождении Голдфилд с широким применением рентгеноструктурного анализа осуществлено Р. Д. Харви и Ч. Дж. Виталиано (Harvey, Vitaliano, 1961). Согласно их данным, выделяется три зоны изменений: внешняя — пропилитовая, средняя — аргиллитовая и внутренняя — алунит-кварцевая.

Пропилитизация имеет площадное распространение. Новообразованными минералами пропилитизированных пород являются хлорит, хлорит-вермикулит, кальцит и антигорит.

Мощность зоны аргиллизации от 6—7 до 60—65 м. Новообразованиями в этой зоне являются монтмориллонит, иллит, каолинит и кварц с подчиненным количеством смешаннослойных образований монтмориллонит-иллита и галлуазита, а также гематита, лейкоксена, ярозита и гипса. Зона аргиллизации расчленяется на две подзоны: внешнюю — монтмориллонитовую и внутреннюю — иллитовую. Сопоставление анализов минералов, слагающих зоны, показывает, что по мере продвижения во внутреннюю часть метасоматической колонки усиливается степень выщелачивания оснований, которое идет на фоне нарастания потенциала калия.

Алунит-кварцевая зона представляет собой собственно рудное тело. Породы в этой зоне состоят из алунита, каолинита, опала, гематита, ярозита, галлуазита, гипса, эпидота, рутила и сульфидов. От зоны аргиллизации она отделяется резким контактом.

Таким образом, месторождение Голдфилд является редким, если не единственным примером, когда золоторудные тела сложены алунитом. Присутствие этого минерала указывает на весьма близкие к поверхности условия формирования оруденения. В. Линдгрэн, ссылаясь на Ф. Л. Рэнсома, оценивал глубину формирования месторождения в 30—60 м. Р. Д. Харви и Ч. Дж. Виталиано на основании температурных и барометрических определений считают интервал формирования оруденения от поверхности до 300 м.

До глубины 30—45 м от современной поверхности руды месторождения Голдфилд были окисленными и превращенными в мягкую бурую массу. По содержанию золота они существенно не отличались от первичных руд.

Месторождение Карлин в штате Невада (индекс 900457) разрабатывается с 1964 г. Подсчитанные к этому времени запасы составляли 11 млн. т руды со средним содержанием 10 г/т, или 110 т золота. Оно относится к новому, очевидно весьма перспективному, но трудно открываемому типу зон вкрапленности субмикроскопического золота в известняках, сопровождающихся окварцеванием последних.

Месторождение детально описано Д. М. Хаусеном и П. Ф. Керром (Hausen, Kerr, 1968), вопросы его генезиса рассмотрены дополнительно А. С. Радтке и Б. Дж. Шейнером (Radtke, Scheiner, 1970).

Оруденение приурочено к карбонатным породам формации роберт маунтинс нижнего силура, сложенным кальцитом (40—50%), доломитом (10—15%), кварцем (20%), иллитом (5—10%), монтмориллонитом (5—20%), каолинитом (2%). Слои формации роберт маунтинс стратиграфически несогласно перекрыты девонскими карбонатными отложениями формации попович. Вся толща падает моноклиinally под углом не более 30°, разбита крутонападающими тектоническими нарушениями и прорвана дайками кварцевых порфиров.

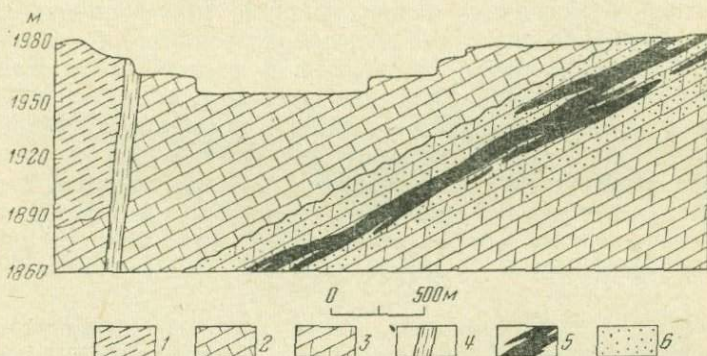


Рис. 27. Геологический разрез через месторождение Карлин. По Д. М. Хаусену и П. Ф. Керру

1 — формация винницы (С) — сланцы и кварциты; 2 — формация попович (D) — серые известняки, локально доломитовые и глинистые; 3 — формация роберт маунтинс (S₁) — тонкослойные доломитистые и глинистые алевролиты; 4 — разрывное нарушение; 5 — рудная зона; 6 — измененные (осветленные) породы

Главное рудное тело представляет собой неправильную по форме, но в целом согласную с напластованием пород залежь (рис. 27). В рудном интервале карбонатные породы осветлены, окварцованы и содержат обильные «пятистые» новообразования глинистых минералов. Участки с промышленным оруденением выделяются только на основании опробования.

Золото на месторождении чрезвычайно мелкое. Около 90% его субмикроскопическое, т. е. не превышает в поперечнике 0,2 мк. Под электронным микроскопом установлено наличие овальных частиц размером менее 0,005 мк, которые диагностированы как золото. Помимо золота из рудных минералов наиболее распространен пирит, содержание которого от 0,7 до 3%, местами до 10%. Отложение пирита предшествовало выделению золота. Из других рудных минералов указывается присутствие самородного мышьяка в виде сферических выделений размером от 2 до 30 мк в диаметре, киновари, реальгара, аурипигмента, антимонита, галенита, сфалерита, иорданита (Pb₁₄As₇S₂₄), теннантита. На месторождении развиты также

баритовые жилы и прожилки, частично приуроченные к контактам даек, нарушениям и поверхностям стратиграфических несогласий между карбонатными толщами. Эти жилы и прожилки минерализованы тонкокристаллическим пиритом, галенитом, реальгаром, антимонитом, но в отношении золота интереса не представляют.

Выделяется две парагенетические ассоциации эндогенных минералов. К первой принадлежат барит, галенит, сфалерит и пирит. Считается, что они сформированы в меловое время в связи с соответствующей интрузивной деятельностью. Вторая парагенетическая ассоциация, к которой принадлежат все остальные перечисленные выше минералы, относится к третичному циклу минерализации.

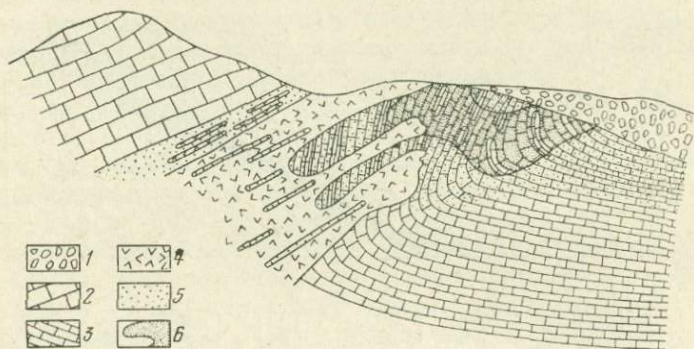


Рис. 28. Геологический разрез через месторождение Кортец. По Дж. Д. Уэллсу, Л. Р. Стойзеру и Дж. Э. Эллиоту

1 — четвертичные отложения; 2 — известняки формации венбан (D); 3 — известняки и известковистые алевролиты формации роберт маунтинс (S₁); 4 — биотит-кварц-сапидиновые порфиры (Tr); 5 — зона измененных (окремненных, осветленных и окрашенных гидроокислами железа в бурый цвет) известняков; 6 — золоторудное тело

Изменения вмещающих карбонатных пород на месторождении выражаются в процессах декарбонатизации, аргиллизации, окварцевания и кальцитизации. При аргиллизации главным новообразованным минералом является иллит, в подчиненном количестве образуются монтмориллонит и каолинит. Общее количество глинистых минералов в рудных образцах составляет от 20 до 60%. Хотя подобные минералы присутствуют также в исходных породах, новообразование части их несомненно.

Окварцованные пористые породы, пронизанные прожилками халцедона, слагают на месторождении ряд участков, эллиптических в сечении и подчиненных в целом слоистости вмещающих пород. Они находятся среди рудных тел, но содержание золота в окварцованных породах непромышленное (около 1 г/т). Предполагается их формирование в пострудное время.

Кальцит слагает тонкие прожилки, которые рассекают как аргиллизированные, так и окварцованные породы.

Месторождение Карлин отнесено Д. М. Хаусеном и П. Ф. Керром к эпitherмальным наиболее приповерхностным и сопоставляется с месторождениями Гэтчел, Бутстрэп, Манхэттен в Неваде и Меркур в Юте, где рудные минералы также рассеяны, образуя вкрапленные участки в карбонатных породах.

Значительный интерес представляет специальное исследование А. С. Радтке и Б. Дж. Шейнером влияния углеродистого вещества рудовмещающей карбонатной толщи на осаждение золота. Ими установлено, что углеродистый материал в породах содержится в виде активированного углерода, смеси гидрокарбонатов с высоким молекулярным весом и органических кислот типа гуминовых. Часть золота адсорбировалась активированным углеродом, а часть образовывала золотоорганические соединения, выпадавшие из золотохлоридных комплексов, в виде которых предполагается гидротермальный перенос золота. Большая роль органического вещества в осаждении золота на месторождении Карлин подтверждена специальными экспериментами с его рудами.

Месторождение Кортце в штате Невада (индекс 900457), открытое в 1966 г., во многом сходно с месторождением Карлин, хотя имеет и отличия от него. Наиболее полное описание месторождения дано Дж. Д. Уэллсом, Л. Р. Стойзером и Дж. Э. Эллиотом (Wells a. o., 1969).

Месторождение оценено в 3,4 млн. *t* руды со средним содержанием золота 9 *g/t*, что составляет примерно 30,5 *t* золота.

Оруденение приурочено к полосчатым черным алевритистым известнякам и доломитам силурийского возраста формации Роберт Маунтинс, тем же, что и на месторождении Карлин, прорванными sillоподобным телом третичных биотит-кварц-санидиновых порфиров, имеющих возраст 34 млн. лет (рис. 28). Порфиры, так же как и известняки, каолинизированы, но не золотоносны.

Рудой на месторождении Кортце являются интенсивно замещенные халцедоном, осветленные и окрашенные гидроокислами железа в красный цвет брекчированные известняки и известковистые алевролиты, содержащие чрезвычайно тонкую вкрапленность золота. Сопоставление химического состава исходных и измененных в рудной зоне известняков показало, что из петрогенных элементов в них заметно возрастает содержание SiO_2 (с 28% до 47%) и уменьшается содержание кальция и CO_2 . Железо в неизмененных известняках содержится во вкрапленном пирите в количестве около 1%. Этот пирит считается диагенетическим. При гидротермальном воздействии он окисляется и замещается гидроокислами, причем общее содержание железа в породе не изменяется. Вместе с тем в зонах изменений значительно возрастает содержание таких элементов-примесей, как мышьяк, сурьма, ртуть, а также вольфрам и медь. Угlistое вещество выносится из пород при гидротермальном воздействии, но связи его с золотом, в отличие от того, что имеет место на месторождении Карлин, не намечается.

Золото на месторождении выделяется в виде частиц размером от 0,5 до 10 мк, очень редко встречаются золотины размером до 0,1 мм. Золотины локализируются между зернами алевролитов, в тончайших кварцевых прожилках и в гематит-гётитовых псевдоморфозах по кристаллам пирита. Дж. Д. Уэллс предполагает, что часть золота могла переходить в руды из рассеянного пирита. Однако поскольку среднее содержание в последнем составляет 0,6 г/т, а количество пирита не превышает 1%, то для получения имеющихся запасов золота нужно было бы переработать объем вмещающих пород, в 1700 раз превышающий тот, который имеется на месторождении. В связи с этим несомненен дополнительный привнос золота гидротермальными растворами. Наличие его подтверждается указанным привнесом элементов-спутников золота.

Месторождение Кортес открыто при проверке мышьяково-сурьмяно-вольфрамово-ртутной геохимической аномалии, причем к подобным аномалиям приурочены и другие месторождения северной части Невады различных типов.

Прочие крупные месторождения рассматриваемой провинции относятся к комплексным золотосодержащим.

Рудное поле Бингхем в штате Юта (индекс 532422) является четвертым по крупности месторождением золота в США и уступает только Хоумстейку, Крипл-Крику и Грасс-Валли — Невада-Сити. Из него добыто по 1959 г. 330 т золота. Уникальны также масштабы медной минерализации: суммарное количество добытой меди и ее запасов составляет около 8160 млн. т. Весьма значительны также размеры свинцовой, цинковой, молибденовой и серебряной минерализации.

Месторождение Бингхем является типичным представителем медно-вкрапленного (меднопорфирового) типа оруденения. Наряду с этим в пределах того же рудного поля имеются и «непорфировые» руды.

Наиболее полное монографическое описание месторождения принадлежит Дж. М. Боутвеллу (Boutwell, 1905), специальное описание иной, кроме медновкрапленной минерализации и наряду с этим рудного поля в целом дано Р. Д. Рабрайтом и О. Дж. Хартом (Rubright, Hart, 1968).

Район рудного поля расположен в пределах многоэосинклинального пояса Кордильер, у границы пояса с Северо-Американской платформой против узкого широтного выступа докембрийских пород. Район сложен толщей известняков и кварцитовидных песчаников, относящихся к группе окирх пенсильванского (С₂₋₃) возраста мощностью около 3000 м. Выше несогласно залегает аналогичная толща пермского возраста мощностью около 1000 м. Выделяется свыше 30 отдельных слоев известняков и кварцитов (значительно реже — сланцев). Слои имеют залегание от пологого до крутого и даже опрокинутого, слагая несколько крупных складок субмеридионального простирания, и разбиты многочисленными разломами.

Каменноугольные и пермские отложения прорваны третичными

магматическими породами, которые, согласно В. Дж. Муру и др. (Moore a. o., 1968), представлены в порядке формирования: 1) штокообразными телами монцонитов; 2) дайками кварц-латитовых порфиров и покровами сингенетичных с ними латитов и латитовых брекчий; 3) штоками и потоками риолитов, риолитовых витрофиров и риолитовых порфиров. Внедрение магматических пород происходило в течение сравнительно короткого интервала времени — с 39 до 32 млн. лет. Сульфидная минерализация следовала за внедрением монцонитов, отделяясь от него интервалом не более чем в 1 млн. лет.

Медновкрапленная минерализация сосредоточена в одном из двух сближенных и соединяющихся друг с другом штоков монцонитов. О размерах месторождения можно судить по тому, что карьер, которым оно разрабатывается, имеет в поперечнике до 3 км и глубину около 600 м.

Состав руд месторождения обычен для этого типа оруденения. Следует отметить только малое развитие молибденовой минерализации.

«Непорфировые» руды на месторождении слагают согласные залежи, секущие жилы и метасоматические тела, локализованные в карбонатных породах, вмещающих штоки монцонит-порфиров. Из этих руд к 1964 г. добыто около 70 т золота, что составляет примерно 20% от всей его добычи. По минеральному составу среди этих руд выделяются существенно медные и свинцово-цинковые. Кроме того, имеются золото-серебряные жилы.

Устанавливается зональность вокруг штока Бингхем. В 1200—1500 м от штока сосредоточены пиритовые и медно-пиритовые руды, в 1500—2100 м — свинцовые и свинцово-цинковые и в 2100—2700 м — зона с подчиненным развитием свинцово-цинковой минерализации, но с более существенным значением золота и серебра. В золото-серебряных жилах содержится значительное количество сульфидов свинца, и иногда они переходят в сульфидные залежи. Жильными минералами являются кальцит, кварц, барит и родохрозит.

Содержание золота в сульфидных «непорфировых» рудах, так же как и в медновкрапленных, невысокое и колеблется от 0,3 до 1,5 г/т при содержании серебра 90—150 г/т, меди 0,2—4%, свинца 9—18%, цинка 3,5—11%.

Для всех типов руд большое значение имели процессы окисления и вторичного обогащения.

К тому же типу медновкрапленных руд, что и месторождение Бингхем, относится в пределах рассматриваемой территории еще ряд месторождений, довольно крупных и по добыче золота. Это Эли в штате Невада, Ахо в Аризоне и др. Возраст и состав вмещающих толщ и характер руд на этих месторождениях сходны с таковыми на месторождении Бингхем.

Месторождение Тинтик в штате Юта (индекс 663555) относится к известным крупным свинцово-цинковым месторождениям. Многографическое описание его было дано В. Линдгреном и Г. Ф. Лафлином

(Lindgren, Loughlin, 1919). Последнее время часть рудного поля Майн Тинтик описана Х. Т. Моррисом (Morris, 1968). Работы Т. С. Ловеринга (1951, 1954) по окolorудным изменениям пород в Тинтике и их использованию при поисках переведены на русский

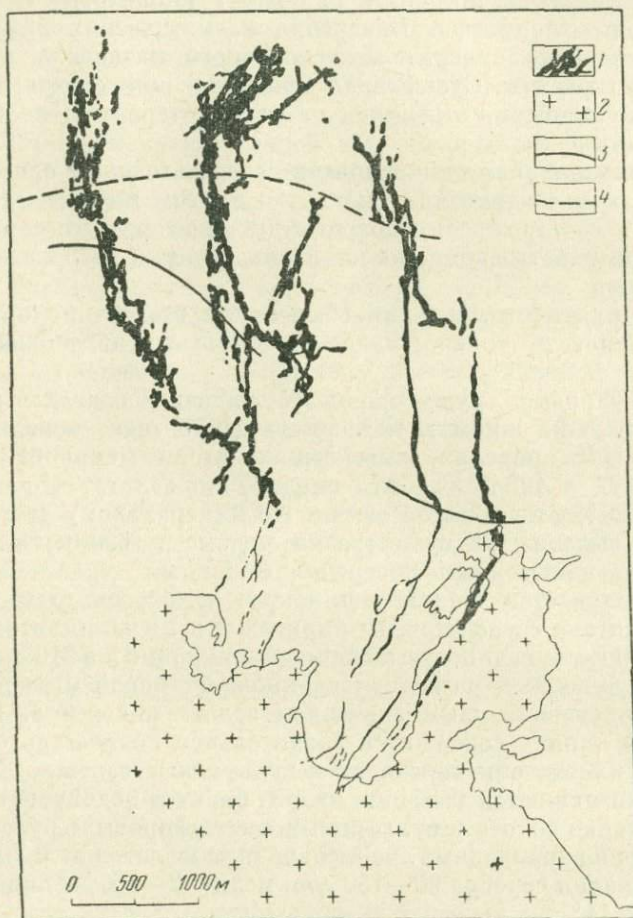


Рис. 29. Геологический план размещения рудных тел месторождения Тинтик.
По Х. Т. Моррису

1 — рудные тела; 2 — третичные монзониты штока Силвер-Сити; 3 — северная граница распространения главных медных рудных тел; 4 — южная граница распространения главных цинковых рудных тел

язык и широко известны. По добыче золота месторождение Тинтик является весьма крупным. А. Г. Кошман и М. Г. Бергендаль указывают, что на рудном поле Тинтик добыто 82,4 т золота. В работе Х. Т. Морриса (Morris, 1968) приводятся следующие цифры добычи для месторождения Майн Тинтик, которые не охватывают всего руд-

ного поля, но интересны, так как касаются всего комплекса полезных ископаемых. По 1965 г. здесь добыто золота 62 685 кг, серебра 6139,7 т, меди 100 тыс. т, свинца 580 тыс. т, цинка 62,5 тыс. т. Исходя из приводимых данных о количестве добытой руды, средние содержания составляли: золота 5,15 г/т, серебра 500 г/т, меди 0,81%, свинца 4,75%, цинка 0,51%.

Район месторождения сложен толщей известняков, доломитов, кварцитов, сланцев и аргиллитов от докембрийского до нижнекаменноугольного (миссисипского) возраста общей мощностью более 3000 м. Эти породы прорваны дайками и штоками третичных монзонитов, кварцевых монзонитов и диабазов, из которых наибольшим является шток монзонитов Силвер-Сити, имеющий около 3 км в поперечнике.

Рудные зоны общей протяженностью до 8 км размещаются в этом штоке и главным образом к северу от него, обнаруживая по отношению к штоку отчетливо выраженную структурную и минералогическую зональность. Непосредственно в изверженных породах располагаются трещинные жилы выполнения, севернее, в основном в контактово-метаморфизованных породах, они по простиранию сменяются жилами замещения, а еще дальше к северу в известняках — мощными неправильными по форме метасоматическими залежами. В минералогическом отношении в южной части преимущественно развиты медные и золотые руды, далее цинковые, а северная часть залежи сложена существенно свинцовыми рудами (рис. 29). Количество последних составляет более 90% от всего количества руды. От указанной схемы зональности имеются довольно многочисленные отклонения.

Первичная вертикальная зональность в пределах отдельных рудных тел на месторождении не отмечается. Интересна указанная еще В. Линдгреном горизонтальная зональность текстур кварца: его выделения в более северных частях рудных тел становятся отчетливо более мелкозернистыми, вплоть до кремневидных.

Одна из крупных метасоматических залежей месторождения Тинтик Арекс имеет в плане эллиптическую форму с размерами $60 \times 9-30$ м² и прослеживается при крутом падении на глубину 720 м. Наряду с подобными трубообразными телами, форма которых обусловлена сочетанием разломов, имеются и послойные пологие тела замещения.

Руды месторождения Тинтик состоят главным образом из сульфидов и сульфосолей серебра, свинца, меди, железа, цинка и висмута, заключенных в окварцованных карбонатизированных породах кремневидного облика («джаспероидах») с баритом, агрегатами кристаллов кварца, кальцита, доломита и анкерита.

Выделяются следующие типы руд: 1) свинцовые с содержанием свинца от 5 до 50%, серебра до 1,5 кг/т, местами некоторыми количествами цинка и меди. Золото в них присутствует в десятых долях грамма на тонну; 2) свинцово-кремнистые (более 70% кремнезема) с теми же рудными компонентами, но в меньших количествах;

3) серебряно-кремнистые с общим содержанием серебра порядка 600 г/т и золота — первые граммы на тонну; 4) свинцово-цинковые (по 5—15% как свинца, так и цинка и 250—300 г/т серебра); 5) медно-серебряные с содержанием нескольких процентов меди, 300—600 г/т серебра и обычно 15 г/т и более золота. Отдельные обогащенные участки этих руд содержат до нескольких кг/т золота; 6) свинцово-медные кремнистые руды, содержащие несколько процентов меди и свинца.

Главными первичными золотыми минералами на месторождении являются сальванит и самородное золото. Последнее чаще всего ассоциирует с энаргитом — главным медьсодержащим минералом месторождения.

Изменения пород на месторождении в пределах штока монцонитов выражены в развитии кварца, серицита и пирита. Эти минералы слагают зоны в зальбандах жил и распространены также во вмещающих жилах аргиллизированных породах. Последние представлены в основном каолинитом и галлуазитом. В местах наиболее интенсивного проявления аргиллизации встречается также диккит. Во внешней части зон аргиллизации каолинит сменяется монтмориллонитом, а затем, с появлением минералов группы хлорита, а также эпидота и карбонатов, переходит в зону пропилитизации.

В более южной части штока описанная метасоматическая колонка несколько изменяется: вблизи жил локально развивается не серицит, а калиевый полевои шпат, а среди аргиллизитов появляется зунит.

В карбонатных породах внутренней зоне колонки соответствуют серицит- и пиритсодержащие окремненные породы (джаспероиды), баритовые джаспероиды и окварцованные породы. Эти зоны окружены пиритизированными породами с участками брекчий растворения. Общим фоном изменений в карбонатных породах является доломитизация, пользующаяся площадным распространением. В пределах рудного поля Майн Тинтик за счет выщелачивания монцонитов вдоль рудоносных трещин образовалось крупное месторождение чистого галлуазита Дрегон. Запасы его составляют более 1,5 млн. т.

Х. Т. Моррис отмечает, что общие перспективы месторождения Тинтик еще далеко не исчерпаны. Однако промышленно интересных руд к настоящему времени не выявлено. Значительное удорожание эксплуатации месторождения связано с большим притоком подземных вод в горные выработки. В Тинтике был применен интересный метод водоотлива с перекачкой шахтных вод в естественные каверны и полости в известняках. Но для дальнейшего подобного водоотлива требуются дорогостоящие дополнительные исследования.

Месторождение Бьютт в штате Монтана (индекс 433221) относится к крупным комплексным, золотосодержащим. Добыча золота из него составила 73,5 т, а из прилегающих к нему россыпей 11,3 т. Бьютт широко известен как крупнейшее медное месторождение. По данным Г. Шнейдерхена, до 1938 г. из него было добыто 5 млн. т меди, 1,7 млн. т цинка, 370 тыс. т свинца, 15,3 тыс. т серебра. Золота к этому времени было добыто 57 т. Содержание золота в место-

рождении по этим же данным всего 0,28 г/т, меди 4—5%, серебра 56 г/т.

Описание месторождения Бьютт приводилось неоднократно во всех курсах рудных месторождений в основном по данным монографии Р. Х. Сейлса (Sales, 1914) и ряда других работ раннего периода. Поэтому здесь, несмотря на уникальность и исключительный интерес месторождения, оно характеризуется очень кратко.

Месторождение располагается в самой северной части провинции тектонической активизации, причем, очевидно, в наиболее глубоко эродированной части. Верхнемеловые — нижнетретичные интрузивные породы слагают здесь наиболее крупные массивы. В частности, месторождение Бьютт приурочено к батолитообразному телу — батолиту Боулдер площадью около 2000 км². Батолит имеет сложное строение и формировался в несколько фаз. По данным Р. И. Тиллинга и др. (Tilling a. o., 1968), выделяются следующие породы (от древних к молодым): мафические, гранодиориты, кварцевые монцитоны (к которым приурочено рудное поле Бьютт), лейкократовые. Батолит формировался в интервале времени от 78 до 69 млн. лет, т. е. в течение 9 млн. лет; главное количество (около 90%) пород внедрилось в течение 6 млн. лет.

Рудоносная площадь в пределах батолита Боулдер составляет примерно 8 × 4 км² и включает тысячи отдельных жил, минерализованные зальбанды которых местами сливаются. Довольно четко выделяются две системы жил: широтные с падением на юг (система жилы Анаконда), приуроченные к трещинам отрыва, осложненным последующими подвижками, и северо-западные, также круто падающие на юг (система жилы Блю Вейн), которые контролируются сколовыми трещинами. В восточной части рудного поля наблюдаются расщепление и поворот жил с формированием многократно описанной структуры типа «конского хвоста». Длина некоторых жил достигает 8—10 км, мощность до 30 м, но обычно параметры жил значительно меньше.

Месторождение может считаться одним из классических примеров проявления горизонтальной зональности. Для центральной зоны главными рудными минералами являются халькозин с подчиненным количеством энаргита и очень небольшими — борнита и ковеллина. Присутствуют также пирит и кварц. В промежуточной зоне появляются галенит и сфалерит. Кроме того, меняются количественные соотношения минералов, встречающихся в центральной зоне: увеличивается количество борнита по отношению к халькозину и уменьшается количество энаргита. Во внешней зоне располагаются серебряно-цинковые жилы с родохрозитом. На глубине площади всех зон увеличиваются.

Околорудные изменения на месторождении описаны в специальных работах (Sales, Meyer, 1948; Meyer, 1965). С жилами главной гидротермальной стадии связана аргиллизация. По направлению к жилам наблюдаются следующие зоны измененных монцитонов: 1) внешняя зона пропилитообразных пород, для которой указано

наличие хлорита и эпидота; 2) зона аргиллитовых изменений с субзонами внешней — монтмориллонитовой и внутренней — каолининовой; 3) серицитовая зона. Р. Г. Сейлс и Ч. Мейер еще в 1948 г. пришли к выводу, что перечисленные зоны являются не результатом наложения разновозрастных преобразований, а следствием формирования единой метасоматической колонки.

Около более ранних кварц-молибденитовых прожилков на месторождении наблюдаются довольно оригинальные изменения с новообразованием мусковита и, главным образом, зеленого биотита. В околожилвных ореолах кроме этих минералов присутствуют калиевый полевой шпат (возможно реликтовый), ангидрит, сидеромагнетит, магнетит.

Месторождение Бисби в штате Аризона (индекс 832555) также относится к комплексным золотосодержащим медным. По 1959 г. из него добыто больше 68 т золота. Наиболее полным описанием месторождения остается монография Ф. Л. Ренсома (Ransome, 1904). Месторождение относится к скарновым с наложенной гидротермальной минерализацией. Оруденение локализовано в контакте штока гранит-порфиров (штока Сакраменто-Хилл) площадью около 2 км² нижнетретичного возраста с палеозойскими известняками. Породы штока интенсивно изменены с превращением в кварц-серицит-пиритовый агрегат, частично содержат рассеянную медную минерализацию.

Вокруг штока располагается зона шириной около 60 м интенсивно окварцованных пород, причем окварцевание, по-видимому, накладывается на скарнированные известняки. Последние сохранились в следующей зоне, расположенной между окварцованными породами и неметаморфизованными известняками. В скарнах развиты тремолит, диопсид, гроссуляры и везувиан, имеется также вкрапленность пирита.

Рудные тела представляют собой метасоматические залежи сложной формы, замещающие отдельные горизонты измененных известняков. В составе руд главное значение имеют халькопирит и борнит, значительно распространены кварц и пирит, встречаются сфалерит и другие сульфиды. Золото очень тонкое, тесно ассоциирует с сульфидами.

На месторождении была очень четко проявлена зона окисления, глубина которой достигала местами до 600 м. В зоне окисления происходило обогащение золотом и укрупнение его выделений.

Генезис оруденения и закономерности локализации рудных полей

Имеющиеся материалы позволяют рассмотреть только отдельные вопросы закономерностей размещения и генезиса золотого оруденения провинции активизации.

Представления американских геологов об общих закономерностях локализации оруденения, в том числе золотого, разрабаты-

вались в значительной части на примере рассматриваемой провинции. Первым серьезным металлогеническим обобщением можно считать работу Б. С. Батлера (Butler, 1933). Геологические процессы и проявления оруденения рассмотрены им в возрастной последовательности с исчерпывающей для своего времени полнотой. Большой и интересный материал, касающийся закономерностей локализации оруденения, находится также в сборнике «Геология рудных месторождений Западных штатов США» (1937).

Принципиально новым металлогеническим обобщением явилась сводка П. Биллингслея и А. Локка (Billingsley, Locke, 1941). Взгляды этих исследователей известны советским геологам, к сожалению, главным образом по критике, которым они подвергались у нас в 50-ые годы. Вместе с тем выделяемые ими «группы рудных районов», или, как можно было бы сказать сейчас, «типы металлогенических провинций» заслуживают более серьезного рассмотрения.

На всей территории США и в прилегающих к ней районах Канады П. Биллингслей и А. Локк выделяют:

1. Рудные районы в корневых частях древних орогенических поясов — в кристаллических сланцах, гнейсах с развитыми складками волочения. Сюда они относят золоторудные районы Канадского щита и район месторождения Хоумстейк (Блэк-Хилс).

2. Рудные районы в сложных блоках многократных орогений. Здесь выделяется Северный Береговой блок и блок Сьерра-Невада. В современном представлении это пояс мезозойской складчатости и гранитоидных интрузий.

3. Рудные районы «в секторах древних орогений, эродированных до корней и омоложенных или пересеченных поздними элементами». Сюда относятся территории Передового хребта Колорадо, Центральной и Южной Аризоны. Эта группа районов охватывает часть выделяемой в данной работе провинции магматической активизации, приуроченную к древней платформе.

4. Районы в узлах пересечения поздних орогенических поясов поперечными тектоническими нарушениями. Здесь у М. П. Биллингслея и А. Локка фигурируют площади Солт Лейк с месторождениями Парк-Сити, Бингхем, Тинтик, Боулдер Дам, Западная и Восточная Невада, Монтана. Таким образом, и эта группа районов принадлежит к рассматриваемой провинции активизации, но уже на миогеосинклинальном и отчасти эвгеосинклинальном основании.

5. Районы в поднятиях форлэнда ранними орогениями, слегка обновленными. Сюда относится площадь Северо-Американской платформы со стратиформными свинцово-цинковыми месторождениями.

Хотя по своей терминологии группировка П. Биллингслея и А. Локка является сейчас несколько упрощенной и устаревшей, в ней несомненно заложены представления об активизации рудоносных площадей и еще ряд интересных моментов. Ценность металлогенических построений рассматриваемых авторов значительно уменьшается, поскольку при сопоставлении месторождений они оперировали их размерами в ценностном выражении (в долларах),

т. е. сравнивали нередко совершенно несравнимые ни по масштабам, ни по характеру оруденения объекты.

П. Биллингслей и А. Локк особо подчеркивали значение «поперечных дизъюнктивов» и вообще структурных пересечений для размещения узлов эндогенного оруденения, в том числе и золотого, что совершенно правильно. Они считали, что такие пересечения являлись местами поднятия тепловых потоков, приводивших к процессам магмаобразования или нагреванию метеорных вод, которые при этом могли нести рудную минерализацию. Взгляды указанных исследователей критиковались сразу же после их опубликования в США за излишнюю категоричность, некоторую упрощенность и недостаточно обоснованное отнесение к тем или иным типам конкретных рудоносных площадей.

После работы П. Биллингслея и А. Локка был предложен еще ряд общих схем размещения месторождений Западных штатов США. Большинство их характеризуется «геометрическим» подходом к вопросу. Так, Э. Б. Майо (Mayo, 1958), рассматривая размещение эндогенных, в том числе золоторудных, месторождений в части Кордильер (штаты Калифорния, Невада, Юта, Колорадо, Аризона, Нью-Мексика) указывает, что повсеместно на земном шаре выделяется четыре генеральных структурных направления: северо-западное, северо-восточное, субмеридиональное и субширотное. Эти же направления он выделяет и на рассматриваемой территории, используя тектоническую карту США, с которой переносит на специальные схемы все линейные элементы структур: дайки, тектонические нарушения, оси складок, направление слоев, прямолинейные отрезки контактов интрузивных массивов, направления горных хребтов и долин и т. д. На основании анализа полученной геометрической сети Э. Б. Майо отмечает тяготение рудных узлов к узлам пересечения линейных структур и считает последние перспективными для поисков еще не выявленных месторождений. Он подчеркивает, что проведенный анализ является предварительным, и полное использование «линеamentной решетки» может быть произведено только с учетом возраста всех геологических элементов. «Если подобные полные сведения, — отмечает Э. Б. Майо, — будут собраны, то рудные районы могут быть посажены в региональную решетку, подобно драгоценностям в их оправу» (Mayo, 1958, стр. 1175).

Хотя анализ линейных структур и их пересечений несомненно представляет интерес, выяснение их геологической сущности, временной и пространственной связи с ними оруденения не может считаться вторым этапом исследований. Территория, выбранная Э. Б. Майо, включает различные неотектонические провинции, а структурные элементы в ее пределах разновозрастны и разнозначны. Отсюда возникают трудности, а часто явные неправильности в оценке значения структурных пересечений для локализации оруденения.

Общие закономерности размещения оруденения, в том числе и золотого, в пределах Калифорнийско-Колорадского сегмента

Кордильер были рассмотрены также Э. Х. Уиссером (Уиссер, 1960). Размещение месторождений он ставит в связь с длительно живущими линейными зонами, под которыми понимаются в основном долгоживущие разломы. Рассматриваются случаи локализации оруденения: 1) вдоль отчетливо проявленных линейных зон, к которым относится, в частности, зона Мадзер Лоуд, линейный элемент Айдахо, пояс Колорадо; 2) вдоль хуже проявленных линейных зон; 3) на пересечениях линейных зон.

В металлогенические провинции Э. Х. Уиссер предлагает объединять оруденение, тяготеющее к определенным линейным зонам. Основная его идея заключается в том, что зоны несомненно глубинные, а потому и оруденение имеет глубинные источники, а не заимствовано из пород, как это считают некоторые геологи. К. Дж. Сулливан в дискуссии по статье Э. Х. Уиссера отмечает, что взглядом последнего противоречит приуроченность к единым линейным зонам разнообразного по ведущим металлам оруденения.

Работы, подобные по методическому подходу предыдущим, продолжил В. Р. Ландвер (Landwehr, 1967, 1969), который обратил внимание на концентрацию всех сколько-нибудь значительных месторождений Западных штатов США в пределах семи поясов северо-восточного простирания, заложенных еще в докембрии: Вашингтонский, Кердаленский, Монтанский, Юта, Колорадо, Глоб и Бисби — Моренси. Пояса имеют ширину порядка сотен и протяженность тысячи километров. Они пересекают различные геотектонические провинции от побережья Тихого океана до Северо-Американской платформы. В качестве обоснования наличия поясов приводятся сводные диаграммы (по ряду штатов) элементов залегания рудных жил, которые почти повсеместно имеют северо-восточное простирание. Упоминается также северо-восточное простирание даек и удлинение в этом направлении массивов изверженных пород.

Следует отметить, что пояса, выделяемые В. Р. Ландвером, объединяют очень различные месторождения. Например, в единый пояс Юта входят месторождения Хоумстейк на востоке, Бингхем и Типтик в центральной части и Голдфилд и Топопа на западе. Ряд крупнейших месторождений, в частности уникальное Крипл-Крик, остается вообще вне выделенных поясов.

В. Р. Ландвер обращает внимание на то, что рудная минерализация связана только с некоторыми центрами интрузивной деятельности. Он выделяет три группы таких центров: продуктивные; пустые, расположенные в областях максимального осадконакопления и интенсивной складчатости; пустые в миогеосинклинальной области и форакаде. Продуктивны, по его предположению, только те, в которых породы являются дифференциатами базальтоидной магмы, причем эта дифференциация имеет место в тех случаях, когда подъем магмы задерживался на путях ее движения. Если магма беспрепятственно доходила до поверхности, то формировались обширные покровы базальтов, пустые в металлогеническом отношении. К непродуктивным центрам рудной минерализации В. Р. Ландвером

относятся также такие, где изверженные породы представляют собой результаты гранитизации.

С позиций В. Р. Ландвера крупные батолиты Сьерра-Невада и Айдахо не продуктивны. Месторождения, пространственно к ним приуроченные, в том числе крупнейшие золоторудные — Грасс-Валли и Мадзер Лоуд, входят в наложенные северо-восточные рудные пояса и генетически с батолитом Сьерра-Невада не связаны.

С нашей точки зрения, хотя ряд построений В. Р. Ландвера очень схематичен, некоторые из высказываемых им мыслей представляют несомненный интерес. Так, действительно имеет место концентрация оруденения в пределах поясов или зон, очень вероятно связь рудной минерализации с дифференциатами основной магмы.

Главным недостатком предлагаемой концепции является отсутствие разграничений провинций мезозойской складчатости и наложенной магматической активизации. Все построения В. Р. Ландвера следует, по-видимому, относить только к последней.

В известной мере формально-геометрический подход к выявлению закономерностей размещения месторождений Западных штатов США предложен также Я. Кутиной (Kutina, 1969), который считает, что все крупнейшие месторождения Западных штатов США находятся в узлах пересечения четырех выделяемых им систем структурных зон.

Таким образом, на основании имеющихся сводок и рассмотрения главных материалов по геологии и золотоносности провинции активизации можно указать на некоторые особенности размещения в ее пределах золотоносности. Хотя развитие здесь месторождения золота считаются принадлежащими к Тихоокеанскому металлогеническому поясу, данный его отрезок, в отличие от того, что имеет место в Азиатско-Австралийской части, не связан непосредственно с обрамлением Тихого океана. Наиболее насыщенный месторождениями Калифорнийско-Колорадский сегмент Кордильер тяготеет к секущим обрамление Тихого океана «сквозным» элементам структуры, прослеживающимся как в дне океана, так и на континенте. Несмотря на пересечение поперечными структурами мезозойского складчатого пояса, проявлений, специфичных для провинции активизации близповерхностных месторождений, в пределах него не наблюдается, хотя общее повышение интенсивности золотоносности, как это уже отмечалось в соответствующем разделе, несомненно имеется.

Близповерхностные месторождения появляются только восточнее, в глубине континента. При этом отмечается отчетливое смещение более молодого по возрасту золотого оруденения с запада на восток. Тенденция такая же, как в Азиатско-Австралийской части Тихоокеанского пояса, но здесь омоложение месторождений направлено не в сторону Тихого океана, а в глубь континента.

Общее строго поясовое, параллельное Тихоокеанскому побережью размещение оруденения, в том числе и золотого, показанное на ряде глобальных схем (Радкевич, 1963; Ицксон и др., 1965), судя по имеющимся материалам, для рассмотренной провинции вряд ли может быть принято. Более локальные рудоконтролирующие струк-

туры, обуславливающие размещение рудных поясов и районов, также имеют отчетливые тенденции поперечного к Тихоокеанскому поясу простираения в субширотных и северо-восточных направлениях.

Почти все главные золотоносные узлы провинции активизации в той или иной степени тяготеют к выступам докембрийских пород, которые могут рассматриваться как результат единого или ряда более частных сводовых поднятий. На большое значение общего воздымания территории провинции активизации и купольных структур для отдельных рудных полей указывает в специальной статье Э. Х. Уиссер (1964). Связь рудной минерализации провинций активизации со сводовыми поднятиями отмечается, как известно, рядом исследователей и для других районов (Н. А. Фогельман, Д. И. Горжевский и др.).

Провинция активизации западной части Северной Америки представляет собой чрезвычайно благодарный объект для изучения вопроса о связи оруденения с магматизмом, поскольку пространственная и временная близость оруденения и магматических тел, распространенных на фоне значительно более древних «чуждых» геологических образований выступает здесь в целом исключительно четко.

Наиболее полно для значительной территории вопросы связи оруденения, в том числе золотого, с магматизмом рассмотрены в работе Т. С. Ловеринга и Э. Н. Годдарда (Lovering, Goddard, 1950) для части рудного пояса Колорадо в пределах Передового хребта. Эти авторы считают, что исходной магмой для всех малых интрузий рассмотренной ими территории была габброидная, давшая наиболее ранние интрузии авгитовых диоритов на западных склонах хребта и оливиновых габбро на восточных. Дальнейшая дифференциация магмы в неглубоких резервуарах шла путем процессов кристаллизационной дифференциации и фильтр-прессинга в нескольких направлениях: 1) диоритовый монцонит — кварцевый монцонит — гранит — аляскит — свинцово-серебро-цинковые руды; 2) щелочной сиенит — бостонит — ширитово-золотые руды; 3) биотитовый монцонит — биотитовый латит — латитовая интрузивная брекчия — золото-теллуридные и вольфрамовые руды. Во всех рядах дифференциации в ходе последней происходило накопление летучих.

Данные Т. С. Ловеринга и Э. Н. Годдарда относятся к меловой — раннетретичной металлогении. Но вулканическая деятельность в пределах рассматриваемой территории не закончилась внедрением эоценовых интрузий. В различных районах имеются и более поздние проявления магматической деятельности, причем в крупнейшем золоторудном поле Крипл-Крик с ними связана золотая минерализация.

Для Крипл-Крик установлена следующая последовательность магматизма (по Г. Ф. Лафлину и А. Г. Кошману):

1) интрузии и экструзии фонолитов с формированием фонолитовых брекчий;

2) дайки, силлы и неправильные тела латит-фонолита (23% от всех интрузивных пород) и небольшие дайки и некки сиенитов и трахи-фонолитов;

3) дайки и штоки фонолитов (73,5% от всех интрузивных пород);

4) дайки вогезитов и мончикитов;

5) дайки трахидолеритов;

6) трубки базальтовых брекчий («Крессонов раздув») и отдельные дайки базальтов;

7) отложение золотых руд.

Таким образом, в данном примере золотые руды формировались в конце ряда дифференциации изверженных пород от более кислых к основному.

Более полные данные о последовательности магматизма и рудообразования в рассматриваемой провинции могут дать, очевидно, материалы по абсолютному возрасту соответствующих образований. Пока таких материалов еще немного, особенно в отношении возраста оруденения. О. Твето (Tweto, 1968) указывает, что среди изверженных пород минерального пояса Колорадо могут быть выделены две возрастных группы: собственно ларамийская возраста 70—60 млн. лет и более молодая олигоценовая, датируемая в 40—10 млн. лет. В интервале 60—40 млн. лет магматическая деятельность была ограниченной. Сходные, но более подробные данные были приведены выше для части штата Невада по Р. Дж. Робертсу.

Рассматривая вопросы генезиса золотого оруденения провинции активизации, необходимо в заключение затронуть вопрос о соотношениях месторождений периода активизации с более древними. На тех участках провинции, где на поверхность выступают докембрийские отложения (Передовой хребет Колорадо, Аризона и др.), в последних устанавливается древнее золотое оруденение. Однако по масштабу оруденения соответствия древней и молодой минерализации не наблюдается. Так, в Передовом хребте Колорадо — одной из наиболее насыщенных золотом площадей провинции активизации — древние месторождения весьма ограничены и не имеют никакого промышленного значения. С другой стороны, в Южной Дакоте, где находится описанное ранее крупнейшее древнее месторождение Хоумстейк, проявления золотого оруденения периода активизации крайне ограничены, и территория даже не включена нами в рассматриваемую здесь провинцию.

Заметно различаются также проявления древнего и молодого оруденения по минеральному составу руд. В Передовом хребте Колорадо древние месторождения, согласно Т. С. Ловрингу и Э. Н. Годдарду, имеют значительно более простой состав руд, чем молодые. Для первых характерны Cu, Zn, Au, а для вторых — Au, Ag, Pb, Zn, а также Te и другие элементы. Таким образом, прямой унаследованности состава руд нет. Очевидно в данном случае нельзя говорить о реоморфическом генезисе молодого золотого оруденения, как это имеет место или предполагается для ряда других территорий.

ПРОВИНЦИИ КАЙНОЗОЙСКОГО СКЛАДЧАТОГО ПОЯСА ЗАПАДНОГО И ЮЖНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

Пояс кайнозойской Тихоокеанской складчатости Северной Америки проходит вдоль ее западного побережья только на отдельных участках. На севере он охватывает Алеутские острова и прилегающую часть Аляски, в основном Кенай. Далее к югу вся территория побережья и островов Британской Колумбии относится к мезозоидам. Вновь появление пояса кайнозойской складчатости отмечается южнее поперечной зоны Льюис — Кларк, откуда он протягивается до Калифорнийского полуострова. В штате Калифорния кайнозойские и мезозойские складчатые сооружения частично разделены Большой долиной, о чем уже упоминалось при характеристике мезозойской складчатой области.

Золотоносность кайнозойского западного обрамления Северной Америки весьма незначительна. На Алеутских островах (о. Унга) известно золоторудное месторождение — минерализованная зона дробления в вулканитах миоцена, давшее около 3 т золота. На побережье Аляски в области кайнозойской складчатости обрабатывались незначительные золотые россыпи.

В Калифорнии полное отсутствие месторождений золота в Береговых хребтах представляет очень резкий контраст с богатством золотом хребтов Сьерра-Невада. В пределах кайнозойского складчатого пояса здесь известны только месторождения ртути.

В южной части Северо-Американского континента располагается пояс кайнозойской Антильской складчатости субширотного простирания. Он охватывает южную часть территории Мексики и полностью другие страны Центральной Америки. Ф. Б. Кинг (1967, стр. 51) отмечает: «как и Тихоокеанский пояс, Антильский пояс развивался в основном позднее Кордильер Северной и Южной Америки. Его частично метаморфизованные эвгеосинклинальные породы фундамента не древнее мезозоя, а вспышки орогенической деятельности продолжались и в среднетретичное время, причем активный вулканизм еще имеет место на востоке, на малых Антильских островах».

Главный золотоносный район Антильского пояса располагается в пределах так называемого ядра Центрально-Американской геантиклиналы (Винсон, Бринеман, 1967), в пределах которого выходят наиболее древние метаморфизованные породы, и к югу от него в области распространения меловых и третичных вулканитов. Всего в пределах провинции добыча золота составляет по приближенной оценке 250 т, из которых около 200 т приходится на Никарагуа.

Краткие сведения о месторождениях золота приводятся Р. Дж. Робертсом и Э. М. Ирвингом (Roberts, Irving, 1957), которые указывают на очень слабую геологическую изученность и промышленную освоенность территории. Из их описания можно сделать вывод о наличии двух главных групп месторождений: кварцевых малосульфидных жил, залегающих в метаморфизованных породах фундамента, и месторождений близповерхностного типа, приуроченных

к третичным вулканитам. Среди месторождений первой группы сколько-нибудь крупных нет, но огромное количество жил служило источником для сравнительно богатых россыпей Восточного Гондураса и Северного Никарагуа. Здесь разработки россыпей на территории, называемой Москития, производились с XVI в.

Месторождения второй группы имеют наибольшее практическое значение. Самым крупным из них является рудная зона Пис-Пис в Северо-Восточном Никарагуа. Зона протягивается примерно на 20 км при ширине в 5 км. Количество добытого из нее золота очевидно более 50 т. В пределах зоны выделяется три рудных узла: Нептун Эден (Бонанца), Пайонир Лон Стар и Констанца. Наибольшее значение имеет первый из них. Площадь рудной зоны (Burn, 1969) сложена в основном андезитами, но присутствуют как более основные, так и более кислые разновидности, положение которых не вполне ясно. Характерно наличие тел экструзивных брекчий. Наряду с вулканитами широко развиты дайки и более крупные интрузивные тела, гранодиоритов, сиенитов и других пород.

На месторождении развиты кварцевые жилы, в основном брекчиевой текстуры, залегающие в пропилитизированных андезитах третичного — раннечетвертичного возраста. Оруденение формировалось в несколько стадий, продуктами которых являются: 1) серовато-белый кварц с подчиненным количеством хлорита, пирита, железистого сфалерита и присутствием халькопирита и галенита; 2) белый кварц; 3) аметист, кальцит и родохрозит. На месторождении проявлена отчетливая горизонтальная зональность с развитием кварц-хлорит-пиритовых руд в северо-восточной части рудного поля и переходом их через свинцово-цинково-медные сульфидные руды в существенно халькопирит-гематитовые на юго-западе. Содержание золота в первичных рудах в среднем 9 г/т, отношение Au : Ag колеблется от 1 : 2 до 1 : 16. Р. Г. Бёрн указывает, что более ранний период минерализации связан с вулканической деятельностью, а поздний — с развитыми в районе кислыми интрузивными породами.

В восточной части Антильского складчатого пояса на Больших и Малых Антильских островах сколько-нибудь значительных месторождений золота пока нет. Добыча его на островах Куба и Гаити составляет первые десятки килограмм в год. Однако перспективы выявления здесь золоторудных месторождений еще не исчерпаны.

Согласно тектонической карте, составленной советскими геологами (Пушаровский и др., 1967), большая часть территории Республики Куба приурочена к эвгеосинклинальной зоне с обильными интрузиями ультрабазитов, а также основных и кислых (гранодиориты) пород, т. е. условия для формирования месторождений золота имеются. Ю. С. Маслов (1969) описал разведваемое золоторудное поле Гуаймаро — зону сульфидной вкрапленности в пропилитизированных андезитах. По-видимому, на Кубе можно ожидать месторождений типа Зодского в Армении.

Дальнейшее изучение геологии и золотосности Антильского складчатого пояса может, очевидно, дать много интересных данных.

Пока не вполне ясны соотношения этого широтного пояса с меридионально простирающимися мезозоидами Кордильер Северной и Южной Америки и с площадями активизации, а также многие вопросы его геологического строения. Выяснение их важно не только с позиций тектоники, но и металлогении.

ГЛАВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОНОСНОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

Выше были рассмотрены золоторудные месторождения четырех главных этапов развития земной коры: археохрона, мезохрона, раннего и позднего неохрона. В пределах каждого из них описаны различные геотектонические провинции, включающие весьма разнообразные месторождения золота. Выявление на фоне этого многообразия общих и специфично возрастных, а также региональных особенностей золотого оруденения представляет очень сложную задачу, которая пока еще не может быть решена полностью. Рассмотрим некоторые общие особенности золотоносности, придерживаясь в основном того же порядка, который был принят при описании главных провинций.

Интенсивность золотоносности. По количеству добытого золота, приходящегося на единицу площади (см. табл. 3), резко выдающееся значение на Северо-Американском континенте принадлежит мезохрону. Это происходит за счет одного месторождения Хоумстейк, расположенного на очень небольшой площади, сложенной породами соответствующего возраста и перекрытой по периферии платформенным чехлом. Таким образом, данных для вывода о повышенной золотоносности мезохрона пока недостаточно. Тем не менее, если вспомнить, что в мезохроне было сформировано уникальное африканское месторождение Витватерсранд, на повышенную золотоносность этого этапа развития Земли в Северной Америке должно быть также обращено внимание.

Из прочих возрастных групп геотектонических провинций наиболее золотоносен поздний неохрон — провинция магматической третичной активизации западной части Северной Америки, являющаяся одной из наиболее продуктивных золотоносных территорий мира.

Плотность золотоносности археохрона (ядерных частей Канадского щита) и раннего неохрона (провинций геосинклинально-складчатых зон) примерно одинаковы. Однако весьма примечательна очень резко выраженная неравноценность по степени золотоносности палеозойского складчатого пояса восточной части Северной Америки и мезозойского ее западного обрамления. Малое количество золота, добытого в палеозойском складчатом поясе Аппалачей, так же как и бедность золотом палеозойских складчатых сооружений по другую сторону Атлантического океана в Западной Европе, представляет очень большой интерес и требует своего объяснения.

Рассмотрим вопрос о соотношении количества золота, добытого из коренных месторождений и россыпей в разновозрастных провинциях. Отчетливо выделяются существенно «коренные провинции» и провинции смешанной коренной и россыпной золотоносности. К первым принадлежат провинции археохрона (на Канадском щите) и позднего неохрона, а ко вторым — геосинклинально-складчатые системы. Причины отсутствия россыпей на Канадском щите и в провинции магматической активизации различные. В первом случае они заключаются в отсутствии условий для накопления рыхлых кайнозойских толщ вследствие преобладающей тенденции к поднятию территории, а во втором — в малом эрозионном срезе месторождений и преобладающих в них субмикроскопических размерах золотин.

Размещение месторождений. На территории Северной Америки во всех геотектонических провинциях отчетливо выступает поясовое или линейное размещение золотого оруденения с сосредоточением наиболее крупных узлов золотоносности в местах пересечения линейных зон. Эта особенность одинаково характерна и для архейского щита, и для наиболее молодой провинции третичной магматической активизации.

Линейные зоны имеют самые различные размеры. К наиболее крупным принадлежит пояс золотого оруденения Кордильер, протягивающийся в целом примерно на 6000 км. Резко повышенная золотоносность наблюдается здесь для провинции как раннего, так и позднего неохрона в Калифорнийско-Колорадском сегменте, приуроченном к узлу пересечения пояса с широтными нарушениями. Элементы структуры, ограничивающие этот сегмент, очевидно, далеко выходят за пределы Кордильер и, возможно, имеют глобальный характер. На западе, как уже отмечалось ранее, им соответствуют широтные зоны разломов в дне Тихого океана. На востоке на их продолжении находится широтная южная граница Канадского щита и Северо-Американской платформы и широтный отрезок палеозойского складчатого пояса, в значительной части перекрытый здесь платформенными отложениями (см. рис. 22). Главный узел золотоносности на Канадском щите с рудными полями Поркьюпайн, Керкленд-Лейк и другими также тяготеет к этой широтной зоне. Ей же соответствует относительно более обогащенная золотом часть Аппалачей. Линейные зоны золотого оруденения меньшего масштаба, развитые в пределах отдельных провинций, и их пересечения были охарактеризованы при рассмотрении конкретных золотоносных площадей.

Из других элементов структуры интересно указать на тяготение золотоносных полей и узлов археохрона к крупным прогибам, расположенным среди куполообразных «нуклеарных» поднятий. С другой стороны, в наиболее молодой провинции активизации намечается в целом контроль оруденения крупным сводовым поднятием, а отдельных рудных полей — тектоно-вулканическими структурами центрального типа.

Типы месторождений. Среди формационных групп месторождений многие являются сквозными, т. е. одинаково характерными для разновозрастных провинций (см. рис. 5, 20 и 24). К ним относятся в первую очередь золото-сульфидно-кварцевая и золото-кварцевая. Однако роль их в позднем неохроне становится резко подчиненной, в то время как на Канадском щите и в провинциях геосинклинально-складчатых зон они преобладают. Вместо них появляются формации халцедон-кварцевые как с малым, так и со значительным содержанием в рудах сульфидов.

Из прочих формационных групп отметим еще нехарактерность золотосульфидной для раннего неохрона, при наличии ее довольно многочисленных представителей как в археохроне, так и в провинции активизации. С другой стороны, золото-алюмосиликатная (скарновая) группа наиболее распространена в мезозойском складчатом поясе Кордильер и не характерна для древнейших провинций Канадского щита.

При сопоставлении минеральных типов, распространенных в разновозрастных провинциях, общие тенденции их эволюции выступают довольно отчетливо. Они заключаются в более широком распространении руд сложного сульфосольного состава в более молодых провинциях за счет уменьшения там распространенности простых типов. Так, в провинции активизации практически отсутствуют месторождения, относящиеся к арсенопиритовому минеральному типу, и мало развиты месторождения, где единственными или почти единственными сульфидами в рудах являются пирит и пирротин. Вместе с тем здесь более широко распространены полиметаллически-сульфидный, полиметаллически-сульфосольно-мышьяковый и другие аналогичные типы. Специфичными для провинции позднего неохрона являются аргентитовый, пираргирит-миаргиритовый и антимонит-реальгаровый типы. В противоположность этому, минеральные типы с широким распространением теллуридов встречаются как в археохроне (месторождение Керкленд-Лейк и др.), так и в позднем неохроне (Крипл-Крик и др.).

Условность выделения морфологических классов месторождений делает сопоставление разновозрастных провинций по этому признаку не очень характерным. В более древних провинциях выделяются по своему значению месторождения с сочетанием различных морфологических классов. В основном это обусловлено отнесением сюда таких крупнейших рудных полей, как Поркьюпайн, Мадзер Лоуд, Джуно. Повсеместно распространены месторождения типа простых жил, но размеры их, как правило, небольшие. Зоны вкрапленности и залежи наиболее распространены в позднем неохроне.

Сопоставление разновозрастных месторождений показывает очень широкое разнообразие вмещающих оруденение пород, среди которых одни, так же как и ранее рассмотренные признаки, более повсеместны, а другие специфичны только для определенных возрастных групп провинций. Для провинций всех возрастов выдающееся значение в качестве рудовмещающих пород имеют основные

вулканиты. Особенно часто вмещают они рудные тела месторождений, сформированных в археохроне. Вторыми по распространенности, независимо от возрастных групп провинций, являются кислые и несколько реже основные интрузивные породы.*

Весьма характерно увеличение роли карбонатных пород в качестве вмещающих оруденение в более молодых провинциях. В археохроне карбонатные породы вообще не отлагались и поэтому соответствующих месторождений не отмечается. Для провинции мезозойской складчатости они приобретают некоторое значение как рудовмещающие, но особенно возрастает их роль в провинции активизации. Для последней, в противоположность более древним провинциям, заметная роль принадлежит также глубоко метаморфизованным толщам.

Характерными вмещающими породами для археохрона являются железистые кварциты, но общее количество приуроченных к ним месторождений невелико.

Связь золотого оруденения с магматизмом. Наиболее разработан вопрос о связи золотоносности с магматизмом для провинций археохрона Канадского щита. Здесь убедительными являются выводы А. М. Гудвина о связи золотоносности с кислыми дифференциатами основной магмы. Некоторые различия в ходе дифференциации приводят в одних случаях к формированию существенно кварцевых, а в других — существенно сульфидных типов оруденения.

Для мезохрона, в частности для крупнейшего месторождения Хоумстейк, связь оруденения с магматизмом не устанавливается. Возможно, при его формировании большая роль принадлежала процессам экзогенного накопления золота с последующим его перераспределением, но вопрос этот никем специально не изучался.

В провинциях раннего неохрона — палеозойском складчатом поясе Аппалачей и мезозойском — Кордильер наиболее вероятна связь золотоносности с гранитоидным магматизмом. Генезис самих гранитоидов, как это можно судить по наиболее изученному батолиту Сьерра-Невада в Калифорнии, связан с анатектическим плавлением не только сиалического слоя, но на больших глубинах также симатической оболочки и частично даже мантии.

В провинциях позднего неохрона, как и в археохроне, отчетливо устанавливается связь золотой минерализации с магмой основного состава, дифференциация которой проходила, однако, здесь в неглубоких камерах с формированием в качестве конечных членов пород с повышенным содержанием калия.

Таким образом, золотое оруденение независимо от возраста оказывается преимущественно генетически связанным с основной магмой, однако с непременным условием ее глубокой дифференциации. Глубина, на которой происходила эта дифференциация, и направленность процессов различны в разных провинциях и во многом обуславливают специфичность золотого оруденения.

АВСТРАЛИЯ И ПРИЛЕГАЮЩИЕ К НЕЙ ЧАСТИ ТИХООКЕАНСКОГО ПОЯСА

На территории Австралии вместе с прилегающими к ней островами Тихого океана при сравнительно небольшой площади суши добыто около 7300 т золота, что составляет почти 10% мировой добычи. Эта территория характеризуется в целом исключительно высокой плотностью золотоносности (см. табл. 3).

Большой интерес представляет также то обстоятельство, что здесь сравнительно сближены золотоносные провинции различных металлогенических эпох — от архейской в пределах Западно-Австралийского щита до кайнозойской на островах Океании. Весьма обильны здесь также месторождения герцинской металлогении, сопоставление которых с одновозрастными месторождениями СССР может дать интересный материал для оценки последних.

Характеристике геологического строения и месторождений золота Австралии посвящено значительное количество работ, но публикации на русском языке весьма ограничены. Большое значение для познания месторождений золота имеют сводки по структурам рудных, в том числе и золоторудных, месторождений Австралии (*Geology of Australian ore deposits*, 1953, 1965). Имеется сводная тектоническая карта Австралии под редакцией Э. Ш. Хиллса в масштабе 1 : 2 534 400 и карта полезных ископаемых, в том числе и всех месторождений золота, в масштабе 1 : 6 000 000. Объяснительная записка к тектонической карте вошла в сборник переводных статей «Вопросы геологии Австралии» (1965). Кроме того, на русском языке вышли сводка по тектоническому развитию Австралии В. Н. Соболевской (1965) и обобщающая работа по свинцово-цинковым месторождениям А. А. Амирасланова и Н. С. Ивановой (1960). Материалы по золоторудным месторождениям Австралии, кроме упоминавшихся сборников по структурам рудных полей, приводятся в многочисленных статьях в австралийских и международных журналах.

В геологическом отношении рассматриваемая территория подразделяется на три крупные части: древнюю платформу, охватывающую большую западную часть материка, геосинклинальную систему рифейского — палеозойского возраста, в значительной части перекрытую мезо-кайнозойским чехлом эпипалеозойской платформы, и пояс кайнозойского тектогенеза, являющийся частью Тихоокеанского

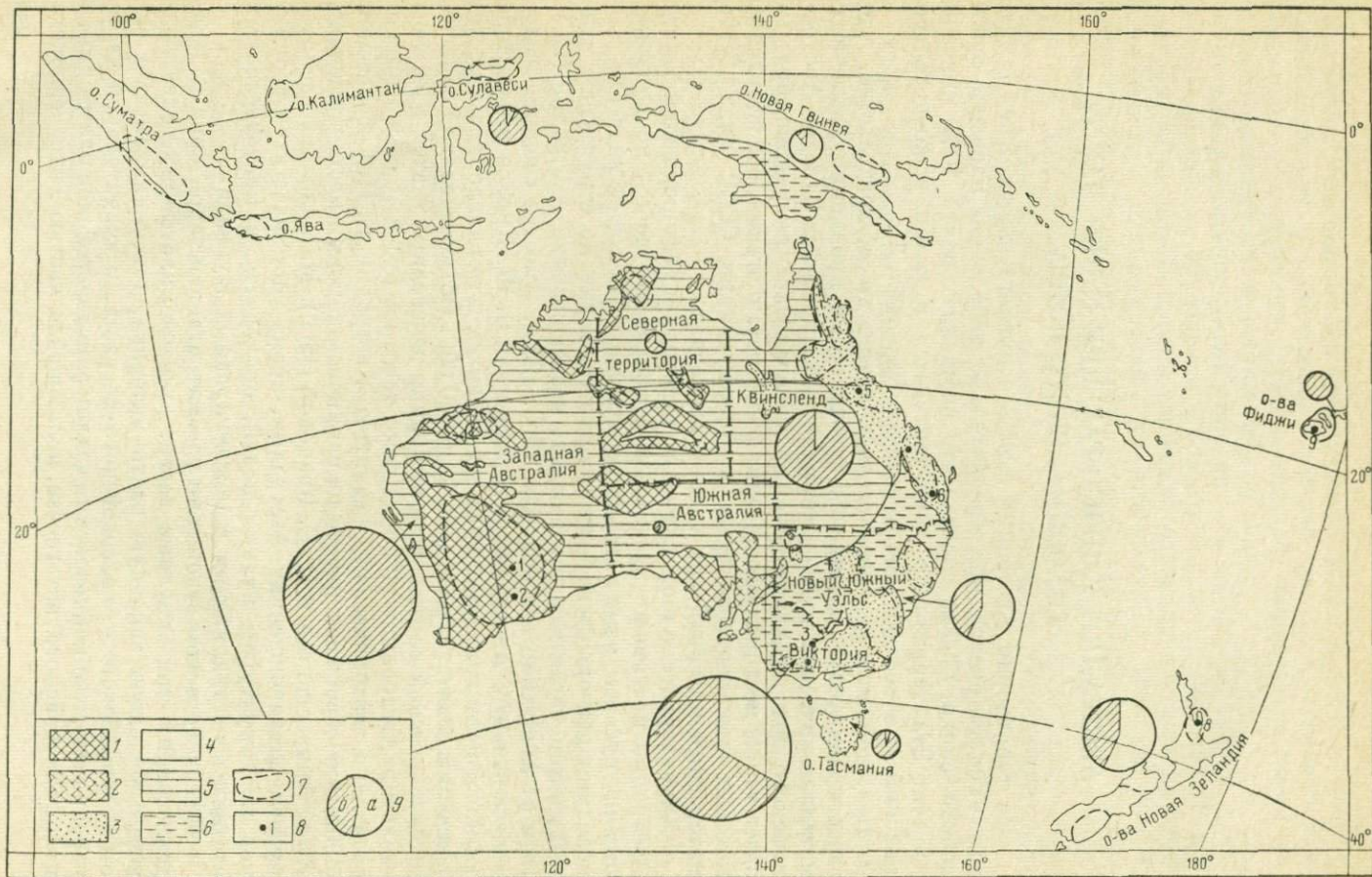


Рис. 30. Схема золотоносности Австралии и прилегающей к ней части Тихоокеанского пояса

1 — области докембрийской складчатости; 2 — области байкальской складчатости и участки более ранней консолидации, переработанные в герцинские времена; 3 — области герцинской складчатости и участки более ранней консолидации в герциниде; 4 — области кайнозойского тектогенеза; 5 — чехол древней платформы; 6 — чехол эпипалеозойской платформы; 7 — границы главных золотоносных территорий; 8 — наиболее крупные золоторудные месторождения (с суммой добытого золота и запасов более 100 т); 9 — относительное количество добытого золота по странам и штатам Австралии; а — из россыпей, б — из коренных месторождений.

Золоторудные месторождения (цифры на схеме):

1 — Калгурли, 2 — Норсемен, 3 — Бендиго, 4 — Валларат, 5 — Чартерс-Тауэрс, 6 — Гимпи, 7 — Маунт-Морган, 8 — Вайхи, 9 — Тавау (Вагуюкула)

пояса, к которому принадлежит территория Океании, Новой Зеландии, Новой Гвинеи и Индонезии.

По данным большинства исследователей, и в том числе советских тектонистов (Соболевская, 1965), развитие Австралии происходило путем постепенного наращивания складчатых сооружений вокруг древнего Западно-Австралийского щита. Имеются и другие точки зрения на этот вопрос. Так, Э. Ш. Хиллс считает, что происходила первоначальная всеобщая консолидация и все геосинклинали восточной половины Австралии закладывались на древнем, раздробленном системой разломов фундаменте.

Количество золота, добытого из коренных месторождений и россыпей в пределах главных геотектонических провинций Австралии, показано на рис. 30.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ АРХЕОХРОНА

К провинциям археохрона в Австралии относится только Йилгарнское ядро Западно-Австралийского щита или Центральная золотоносная провинция Западной Австралии, по Э. Ш. Хиллсу («Geol. Austr...», 1953).

ПРОВИНЦИЯ ЙИЛГАРНСКОГО ЯДРА ЗАПАДНО-АВСТРАЛИЙСКОГО ЩИТА

Общая геологическая характеристика

Геологическое строение Йилгарнского ядра сходно со строением провинции Киватин Канадского щита, а также соответствующих частей Индийского и Южно-Африканского щитов. В основе его лежит наличие крупных площадей, сложенных высокометаморфизованными гранитизированными породами, и расположенных между ними линейно вытянутых участков, выполненных относительно слабо метаморфизованными вулканогенно-осадочными толщами.

Подобные структуры, сформированные еще в догеосинклинальный период развития Земли, Е. В. Павловский (1962) предложил называть нуклеарными (ядерными). По данным Ф. Г. Формана («Geol. Austr...», 1953), Р. Т. Прайдера («Geol. Austr...», 1965) и др., разрез охватывает породы архея возрастом более 2000 млн. лет. Наиболее древние образования условно относятся к «гнейсам первичной коры» и соответствуют нижнему архею. Выше располагается серия калгурли-йилгарн, которая подразделена на три «фазы» — древнюю зеленокаменную, вайтстоун (белокаменную) и молодую зеленокаменную. Древние зеленокаменные породы состоят главным образом

из эффузивов основного состава (часто подушечной текстуры) с подчиненным развитием агломератов и туфов, а также железистых полосчатых кварцитов («iron banded formation»). Породы «фазы» вайтстоун — это преимущественно туфы, граувакки, кварциты с подчиненным количеством эффузивов и джеспилитов. Молодые зеленокаменные породы представлены силлами диабазов.

Серия калгурли-йилгарн подвергнута гранитизации с образованием гранито-гнейсов и «древних гранитов», а также прорвана «молодыми» гранитами, имеющими четкие интрузивные контакты с вулканогенно-осадочными породами. Радиологические определения датируют возраст гранитов от 2200 до 2700 млн. лет. Обширные площади, сложенные гранитами и гранитизированными породами, изучены очень слабо в связи с тем, что они считаются бесперспективными в отношении полезных ископаемых. Совершенно очевидно, что четкое разграничение гнейсов первичной коры, гранито-гнейсов, «древних» и «молодых» гранитов может быть сделано только очень условно. По аналогии с другими, лучше изученными щитами можно предполагать, что эти породы слагают крупные пологие купольные структуры, в то время как слабее метаморфизованные отложения в «окнах» гнейсовой толщи выполняют синклиналильные, или троговые, структуры. Интересно, что все трогги Йилгарнского ядра Западной Австралии имеют выдержанное север-северо-западное простирание, совпадающее с простиранием аналогичных трогов Индийского щита.

Р. Т. Прайдер приводит данные о степени метаморфизма пород, слагающих трогги. Метаморфические преобразования наименее интенсивны в восточных более крупных трогах, где они соответствуют фации зеленых сланцев. В более узких трогах, характерных для западной части Йилгарнского ядра, метаморфизм более интенсивный, причем он нарастает по мере продвижения к западу. Основные эффузивы преобразованы здесь в амфиболиты, лишь с отдельными реликтами эффузивных структур, а еще западнее даже в основные гранулиты и чарнокиты. Породы фазы вайтстоун метаморфизованы соответственно в дистено-сланцевые, силлиманито-сланцевые сланцы, гранулиты и гнейсы. По данным М. С. Кришнана (1954), на Индийском щите наблюдается увеличение метаморфизма пород в троговых синклиналях в противоположном, восточном направлении. Это может служить некоторым косвенным подтверждением высказываний некоторых геологов о единстве ранее обоих щитов.

Целому ряду специальных вопросов геологии Йилгарнского блока и его соотношениям с окружающими геологическими сооружениями посвящена обширная литература, однако поскольку они выходят за рамки исследований золотоносности, то здесь не рассматриваются.

Общие данные о золотоносности

Всего на территории Йилгарнского ядра на 1/1 1970 г. добыто около 2000 т золота. Общее размещение золоторудных месторождений в пределах архейского ядра Западно-Австралийского щита, как

оно дается на карте полезных ископаемых Австралии масштаба 1 : 6 000 000 издания 1952 г., показано на рис. 31. Далеко не все из этих месторождений удастся привязать к геологическим структурам и даже установить их названия. Поэтому отдельно приводится схема размещения главных золоторудных месторождений в пределах Йилгарнского ядра по Ф. Г. Форману («Geol. Austr...», 1953) в связи с главными элементами структуры щита (рис. 32).

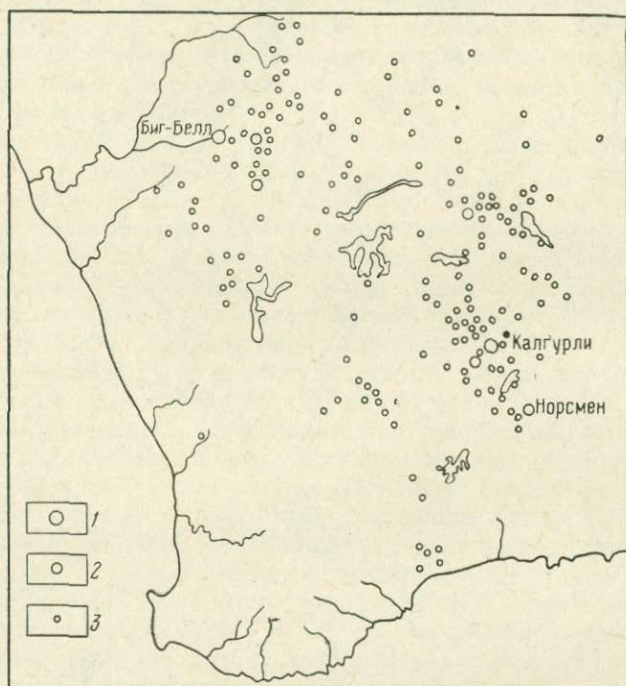


Рис. 31. Общее размещение золоторудных месторождений в южной части Западной Австралии. По карте полезных ископаемых Австралии масштаба 1 : 6 000 000 издания 1952 г.

1 — наиболее крупные месторождения; 2 — средние по крупности месторождения; 3 — прочие месторождения

Не все показанные на этой схеме месторождения удалось охарактеризовать в тексте и не для всех можно установить точное их местоположение на карте. Наименования месторождений на карте и в литературных источниках могут отличаться, так как в одних случаях название дается по золотодобывающей компании, в других — по ближайшему населенному пункту, в третьих — по отдельным рудным телам, входящим в состав единого рудного поля.

Рассмотрим вначале данные о размещении золотоносности вне связи с геологическим строением территории. В первую очередь обращает на себя внимание неравномерность в размещении месторождений. Отдельные точки, обозначающие месторождения на карте,

как бы скапливаются в «рои», между которыми размещены обширные поля либо совсем без месторождений, либо (реже) содержащие только отдельные рассредоточенные рудные точки.

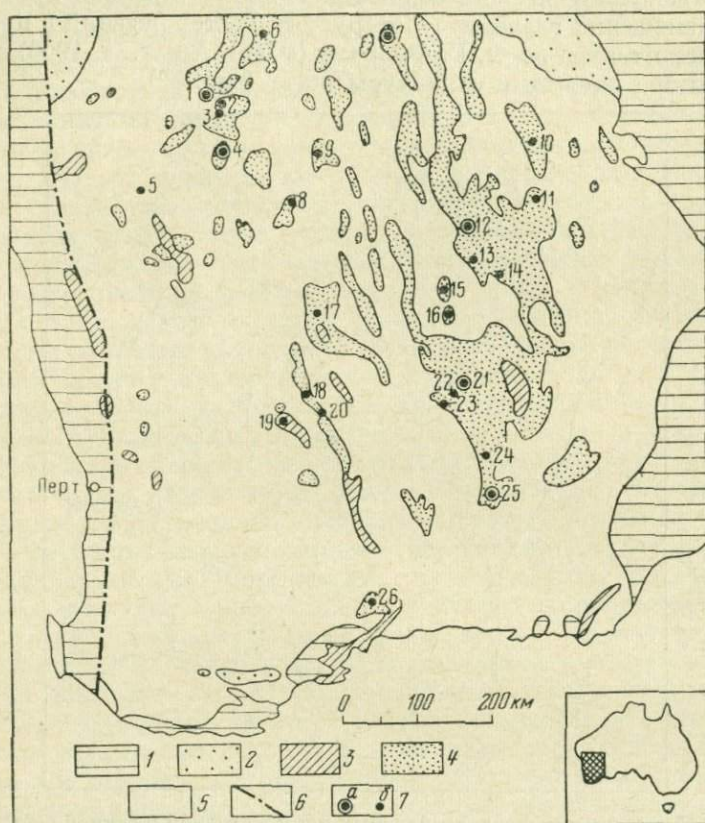


Рис. 32. Размещение главных золоторудных месторождений в пределах Йилгарнского ядра Западно-Австралийского щита. По Ф. Г. Форману

1 — отложения платформенного чехла (Mz — Kz); 2 — платформенные отложения серии налагайки (Pt); 3 — трои на щите, выполненные терригенными породами серий вайтстоун; 4 — трои на щите, выполненные зеленокаменно измененными вулканогенными породами основного состава серии гринстоун; 5 — архейские граниты и гнейсы; 6 — главные глубинные разломы; 7 — золоторудные месторождения: а — из которых добыто более 10 т золота, б — прочие

Золоторудные месторождения (цифры на схеме):

1 — Биг-Белл, 2 — Кью, 3 — Дей Даун, 4 — Маунт-Магнет, 5 — Ялгу, 6 — Микатхарра-7 — Улдуна, 8 — Юанми, 9 — Сандстон, 10 — Эрлистон, 11 — Лавертон, 12 — Леонора, 13 — Кукайни, 14 — Иррила, 15 — Мензис, 16 — Комет-Вейл, 17 — Эванстон, 18 — Вулфинч, 19 — Уэстония, 20 — Саутерн-Кросс, 21 — Калгурли, 22 — Кулгарди, 23 — Лондондерри, 24 — Хиггинсвилл, 25 — Норсмен, 26 — Рейвенсторп

Внутри «роев» для части месторождений наблюдается цепочечное размещение. Длина таких цепочек достигает примерно 150 км, чаще они несколько короче. Ориентировка цепочек приближается к меридиональной, всегда отклоняясь, однако, от меридиана либо

к северо-западу (чаще), либо к северо-востоку. Значительная часть месторождений размещается в пределах указанных выше «роев» беспорядочно.

При сопоставлении общего размещения месторождений с геологическим строением территории отчетливо устанавливается приуроченность подавляющего большинства месторождений к охарактеризованным выше трогам, выполненным зеленокаменным измененными, частично, кроме того, регионально метаморфизованными вулканогенными породами. Лишь отдельные редкие месторождения не попадают в пределы трогов, но, возможно, в данном случае поля зеленокаменных пород имеют весьма небольшие размеры и поэтому не нашли отражения на карте.

Форма трогов иногда довольно сложная, в основном они вытянуты в субмеридиональном направлении, что и обуславливает линейное размещение месторождений. Обычно более четкой линейностью обладают пояса месторождений, приуроченные к узким трогам, как это, например, характерно для пояса Саутерн-Кросс. В других случаях (пояс Норсмен-Уиджимулта) линейность обуславливается приуроченностью месторождений к границе более широкого трога, в целом имеющего неправильную сложную форму.

В отношении структур, непосредственно контролирующих размещение отдельных месторождений, данных очень немного. Установлен структурный контроль оруденения как дополнительными антиклинальными или синклинальными складками, так и в целом зонами более интенсивной складчатости. Подобный контроль оруденения, в частности, указывается для месторождения Леонора (Гвалия), где размещение оруденения контролируется складками волочения с крутым падением шарниров, вследствие чего рудные тела, имея короткое простирание, характеризуются весьма большим протяжением по падению. Обычен также контроль оруденения зонами разломов в сочетании со складчатыми структурами. Такой контроль, в частности, описан Дж. Кемпбеллом для крупнейшего месторождения Калгурли, где золотое оруденение концентрируется в крыле антиклинали Калгурли на участке ее пересечения с протяженным диагональным разломом Золотой Мили. Разлом при этом считается сопряженным со складчатостью («Geol. Austr...», 1953).

В некоторых случаях на первом месте среди рудоконтролирующих структур выделяются зоны расщеливания. В частности, такая зона указывается в качестве рудоконтролирующей для месторождения Норсмен. Эта зона согласна по простиранию со слоистостью пород, но падает навстречу ей. Отдельные обогащенные рудные столбы локализируются в местах пересечения данной зоны с благоприятными горизонтами.

Общее распределение месторождений архейского щита Западной Австралии по крупности приведено в табл. 10. Данные о запасах в таблице не учтены, так как они имеются только для отдельных месторождений и не могут быть использованы для сопоставлений.

Распределение месторождений золота Западной Австралии по крупности
(по данным о добыче на 1/1 1969 г.)

Классы месторождений по крупности	Количество месторождений	Суммарная добыча		Примеры месторождений
		т	%	
Более 1000 т	1	1100	56	Калгурли Нормен Леонора, Уилуна, Хилл 50, Биг-Белл, Ниагара
100—1000 т	1	120	6	
10—100 т	5	270	14	
Менее 10 т	154	460*	24	
Итого	161	1950	100	

* Цифра получена по разности между учтенной добычей по отдельным месторождениям и добычей в целом по рассматриваемой территории.

Хотя данные таблицы безусловно неполные, они очевидно правильно отражают соотношение размеров месторождений, особенно более крупных. Более половины всего добытого золота в Западной Австралии приходится на одно месторождение — Калгурли. Вместе с тем малые месторождения с добычей менее 10 т золота составляют подавляющее большинство в количественном отношении (96%), но дали менее 1/4 части всей добычи. Очевидно большая часть их относится к очень малым месторождениям с добычей золота менее 1 т, но выделить такие месторождения по имеющимся данным, к сожалению, не удалось.

Типы месторождений

Материалов для типизации месторождений Австралии по сравнению с Северной Америкой значительно меньше. О многих месторождениях здесь только упоминается или приводятся сведения, относящиеся лишь к какому-либо одному разделу принятой нами группировки. Для Западной Австралии, по существу, лицо провинции определяет месторождение Калгурли, резко выделяющееся среди других по крупности.

В пределах Йилгарнского ядра щита могут быть выделены (рис. 33, а) только три формационные группы месторождений: золото-кварцевая, золото-сульфидно-кварцевая и золото-сульфидная. При преобладающем количестве золото-кварцевых месторождений золота из них добыто сравнительно немного, в то время как золото-сульфидные месторождения (Калгурли) дают 75% от суммарной добычи.

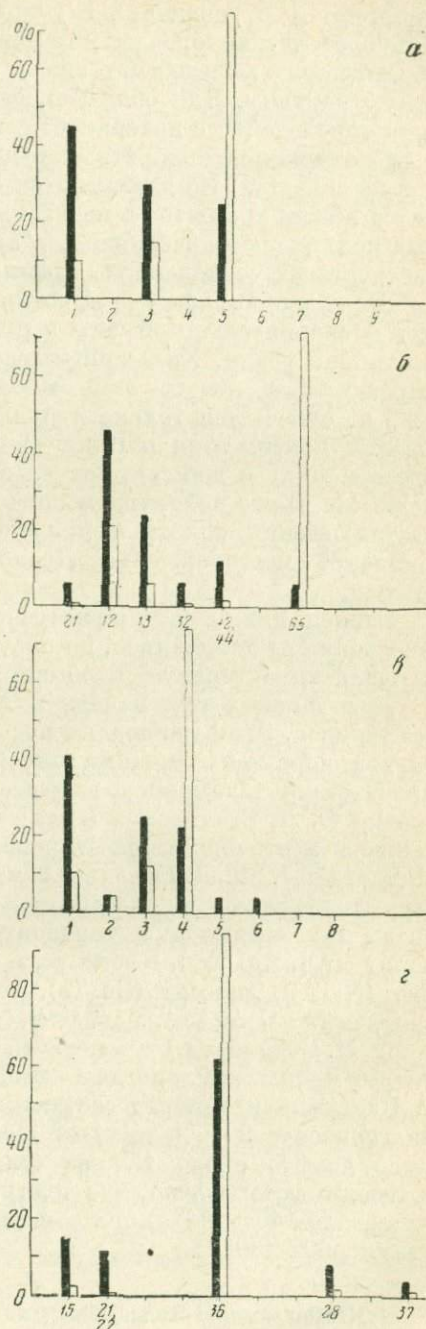
Данные о минеральных типах руд (см. рис. 33, б) имеются по рассматриваемой территории только для более крупных месторождений. Для очень многих мелких месторождений указывается лишь на наличие кварца и сульфидов. В тех месторождениях, для которых есть данные, преобладающим сульфидом является пирит. Арсено-

пирит распространен обычно в подчиненном количестве и вообще для данной золотоносной провинции не характерен. В месторождении Калгурли среди главных рудных минералов арсенопирит не упоминается. Для месторождения Леонора указано, что арсенопирит встречается только на отдельных участках, а в большей части руд его нет. Вместе с тем отмечено, что участки с арсенопиритовой минерализацией обогащены золотом. В целом ряде месторождений арсенопирит встречается в малом количестве и упоминается среди прочих сульфидов.

Данные о попутной добыче мышьяка имеются для месторождения Уилуна, наиболее мышьяковистого в Западной Австралии, из которого добыто около 38 тыс. *т* мышьяка. Кроме того, указываются и другие месторождения с присутствием мышьяка.

Несмотря на отсутствие крупных скоплений арсенопирита в районе Калгурли, для поисков новых рудных тел здесь используются ореолы рассеяния мышьяка в почвах. Р. Х. Мацучелли и К. Х. Джеймс (Mazzuechelli, James, 1966) отмечают, что проводились специальные работы по методике применения арсенометрической

Рис. 33. Распределение месторождений золота Йилгарнского ядра Западно-Австралийской платформы по формационным группам (а), минеральным типам (б), морфологическим классам (в) и характеру вмещающих пород (г). Обозначения см. на рис. 5. Всего учтено 25 месторождений с суммарной добычей золота 1580 *т*



съемки. Содержание мышьяка определялось в латеритах с поверхности и с различной глубины из короткометражных скважин. Наиболее четкие ореолы получены при анализах грубозернистого обогащенного железом материала. Анализ фракции 80 меш дает менее ясную картину. Для общей оценки площадей рекомендуется проводить опробование с поверхности, на которой ореолы более широкие, а для отыскания конкретных рудных тел прибегать к отбору образцов из скважин. По данным этих авторов мышьяк в латеритах находится в виде арсенатов в почвенных водах, арсенатов, адсорбированных коллоидными частицами, и арсенатов, фиксированных в трудно растворимых соединениях, преимущественно в скородите.

Другие сульфиды — пирротин, халькопирит, галенит и сфалерит — сравнительно обычны в рудах, однако значительные их концентрации редки. Халькопиритовая минерализация, вплоть до формирования в жилах линз массивного халькопирита мощностью до 3 м, отмечается только в рудном поле Филлипс-Ривер (месторождения Рейвенсторп и Кандия) в самой южной части территории. Здесь наряду с добычей золота было добыто также около 8 тыс. т меди. На карте полезных ископаемых Австралии показаны еще два месторождения золота с попутной добычей меди, расположенные восточнее месторождения Леонора, но сведения о них отсутствуют.

Свинец, цинк и серебро нигде на месторождениях золота Западной Австралии не добывались, и присутствие соответствующих минералов в рудах характеризуется обычно, как незначительное.

Для золотых руд Западной Австралии характерно присутствие теллуридов. Этим минералам посвящена большая специальная литература, первые публикации относятся к 1897 г. Наиболее характерно присутствие теллуридов в месторождении Калгурли. По данным сводки Ф. Л. Стиллвелла («Geol. Austr...», 1953), они встречаются также в месторождениях Норсмен, Ора-Банда, Ниагара, Мулгаби, Наллагайн¹. Ф. Л. Стиллвелл приводит поминеральное описание всех теллуридов и указывает, что наиболее распространенными среди них являются: колорадоит ($HgTe$), калаверит ($AuTe_2$), креннерит ($(Au, Ag) Te_2$). Кроме того, встречаются: алтаит ($PbTe$), мелонит ($NiTe_2$), веиссит (Cu_2Te), гессит (Ag_2Te), петцит (Ag_3AuTe_2), сильванит ($AuAgTe_4$), нагнагит ($Au(Pb, Sb, Fe)_8(TeS)_{11}$).

Ф. Л. Стиллвелл отмечает, что теллуриды встречаются в секущих тонких прожилках, иногда с незначительным количеством сульфидов. В Калгурли креннерит составлял главную массу богатой выборки на горизонте 90 м в руднике Лейк-Вью Консолс, откуда за месяц было добыто около 1500 кг золота. По модификации калаверита и гессита установлено, что теллуриды выделялись в температурном интервале $149-184^\circ C$ при общем интервале температур рудообразования $500-149^\circ C$.

¹ Месторождение Наллагайн расположено в северной части щита, описанной в следующей главе.

В. Линдгрэн, сопоставляя форму выделения теллуридов в Калгурли с таковой в Крипл-Крик (США), отметил, что в Калгурли теллуриды выделяются в виде сплошных масс, а в Крипл-Крик слагают отдельные кристаллы. Основываясь на присутствии теллуридов в Калгурли, В. Линдгрэн указывал, что они могут выделяться в большем интервале глубин.

Кроме теллуридов в Калгурли отмечено еще наличие селенида меди. О присутствии селенидов на других месторождениях золота Западной Австралии не упоминается.

Присутствие в рудах минералов вольфрама, молибдена, висмута для месторождений Западной Австралии не характерно, но на отдельных месторождениях они встречаются. Так, в лежачем боку рудного тела месторождения Биг-Белл указывается содержание шеелита около 0,4%. Для этого же месторождения отмечается присутствие молибденита. Присутствие шеелита указано также для месторождения Уэстония. Попутная добыча вольфрама проводилась из месторождений Ялгу, Комет-Вейл, а на первом из них добывался также висмут. Значение всех этих попутно добываемых элементов было, по-видимому, весьма небольшим.

Единственным месторождением, для которого имеются указания о попутной с золотом добыче сурьмы является Уилуна. Здесь, наряду с мышьяковыми рудами, выделяются и сурьмяные с содержанием сурьмы 1—1,25% в виде антимонита. Из первичных сурьмяных руд здесь было добыто 1900 *t* сурьмы и 3500 *t* сурьмяного концентрата. Присутствие антимонита указывается также для месторождения Биг-Белл, а на карте полезных ископаемых Австралии приведены сведения о попутной добыче сурьмы для месторождений Хилл 50 (Маунт-Магнет), хотя в описании месторождения об этом не упомянуто. Однако материалов, достаточных для выделения самостоятельного антимонитового минерального типа руд, нет.

Среди морфологических классов оруденения (см. рис. 33, *в*) выделяются жильный, жильных зон и зон вкрапленности. Последний, по-существу, определяет металлогеническое лицо по золоту Западной Австралии, так как к нему принадлежит крупнейшее месторождение Калгурли. К этому же типу, по-видимому, относятся месторождения Леонора (Гвалия), Хилл 50, часть месторождений пояса Норсмен, хотя на большинстве перечисленных месторождений сульфидная вкрапленность совмещается с кварцевыми жилами или зонами кварцевых прожилков.

Весьма специфичной разновидностью вкрапленного класса являются сульфидизированные (обычно пиритизированные) прослои железистых кварцитов. В данном случае, сульфидная вкрапленность иногда весьма сконцентрирована и переходит в небольшие залежи сульфидов (месторождение Айрон-Кинг в рудном поясе Норсмен), характерна строгая приуроченность минерализации к отдельным горизонтам слоистой толщи.

подавляющее большинство золоторудных месторождений Западной Австралии заключены в зеленокаменно измененных основных

эффузивах или туфах соответствующего состава (см. рис. 33, з). По количеству добытого золота они составляют более 90%. Среди других вмещающих оруденение пород могут быть названы граниты (месторождение Кью), порфиры (Голден-Ридж), железистые кварциты, образующие прослой среди зеленокаменных пород, кварцмусковитовые сланцы, также переслаивающиеся с зеленокаменными породами (Биг-Белл).

Зеленокаменные породы, вмещающие золоторудные месторождения, изменены процессами метаморфизма в различной степени. Бóльшей частью это хлоритовые или хлорит-эпидотовые и хлорит-актинолитовые сланцы, но встречаются также амфиболиты, иногда гранато-амфиболовые сланцы. Для месторождения Кулгарди упомянут контактовый метаморфизм зеленокаменных пород с преобразованием их в роговики и тремолитовые сланцы.

Заслуживают специального несколько более подробного описания в качестве вмещающих пород для золоторудных месторождений железистые кварциты. Хотя месторождений, приуроченных к этим породам, нами учтено всего четыре, но, во-первых, железистые кварциты часто участвуют в качестве прослоев в зеленокаменных толщах, а, во-вторых, к ним приурочено очевидно еще значительное количество небольших месторождений, для которых отсутствуют специальные описания и которые поэтому оказались неучтенными.

Описанию железистых кварцитов Западной Австралии как вмещающих пород для золоторудных месторождений посвящены специальные работы К. Р. Майлса (Miles, 1946; «Geol. Austr...», 1953). Он подчеркивает аналогию железистых кварцитов Западной Австралии с таковыми на других древних щитах: в Бразилии, Индии, Швеции, на Украине и т. д. По его мнению, железистые кварциты являются производными осадочных пород, в которых железо первоначально выделялось в виде карбонатов и гидроокислов, перешедших впоследствии в магнетит.

На золоторудных полях развиты преимущественно регионально метаморфизованные железистые кварциты. В них при реакциях магнетита с кварцем были сформированы железистые силикаты, что привело к образованию магнетит-грюнеритовых, магнетит-геденбергит-грюнеритовых, иногда с фаялитом кварцитов. Среди железистых кварцитов Западной Австралии, как и на других щитах, имеется большое количество участков, обогащенных железом (до 60—68%) и представляющих собой крупные железорудные месторождения. Описанию их посвящена обширная специальная литература.

Золоторудные месторождения, приуроченные к железистым кварцитам, подразделяются, по К. Р. Майлсу, на три типа: 1) кварцевые жилы, наиболее распространенные; 2) зоны кварцевых прожилков; 3) зоны вкрашенности и послойные залежи. К. Майлс подчеркивает большое значение пород железистой формации для картирования. Они являются идеальными маркирующими горизонтами, для прослеживания которых успешно применяются магнитометрические методы. В качестве примеров, где золотое оруденение строго приурочено

к прослоям данных пород, К. Р. Майлс приводит рудные поля Йилгарн и Маунт-Маргарет.

Дополнительные примеры таких полей приводит В. Мак-Леод («Geol. Austr...», 1965). В качестве примера кварцевых жил, приуроченных к горизонтам железистых кварцитов, он указывает месторождение Гладиатор в рудном поле Маунт-Маргарет. Главная жила здесь имеет мощность от 15 см до 1,5 м и залегает согласно с прослоем железистых кварцитов. Эта жила разрабатывалась по простиранию на 150 м и на глубину до 240 м и из нее было добыто 1627 кг золота при среднем содержании 12 г/т. Наиболее высокие содержания были на верхних горизонтах и достигали 23 г/т. Местами железистые кварциты в контакте с жилой были минерализованы сульфидами.

В других случаях (рудные поля Хилл 50 и Мурчисон) железистые кварциты оказываются рассеянными кварцевыми жилами вкрест простирания, причем жилы обогащаются золотом при переходе в эти породы.

В качестве примера рудных залежей, тяготеющих к горизонтам железистых кварцитов, В. Мак-Леод приводит месторождение Лэнкфилд в рудном поле Лавертон. Здесь рудная залежь представлена окварцованным железистым кварцитом, пронизанным сетью кварцевых прожилков и минерализованным сульфидами. Залежь отрабатывалась до глубины 600 м при мощности около 6 м и протяженности 170 м. Содержание золота не указывается.

Во всех отмеченных случаях железистые кварциты являются только вмещающими породами по отношению к наложенной золотой минерализации, которая генетически с этими породами не связана.

Изменения пород, вмещающих оруденение

Специальных работ последнего времени, посвященных изменениям вмещающих пород на западноавстралийских месторождениях золота, нет. Из старых работ могут быть названы только небольшая сводка В. Линдгрена (Lindgren, 1906) и статья Э. К. Кларка и Х. А. Эллиса (Clarke, Ellis, 1939). На основании этих материалов, а также беглых упоминаний об околожилных изменениях при характеристике отдельных месторождений можно сделать вывод о том, что наиболее широко распространенным изменением пород в золоторудных месторождениях Западной Австралии является лиственитизация, в широком толковании этого термина. Она проявляется в развитии за счет первичных хлорит- и амфиболсодержащих пород кварц-карбонатно-серицитовой минеральной ассоциации. В химическом отношении процесс сводится к выносу кремнезема и натрия и привносу CO_2 и калия при инертном поведении других элементов. Австралийские исследователи этот процесс не называют лиственитизацией, но описывают его как карбонатизацию, доломитизацию в сочетании с серицитизацией. Более детальные данные по изменениям пород на месторождении Калгурли с приведением химических анализов даны при характеристике этого месторождения. Э. К. Кларк и

Х. А. Эллис намечают для Калгурли два этапа изменений: в первый, более удаленный от рудного процесса, происходила карбонатизация, а во второй, с которым ближе связано оруденение, — серицитизация.

Для месторождения Ора-Банда, расположенного в 64 км к северо-западу от Калгурли, Э. К. Кларк и Х. А. Эллис приводят только диаграмму изменений химического и минерального состава пород в контакте с кварцевой золотоносной жилой. Из этой диаграммы видно, что в контактах с жилой в породах возрастает содержание серицита, вторичных полевых шпатов (неизвестно, каких) и уменьшается количество хлорита и эпидота. В химическом составе наиболее отчетливо проявлено уменьшение содержаний магния, железа и кальция, возрастание углекислоты.

Для небольшого месторождения Микатхарра указано, что золото непосредственно включено в хлоритовых породах, но как проявилась и насколько широко распространена хлоритизация на этом месторождении — данных нет.

Краткая характеристика главных месторождений

При характеристике отдельных золоторудных месторождений Западной Австралии последние расположены примерно по их промышленной значимости. В соответствии с имеющимися литературными источниками приводятся также некоторые сведения о менее крупных, но детально описанных месторождениях.

Месторождение Калгурли (индекс 565436) является наиболее крупным из месторождений на рассматриваемой территории и одним из крупнейших в Австралии и во всем мире. Из него добыто с начала отработки в 1893 г. по 1962 г. 1033 450 кг золота. Запасы на 1 июля 1961 г. оценивались в 10,2 млн. т руды со средним содержанием 9,2 г/т или 94 000 кг золота. Среднее содержание золота в добытой руде составляет 13,02 г/т, причем наблюдалось постепенное снижение содержания золота по мере отработки месторождения. Так, в 1903 г. оно составляло 35,3 г/т, в 1929 г. 20,0 г/т, в 1941 г. 8,4 г/т, в 1950 г. 7,6 г/т, в 1962 г. 7,75 г/т.

Глубина отработки месторождения в настоящее время около 1200 м.

В 1965 г. на рудном поле Калгурли, в том числе на месторождении Фимистон, было добыто 2 115 128 т руды, из которой получено 14 787,1 кг золота. Месторождения обрабатывались компаниями Голд Майн оф Калгурли, Грейт Боулдер Голд Майн, Лейк Вью и Стар, Нордз Калгурли, в которых работало 2760 человек (Gouglau, 1966).

Геологическое строение месторождения освещено в ряде работ, из которых наиболее полные принадлежат Р. В. Вудоллу («Geol. Austr...», 1965), Дж. Д. Кемпбеллу («Geol. Austr...», 1953).

Вмещающая толща месторождения относится к серии калгурли и представлена покровами основных эффузивов, силлами пород ос-

нового состава, в меньшей степени туфогенными и осадочными породами. Р. В. Вудолл выделяет следующие породы (сверху вниз):

1. Слои блэк флег — рассланцованные туфы, кислые и средние лавы и агломераты, песчаники, сланцы, кварциты	3000 м
2. Долериты голден майл — кварцевые метадолериты и габбро с подчиненным количеством более основных пород (предположительно силл)	300—750 м
3. Парингские базальты — метабазальтовые лавы, частично подушечные с подчиненными прослоями сланцев	300—900 »
4. Долериты вилльямстоун — метадолериты и метагаббро, переходные к кварцевым метадолеритам вверху и горблендитам в основании (предположительно силл)	150—300 »
5. Сланцы кэпаи — графитистые сланцы	3 м
6. Базальты девон консолс — метабазальтовые подушечные лавы	60—150 м
7. Серпентиниты хеннанс лейк	300—600 м

Почти все золотое оруденение локализовано в долеритах голден майл, которые в ранние годы изучения месторождения называли «молодыми зеленокаменными породами».

Основные изверженные породы находятся в альбит-эпидот-амфиболовой фации регионального метаморфизма.

Структура месторождения (рис. 34) определяется наличием серии крутых изоклинальных складок, осложненных согласными разрывами. Главную роль играет синклинали Калгурли, в замковой части которой среди долеритов голден майл обнажается узкая полоса сланцев блэк флег. Они очень обильно насыщены дайками и неправильными телами альбитовых порфиров и ранее описывались даже в целом, как «дайка Боулдер». В ядре синклинали проходит сброс Голден Майл с амплитудой около 3000 м.

Преобладающая часть (98%) всего оруденения локализована вблизи от осевой части синклинали Калгурли в висячем и лежащем боках указанного сброса. В соответствии со склонением шарнира складки имеет место и четкое склонение оруденения к югу под углом 16°. Часть оруденения контролируется также дополнительными антиклинальными и синклиналиными складками. Наряду с этим площадь распространения оруденения ограничена двумя косыми по отношению к складчатым структурам сбросами: с севера сбросом Голден Пайк и с юга сбросом № 1. Р. В. Вудолл указывает, что «хотя складчатые структуры оказывают влияние как на общее размещение минерализации, так и на локализацию рудных столбов, косые сбросы, наложенные на складчатые структуры, имеют более прямое влияние на размещение рудной минерализации» («Geol. Austr...», 1965, стр. 74).

В отношении роли изверженных пород в локализации оруденения вопрос не вполне ясен. Ранее считалось, что в центре рудного поля находится единая так называемая Боулдерская дайка альбитовых порфиров, но впоследствии было выяснено, что часть пород, считавшихся дайковыми, принадлежит к измененным осадочным породам. Тем не менее обилие более тонких даек альбитовых порфиров не оспаривается. Значительная часть рудных тел располагается параллельно

этим дайкам, хотя и не в них самих. Имеется также большое количество других кислых и основных даек в пределах рудного поля, но специально они, очевидно, не изучались. Ближайшие выходы гранитов отстоят от месторождения на 24 км.

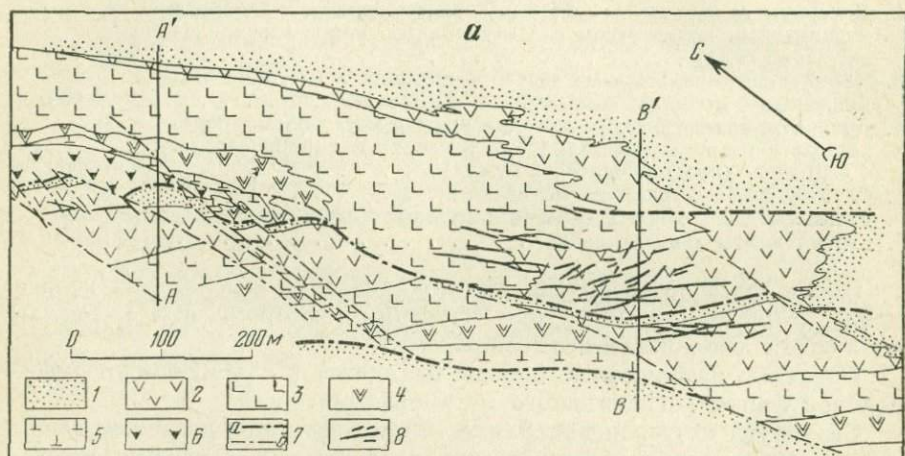


Рис. 34. Геологический план (а) и разрезы (б) месторождения Калгурли. По Р. В. Вудоллу

1 — слои блек флег; 2 — долериты голден майл; 3 — парингские метабазалты; 4 — долериты вильямстоун; 5 — метабазалты девон консолс; 6 — серпентиниты хеннанс лейк; 7 — тектонические нарушения: а — крупные, б — прочие; 8 — рудные залени

По типу месторождение Калгурли относится к зонам золотоносной сульфидной вкрапленности. Кварцевые жилы имеют совершенно подчиненное значение, и из них добыто не более 2% золота. Всего на месторождении известно около 300 рудных тел. Мощность их от 0,6—1 до 24 м. В составе рудных минералов главное значение имеют

пирит и теллуриды, среди которых указываются калаверит, петцит, сильванит, калгурлит. Кроме того из рудных минералов встречены халькопирит, сфалерит, галенит, пираргирит, энаргит, лёллингит. Г. Бейкер (Baker, 1958) указывает также на присутствие в составе руд селенида меди, с которым ассоциируют обычно богатые руды.

Из жильных минералов в составе руд участвуют кварц, альбит, карбонаты, а также редкий ванадиевый силикат роскоэлит и флюорит. К сожалению, описаний форм выделения этих минералов найти не удалось.

Подробное описание теллуридов в Калгурли давали многие авторы. Последние сведения, увязанные с экспериментальными исследованиями и общим физико-химическим анализом системы Au — Te, даны Н. Л. Маркхамом (Markham, 1960). Этот автор приводит следующие наиболее распространенные парагенетические ассоциации теллуридов, типичные для Калгурли: колорадоит — калаверит, колорадоит — калаверит — петцит, колорадоит — золото, колорадоит — калаверит — тетраэдрит, сильванит — гессит, петцит — сильванит — гессит. Кроме того, встречаются более редкие парагенетические ассоциации, что, однако, обусловлено не физико-химическими и термодинамическими условиями, а присутствием в их составе более редких элементов. В качестве примеров таких ассоциаций приводятся: самородный теллур — сильванит и сильванит — эмпресит, а также развитие таких теллуридов, как алтаит, тетрадимит, нагиагит и мелонит.

Золото в Калгурли встречается как свободное, так и в составе теллуридов и субмикроскопическое в пирите. Последний содержит 31—33 г/т золота.

В кварцевых жилах, распространенных весьма незначительно только в северной части рудного поля, теллуридов не содержится, а пирит более грубозернистый.

По данным А. С. Ритчи (Ritchie, 1963), устанавливается очень большой температурный интервал формирования месторождения. Первым отлагался пирит при температуре свыше 500° С, температура формирования сфалерита 350—400° С. Вместе с тем теллуриды отлагались при сравнительно низкой температуре; так как калаверит встречается в анизотропной модификации, он сформировался при температуре ниже 184° С; гессит также анизотропен, что позволяет установить температуру его образования выше 149° С.

Вмещающие оруденение основные изверженные породы интенсивно гидротермально переработаны; внешне это выражается в их осветлении. В целом изменения относятся к обычному для месторождений золота типу, который может быть назван лиственитизацией в широком понимании этого термина и который минералогически выражается в развитии ассоциации минералов, состоящей из серицита, кварца и карбоната. В работе В. Линдгрена (Lindgren, 1906) приведены химические анализы измененных пород месторождения Калгурли в сопоставлении с исходными амфиболитами (табл. 11). Для химизма изменений характерен значительный привнос CO₂

и калия и некоторый вынос кремнезема и натрия. Выносятся также железо, магний и кальций. Подобный химизм изменений типичен для многих золоторудных месторождений.

Таблица 11

Химический состав амфиболитов и их измененных аналогов
в рудной зоне месторождения Калгурли
По В. Линдгрёну (Lindgren, 1906₁)

Компоненты	3231	1936	206	1753	1751
SiO ₂	48,86	57,72	51,27	46,94	42,01
TiO ₂	0,22	1,13	0,23	0,14	0,81
Al ₂ O ₃	14,91	9,68	13,85	12,49	8,42
Fe ₂ O ₃		6,49	1,54	0,33	2,45
FeO	11,13	9,17	2,63	9,20	15,76
MgO	7,65	1,63	4,18	3,56	1,57
CaO	12,19	5,05	6,40	6,43	7,07
Na ₂ O	2,58	3,92	1,78	1,84	2,62
K ₂ O	0,19	0,12	2,37	2,57	1,15
H ₂ O ⁻	0,04	0,16	0,40	0,09	0,23
H ₂ O ⁺	1,51	1,51	0,22	0,30	0,67
CO ₂	Her	1,84	8,02	13,41	15,65
MnO	0,90	0,09	Следы	0,32	0,41
P ₂ O ₅			»		
Te			»		
FeS ₂			8,41	2,28	0,30
С у м м а	100,18	98,51	101,30	99,90	99,12

3231—наиболее представительный исходный амфиболит; 1936—слегка измененный амфиболит; 206—сильно смятая измененная порода с хлоритом и серицитом из рудника Лейк-Вью Консолс с глубины 90 м. Содержит золота 298,5 г/т, серебра 197,4 г/т. По В. Линдгрёну, анализ может быть дефектный; 1753—измененный амфиболит из рудника Иванхоэ с глубины 120 м, содержит следы золота; 1751—амфиболит, переработанный в сидеритовую породу, из рудника Иванхоэ с глубины 120 м.

Э. К. Кларк и Х. А. Эллис (Clark, Ellis, 1939) указывают, что карбонатизация пород относится к первому этапу метасоматических преобразований и распространена шире, чем рудные залежи. В это же время в амфиболитах происходило новообразование магнетита. Ко второму этапу изменений вмещающих пород относится серицитизация, которая очень благоприятна в качестве оценочного критерия золотого оруденения. В этом же этапе происходит преобразование магнетита в пирит. Самый поздний рудный этап выделения теллуридов и золота практически не сопровождался метасоматическими преобразованиями пород.

Зона окисления на месторождении имела глубину от нескольких метров до 60 м. Содержание золота в ее пределах было несколько выше, чем в первичных рудах (25—60 г/т).

С месторождением была связана богатая, но очень небольшая аллювиальная россыпь.

Непосредственным продолжением рудного поля Калгурли к северу является месторождение Хеннанс Нордз. В 1953 г. глубина шахты на нем составляла 525 м. От собственно Калгурли оно отличается отсутствием теллуридов и существенно кварцевым характером руд. Э. П. Юттинг («Geol. Austr...», 1953) указывает следующие этапы формирования данного месторождения.

1. Отложение древних зеленокаменных пород, перекрытых осадочными породами и прорванными силлом молодых зеленокаменных пород.

2. Складчатость и заложение ослабленных направлений.

3. Интрузия даек порфиров вдоль ослабленных направлений.

4. Главный период развития трещиноватости и движений по разломам.

5. Рудоотложение.

6. Слабое сбросообразование.

К сожалению, несмотря на обилие работ, посвященных геологии месторождения Калгурли, вопросы его генезиса и связи оруденения с магматизмом исследователи месторождения затрагивали очень мало. Главное внимание почти во всех работах уделяется описанию структуры месторождения и структурным закономерностям размещения отдельных рудных тел. Как уже упоминалось выше, Р. Т. Прайдер («Geol. Austr...», 1965) в общем очерке геологии и минералогии Западной Австралии генетически связывает сульфидно-вкрапленное оруденение Калгурли с толеитовой магмой, производными которой являются молодые зеленокаменные породы (долериты голден майл). Кварцевые жилы, так же как и кислые дайки, он считает генетически связанными с посткинematическими, но также архейскими гранитоидами. При этом месторождение Калгурли оказывается сформированным в два разновозрастных этапа, хотя прямых доказательств этого нет, и прямо никто из исследователей на это не указывает.

По аналогии с более детально изученными месторождениями золота Канадского щита можно предположить, что дайки альбитовых порфиров, развитые в Калгурли, являются дифференциатами основной магмы, давшей зеленокаменные породы, и что с процессами дифференциации этой магмы связано также все золотое оруденение. Наложение минерализации на рассланцевание и трещиноватость пород не противоречат этому предположению, имея в виду длительность процессов становления магматических тел и рудообразования.

Некоторые исследователи месторождения Калгурли (Tomich, 1960) считают ведущим в локализации богатого оруденения стратиграфический контроль, предполагая сингенетичное накопление золота с кварцевыми долеритами и последующее его перераспределение при тектонических процессах. Однако эта точка зрения, не подкрепленная специальными детальными исследованиями, широкого признания не получила.

Месторождение Кулгарди (индекс 113137), расположенное юго-западнее Калгурли, вблизи от него и представляющее, возможно, его

фланговую часть, также, по-видимому, является значительным, но данные об общей добыче золота из этого месторождения отсутствуют. А. И. Вильнер* (1949) указывает только, что в 1939 г. оно дало 610 кг золота, в 1945 г. 300 кг. Запасы к этому времени составляли около 4000 кг золота. 444

Месторождение относится к золото-кварцевой формационной группе. В наиболее крупном руднике Тандалс разрабатывалась жила мощностью от 1,5 до 10 м, прослеженная на 330 м. В жилах развиты пирит и арсенопирит. Жилы, по данным А. И. Вильнера, залегают в контактовых роговиках и тремолитовых скарнах, образованных, очевидно (по данным В. Г. Эммонса), за счет зеленокаменных пород вблизи их контактов «с гранитами, диоритовыми порфиритами и кислыми дайками». Содержание золота в приведенных выше запасах составляло 7—10 г/т.

Рудное поле Норсмен (индекс 112136), открытое в 1892 г., находится в 190 км южнее Калгурли. Оно включает ряд месторождений, в целом приуроченных к пачке зеленокаменно измененных эффузивно-осадочных пород среди гранитов и гранито-гнейсов.

Со времени открытия месторождения рудного поля интенсивно разрабатываются. По данным Х. И. Э. Холла и К. Беккера («Geol. Austr...», 1965), с 1893 г. на нем добыто 82 343 кг золота. Ежегодная добыча составляет с 1963 г. около 3000 кг и, следовательно, к 1968 г. общая добыча здесь может быть оценена около 100 т. В 1961 г. в пределах рудного поля были открыты новые богатые руды на участках Кроун (с содержанием 38 г/т) и Сев. Марароа (47 г/т). В 1965 г., по данным А. Дж. Гурлей (Gourlay, 1966), компанией Централ Норсмен Голд Корпорейшен было добыто 182 589 т руды, из которых получено 2958,1 кг золота. На предприятии работало 304 человека. Глубина отработки месторождения в 1962 г. достигала 910 м.

Среднее содержание золота в рудном поле Норсмен составляет 12,3 г/т, серебра 9 г/т.

Разрез рудовмещающей толщи на описываемом рудном поле, по данным Х. И. Э. Холла и К. Беккера, весьма сложен и представлен чередованием основных эффузивов, графитистых сланцев, джесшилитов, включающих многочисленные силлы габбро и долеритов.

Все рудовмещающие породы падают к западу под углом около 60° и осложнены рядом дополнительных складок. Рудоконтролирующей структурой является мощная зона рассланцевания, простирающаяся согласно с вмещающими породами, но падающая навстречу им на восток под углом 45°. Вследствие пересечения этой зоны со сложностью наблюдается пологое склонение оруденения к северу.

На месторождении распространено большое количество дайковых пород, внедрение которых тесно связано с формированием оруденения во времени. Наиболее многочисленны дайки кварцевых и альбитовых порфириров, которые залегают согласно с зеленокаменной толщей, приурочиваясь к определенной ее части. Мощность этих даек изменяется от весьма небольшой до 100 м. Они отчетливо предрудные. Дайки часто сопровождаются кварцевыми жилами и, по мнению Х. А. Эл-

лиса («Geol. Austr...», 1953), могут, как и во всей Западной Австралии, быть использованы в качестве поискового признака на золотое оруденение. Вместе с тем размещение жил в контактах даек не характерно. Те и другие обычно ориентированы под острым углом друг к другу.

Также близки по времени к оруденению широко развиты на рудном поле дайки долеритов и габбро мощностью от 15 см до 20 м, которые падают навстречу рудовмещающей толще, будучи близко согласными с нею по простиранию. Эти дайки тесно связаны с упоминавшимися выше силлами.

Выходы гранитов и пегматитов располагаются в 14 км и далее от месторождения. К постзолотому и постгранитному времени относится дайка норита широтного простирания мощностью около 1,5 км. Эта дайка пересекает рудное поле и уходит за его пределы, прослеживаясь примерно на 185 км. Возраст ее очевидно позднекембрийский.

В рудном поле Норсмен выделяется два типа рудных тел: кварцевые жилы и кварцево-сульфидные залежи. Кварцевые жилы, приуроченные к указанной выше вулканогенно-осадочной пачке, падающие навстречу породам под углом около 45°, по простиранию согласны с породами. К этим жилам относятся Кроун, Марароа, Норсмен, Лэди Джен-Валькирия, Принцесс-Ройал. Кроме того имеются небольшие широтные жилы, падающие на юг и простирающиеся под прямым углом к простиранию пород. Они не имеют существенного практического значения.

Сведения о составе жил неполные. Общее количество рудных минералов в них очень небольшое. В жилах Марароа и Баттерфлай, по данным Д. О'Дрисколла («Geol. Austr...», 1953) и Х. А. Эллиса, содержатся галенит, небольшое количество пирита, а также теллуриды — сильванит, гессит, петцит, алтаит и калаверит. Присутствие галенита считается благоприятным оценочным признаком для золотого оруденения.

Золото локализуется либо в контактах жил с вмещающими породами, либо по всей массе кварца. Наблюдается увеличение содержания золота при пересечении жилами измененных габброидных даек. С глубиной при выкручивании жил с 45° до 60° наблюдается одновременное уменьшение мощности жил и содержания золота.

Вообще изгибы жил влияют на размещение золотоносности, что, в частности, указывается для жилы Принцесс-Ройал, в которой изгибами контролировались рудные столбы. Для этой же жилы Д. О'Дрисколлом отмечено, что богатое оруденение на глубине было найдено на основании гипотезы о контроле повышенной золотоносности отдельными горизонтами вмещающих пород. К сожалению, более подробные данные в этом отношении не приводятся.

Полосчатые кварцево-сульфидные залежи представлены рудными телами Лэди Миллер и Айрон-Кинг. По размерам они значительно уступают кварцевым жилам. Залежи приурочиваются к прослоям железистых кварцитов и локализованы в участках их брекчирования и осложнения складок. Обычно оруденелыми бывают замковые части дополнительных складок.

Для залежи почти сплошных сульфидов Айрон-Кинг Х. А. Эллис указывает состав: в ней преобладает пирит, в очень небольшом количестве присутствует пирротин, еще реже встречается арсенопирит. Содержание золота низкое — согласно нескольким тысячам проб оно составляет 0,15—0,9 г/т. Несколько выше оно в зоне окисления, где проводились сравнительно небольшие работы по добыче золота.

Одно из месторождений рудного поля Норсмен — Париж — детально описано Х. Дж. Вордом («Geol. Austr...», 1965). Оно открыто в 1914 г., разрабатывалось с 1920 г. По 1961 г. из него добыто 376 кг золота, а с февраля по июнь 1962 г. 90,2 кг золота и 4026 т меди.

Месторождение относится к кварцевожильному типу приурочено к средне-грубозернистым актинолитовым эпидиоритам, а также ультрабазитам. Все породы месторождения преобразованы в биотит-актинолит-плагиоклазовые и тальк-хлорит-актинолит-биотитовые сланцы; развиты также «порфиновые альбитовые интрузии» мощностью 3—10 м.

Кварцевые жилы залегают согласно с расщеплением пород или ориентированы близко к нему. Выделяются два рудных столба — Листерта и Финдлея. Кварцевые жилы содержат следующий комплекс сульфидов: пирит, пирротин, халькопирит, арсенопирит, причем пирит и халькопирит замещают арсенопирит. Из нерудных минералов в жилах присутствуют кальцит, доломит, серицит и хлорит. Жилы сопровождаются вкрапленностью сульфидов во вмещающих породах.

Среднее содержание золота в добытой руде 11,5 г/т. Наиболее высокие содержания приурочены к раздувам кварцевых жил, но иногда обогащены золотом также тонкие халькопирит-пирротиновые прожилки. Х. Дж. Ворд указывает, что золото, ассоциирующее с халькопиритом и особенно с арсенопиритом, имеет более низкую пробу, чем заключенное непосредственно в кварце. Вмещающие породы интенсивно карбонатизированы.

На месторождении при поисках новых рудных участков проводились купрометрические съемки и магнитометрия. Этими методами удалось выявить новые рудные тела.

Месторождение Леонора или по наименованию главной жилы Гвалия (индекс 312336) находится в 160 км севернее Калгурли и относится к кварцевожильному типу. Оно открыто в 1896 г. и отработывалось до 1963 г., когда выработки достигли 1500 м от поверхности и работы были прекращены, так как стали нерентабельными из-за снижения содержания. По данным К. Дж. Финукейна («Geol. Austr...», 1965), из месторождения добыто 79 603,5 кг золота.

Месторождение Леонора, как и Калгурли, приурочено к поясу зеленокаменных пород. Этот пояс ограничен с запада гранитами, а с востока к нему примыкает полоса кварц-серицитовых сланцев осадочного происхождения. На север и на юг полоса зеленокаменных пород расширяется до десятков километров, а на широте месторождения ширина ее всего около 1,5 км. Зеленокаменные породы представлены хлоритовыми, хлорит-биотитовыми и кварцево-актино-

литовыми сланцами. Кварцевые золоторудные жилы обычно залегают в хлоритовых сланцах.

Как указывает К. Дж. Финукейн, размещение рудных зон контролируется в основном складками волочения с круто склоняющимися шарнирами. Протяженность главного рудного тела Гвалия 420 м, простираение его 16° , падение к востоку под углом 45° , склонение примерно 70° на юг. Длина по склонению 1700 м, т. е. более чем в 4 раза превышает протяженность рудного тела по горизонталю. Другие рудные жилы — Тауэр-Хилл, Форрест, Трамп — имеют меньшие размеры, но также весьма протяженны по падению. Одно из них, например, имеет длину 130 м, мощность 6 м и отрабатывалось до глубины 1000 м.

Рудные тела месторождения Леонора представлены кварцевыми жилами, общее количество сульфидов в которых не указано, но, по-видимому, значительно. Наиболее распространен из рудных минералов пирит, выделяющийся обычно в виде кристаллов размером несколько миллиметров в поперечнике. Кроме него отмечается пирротин в виде мелких линзочек. В небольшом количестве встречается халькопирит, редко галенит. В отдельных участках жил присутствует также арсенопирит и с ним ассоциируют богатые руды, но на большей части месторождения этот минерал отсутствует. Из жильных минералов, кроме кварца, В. Г. Эммонс отмечал присутствие слюды, турмалина и кальцита.

Золото на месторождении преимущественно видимое, выделяющееся в виде примазок по плоскостям сланцеватости или трещинам в кварце, иногда в пирите. Наблюдаются также неправильные выделения и октаэдрические кристаллы золота. Золото, по К. М. Тэттему («Geol. Austr...», 1953), выделялось одновременно с главной массой пирита.

Среднее содержание золота в добытой руде месторождения указывается разными авторами от 10,1 до 11,5 г/т. В последние годы эксплуатации месторождения среднее содержание снизилось и составляло в 1960 г. 6,8 г/т, в 1961 г. 7,6 г/т.

Месторождение Уилуна (индекс 313236) расположено в 560 км к северу от Калгурли. Золото в районе Уилуны было открыто в 1896 г., собственно жила Уилуна — в 1914 г. Первичные мышьяковые руды начали разрабатывать только с 1931 г. и к 1947 г. они были выработаны. Кроме того, с 1934 г. начата отработка сурьмяных руд. По данным сводки 1953 г., из данного месторождения добыто из окисленных руд 4198,9 кг золота, из первичных мышьяковых руд 58 194,6 кг золота, 38 327 т мышьяка, из первичных сурьмяных руд: 6394,1 кг золота, 1900 т сурьмы и 3500 т сурьмяного концентрата. Всего таким образом, месторождение Уилуна дало около 69 000 кг золота.

Район месторождения («Geol. Austr...», 1953) сложен эффузивами так называемой древней зеленокаменной серии, прорванными гранитами и интродуцированными долеритовыми sillами молодой зеленокаменной серии. Выделяется четыре потока эффузивов, различающихся деталями петрографии слагающих их пород.

Рудные тела приурочены к субмеридиональным разломам. Горизонтальное перемещение по главному разлому до 1800 м. Около разломов и рудных тел эффузивы осветлены, карбонатизированы, при выветривании приобретают бурю окраску.

На месторождении выделяются отдельные рудные линзы — Восточная, Западная, Бюллетень, Хэпи Джек, Мунлайт. Они сложены халцедоном (к сожалению, сколько-нибудь детальная характеристика его в описаниях месторождения отсутствует) и карбонатом. Из рудных минералов, кроме золота, указываются пирит, арсенопирит, следы тетраэдрита, а в верхней части западной линзы — антимонит. В восточной и западной линзах содержание золота в первичных мышьяковых рудах составляло в среднем 6,2 г/т, в сурьмяных рудах 7,6 г/т. Золото обычно размером менее 0,01 мм, включенное в арсенопирите, содержание его зависит от содержания последнего. В верхней части сульфидной зоны содержание золота было 10,8—12,4 г/т, на глубине 360 м 6,2 г/т. В залежи Мунлайт содержание золота 9,3 г/т и сурьмы 1,0—1,25%. Главным рудным минералом является здесь антимонит. Кроме него встречались пирит, арсенопирит и в виде следов сфалерит, халькопирит, тетраэдрит, джемсонит и бурнонит. Золото выделяется в кварце и сульфидах в виде частиц размером 0,003—0,005 мм.

Золотоносный пояс Саутерн Кросс — Булфинч, называемый также рудным полем Йилгарн, как указывают Р. Дж. С. Клапписон и Дж. Цани («Geol. Austr...», 1953), а позже Х. К. Вильямсон и Д. Дж. Барр («Geol. Austr...», 1965), имеет протяженность около 100 км и состоит из целой серии месторождений, расположенных почти строго на одной прямой. Общая продукция пояса со времени его открытия в 1888 г. по 1962 г. составила 75 112 кг золота со средним содержанием около 9,3 г/т. Отработки месторождений пояса несколько задерживались из-за снижения содержания с глубиной и наличия вблизи крупного и богатого месторождения Калгурли.

Все месторождения данного пояса приурочены к полосе зеленокаменных вулканогенных и осадочных пород, расположенной среди гранитов и гранито-гнейсов (рис. 35). Контакт между зеленокаменными породами и гранито-гнейсами обычно резкий, но местами наблюдаются зоны мигматитов и переходных кристаллических сланцев. Х. К. Вильямсон и Д. Дж. Барр отмечают, что такой контакт типичен для областей с проявлениями гранитизации. Он дополнительно осложнен «молодыми» гранитами, сопровождаемыми пегматитами; тела последних залегают полого и довольно широко распространены.

Среди зеленокаменной толщи выделяются метабазалты, их туфы и пирокласты, интродуцированные долеритами, габбро и ультрабазиитами, преобразованными в средне- и крупнокристаллические амфиболиты, антофиллитовые породы и серпентиниты. На зеленокаменные породы налегают терригенные осадочные толщи (серия вайтстоун). Региональный метаморфизм относится к кордиерит-антофиллитовой субфации амфиболитовой фации. Он осложнен щелочным метасоматозом, связанным с гранитами, о котором более подробных сведений нет.

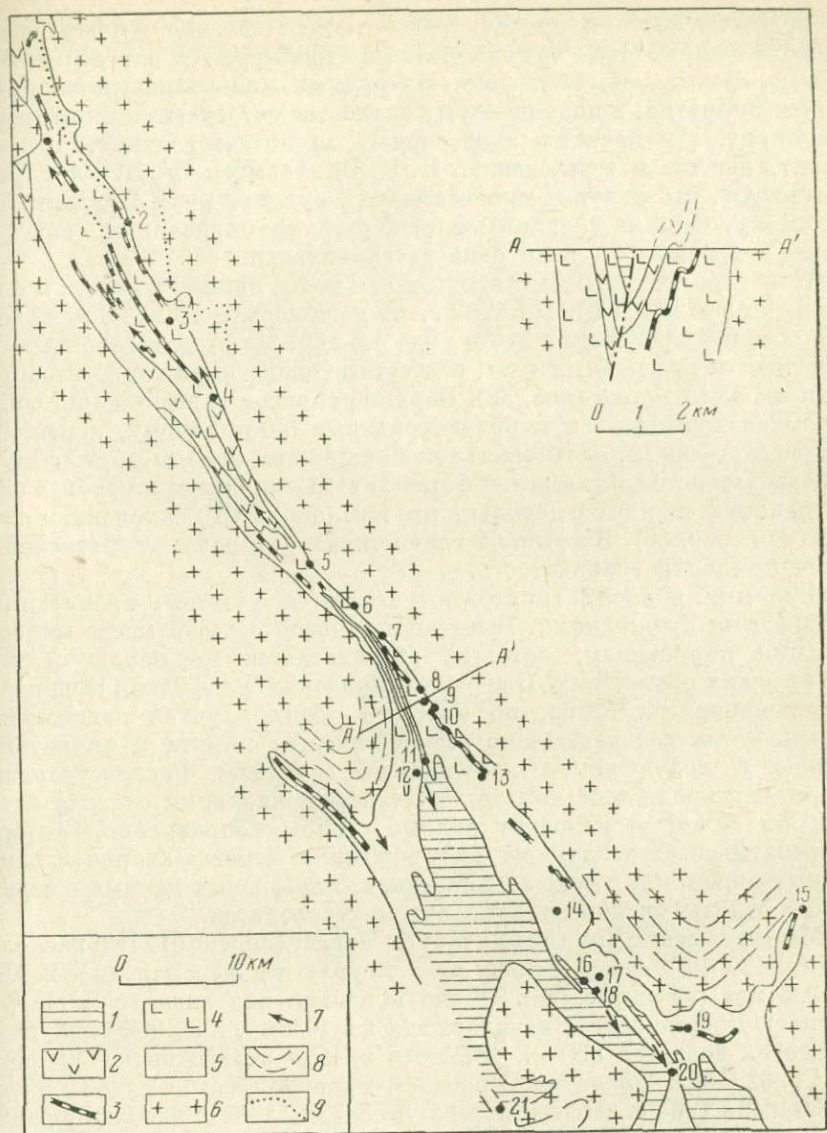


Рис. 35. Схематическая геологическая карта и разрез золоторудного поля Иилгарн. По Х. К. Вильямсону и Д. Дж. Барру

1 — осадочные породы; 2 — средне- и крупнозернистые амфиболиты и ультрабазиты; 3 — породы полосчатой железистой формации; 4 — метабазальты и их пирокласты; 5 — нерасчлененные зеленокаменные породы; 6 — граниты и гранито-гнейсы; 7 — направления склонения шарниров складок; 8 — направления плоскостной ориентировки в гранито-гнейсах; 9 — оси магнитных аномалий

Месторождения золота (цифры на схеме):

1 — Инуин, 2 — Марис Файнд, 3 — Радио, 4 — Копперхед, 5 — Коринфиан, 6 — Пилот, 7 — Хоупс-Хилл, 8 — Три Бойс, 9 — Саутерн-Кросс, 10 — Фрейзерс, 11 — Юпитер, 12 — Грин-Маунтин, 13 — Левитан, 14 — Мэй Куин, 15 — Палмерс Файнд, 16 — Комет Жаколетти, 17 — Марвелл Лох, 18 — Маунт-Куин, 19 — Невория, 20 — Грейт Виктория, 21 — Эдвардс Файнд

Золотоносность в пределах всего пояса связана с кварцевыми прожилками, которые обычно четко контролируются определенными слоями сложно смятой толщи. Из рудных минералов главным является пирротин, в подчиненном количестве встречаются пирит и арсенопирит, а в качестве аксессуарных примесей галенит, халькопирит, шеелит и молибденит. Х. К. Вильямсон и Д. Дж. Барр указывают, что золотая минерализация рудного поля Йилгарн, по-видимому, связана с гранитизацией стратифицированных толщ, но более подробно этот вопрос не рассматривают.

Наиболее крупным месторождением пояса является К о п п е р х е д (индекс 312336). По 1962 г. из него добыто 13 915,6 кг золота при среднем содержании его в руде 4,3 г/т. На этом месторождении выделяются два рудных тела, соответствующие двум горизонтам рудовмещающей толщи (рис. 36). Верхний горизонт представляет собой доломитизированные и пиритизированные (по-видимому, изменения лиственито-березитового типа) зеленокаменные породы, а нижний — породы «слоистой железистой формации». Слои смяты в целом в синклинальную складку с довольно крутым (около 45°) склонением шарнира (см. рис. 36). В крыльях главной складки развита интенсивная дополнительная складчатость.

Рудными в обоих горизонтах являются участки, пронизанные кварцевыми прожилками. В нижнем горизонте имеет место минерализация пирротинном, который располагается по напластованию и в секущих прожилках. В верхнем горизонте сульфидная минерализация проявлена слабо, но кварц в обоих случаях золотоносен только когда содержит заметные количества пирита и пирротина, обычно с подчиненным количеством галенита. Распространение кварцевых прожилков контролируется осложнениями складчатости, в связи с чем выделяются рудные столбы неправильной формы. Разрабатывается на данном месторождении «смесь» кварца и измененных пород, но, к сожалению, никаких цифровых данных о содержании отдельных компонентов руд не приводится.

Месторождение Хилл 50 или Маунт-Магнет (индекс 512415) расположено в 480 км к северо-западу от Калгурли и в 5 км западнее г. Маунт-Магнет (на карте рис. 32 оно показано под названием Маунт-Магнет). Добыча золота началась здесь с 1936 г., и к 1964 г. глубина отработок достигла 830 м. Добыто с начала отработки по 30 июня 1964 г. 32 909,2 кг золота при среднем содержании его в руде 15,5 г/т. На 30 июня 1964 г. запасы составляли 5873 кг золота при содержании его в руде около 10 г/т. В 1965 г., согласно А. Дж. Гурлей (Gourlay, 1966), в компании Хилл 50 Голд Майн работало 204 человека и было добыто 1686,8 кг золота из 164 671 т руды.

Месторождение относится к типу зон сульфидной вкрашенности в джеспилитах, отчасти также в зеленокаменных породах и порфировых дайках.

Согласно Р. Р. Леви («Geol. Austr...», 1965), геологическое строение района определяется наличием пояса зеленокаменных пород, вытянутого меридионально и прослеживающегося примерно на 40 км.

Простираение пород около 330° , падение преобладает северо-восточное под углом 75° . Породы смяты в асимметричные складки с опрокину-

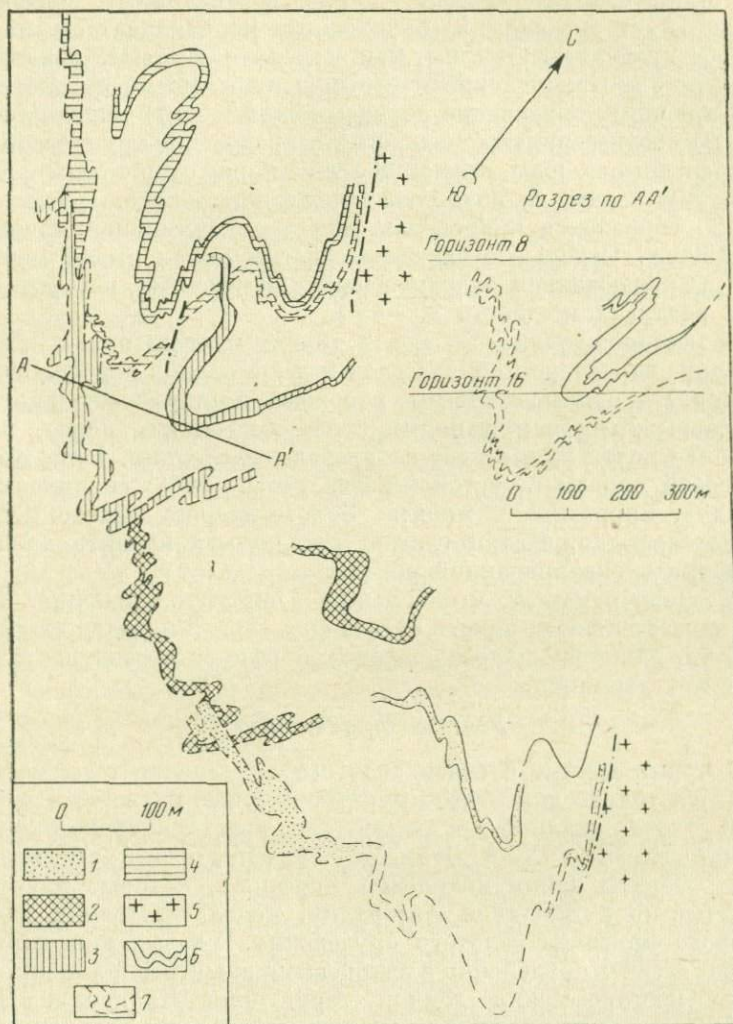


Рис. 36. Совмещенный план поверхности и подземных горизонтов Северной и Южной залежей месторождения Коперкхед. По Х. К. Вильямсону и Д. Дж. Барру

1—4 — рудные тела: 1 — на поверхности, 2 — на горизонте 8, 3 — на горизонте 16, 4 — на горизонте 22; 5 — граниты; 6 — ограничения северных рудных залежей, 7 — ограничения южных рудных залежей.

тыми восточными крыльями синклиналей, круто склоняющихся к югу. Складчатые структуры осложнены множеством тектонических нарушений, которые считаются заложенными одновременно со

складчатостью. Выделяются три главные системы дизъюнктивов: 1) простирания 30° , вертикальные, смещающие северные блоки к востоку; 2) простирания $70-80^\circ$, также вертикальные, смещающие северные блоки к западу; 3) наложенные на складчатость нарушения, простирающиеся так же, как и первая система, в направлении 30° , но с противоположным по отношению к ней смещением пород.

Вмещающими оруденение породами являются: 1) зеленокаменные тонко- до среднезернистых основные и средне- до крупнозернистых ультраосновные породы, причем оба типа пород относятся к метаморфизованным лавам; 2) полосчатые железистые породы, слагающие около 20 горизонтов в пределах разреза с суммарной мощностью 1200—1500 м. Отдельные слои железистых пород имеют мощность до 6 м, за исключением рудовмещающих горизонтов, которые достигают в раздувах мощности 30—45 м.

Для месторождения, как и для других рудных полей Западной Австралии, характерно обилие даек и реже силлов полевошпатовых порфиров. Все рудные столбы месторождения приурочены к пересечениям разрывными нарушениями слоев железистых пород, причем оруденение почти не выходит за пределы последних. Руда представляет собой породы с густой (иногда до 50—80%) вкрапленностью сульфидов: пирротина и пирита. Золото обычно мелкое, видимое встречается редко. Кварц слагает только маломощные прожилки и линзочки в окварцованной породе.

Р. Р. Леви отмечает, что большие размеры оруденения обусловлены пересечением крупного нарушения серией небольших складок волочения, наличием полевошпатовых порфиров и раздувов пластов железистой формации.

Генезис оруденения

Некоторые данные о связи золотого оруденения с магматизмом приводятся только для более крупных и лучше изученных месторождений золота Западной Австралии. Так, при характеристике месторождения Норсмен Х. А. Эллисом отмечено, что в его пределах широко развиты дайки кварцевых порфиров, которые могут, как и повсеместно в Западной Австралии, использоваться в качестве поискового признака золотого оруденения. Указывается также на возможную связь оруденения с кварцевыми альбитофирами для крупнейшего месторождения данной территории Калгурли. Беглые сообщения о присутствии даек, называемых то кварцевыми порфирами, то просто порфирами, то порфировыми альбитовыми интрузиями, имеются еще для значительного числа месторождений. Вероятно именно с этими изверженными породами наиболее тесно генетически связана золотоносность.

Генезис самих даек в известных автору работах не рассматривается. Согласно данным по другим аналогичным территориям, в частности по рассмотренному выше Канадскому щиту, а также на основании общегеологических соображений можно предполагать, что кварцевые альбитофиры являются проявлениями заключитель-

ных этапов того вулканизма, с которым связано формирование рудомещающей зеленокаменной серии.

Наличие на месторождениях золота Западной Австралии других интрузивных пород носит более или менее случайный характер. Так, некоторые месторождения располагаются вблизи от контактов гранитных массивов. В месторождениях Биг-Белл, в частности, очевидно в связи с близостью гранитоидов развито большое количество даек крупнокристаллических пегматитов. Установлено, что они являются более поздними по отношению к золотому оруденению. В крупнейшем месторождении Калгурли ближайшие выходы гранитов находятся на расстоянии 24 км от рудных тел.

Для многих месторождений характерно развитие даек основных пород, более поздних по отношению к золотой минерализации и секущих рудные тела.

Р. Т. Прайдер («Geol. Austr...», 1965) в пределах рассматриваемой территории выделяет две металлогенические золотоносных эпохи:

1) ранне- и среднеархейскую, в течение которой были сформированы сульфидно-вкрапленные с теллуридами руды месторождения Калгурли и арсенопиритовые руды Уилуны. Это оруденение он генетически связывает с «молодыми зеленокаменными породами» — продуктами толеитовой магмы;

2) средне-допозднеархейские, когда были образованы почти все месторождения золота кварцевожилыного типа и пегматитовые жилы. Это оруденение Р. Т. Прайдер генетически связывает с «молодыми» гранитами, возраст которых 2400—2700 млн. лет.

Разделение всех проявлений золотоносности на две разновозрастные и связанные с различными магматическими породами группы вероятно не вполне обоснованно. Во всяком случае, никаких доказательств этого не приводится.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ МЕЗОХРОНА

Отнесение к провинциям мезохрона всех прочих по сравнению с Йилгарнским ядром частей Западно-Австралийского щита не является строго доказанным. Однако по имеющимся геологическим описаниям, а также характеристикам месторождений они, очевидно, ближе всего отвечают этому этапу формирования земной коры.

Отдельные золотоносные территории в основном сгруппированы автором так, как это сделано в австралийских металлогенических сводках.

БЛОК ПИЛБАРА

Блок Пилбара, расположенный в северо-западной части Австралии и отделенный от Йилгарнского ядра верхнепротерозойским — нижнепалеозойским платформенным прогибом (рис. 37), кратко охарактеризован Р. Т. Прайдером («Geol. Austr...», 1965), а ранее под названием района Марбл-Бар более детально Дж. К. Макматсом («Geol. Austr...», 1953). Согласно этим авторам, геологическое строение Пилбарского блока сходно с таковым Йилгарнского ядра.

Серия калгурли — йилгарн соответствует серия варрамунга, также представленная зеленокаменно измененными основными эффузивами. Их прорывают гранитоиды, имеющие возраст 2700 млн. лет. Выше залегает существенно терригенная серия mosquito-крик, в свою очередь прорванная гранитами, датированными интервалом 1110—1600 млн.

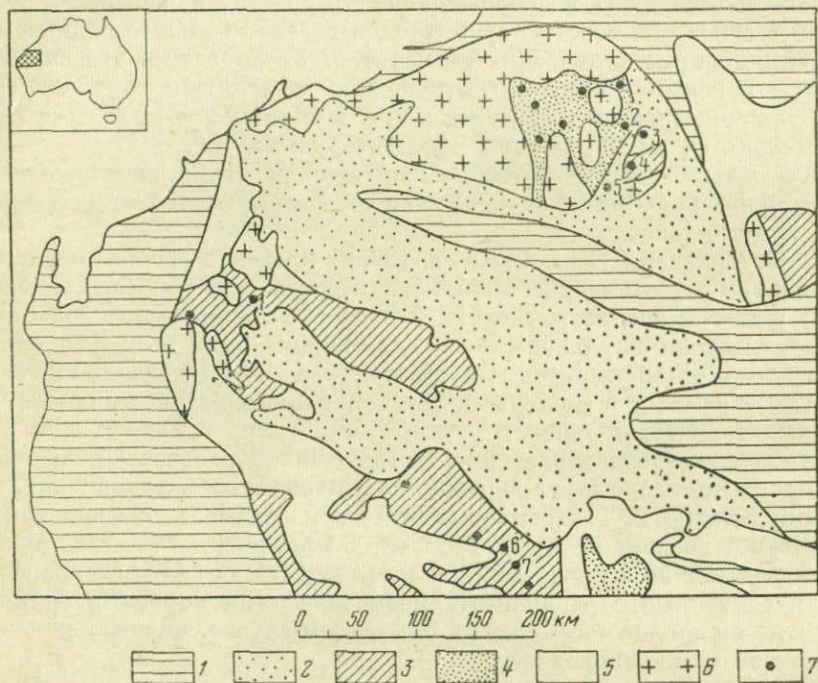


Рис. 37 Размещение золоторудных месторождений и рудопроявлений в пределах блока Пилбара и северной части Йилгарнского ядра. По тектонической карте Австралии издания 1960 г. под редакцией Э. Ш. Хиллса со значительной схематизацией. Месторождения нанесены по карте полезных ископаемых Австралии 1952 г.

1 — палеозойский и более молодой платформенный чехол; 2 — отложения серии наллагайн; 3 — прогибы архейского щита, выполненные терригенными толщами (серия mosquito-крик); 4 — прогибы архейского щита, выполненные зеленокаменно измененными вулканогенными породами основного состава (серия варрамунга и калгурли — йилгарн); 5 — архейские граниты и гнейсы; 6 — наиболее крупные гранитоидные интрузии; 7 — золоторудные месторождения и рудопроявления: 1 — Маунт-Эдит, 2 — Марбл-Бар, 3 — Блу-Спек, 4 — Москито-Крик, 5 — Наллагайн, 6 — Хоршу, 7 — Пик-Хилл

лет. После несогласия уже в самых верхах нижнего протерозоя располагается серия наллагайн, в основном представленная песчаниками и конгломератами. Наиболее молодыми образованиями района являются дайки основных пород.

Р. Т. Прайдер отмечает, что главными отличиями блока Пилбара от блока Йилгарн являются: 1) отсутствие выдержанной ориентировки участков, сложенных зеленокаменными породами, которые здесь как бы огибают гранитоидные массивы; 2) наличие четкого несо-

гласия между древними зеленокаменными породами и терригенной серией москито-крик, тогда как в Йилгарнском блоке несогласие между соответствующими сериями (зеленокаменной и белокаменной) не так четко проявлено и не повсеместно. Кроме того, в блоке Пилбара многочисленны гранитные массивы, возрастное разделение которых в целом затруднительно. Не исключено также, что имеются граниты, прорывающие серию наллагайн.

Добыча золота в блоке Пилбара несоизмеримо меньше, чем в Йилгарнском блоке. По 1950 г. было добыто всего около 11 т золота. Очевидно эта цифра немного увеличится, если учесть и более позднюю добычу.

Дж. К. Макматс указывает, что единственным действующим месторождением в районе являлось Б л у - С п е к. Это месторождение относится к комплексным золото-сурьмяным.

По данным М. Р. Маккеона («Geol. Austr...», 1953), месторождение залегает в сланцах, песчаниках и кварцитах серии москито-крик. Рудные столбы располагаются в местах пересечения мощной (около 12 м) зоны рассланцевания со слоями песчаников. Размеры их невелики: длина 45 м, мощность 2,4 м; длина 12 м, мощность 1,5 м; длина 30 м, мощность 2,1 м. Разрабатывались две жилы — Главная и Северная. Обе они не представляли собой сплошных рудных тел, а распадались на серии прожилков.

Главными рудными минералами являлись антимонит и пирит. Менее распространены магнетит, арсенопирит, халькопирит, сфалерит, теллуриды (калаверит и риккардит), шеелит, а из жильных минералов — железистые карбонаты и кальцит. Золото чаще всего ассоциирует с антимонитом, затем с пиритом. Около 20% золота свободное, но в образцах оно видно редко. Крупное золото было сконцентрировано в Западной залежи на горизонте 100 м. Среднее содержание в руде на горизонте 45 м от поверхности составляло: золота 18,5 г/т, сурьмы 3%, на горизонте 100 м — золота 23 г/т, сурьмы 4%. Содержание в богатой руде: золота 54 г/т, сурьмы 5,05%, мышьяка 0,2%, серы 3,31%.

Зона окисления на месторождении была очень невыдержанной: иногда более 20 м, иногда практически отсутствовала.

В блоке Пилбара расположено и единственное в Австралии месторождение типа древних золотоносных конгломератов Н а л л а г а й н. Месторождение относится к весьма небольшим — из него с 1898 по 1950 г. добыто всего около 800 кг золота. Следует, правда, отметить, что расположено оно в пустынном и очень мало обжитом районе и потому, возможно, недостаточно изучено и разведано.

Золотоносные конгломераты Наллагайн входят в состав серии того же названия, представленной песчаниками с прослоями известняков, конгломератов, кислых и основных эффузивов протерозойского возраста. Золото заключено только в 30-метровой пачке нижних базальных конгломератов. В пределах этой пачки оно приурочено к отдельным пиритизированным горизонтам мощностью примерно

по 1 м. Золото содержится исключительно в цементе, гальки незолотоносны.

По данным В. Г. Эммонса (Emmons, 1937) и Дж. К. Макматса («Geol. Austr...», 1953), пирит и часть золота имеют гидротермальное происхождение, а часть золота кластогенная. К сожалению, сколько-нибудь подробное описание данных конгломератов в литературе отсутствует. В районе выходов конгломератов, по-видимому, в подстилающих их породах, на площади около 150 км в поперечнике распространены весьма многочисленные небольшие кварцевожильные месторождения.

ЗОЛОТОНОСНЫЕ ПЛОЩАДИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И СЕВЕРНОЙ ЧАСТЕЙ АВСТРАЛИИ

Эти площади охватывают следующие металлогенические провинции, выделенные Э. Ш. Хиллсом: Кимберли, Пайн-Крик, Варрамунга, Арунта, Карпентэрия и Клонкарри. В связи с широким развитием здесь платформенных отложений и современных песков, а также с общей слабой освоенностью большинства этих территорий Австралии, представляющих собой очень суровые в климатическом отношении безводные пустынные области, данные об их геологическом строении очень неполные. Даже общие контуры выходов складчатого фундамента среди платформенного чехла разного возраста показаны различными авторами по разному. Согласно Л. К. Ноксу («Geol. Austr...», 1953), здесь выделяется ряд архейских блоков, в основном (за исключением площади Арунта) перекрытых платформенным чехлом, и разделяющие их нижнепротерозойские геосинклинальные пояса: Пайн-Крик (между блоками Кимберли и Стартиан), Варрамунга (между Стартиан и Арунта) и Карпентэрия (восточнее Стартиан) (рис. 38). На тектонической карте Австралии рисовка контуров существенно иная.

Наиболее обильны месторождения золота, а также ряда других полезных ископаемых в геосинклинальном поясе Варрамунга, в отношении которого Л. К. Нокс подчеркивает слабую изученность в связи со значительным перекрытием коренных пород песками. Здесь располагаются очень интересные и необычные по типу месторождения на рудной площади Теннант-Крик размером 100 × 60 км.

Первые сведения о золотоносности данной площади относятся к 1895 г., но поиски были направлены в основном на кварцевые жилы, которые оказались пустыми. С 1926 г. стали выявляться золотоносные гематитовые залежи, добыча золота из которых была начата только в 1934 г. Разведка месторождений обходилась очень дорого, и поэтому месторождения были рентабельными только при очень высоком содержании золота.

Район Теннант-Крик, по данным К. Дж. Сулливана и Дж. Ф. Иванека («Geol. Austr...», 1953), П. В. Крона («Geol. Austr...», 1965) и других, сложен тонко-среднезернистыми, иногда туфогенными песчаниками, переслаивающимися со сланцами и содержащими

прослой конгломератов и гравелитов. Все породы, относящиеся к серии варрамунга, по П. В. Крону, являются нижнепротерозойскими, а ранее считались позднедокембрийскими.

Всего на площади 100×60 км, вытянутой в широтном направлении, располагается 114 месторождений. С этой площади по 1962 г.

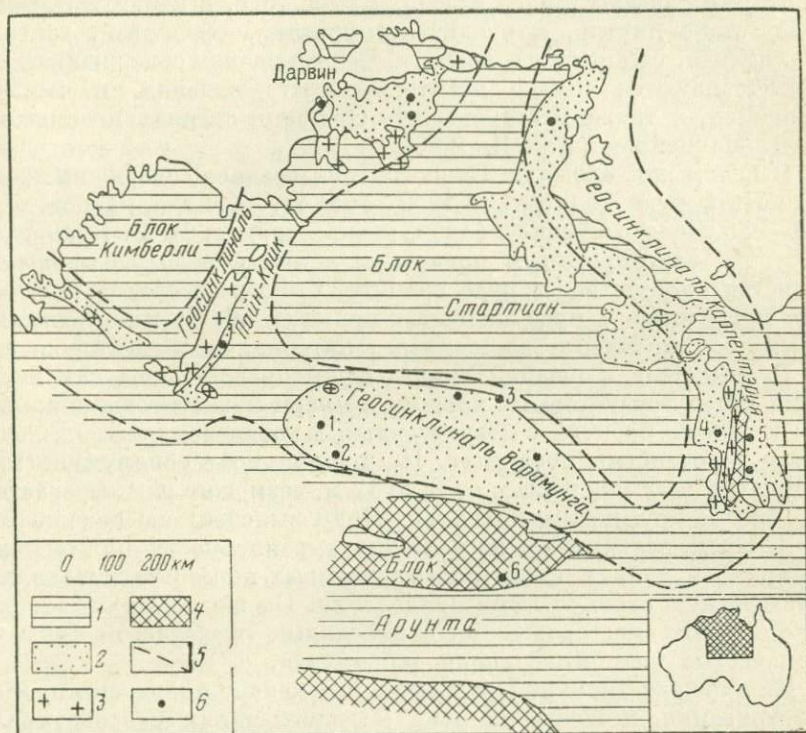


Рис. 38. Схема геологического строения Северной территории Австралии.
По Л. К. Ноксу

1 — площади, перекрытые платформенным чехлом; 2 — протерозойские породы, смятые в складки и минерализованные; 3 — гранитоидные интрузии; 4 — архейские породы; 5 — предполагаемые границы стабильных блоков; 6 — золоторудные месторождения: 1 — Танами, 2 — Те-Гранитс, 3 — Теннант-Крик, 4 — Маунт-Айза; 5 — Клонкарри, 6 — Алис-Спрингс

добыто 27 526,6 кг золота и 48 000 т меди. Большинство месторождений характеризуется небольшими размерами. Как указывают К. Дж. Сулливан и Дж. Ф. Иванек, они давали по 10—20 т руды. Очевидно многие из них еще недостаточно разведаны.

Часть месторождений представляют собой залежи массивного гематита (мартита), с глубиной переходящего в магнетит. Приводится три анализа руды с глубин 30, 45 и 60 м: Fe 51,2—55,4%; Bi 0,05—0,8%; Cu 0,06—0,12%; Pb 0,03—0,15%; Au 13—41 г/т. На месторождениях встречены висмутовые минералы: в первичных рудах — самородный висмут и висмутин, в окисленных — висмит и висмутит.

Изредка отмечаются также следы медного сульфида висмута — витегинита и свинцово-висмутного сульфида — лиллианита. Незначительно в руде развит пирит.

Бурением на глубине 120—125 м установлено в руде Cu 4—11%; Au 1,5—39,0 г/т. Медь содержится главным образом в халькопирите, с которым связано тонкое золото. Кроме того, в керне установлено присутствие пирита, марказита, пирротина, сфалерита, галенита, лиллианита, самородного висмута. Более высоким содержанием меди характеризуются только некоторые месторождения, в частности Пико-Лод, а также месторождение Орландо, специально описанное Р. Д. Макнейлом (McNeil, 1966).

В целом для площади Теннант-Крик среднее содержание золота в добытой руде 26,0 г/т, в 1950—1951 гг. 61,6 г/т. Проба золота 950—985. Золото обычно мелкое, редко видимое. П. В. Крон указывает, что благоприятным признаком наличия золотого оруденения является присутствие в руде висмута. Этот же исследователь отмечает присутствие в руде элементов-примесей W , Ge и Mo , считая их почему-то типичными элементами эпитермальных месторождений.

Рудные тела площади Теннант-Крик представлены как массивными кварц-гематитовыми жилами и кварц-магнетитовыми жилами, так и зонами брекчий с незначительным развитием окислов железа. Более золотоносны последние. На рудное поле обнаружено много кварцевых жил мощностью от 9 до 12 м, возможно разновозрастных.

Генезис оруденения в Теннант-Крик выяснен еще недостаточно. П. В. Крон, основываясь на находках вкрапленности пирита и халькопирита в дайках кварц-полевошпатовых порфиров, предполагает генетическую связь с ними оруденения. Он же подчеркивает связь золоторудных месторождений с прослоями «железистой формации» (железистых кварцитов) серии варрамунга.

На площади Теннант-Крик очень интенсивно проявлены процессы выветривания, и почти на всех месторождениях разрабатывались только окисленные руды. В них отмечается большая роль вторичного обогащения. В частности, содержание висмута в окисленных рудах доходит до 1%.

Россыши на описываемой площади распространены весьма незначительно, так как коренные месторождения до глубины 8—15 м выщелочены, а рельеф неблагоприятен для формирования россыпей.

В качестве наиболее крупных отдельных месторождений рудоносной площади Теннант-Крик указывают Ноблс-Ноб, Эльдорадо, Орландо, Иванхое. Часть из них является также медными месторождениями, так как наряду с магнетитом и золотом содержит значительные количества халькопирита.

Р. Д. Макнейл (McNeil, 1966) описывает золото-медное месторождение Орландо. Оно приурочено к брекчированной, интенсивно минерализованной зоне в осадочных породах, которая имеет мощность до 240 м, прослеживается по простиранию на 1800 м и на глубину до 330 м.

Р. Д. Макнейл считает, что брекчии, слагающие зону, и вся структура месторождения Орландо были сформированы не при наложенных тектонических явлениях, а непосредственно в ходе осадконакопления при явлениях подводного оползания и активного перемещения и внедрения насыщенных масс еще не затвердевшей породы. Генезис сульфидной и золотой минерализации он не рассматривает, но отмечает, что имеет место несколько фаз минерализации. В наиболее продуктивную фазу, несущую золото-медное оруденение, выделялась минеральная ассоциация хлорита, халькопирита, пирита, магнетита, висмутина и золота. Основное рудное тело имеет неправильную трубообразную форму с мощностью от 1,8 до 9 м и расположено на глубине 100—300 м от поверхности.

Повышенные концентрации золота приурочены к небольшим линзам магнетита, причем крупнозернистое золото преобладает в ассоциации с висмутином, а тонкозернистое — с хлоритом. Содержание золота в рудном теле увеличивается с глубиной, имея свой максимум (около 30 г/т) на горизонте 240 м. Запасы в рудном теле оцениваются в 250 тыс. т руды со средним содержанием золота 17,1 г/т и меди 1%, т. е. золота 4275 кг. Отмечается весьма неравномерное распространение золота в рудных телах, контуры которых могут быть определены только опробованием.

В западной части геосинклинального пояса Варрамунга, отделенной от восточной (площадь Теннант-Крик) большим полем развития платформенного чехла, располагается месторождение Те-Гранитс, описанное Х. Грэхемом («Geol. Austr...», 1953). Это небольшое месторождение кварцевожильного типа. Открыто оно в 1900 г. благодаря природному обогащению выхода рудного тела путем выдувания с накоплением крупного видимого золота. Разведка и тем более эксплуатация месторождения затруднялись отсутствием воды, и только после нахождения подземных вод начались разработки. До конца 1950 г. добыто 342,14 кг золота.

Вмещающими кварцевые жилы породами служат слюдяные и амфиболовые сланцы и кварциты серии mosquito-creek. Непосредственно рудовмещающей породой является тонкозернистый зеленый сланец с порфиробластами граната размером до 3—4 мм в поперечнике. Х. Грэхем указывает, что эти сланцы напоминают куммингтоновые сланцы месторождения Хоумстейк в США.

Породы интенсивно смяты, причем жилы приурочены к подвернутому крылу асимметричной антиклинальной складки.

Изверженные породы представлены адаметеллитами, которые располагаются не непосредственно на месторождении, а вблизи него. В кристаллических сланцах обильны инъекции пегматитов и жил молочно-белого кварца, не имеющих отношения к золотоносным рудам.

На месторождении встречены рудные тела двух типов: маломощные, короткие и не выдержанные на глубину жилы и протяженные рудные зоны. Вмещающие породы частично окварцованы. Кроме того, в них отмечается вкрапленность железистых карбонатов в виде крупных порфиробластов.

Сульфиды в руде составляют менее 4% и представлены пиритом и арсенопиритом. В маломощных прожилках кварца содержание золота до 150 г/т, в более протяженных и выдержанных 1,5—17,0 г/т. Золото выделяется как в кварце, так и непосредственно в сланцах. Оно свободное, частично крупное, проба 900.

Севернее геосинклинальной зоны Варрамунга на п-ове Архемленд располагается геосинклинальный пояс Пайн-Крик. Здесь известен ряд золоторудных месторождений, в основном сосредоточенных в поясе северо-западного простирания. Описания этих месторождений очень краткие, сведений мало. Указывается наличие рудного района Брокс-Крик размером $40 \times 30 \text{ км}^2$, в пределах которого размещаются месторождения Космополитиэн Хаули Майн, где добыто 50 000 т руды со средним содержанием 22 г/т, т. е. около 1100 кг золота; Биг Хаули Майн (добыто 25 000 т руды); Цапонан Майн, давшее 830 кг золота; Голден Дайк (1000 т руды с содержанием золота 9—12 г/т) и Айрон Блоу Майн. В последнем месторождении добыто 14 000 т золото-медной руды из зоны окисления. Добывались также свинцово-цинково-медные руды из первичной зоны.

Месторождение Космополитиэн Хаули Майн обрабатывалось только до глубины 15—20 м и разведывалось шахтой до глубины 55 м. Оруденение приурочено к слою кварцитов, которые перекрыты графитистыми сланцами и подстилаются амфиболитами. В структурном отношении месторождение контролируется осевой частью антиклинальной складки. Руда представлена кварцем, пиритом, арсенопиритом и золотом. Более интенсивная обработка месторождения затрудняется общей слабой экономической развитостью территории.

В наиболее западной части описываемой территории, уже в Западной Австралии, располагается металлогеническая провинция Кимберли. Здесь, по данным Дж. Э. Хармса («Geol. Austr...», 1965), до конца 1962 г. добыто золота около 930 кг и серебра 435 кг. Золото добывалось в 12 месторождениях и 50 мелких рудопроявлениях.

Докембрийский Западно-Австралийский щит частично заходит на территорию Квинсленда. Описание этой его части, выделяемой Э. Ш. Хиллсом под названием металлогенической провинции Клонкарри, приведено в статье О. А. Джонса («Geol. Austr...», 1953), который указывает, что в нижней части разреза докембрия расположены амфиболиты, гнейсы и кристаллические сланцы, которые относят к архею. На них залегает толща кварцитов и кристаллических сланцев серии маунт-айза протерозойского возраста. В самых верхах протерозоя имеются конгломераты серии маунт-камби, частично золотоносные. Не ясно положение в разрезе мраморов: одни исследователи считают, что они подстилают серию маунт-айза, а другие — что они перекрывают ее.

Докембрийские породы смяты в сжатые складки с преобладающим меридиональным простиранием осей, причем провинцию можно рассмотреть в качестве единого крупного антиклинория.

Более полные сведения о докембрийской геологии Северо-Западного Квинсленда приведены в монографической работе Э. К. Картера

и др. (Carter a. o., 1961), но разбор всех положений этой работы выходит за рамки наших задач.

Провинция Клонкарри, по данным С. Р. Л. Шеперда («Geol. Austr...», 1953), является наиболее старым горнорудным районом Квинсленда. Главное значение здесь имеют медные руды, очень большая роль принадлежит также свинцово-цинковым месторождениям. Роль золота в экономике данной провинции менее значительна, точно определить количество золота, добытого здесь, не удастся, но, по-видимому, оно весьма невелико.

Ранее в этой части Квинсленда разрабатывались небольшие, но богатые золотоносные россыши, которые к настоящему времени полностью выработаны. В качестве собственно золоторудных коренных месторождений О. А. Джонс упоминает Б о у э р Б е р д и С о л д ь е р с К э п. Данных о типах этих месторождений и о количестве добытого из них золота не приводится. Очевидно эти месторождения были весьма небольшими.

Наибольшая добыча золота в этой части Квинсленда приходится на медные месторождения, из руд которых золото извлекается попутно. Некоторые сведения имеются для месторождения Маунт-Эллиот, находящегося, по-видимому, вблизи от месторождения Маунт-Айза (точное местоположение месторождения не ясно).

Месторождение М а у н т - Э л л и о т обрабатывалось до 1920 г. Согласно данным К. Дж. Сулливана («Geol. Austr...», 1953), из него добыто 1054 кг золота и 24 431 т меди. Оруденение приурочено к кварцево-сланцевым сланцам докембрия. Главное рудное тело в плане имело размер $60 \times 15 \text{ м}^2$ и контролировалось зоной дробления, которая, пересекая черные сланцы, была маломощной и безрудной, а при входе ее в кварцево-сланцевые сланцы расширялась и контролировала рудные тела. Руда данного месторождения была представлена кальцитом, роговой обманкой и пиритом с включениями халькопирита. Содержание меди в разных рудах от 5,2% до 11,8%, золота — до 6,3 г/т.

На месторождении была хорошо проявлена зона окисления до глубины 90 м, в пределах которой распространены тенорит (CuO), хризоколла, куприт, малахит и халькозин. Содержание меди в окисленных рудах составляло 12%, о содержании золота ничего не сообщается, возможно, что приведенное выше содержание относится именно к окисленным рудам.

Присутствие золота в рудах отмечается для довольно многочисленных в данной металлогенической провинции кобальтовых месторождений жильного типа, однако данных о количестве попутно добытого золота из этих месторождений нет. Отсутствуют также данные о содержаниях золота в рудах, кроме указаний для одного небольшого кобальтового месторождения Куин Салли Лоуд, где в сульфидных рудах содержалось около 8% кобальта и около 3 г/т золота («Geol. Austr...», 1953).

На территории Северо-Западного Квинсленда в пределах Западно-Австралийского щита расположено весьма крупное серебряно-

свинцово-цинковое и отчасти медное месторождение Маунт-Айза (Амирасланов, Иванова, 1960). Месторождение в основном относится к пластово-вкрапленному типу, причем имеются серьезные основания предполагать сингенетичный с осадочными толщами генезис оруденения с последующим метасоматическим перераспределением рудного вещества. Детально этот вопрос рассмотрен сравнительно недавно Н. Х. Фишером (Fisher, 1960). При описании руд данного месторождения упоминается наличие золота, но оно имеет, по-видимому, только минералогический интерес, так как в многочисленных описаниях месторождения ни данных о добыче золота, ни о его содержаниях в рудах не приводится.

Месторождение Трекелано описано С. Р. Л. Шепердом как зона расщепления в амфиболовых сланцах, окруженных аплитовидными или пегматоидными с графическими структурами гранитами. В качестве жильных минералов им названы кальцит, авгит, магнетит, эпидот, гранат. Главным рудным минералом является халькопирит. Кроме него присутствуют галенит, сфалерит, молибденит, кобальтин. Содержание золота в руде до 3 г/т , среднее $2,2 \text{ г/т}$ в отсортированной руде при среднем содержании меди 12%. Золото ассоциирует с халькопиритом.

На месторождении была пройдена шахта глубиной 200 м. Разработка его была приостановлена войной, очевидно перспективы месторождения еще значительны, а изученность низкая. О количестве добытого золота сведения отсутствуют, но, по-видимому, оно невелико.

В металлогенических провинциях Гоулер и Эйрской в Южной Австралии присутствия золоторудных месторождений не отмечается.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ РАННЕГО НЕОХРОНА

ПРОВИНЦИЯ БАЙКАЛИД ЮЖНОЙ АВСТРАЛИИ

Пояс байкальской складчатости примыкает с юго-востока к Западно-Австралийскому щиту. Он сложен интенсивно дислоцированными отложениями верхнего протерозоя и кембрия и в австралийской литературе именуется обычно складчатой зоной Аделаида (рис. 39). Преобладание среди отложений глинистых сланцев и других осадочных пород и отсутствие заметного интрузивного магматизма свидетельствуют о миогеосинклинальном типе развития данного пояса. Наиболее молодыми в складчатых структурах являются отложения среднего кембрия, в связи с чем некоторые исследователи полностью или частично рассматривают складчатую зону Аделаида как раннекаледонскую геосинклиналь.

Северное продолжение пояса байкалид перекрыто платформенным чехлом Большого Артезианского бассейна.

В работе С. Б. Дикинсона и Р. С. Спригга («Geol. Austr...», 1953) приведены общие краткие сведения о полезных ископаемых данной территории и ее золотоносности. По их данным, горная промышленность в этой части Австралии начала развиваться с 1841 г., когда

были открыты свинцовые и медные месторождения. Золото открыто впервые в Эчуане в 1852 г., а с 1914 г. на п-ове Эйр были выявлены богатые железные руды, которые стали главным объектом горнорудной промышленности. Железные руды представляют собой вторичные концентрации железа в железистых кварцитах, типа богатых железных руд Криворожья и КМА.

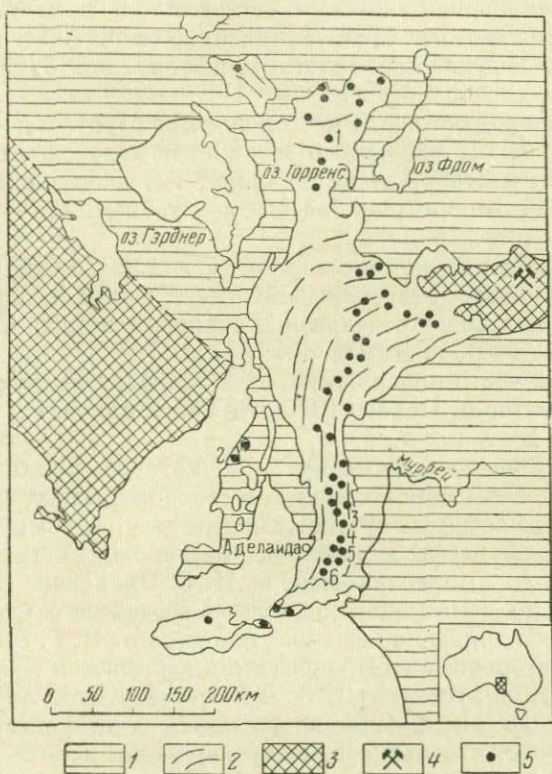


Рис. 39. Размещение золоторудных месторождений в Южной Австралии. По различным картам из работы С. Б. Дикинсона и Р. С. Спригга

1 — площади, перекрытые платформенным чехлом; 2 — миогеосинклинальная система Аделаиды (байкалиды), линии указывают простираение осей главных складок; 3 — добайкальские жесткие массивы: на западе — Гоулер, на востоке — Вильяма; 4 — свинцово-цинковое месторождение Брокен-Хилл; 5 — золоторудные месторождения: 1 — Маунт-Огильви, 2 — Мунта, 3 — Гьюмерейч, 4 — Вудсайд, 5 — Балаганах, 6 — Эчунга

Крупных месторождений золота на данной территории нет, описания небольших месторождений весьма неполные. Вблизи от Аделаиды располагается полоса золоторудных месторождений, вытянутая в меридиональном направлении, в которую с юга на север входят кварцевожильные месторождения Эчунга, Балаганах, Вудсайд и Гьюмерейч.

Западнее описанной зоны месторождений на п-ове Йорк расположено медное золотосодержащее месторождение Мунта. Оно

представлено жилами, залегающими в штоке полевошпатовых порфиров размером 5×14 км². Жилы находятся в центральной части штока и ориентированы параллельно его удлинению. Жилы содержат кварц, биотит, турмалин, полевой шпат, флюорит, апатит, халькопирит, борнит, гематит и магнетит. Из этого месторождения с 1860 по 1923 г. было добыто 333 600 т меди. Содержание в начале отработки, очевидно в зоне окисления, составляло 30% меди, затем 2,2—3,3%. Согласно данным С. Б. Дикинсона («Geol. Austr...», 1953), за 1908—1916 гг. содержание золота при попутной отработке составляло 3,9 г/т, серебра 4,8 г/т.

В 8 км к северо-востоку от месторождения Мунта в докембрийских породах, вмещающих указанный выше шток полевошпатовых порфиров, находится месторождение Веллеру, где добывался в основном вольфрам. В. Г. Эммонс указывает в нем также наличие небольших содеряжий золота.

Севернее в центральной и северной частях пояса байкалид Южной Австралии крупных месторождений нет. Среди осадочных толщ распространены только отдельные кварцевые жилы; некоторые из них упоминаются В. Г. Эммонсом.

В восточной части пояса байкалид в пределах выступа архейских пород, на территории Нового Южного Уэльса находится месторождение Брокен-Хилл.

Этому месторождению-гиганту, на которое приходится около 90% от всей добычи свинца, цинка и серебра Австралии, посвящена обширная, часто остро дискуссионная литература. На русском языке подробная сводка всех данных по месторождению Брокен-Хилл выполнена А. А. Амираслановым и Н. С. Ивановой (1960). Здесь приведем только самые краткие общие сведения о месторождении и суммируем все данные об его золотоносности. В. Г. Эммонс указывал, что из месторождения Брокен-Хилл добывается ежегодно около 90 кг золота. Х. Ф. Кинг и Д. О' Дрисколл («Geol. Austr...», 1953) отмечают, что до июня 1951 г. из этого месторождения добыто 68,7 млн. т руды, что при среднем содержании золота в первичной руде около 0,1 г/т составляет около 7000 кг золота. По данным А. Дж. Гурлей (Gouglay, 1966), в Брокен-Хилле за 1964 г. добыто 308,5 кг золота, в 1965 г. 295,2 кг. Если распространить эти данные на прошлые годы и учесть приведенную выше цифру добычи золота, то общее количество добытого из этого месторождения золота по 1/1 1968 г. составит около 10 т.

Рудные залежи месторождения Брокен-Хилл приурочены к глубоко метаморфизованным архейским породам серии вилльяма, представленным кварц-биотит-гранатовыми гнейсами, силлиманит-гранатовыми гнейсами, силлиманит-гранатовыми кристаллическими сланцами, гранат-магнетитовыми кварцитами и др. Породы интенсивно смяты и разбиты многочисленными разрывными нарушениями. Рудные залежи представляют собой весьма протяженные (более 4,8 км по простиранию) тела, согласные со вмещающими породами. Наиболее распространенными рудными минералами являются сфале-

рит (марматит) и галенит, жильными минералами: кварц, родонит, гранат, кальцит, бустамит, геденбергит, флюорит и микроклин.

Выделяются два главных типа первичных руд: 1) тип Брокен-Хилл, в котором рудные тела представлены галенитом и сфалеритом в ассоциации с кальцитом, флюоритом, силикатами марганца, пироксеном, голубым кварцем, зеленым полевым шпатом и гранатом; 2) тип такаринга — рудные тела, состоящие из крупнозернистого галенита, небольшого количества сфалерита с сидеритом и кварцем, при отсутствии граната, голубого кварца и ганита (цинксодержащий минерал из группы шпинели). В зоне окисления (давно отработанной) были распространены марганецсодержащие железные руды, церуситовые руды и руды, обогащенные серебром (до 9,3 кг/т).

Золото встречается в самородном виде в мельчайших выделениях в тетраэдрите, кобальтине и других сравнительно мало распространенных сульфидах. Установлено наиболее позднее время отложения его в ряду других рудных минералов. Э. Дж. Данн (Dunn, 1929) указывает, что в зоне окисления встречались отдельные выделения золота весом до 90 г.

Содержание золота в первичных рудах по одним данным 0,3—0,4 г/т, по другим, очевидно более точным, 0,1 г/т (около 2 грам в тонне). Среднее содержание свинца 15%, цинка 12%, серебра 155 г/т.

В окрестностях месторождения Брокен-Хилл встречаются очень небольшие и бедные золотоносные кварц-пиритовые жилы.

ПРОВИНЦИЯ ГЕРЦИНИД ВОСТОЧНОЙ АВСТРАЛИИ

Общая геологическая характеристика

Золотоносный пояс Восточной Австралии приурочен к Тасманской геосинклинальной системе, консолидация которой относится к герцинскому тектоно-магматическому циклу. Общая протяженность Тасманской геосинклинали от о. Тасмания на юге до п-ова Кейп Йорк на севере около 6000 км, строение ее и геологическая история сложные и далеко еще полностью не выясненные. Значительные участки Восточно-Австралийского складчатого пояса перекрыты мезо-кайнозойскими отложениями наложенных прогибов и платформенного чехла. Все это сильно затрудняет задачу общего описания данной территории.

Обычно геологические описания Восточной Австралии даются применительно к отдельным штатам, четкого же структурно-формационного или какого-либо иного районирования складчатого пояса пока нет. В объяснительной записке к геологической карте Австралии (Вопросы геологии Австралии, 1965) принята возрастная, а не порайонная схема описания. При геологической характеристике герцинского пояса Восточной Австралии использованы также статьи по геологии отдельных штатов в сборнике, посвященном рудным месторождениям Австралии.

В самой южной части данной геосинклинальной системы на о. Тасмания, по С. В. Кэри («Geol. Austr...», 1953) и на основании тектонической карты Э. Ш. Хиллса, разрез начинается с протерозойских (детально нерасчлененных) отложений, которые слагают крупное поднятие Тиеннан («Tuennan uplift») типа срединного массива, облекаемого складками более молодых пород (рис. 40). Разрез протерозоя (группа дэвэй) сложный, он включает кварциты, филлиты,

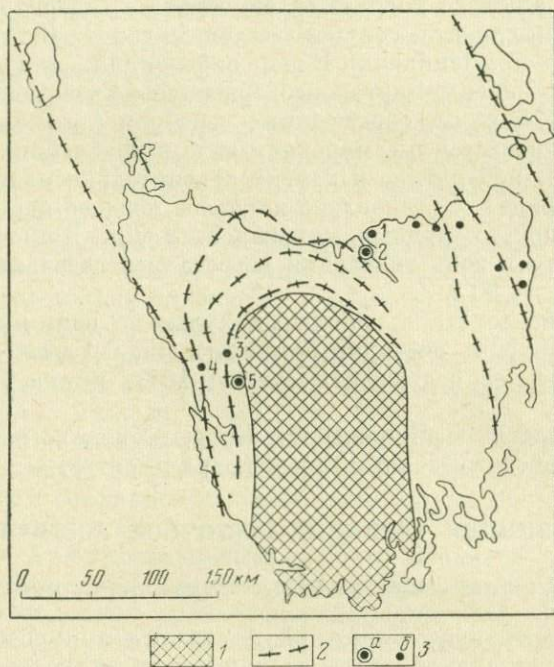


Рис. 40. Схема геологического строения Тасмании. По С. В. Кэри

1 — поднятие Тиеннан, сложенное протерозойскими породами; 2 — оси антиклинорий в протерозойских толщах; 3 — золоторудные и золотосодержащие месторождения (а — крупные, б — прочие): 1 — Лифрой, 2 — Виконсфилд, 3 — Розбери, 4 — Зиан, 5 — Маунт-Лайелл

доломиты, конгломераты, причем значительная часть пород метаморфизована до кристаллических сланцев и гнейсов. Мощность протерозойских пород около 10 000 м. Палеозойский разрез включает породы от нижнего кембрия до нижнего девона. Наряду с терригенными и карбонатными породами значительную роль играют вулканиты основного состава. К кембрию относятся также крупные интрузии ультраосновных пород.

Отложения верхнего девона и карбона в Тасмании отсутствуют, а пермские породы уже залегают горизонтально, хотя и интенсивно разбиты более поздними разломами. Представлены они, во всяком случае частично, угленосными и нефтеносными фациями.

Гранитоидный магматизм развит в Тасмании незначительно. Выделяются гранитоиды тиенской орогении (послекембрийские) и наиболее распространенные эпохи табераберан (D_1-C_3). Среди принадлежащих этой эпохе гранитоидов развиты более ранние натриево-кальциевые, с которыми связано золотое, медное и другое оруденение, и более поздние — лейкократовые калиевые, к которым приурочена оловянная минерализация.

Севернее, уже на Австралийском континенте, участок Тасманской геосинклинальной системы охватывает штаты Викторию и Новый Южный Уэльс (рис. 41). По данным Д. Э. Томаса («*Geol. Austr...*», 1953) и А. Г. Войси («*Geol. Austr...*», 1953), разрез здесь также начинается с кембрия. В основании разреза располагаются основные вулканиты («диабазы»), выходы которых, однако, нигде не занимают больших площадей. Выше согласно залегает единая мощная толща пород вплоть до нижнего девона. В фациально-литологическом отношении эта толща изменяется следующим образом. В среднем кембрии количество магматического материала по сравнению с более нижними частями разреза уменьшается. Здесь преобладают черные филлитовидные сланцы, местами с тонкими прослоями известняков, переслаивающиеся с туфами и горизонтами, обогащенными вулканическим пеплом. В верхнем кембрии магматический материал полностью пропадает. Эта часть разреза, а также нижний ордовик характеризуются преобладанием песчаников, ассоциирующихся с черными сланцами. Нижнеордовикские породы, которые являются вмещающими для большинства золоторудных месторождений штата Виктория, очень однородны, и их удается расчленять только по фауне граптолитов. В верхнем ордовике в разрезе вновь, как и в его более нижних частях, начинают преобладать черные филлитовидные сланцы, а в силуре широко распространены зеленые и частично известковистые сланцы. Мощность отложений ордовика в Виктории составляет примерно 6000 м, силура также 6000 м.

В объяснительной записке к тектонической карте Австралии (Вопросы геологии Австралии, 1965) рассматривается отдельно Западная Виктория и ее восточная часть. В пределах последней проходит главный пояс нижнепалеозойских пород, который протягивается отсюда непрерывно на север в Новый Южный Уэльс. Этот пояс, отвечающий наибольшим мощностям отложений¹ и, следовательно, характеризовавшийся наиболее интенсивными вертикальными движениями, от нижнего силура до среднего девона оказывал основное влияние на Тасманскую геосинклинальную зону. «Гранитные интрузии пояса нижнепалеозойских пород оттеняют его очертания, так как обнажаются в виде вытянутых массивов. Последние совершенно отличны от более крупных и широких несогласных плутонов, расположенных севернее и восточнее, а также от более мелких

¹ В объяснительной записке пояс называется вулканогенной дугой, хотя собственно вулканогенных пород среди слагающих его толщ не отмечается, но обильны интрузии гранитоидов.

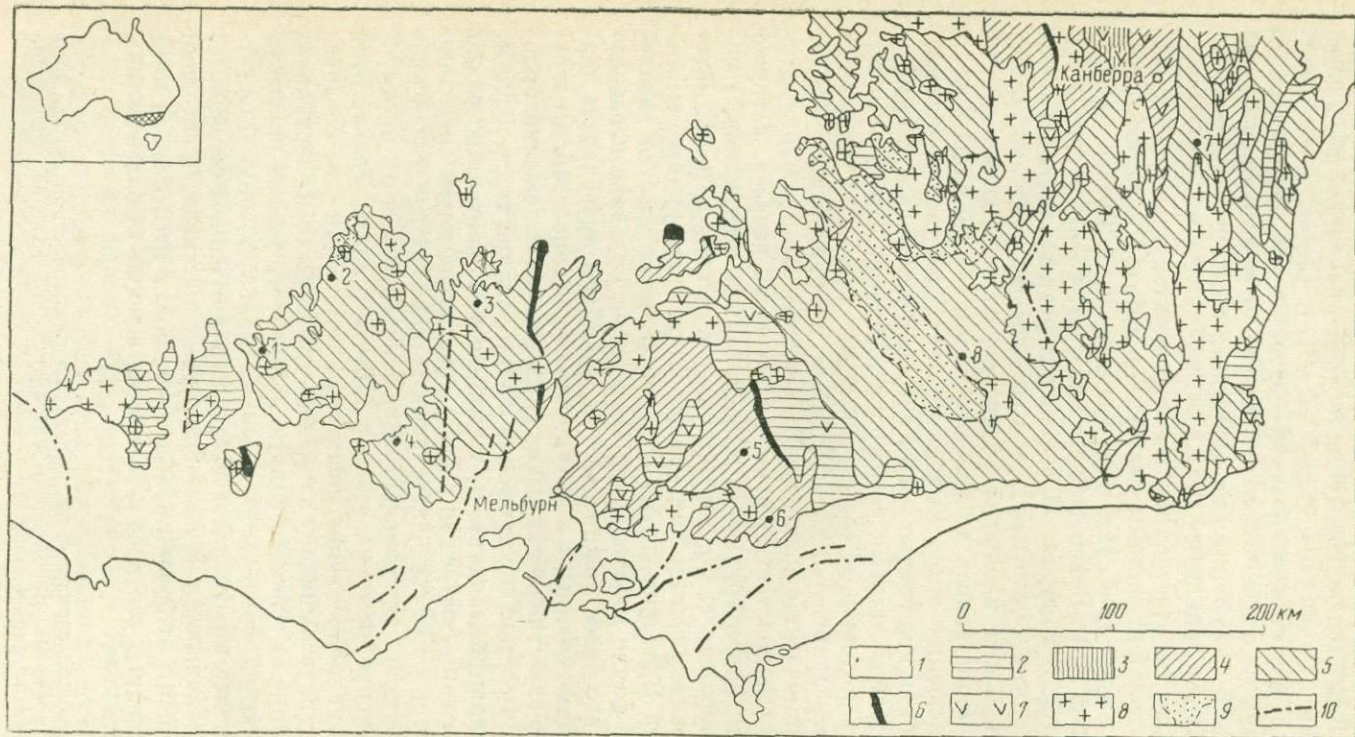


Рис. 41. Геологическая карта Виктории и прилегающей юго-восточной части Нового Южного Уэльса. По О. Синглану (схематизировано)

1 — породы платформенного чехла; 2 — отложения верхнего девона — нижнего карбона; 3 — отложения нижнего — среднего девона; 4 — отложения силура — нижнего девона; 5 — отложения ордовика; 6 — отложения кембрия; 7 — вулканогенные породы в слоистой палеозойской толще; 8 — гравитоидные интрузии; 9 — участки регионального метаморфизма; 10 — главные тектонические нарушения

Золоторудные месторождения (цифры на карте):

1 — Стоэлл, 2 — Сант-Арно, 3 — Бендиго, 4 — Балларат, 5 — Вудс-Пойнт, 6 — Уолхалла, 7 — Каптинс-Флат, 8 — Глен-Уилс

неправильных тел и кольцеобразных комплексов — в центральных и западных частях Виктории» (Вопросы геологии Австралии, 1965, стр. 50—51).

Общая протяженность данного пояса неизвестна, так как он перекрыт мезозойскими отложениями. Но «по выходам нижнего палеозоя на севере в Квинсленде и на юге — в Тасмании можно судить об отсутствии там вулканогенной дуги того же возраста» (Вопросы геологии Австралии, 1965, стр. 50).

В пределах пояса и по его периферии отмечаются гранитоиды разного возраста (рис. 42): силур-нижнедевонские, средне- и верхнедевонские (табераберанской эпохи тектогенеза) и каменноугольные (канимбланской эпохи). Более молодые граниты тяготеют к восточным частям пояса.

Следующая к северу часть Тасманской геосинклинальной системы размещена в северо-восточной части Нового Южного Уэльса. Она отделена от других частей широкими мезозойскими прогибами, перекрытыми платформенным чехлом. Здесь была сформирована немая толща огромной мощности, прямо не сопоставимая с отложениями, развитыми в южной части Нового Южного Уэльса и Виктории. В основании толщи залегают андезитовые и базальтовые лавы, возраст которых не установлен. В верхних частях разреза преобладают граувакки, граувакковые брекчии, яшмовые и кремнистые сланцы. Возраст развитых здесь гранитов также точно не установлен. Согласно данным объяснительной записки, некоторые из них относятся к банамбранскому, или эписилурийскому (боунингскому) возрасту. А. Г. Войси отмечает наличие здесь верхнепалеозойских оловоносных гранитов (см. рис. 42).

Северная часть Тасманского геосинклинального пояса проходит по территории Квинсленда, где «силурийская и предположительно верхнеордовикская толщи выполняют разбитые сбросами бассейны, расположенные на окраине докембрийского кратона» (Вопросы геологии Австралии, 1965, стр. 53). В различных частях этого сектора пояса мощности нижнепалеозойских отложений и их фации значительно изменяются. Широко развиты вулканогенные толщи, карбонатные породы, а в более верхних частях разреза — граувакки и другие осадочные породы.

В верхнем палеозое Тасманский складчатый пояс в основном уже был консолидирован. Однако в разбитенных прогибах верхнекарбонного и нижнепермского возраста продолжалось осадконакопление, причем накапливались толщи мощностью до 10 000—12 000 м. На значительных площадях формировались ледниковые толщи, пресноводные осадки. В ряде мест наблюдалась и магматическая активность с формированием как эффузивных, так и интрузивных пород. Вулканогенные породы и крупные секущие плутоны прорывают верхнепалеозойские отложения, причем «расположение этих плутонов не совпадает с региональной ориентировкой интрузий в нижнепалеозойской дуге вулканических пород. Они в основном приурочены к периферийным частям главных областей верхнепалеозойского

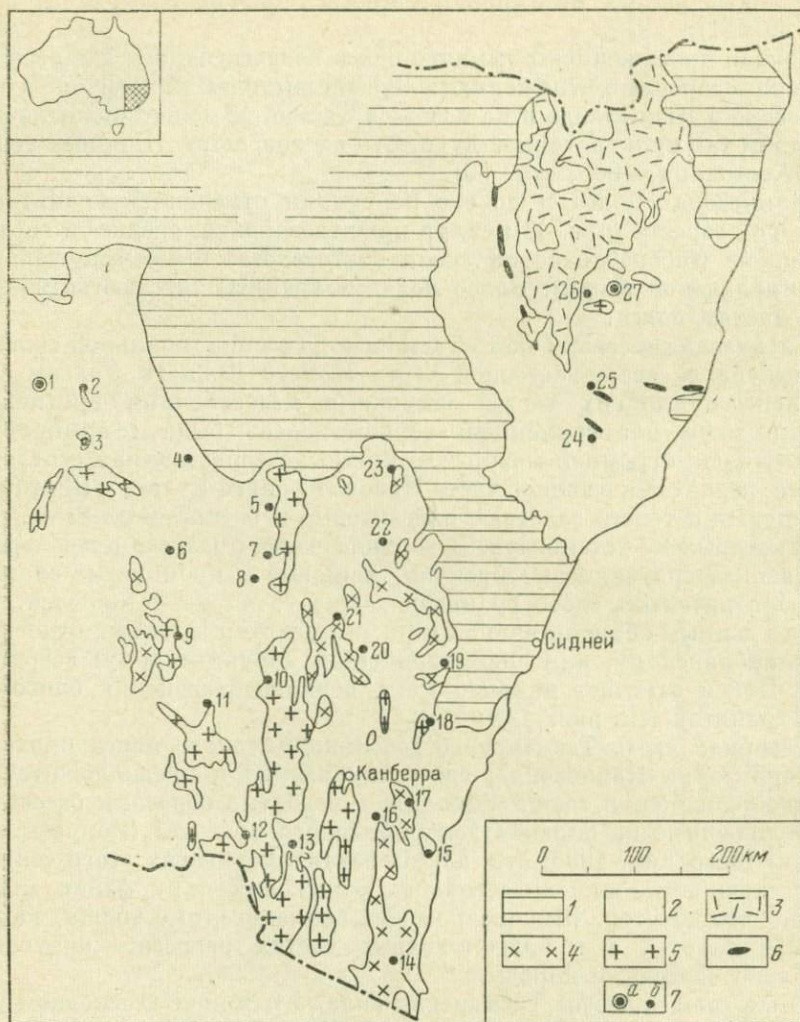


Рис. 42. Схема размещения золоторудных месторождений и гранитоидных интрузий в восточной части Нового Южного Уэльса. По А. Г. Войси

1 — отложения эоипалеозойского платформенного чехла; 2 — палеозойские осадочные толщи; 3 — граниты хантер-буэнского этапа (P — T); 4 — граниты канимбланского этапа (C₁); 5 — граниты табераберанского этапа (D₂) и более древние; 6 — серпентиниты; 7 — золоторудные месторождения: а — из которых добыто более 10 т золота, б — прочие.

Золоторудные месторождения (цифры на схеме):

1 — Кобар, 2 — Канбелито, 3 — Нимэйдж, 4 — Тоттенем, 5 — Пик-Хилл, 6 — Кондоболин, 7 — Парк, 8 — Форбс, 9 — Уайлонг, 10 — Янг, 11 — Севастополь, 12 — Тумбарумба, 13 — Киандра, 14 — Уиндхем, 15 — Моруя, 16 — Каптинс-Флат, 17 — Брейдвуд, 18 — Маруэлл, 19 — Церандерри, 20 — Тюэна, 21 — Линдхерст, 22 — Хилл-Энд, 23 — Гулганго, 24 — Коупленд, 25 — Ноуэнс, 26 — Юралла, 27 — Хилгров

осадконакопления» (Вопросы геологии Австралии, 1965, стр. 57). Наиболее обильны верхнепалеозойские проявления как вулканической, так и интрузивной деятельности (гранитоидного магматизма) в Квинсленде.

Дальнейшая мезо- и кайнозойская история Восточной Австралии также отличалась значительной сложностью. Не имея возможности рассмотреть ее хотя бы бегло, отметим только наличие разновозрастных, начиная с мезозоя и до четвертичного времени, излияний основных лав и дифференцированных блоковых движений. Наиболее активная вулканическая деятельность происходила, по-видимому, в юго-восточной части страны на территориях Нового Южного Уэльса, Виктории и Тасмании, где широко распространены покровы базальтов и дайки основных пород третичного и четвертичного возрастов.

Современная конфигурация береговой линии Восточной Австралии в значительной части также обусловлена молодыми тектоническими движениями. В частности, в качестве молодого, погруженного под уровень моря грабена рассматривается многими геологами Бассов пролив, отделяющий о. Тасманию от материка.

Общие данные о золотоносности

Всего в пределах рассматриваемой провинции добыто более 3700 *t* золота, из которых около 2500 *t* приходится на коренные месторождения. На карте полезных ископаемых в Восточной Австралии показано 185 месторождений золота, но геологическая характеристика имеется только для 96.

Главное значение в данной металлогенической провинции имеют крупные месторождения (табл. 12), обеспечившие более половины всей добычи золота, хотя они составляют менее 3% от всего количества учтенных месторождений. Это положение является общим для большинства золоторудных провинций мира.

Таблица 12

Распределение месторождений золота пояса герцинид Восточной Австралии по крупности (по данным о добыче на 1/1 1969 г.)

Классы месторождений по крупности	Количество месторождений	Суммарная добыча		Примеры месторождений
		<i>t</i>	%	
100—1000 <i>t</i>	5	1352	55	Бендиго, Балларат, Чартерс-Тауэрс, Гимпи, Маунт-Морган
10—100 <i>t</i>	14	359	14,5	
Менее 10 <i>t</i> или с неизвестной добычей	166	749	30,5	
Итого	185	2460	100	

Данные по добыче золота в Восточной Австралии весьма условны. В частности, не вполне ясно количество добытого золота из месторождения Балларат. Дж. Д. Кемпбелл («*Geol. Austr...*», 1965) указывает, что из общей продукции рудного поля Балларат около 20 млн. унций (620 т) $\frac{1}{4}$ приходится на коренное золото и $\frac{3}{4}$ — на россыпи. В соответствии с этим размеры коренного месторождения оценены в 160 т.

Месторождения с добычей более 10 т учтены далеко не полностью. Часть их из-за отсутствия данных, несомненно, оказалась объединенной с более мелкими.

Золоторудные месторождения известны вдоль всего геосинклинального пояса, т. е. на протяжении около 4000 км. Распределяются они по простиранию пояса весьма неравномерно: наиболее сконцентрированы месторождения золота в юго-западной части пояса на территории штата Виктория. Здесь также, в отличие от остальной площади, месторождения четко группируются в серию зон, вытянутых в субмеридиональном направлении. Д. Э. Томас («*Geol. Austr...*», 1953) выделяет в Западной Виктории шесть золоторудных поясов, которые подчеркиваются как размещением коренных месторождений, так и россыпей: 1) Стоэлл — Арарат; 2) Пиренеис; 3) Балларат — Веддебурн; 4) Стэнглиц — Мэлдон; 5) Блэквуд — Бендиго; 6) Лауритон — Тардейл. Эти пояса в основном приурочены в структурном отношении к вытянутым так же, как и они, антиклинальным структурам (рис. 43). В остальных частях складчатой системы четкого зонального размещения месторождений установить не удастся.

Общая концентрация золотоносности в Западной Виктории связана, возможно, с некоторыми чертами геологического строения этой территории, отраженными на тектонической карте Австралии. Здесь наблюдается конфигурация гранитоидных массивов в виде неправильных, иногда кольцеобразных тел, в отличие от четкой однородной ориентировки массивов в более восточных частях Виктории.

Изменение в рисунке очертаний гранитоидных массивов данной территории можно объяснить тем, что западная часть Виктории располагается против выступа срединного массива Тиеннан на о. Тасмания, очевидно полого погружающегося к северу на значительное расстояние под палеозойскими отложениями. Если это справедливо, то повышенная золотоносность совпадает, вероятно, с площадью, окружающей выступ древних пород. Однако это положение следует подтвердить анализом мощностей и фаций палеозойских отложений штата Виктория, но, к сожалению, таких сведений у автора нет.

В целом четкого металлогенического районирования всего Восточно-Австралийского золотоносного пояса, тем более с количественной оценкой отдельных выделяемых областей и районов, не имеется. Для золотоносного пояса Восточной Австралии характерно широкое развитие наряду с коренными месторождениями золота россыпей. В подавляющем большинстве случаев отработка золотоносных площадей началась с эксплуатации россыпей, и поэтому к концу XIX в. они были уже значительно выработаны. Общее количество добытого

из россыпей золота для этой части Австралии может быть оценено в 1183 т, что составляет около 32% от всего добытого здесь золота.

Наиболее широко развиты россыпи в штате Виктория, где среди коренных месторождений преобладают малосульфидные кварцевые

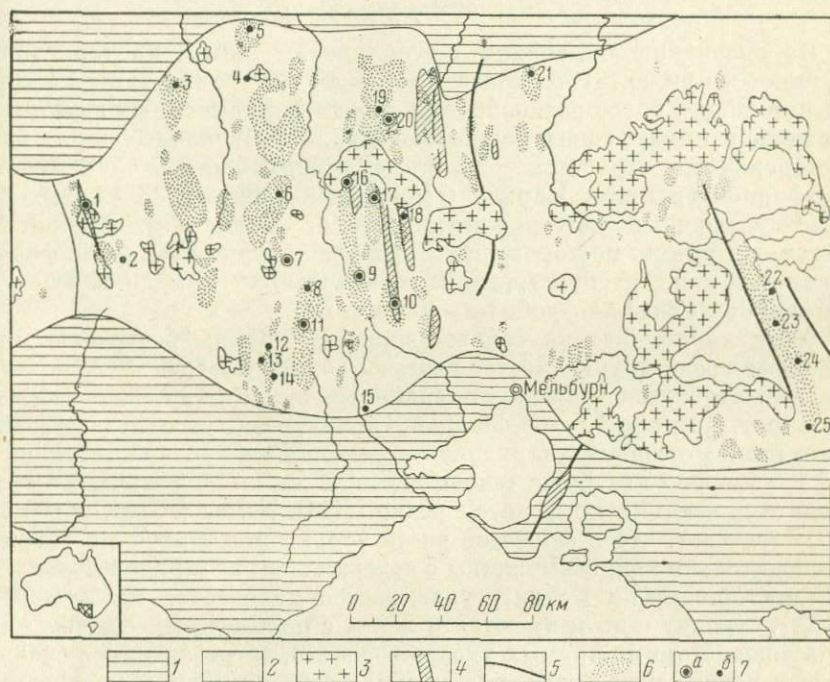


Рис. 43. Схема размещения золотоносных полей Виктории в зависимости от главных структурных элементов По Д. Э. Томасу

1 — отложения платформенного чехла и поля третичных базальтов; 2 — нижнепалеозойские осадочные толщи; 3 — гранитоидные интрузии; 4 — брахиантиклинальные складки; 5 — оси антиклинорий; 6 — золотоносные площади; 7 — коренные месторождения золота: а — главные, б — прочие

Месторождения золота (цифры на схеме):

1 — Стюэлл, 2 — Аратат, 3 — Сент-Арно, 4 — Вехла, 5 — Веддербурн, 6 — Мэриборо, 7 — Клунс, 8 — Крезик, 9 — Дейлсфорд, 10 — Блэквуд, 11 — Валларат, 12 — Смайтсдейл, 13 — Скерсдейл, 14 — Берринга, 15 — Стэнглин, 16 — Мэлдон, 17 — Каслмайн, 18 — Тардейл, 19 — Иглхоук, 20 — Бендиго, 21 — Русворд, 22 — Тенмайл, 23 — Вудс-Пойнт, 24 — Оберфилд, 25 — Уолхалла

жилы. Особенно известны здесь третичные россыпи, полностью или частично погребенные под базальтами.

Для ряда площадей указывается наличие в россыпях крупных самородков весом в десятки килограммов (около месторождения Балларат до 81 кг). С месторождением Гимпи была связана богатая россыпь, где были встречены самородки весом 30,3 кг (самородок Куртис) и 25,0 кг.

Наиболее богатые в Австралии россыпи находились около

месторождения Каслмейн (Виктория), по данным о содержании в них золота не приводится.

Для площади Бичуэрт отмечена ассоциация золота в россыпи с касситеритом.

Типы месторождений

По сравнению с Западно-Австралийским щитом на территории герцинского складчатого пояса Восточной Австралии типы месторождений золота более разнообразны. Среди формационных групп первое место занимает золото-кварцевая (рис. 44, а); значительно меньше месторождений относится к золото-сульфидно-кварцевой и золото-сульфидной группам. Наряду с последней выделяются еще золото-барит-сульфидные месторождения (на о. Тасмания). Скарновые месторождения и месторождения халцедоновидно-кварцевой формационной группы распространены незначительно и мало влияют на суммарное количество добытого золота.

Хотя месторождения золото-кварцевой группы безусловно преобладают среди других месторождений золота Восточной Австралии и к ним относятся такие крупнейшие месторождения, как Бендиго, Балларат, Чартерс-Тауэрс, Мэлдон, Стоэлл, четко отделить эти месторождения от относящихся к золото-сульфидно-кварцевой формационной группе часто затруднительно, так как данные о количестве сульфидов в описаниях приводятся редко. Д. Э. Томас («Geol. Austr...», 1953) отмечает, что в западной части территории Виктории развиты исключительно кварцевые жилы с содержанием сульфидов менее 5%. Для месторождения Бендиго указывается количество сульфидов до 1—2%. Наряду с этим имеются и жилы с повышенным содержанием сульфидов. Помимо прямых указаний на это, встречающихся сравнительно редко, косвенным указанием на значительное присутствие сульфидов могут служить данные о попутной с золотом добыче из кварцевых жил ряда металлов.

В некоторых месторождениях малосульфидные и обогащенные сульфидами кварцевые жилы сочетаются. В частности, на месторождении Стоэлл наряду с крутопадающими жилами с несколькими процентами сульфидов описана залежь Мундик, в которой количество сульфидов достигает 40%.

В герцинском складчатом поясе Восточной Австралии обнаружены месторождения, сформированные в близповерхностных условиях (вторая формационная группа). Судя по имеющимся описаниям, к ним относятся Кракоу и Маунт-Кулон. Отдельные признаки близповерхностного генезиса имеются также для месторождений средних размеров — Кройдон и мелких — Вулгар, Маунт-Вильямс и Джедайбло.

Перечисленные месторождения отнесены к группе близповерхностных на основании следующих признаков:

- 1) участие в составе жил халцедоновидного кварца, аметиста, адуляра, цеолитов;
- 2) кокардовое, концентрически зональное строение жил, брекчиевая текстура руд;

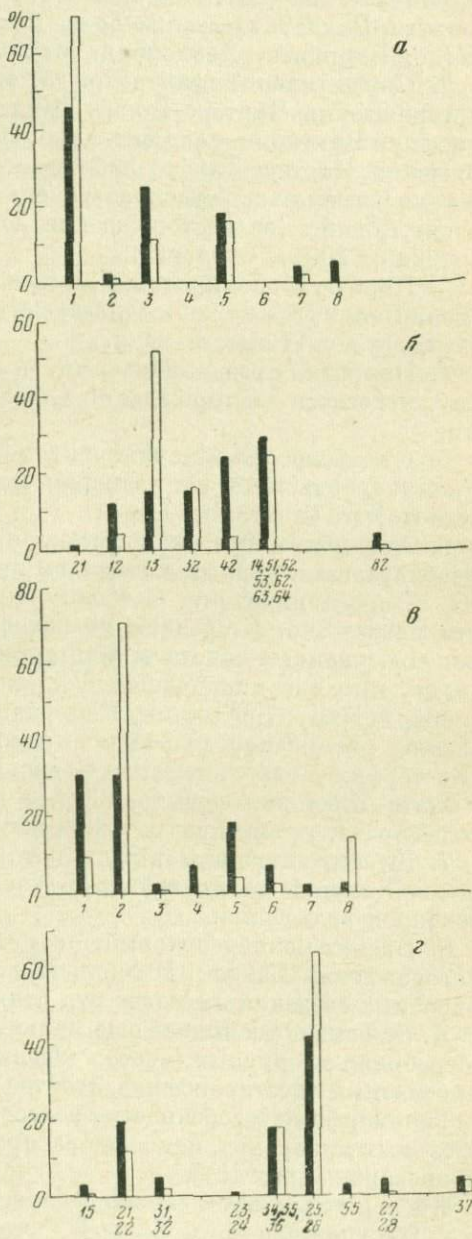
3) сопровождающая жилы каолинизация пород;
 4) малые размеры выделений золота в рудах, его низкая и различная даже в пределах одного месторождения проба (от 450 до 850, чаще около 700), присутствие в рудах серебряных минералов.

Оба месторождения, определенно относящиеся к близповерхностному типу, приурочены к краевым частям крупного прогиба, сложенного породами верхнего структурного яруса палеозоя. По своим размерам они относятся к средним.

Значение скарновых месторождений с наложенной золотой минерализацией в общем балансе золотодобычи описываемой провинции совершенно ничтожно. Как правило, для этих месторождений не упоминается количество добытого золота, но, очевидно, оно измеряется десятками или, в лучшем случае, сотнями килограммов. К этой группе могут быть отнесены месторождения Вайпстик, Гласфорд (добыто 79 кг, золота) Маунт-Биггенден, Дрейк, Чиллаго, Мангана.

Общее распределение месторождений провинции по минеральным типам показано на рис. 44, б. Для золото-кварцевой и золото-сульфидно-кварцевой формационных групп в пределах

Рис. 44. Распределение месторождений золота провинции герцинского складчатого пояса Восточной Австралии по формационным группам (а), минеральным типам (б), морфологическим классам (в) и характеру вмещающих пород (г). Условные обозначения см. на рис. 5. Всего учтено 85 месторождений с суммарной добычей 1890 т золота



наиболее богатой золотом части провинции — штата Виктория Д. Э. Томас («Geol. Austr...», 1953) выделяет следующие минеральные типы.

1. Пирит-арсенопиритовый, характерный для крупнейших мало-сульфидных кварцевожильных месторождений Западной Виктории: Бендиго, Балларат, а также более мелких месторождений Каслмейн, Клунс, Барринга, Дейлсфорд, Мэриборо, Уолхалла.

2. Пирит-галенит-сфалеритовый, типичный для весьма крупного месторождения Чартерс-Тауэрс (Квинсленд), а также таких месторождений Виктории, как Сент-Арно, Перцидейл, Пиренеис. На месторождении Чартерс-Тауэрс наблюдается вертикальная зональность: на фоне повсеместного распространения пирита в верхней части жилы развит галенит (из месторождения добыто 3684 *t* свинца), а ниже, с глубины 300 *m*, сфалерит.

3. Пирит-халькопиритовый, к которому относится месторождение Маунт-Перри, где из жил, залегающих в гранитах, было добыто около 1 *t* золота и 17 тыс. *t* меди.

4. Пирротин-арсенопиритовый, к которому, согласно Д. Э. Томасу, относятся месторождения Стоэлл, Мэлдон и Грания в Виктории.

5. Сульфоарсенидно-сульфоантимонитовый с принадлежащими к нему небольшими по размерам месторождениями Гаффис-Крик, Вудс-Пойнт, Стэнглиц.

6. Антимонитовый, или арсенопирит-антимонитовый, где резко преобладающим рудным минералом является антимонит или антимонит с арсенопиритом. Особенно крупных месторождений этого типа неизвестно. К средним по размерам относятся Коимдей с бедным содержанием золота и Кастерфилд. По данным Д. Э. Томаса, к этому типу еще принадлежат месторождения Александра, Рингвуд, Рашворд, Вхру, Бейлистон, Клонбиан и др. Интересно подчеркнуть высокое содержание золота в антимоните из этих месторождений: в Кастерфилде оно составляло 60 *г/т*. Всего из месторождений золота в штате Виктория добыто 106 тыс. *t* 45-процентного сурьмяного концентрата, содержащего также висмут и мышьяк.

7. Шеелит-антимонитовый, к которому относится одно месторождение Хилгров, давшее кроме, 15 *t* золота, 14 тыс. *t* сурьмы и 1800 *t* трехоксида вольфрама.

8. Висмут-молибденитовый, к которому Д. Э. Томас относит месторождения Бендок, Мэлдон, Молсвортз, Линтонс, однако более подробных сведений о составе руд этих месторождений неизвестно.

Д. Э. Томас указывает еще наличие месторождений серебряных и серебряно-хлоридных (месторождение Сент-Арно), медных и медно-карбонатных (месторождение Эгертон), но их особенности не ясны.

Типоморфные особенности целесообразно привести только для отдельных минералов, наиболее распространенных в месторождениях кварцевожильного типа.

П и р и т является самым распространенным рудным минералом жил. Он упоминается в 33 из 96 учтенных нами кварцевожильных

месторождений. В большинстве остальных месторождений он очевидно также присутствует, но для них вообще нет сведений о составе руд.

Имеются только отдельные более или менее случайные данные о золотоносности пирита. Для месторождения Балларат указывается содержание в нем 180 г/т золота, в месторождении Матинна пиритовый концентрат содержал около 300 г/т золота, а отдельные образцы пирита и арсенопирита — до 2500 г/т. В месторождении Лифрой (Тасмания) при отсутствии свободного золота в пирите его содержание составляет от 345 до 690 г/т. Присутствие раннего тонкодисперсного золота в пирите и арсенопирите указывается также для месторождения Глен-Уилс. При 3—4% сульфидов в руде в них заключено от 15 до 60% всего золота.

Арсенопирит также весьма распространен (24 месторождения) в описываемой группе месторождений. В частности, он указывается первым среди рудных минералов в крупнейшем месторождении Бендиго, где, правда, общее количество сульфидов не превышает 1—2%. Обилен арсенопирит наряду с антимонитом и в месторождении Коимдей. Здесь в концентрате содержалось 18% мышьяка, 25% сурьмы и 155 г/т золота.

Халькопирит редко является преобладающим рудным минералом в золотоносных кварцевых жилах, хотя присутствие его указывается в 23 месторождениях. Только в Маунт-Перри халькопирит (наряду с пиритом) является преобладающим сульфидом, причем подчеркивается, что в этом месторождении арсенопирит и сурьмяные минералы отсутствуют.

Галенит и сфалерит также достаточно обычны в кварцевых жилах. Для месторождения Бендиго присутствие этих сульфидов благоприятно для локализации золота. Для других месторождений только упоминается их наличие наряду с другими сульфидами. Совмещение продуктивных участков жил с присутствием в них галенита указывается для месторождения Клунс.

Пирротин, судя по имеющимся данным, — сравнительно редкий минерал в рассматриваемой группе месторождений. Упоминание о его присутствии встречается только для трех месторождений, среди них, однако, такие крупные, как Бендиго и Стоэлл. В последнем пирротин является ведущим сульфидом наряду с пиритом, при подчиненном количестве арсенопирита.

Шеллит упомянут только в одном среднем по размеру золоторудном месторождении Хилгров, где он выделяется в первую дозолотую фазу оруденения. Также редко упоминается наличие среди прочих рудных минералов молибденита.

Минералы висмута указываются в шести месторождениях, среди которых нет особенно крупных. Присутствуют как висмутин, так и самородный висмут, а в месторождении Мэлдон упомянуто наличие редкого минерала висмута — мэлдонита (Au_3Bi).

Минералы сурьмы значительно более распространены и описаны в 11 месторождениях. Наряду с антимонитом в некоторых

из них указывается присутствие самородной сурьмы и сурьмяных блеклых руд.

В ряде месторождений упоминается наличие сурьмяных минералов только в отдельных жилах или на отдельных участках.

Теллуриды, в отличие от западноавстралийских месторождений, для кварцевых жил Восточной Австралии не характерны. Присутствие небольших количеств теллуридов упоминается только для двух, правда, весьма крупных месторождений Гимпи и Чартерс-Тауэрс. Приуроченности повышенных содержаний золота к теллуридам не наблюдается.

Из жильных минералов характерным для кварцевых жил Восточной Австралии, особенно малосульфидных жил Виктории, является альбит.

Среди золото-сульфидной и золото-барит-сульфидной формационных групп выделяются следующие минеральные типы.

1. Халькопирит-пиритовый (колчеданный), к которому относятся месторождения Маунт-Морган, Маунт-Лайелл, Кобар, Коварра, Кангей (?). Месторождения этого типа дали преобладающую добычу золота в пределах рассматриваемых формационных групп.

2. Пирит-галенит-сфалеритовый (колчеданно-полиметаллический), к представителям которого могут быть отнесены Розбери, Каптинс-Флат, Пилвуд.

3. Существенно пирротиновые, с подчиненным количеством других сульфидов. Этот тип представлен одним небольшим месторождением Эйнасли.

4. Пирротин-арсенопиритовый, в основном вкрапленных руд — месторождение Янкшен-Риф.

В ряде сульфидных месторождений (Маунт-Морган, Кобар, Эйнасли) в качестве одного из распространенных рудных минералов упоминается магнетит. Взаимоотношения его с сульфидами нигде, к сожалению, не описаны.

Минералы висмута характерны, хотя встречаются в небольшом количестве, для месторождений Кобар и Янкшен-Риф. Для последнего подчеркивается частая ассоциация с ними золота.

Теллуриды присутствуют только в месторождении Маунт-Морган, характеризующемся рядом интересных особенностей (см. ниже описание этого месторождения), указывающих на близповерхностное происхождение.

Имеющиеся данные о содержаниях и размерах добычи полезных компонентов в месторождениях золото-сульфидной и золото-барит-сульфидной формационных групп сведены в табл. 13. Сравнительно высокие содержания золота в месторождении Кобар и (особенно в первые годы эксплуатации) в месторождении Маунт-Морган относятся полностью или частично к окисленным рудам. В целом же сульфидные руды обрабатывались с низкими содержаниями золота — первые граммы или даже десятки доли грамма на тонну. Все они являются комплексными, и промышленная ценность их обуславливается одновременным извлечением из руд ряда металлов. Собственно

Добыча и содержание полезных компонентов в сульфидных месторождениях герцинского пояса Австралии

Месторождение	Содержание в рудах					Добыча					Примечания
	Золото, г/т	Медь, %	Серебро, г/т	Свинец, %	Цинк, %	Золото, кг	Медь, т	Серебро, кг	Свинец, т	Пиритовый концентрат, тыс. т	
Маунт-Морган											
По добыче 1886—1925 гг.	18,5	1,55				200 000	270 000	Около 20 000		500	
По добыче 1929—1950 гг.	2,5	0,45									
По запасам на 1951 г.	4,2	1,02									
» на 1961 г.	3,6	1,1									
Маунт-Лайелл											
Среднее по добыче	0,63	0,5—11,0 (1,285)				19 254	516,7	574 483			
В запасах на 1961 г.	0,25	0,79	2,5								
Кобар по 1950 г.	5,26	1,8	8	?		36 987	132 065	59 610	3225		Добывались также цинк и висмут
Розбери (среднее по добыче)	3,0	0,5	220	6	20	6 600		Нет сведений			
Кацтинс-Флат (в оставшейся к 1950 г. руде)	1,85	0,67	46,0		12	7 000					
Пилвуд											
Максимальное	1,5	3,5	200—250	11	25						
Эйнасли	0,53	6	30,2			71,2	8 107	4 083			
Янкшен-Риф (среднее по добыче)	9,5					1 500					

золотым месторождением может считаться только Янкшен-Риф, где главным рудным минералом вкрапленных зон является арсенопирит.

Среди морфологических особенностей рудных тел ведущее положение для данной провинции имеют сложные жилы, на втором месте находятся месторождения типа простых жил (см. рис. 44, в).

Простые жилы характерны как для небольших месторождений, так и для различных по размерам месторождений, приуроченных к однородным в физико-механическом отношении породам. Например, простые жилы типичны для весьма крупного месторождения Чартерс-Тауэрс, приуроченного к гранодиоритам.

Сложные жилы и системы жил наиболее типичны для месторождений, приуроченных к слоистым песчанико-сланцевым толщам, в частности, для всех месторождений западной части Виктории. Здесь прежде всего выделяются знаменитые седловидные жилы, развитые на месторождениях Бендиго, Стоэлл, Мэлдон, Клунс и др. Размеры некоторых седловидных жил в Бендиго весьма значительны: «горизонтальная мощность» вкрест седла 6—15 м, «толщина» в седле по вертикали 9—30 м. Форма седловидных жил обусловлена сочетанием слоистости пород с тектоническими нарушениями.

Седловидные жилы на всех месторождениях сочетаются с жилами иной морфологии, которые обычно носят различные местные названия. Так, выделяются сбросовые жилы, «ножные» жилы, «отростковые» жилы и т. д. Отработка всех жил идет, как правило, селективно, а не на массу, в связи с чем месторождения, где они развиты, нельзя относить к штокверковым.

Особую морфологическую группу составляют лестничные жилы в дайках, отнесенные на диаграмме в класс штокверков. Такие месторождения характерны в основном для пояса Вудс-Пойнт в центральной части Виктории. Описание этих жил приведено при характеристике соответствующих месторождений. Здесь отметим только что лестничные жилы далеко не всегда располагаются перпендикулярно к ограничениям вмещающей их дайки или жесткого прослоя. Нередки диагональные жилы с различным залеганием по отношению к рудовмещающей дайке.

Другие штокверковые месторождения, где отработка велась бы на массу, не характерны. К ним относятся месторождения Кингстон и Йелвел. В месторождении Кингстон отработывалась пологая зона согласных кварцевых жил, локализованных в центроклинальном окончании синклинальной складки. Мощность зоны составляла 16,5 м, размеры зоны на поверхности были 180 × 120 м. Месторождение отработывалось карьером.

Месторождение Йелвел также отработывалось карьером, причем, как указывает В. Г. Эммонс, по самой дешевой цене в Новом Южном Уэльсе.

При рассмотрении характера рудовмещающих пород (см. рис. 44, г) видно, что по количеству месторождений, и главным образом по общему количеству добытого из них золота, резко преобладают кварцевожильные месторождения, приуроченные к осадочным толщам,

преимущественно к толщам переслаивания песчаников и глинистых сланцев или филлитов. При характеристиках этих толщ упоминается обычно также присутствие конгломератов, кварцитов, иногда известняков и известковистых сланцев, но эти породы играют всегда подчиненную роль.

Месторождения, залегающие в гранитоидах, приурочены, как правило, к периферическим частям массивов, иногда отмечаются переходы жил по простиранию во вмещающие породы.

Месторождения в дайках в основном все сосредоточены в центральной части Виктории, в поясе Уолхалла — Вудс-Пойнт, и приурочены к единой зоне даек.

Характерно очень малое распространение месторождений в вулканогенных породах, причем указания на состав вмещающих пород в этом случае нечеткие, а породы разнообразны по основности. Может быть, некоторые из отнесенных к этой группе месторождений в действительности залегают в дайках, а не в эффузивах.

Вмещающими породами для большинства сульфидных и сульфидно-вкрапленных месторождений являются вулканогенные толщи, причем там, где имеются более подробные сведения, это обычно туфы кислого или среднего состава. Для месторождения Маунт-Лайелл в качестве вмещающих пород отмечены хлоритовые сланцы, также очевидно вулканогенного происхождения.

К осадочным породам из более или менее значительных сульфидных месторождений приурочено только Кобар, а также два небольших месторождения: Эйнасли и Коварра. Рудные тела месторождения Кобар залегают среди песчано-глинистых сланцев и кварцитов; Эйнасли приурочено к кристаллическим биотитовым сланцам; Коварра — к толще кварцитов, кристаллических сланцев и песчаников.

Близповерхностные месторождения приурочены к вулканогенным толщам среднего состава, слагающим верхний структурный этаж герцинид.

Изменения пород, вмещающих оруденение

Специальных работ по изучению околожилых изменений на месторождениях Восточной Австралии не имеется. Это объясняется прежде всего тем, что все крупные кварцевожилые месторождения, приуроченные к песчано-глинистым филлитовидным, часто с повышенным содержанием углистого вещества породам, не сопровождаются четкими изменениями этих пород. На это обстоятельство указывал еще в 1920 г. В Линдгрэн, рассматривая условия формирования этих месторождений.

При общих описаниях месторождений попутно указываются следующие изменения вмещающих пород. Для месторождений зоны Вудс-Пойнт (Восточная Виктория), в которых жилы приурочены к дайкам диоритов, упоминаются осветление, окварцевание, вкрапленность пирита и повышенная золотеносность вмещающих пород около жил. Хотя наличия серицита в измененных породах около

жил и не отмечается, вероятнее всего комплекс изменений относится к формации лиственитов — березитов.

Осветление и карбонатизация песчаников упоминаются при описании месторождения Стоэлл, серицитизация и окварцевание филлитов — для месторождения Кингстон. Наличие повышенной трещиноватости и пиритизации пород вблизи кварцевых жил, не сопровождающееся прочими околожильными изменениями, указано для месторождения Гимпи, приуроченного к песчанико-сланцевой толще.

Описывая небольшое месторождение Нортон, залегающее в гранитах, В. Г. Эммонс упоминает о серицитизации последних.

Для сульфидных, в том числе вкрапленных месторождений, чаще других процессов упоминается окварцевание (месторождения Маунт-Морган, Кобар, Каптинс-Флат, Линдхерст). Наряду с ним обычно отмечается сульфидная (как правило, пиритовая) минерализация.

На месторождении Кобар наряду с окварцеванием и сульфидной вкрапленностью развивались кальцит и хлорит. На месторождении Маунт-Лайелл хлоритовые сланцы под влиянием гидротермальных процессов превращаются в деймуритовые (серицитовые?) сланцы. Наконец, на месторождении Янкшен-Риф отмечено развитие в измененных породах сложного комплекса новообразованных минералов, явно не представляющих собой единой парагенетической ассоциации: актинолита, кварца, хлорита, эпидота, диопсида, плагиоклаза, бесцветной слюды. Кроме того, в ряде участков в породах развит томсонит.

Изменения вмещающих пород в близповерхностных месторождениях выражаются в каолинизации, а также в развитии адуляра, цеолитов и вкрапленного пирита. Детальные описания их отсутствуют.

Характеристика золота в рудах

Данные о среднем содержании и тем более о распределении золота имеются далеко не для всех месторождений провинции. В основном месторождения Восточной Австралии обрабатывались при высоком содержании золота — более 20 г/т. Из наиболее богатых месторождений могут быть указаны следующие. В крупном месторождении Чартерс-Тауэрс содержание за ряд лет составило в среднем 33 г/т, а в рудных столбах доходило до 100 г/т. Для месторождения Уайалонг, обрабатывавшегося в конце XIX — начале XX вв., В. Г. Эммонс указывает среднее содержание 45 г/т. В месторождении А-I за 5 лет отработки среднее содержание составляло 70 г/т, а в наиболее богатой жиле 14 (Виктория) на глубине 440 м равнялось 620 г/т. Для месторождения Коэн (из него добыто 46 т золота) содержание было 44,5 г/т.

Закономерности распространения золота и факторы, контролирующие появление и размещение рудных столбов, различны в разных месторождениях и не имеют универсального значения. Наиболее известны случаи обогащения кварцевых жил в местах пересечения

ими так называемых «индикаторных слоев», обогащенных углистым веществом и пиритом. Такой контроль обогащенных участков известен для месторождения Балларат, указывается он также для месторождений Гимпи, Харгрейвс и ряда других. Однако изучение этого вопроса на современном уровне не проводилось, и причины подобного контроля нельзя считать выясненными. Д. Э. Томас подчеркивает, что приуроченностью определенных участков жил к «индикаторам» нельзя объяснить все случаи их обогащения. Нередко при присутствии «индикаторов» обогащения золотом не происходит.

Обогащение жил на определенных участках происходило также: 1) при пересечении жил с разломами (Лакноу); 2) при пересечении жилами зон дополнительных складок (Мэлдон); 3) при пересечении крутопадающих и пологозалегающих жил (Стоэлл); 4) при приближении к одному из контактов вмещающей жилы дайки, в то время как у противоположного контакта жилы выклиниваются и становятся бедными (Лох-Файн).

Бедные золотоносные кварцевые жилы (с содержанием до 1,5 г/т) отрабатывались при наличии в них других полезных компонентов, и на рассматриваемой территории нигде не давали крупных месторождений. К ним относятся месторождения Иеррандери, Маунт-Перри и др.

Интересно отметить, что не наблюдается прямой зависимости между общим количеством сульфидов в жилах и их богатством золотом. Скорее наоборот — более богатыми являются малосульфидные жилы.

По крупности золота месторождения типа кварцевых жил довольно разнообразны. Для многих малосульфидных жил отмечались весьма крупные выделения золота. Так, из кварцевожильного месторождения Хилл-Энд в Новом Южном Уэльсе был добыт крупнейший в мире самородок «Плита Холтермана» весом 93 кг. Крупное золото характерно для месторождений Бендиго и Балларат. В последнем находили самородки весом до 18,8 кг (самородок «Лэди Дан»). Характерна хорошо выраженная октаэдрическая форма значительной части золотин из этих месторождений.

Нередко при описаниях месторождений отмечается присутствие как тонкодисперсного золота в сульфидах, так и более крупных выделений свободного золота. Последние, как правило, относятся к поздним стадиям рудного процесса, но детальных исследований в этом отношении не было.

Данных о пробе золота из месторождений описываемой провинции приводится очень мало. Они отсутствуют даже для таких крупных месторождений, как Бендиго, Балларат и др. Для месторождения А-1 указана проба 960—970, для месторождения Лох-Файн — 830—870. Интересные данные приводит А. С. Ритчи (Ritchie, 1963) для месторождения Глен-Уилс. Здесь раннее золото, присутствующее в качестве твердого раствора в пирите и арсенопирите, имеет пробу 900, а вторая генерация золота, которая выделяется с бурнонитом, буланжеритом, тетраэдритом и

пираргиритом — пробу 800. В сульфидном месторождении Маунт-Морган мелкое включенное в сульфиды золото имеет очень низкую пробу — относится к электруму.

Краткая характеристика главных месторождений

Месторождение Бендиго (индекс 113226) является одним из крупнейших золоторудных месторождений Австралии и мира. Расположено оно в штате Виктория в 144 км северо-западнее Мельбурна. Характеристика этого месторождения приведена во многих учебниках рудных месторождений, причем особенно известны развитые здесь так называемые седловидные жилы, приуроченные к замковым частям антиклинальных складок.

Детальное описание месторождения и отдельных его особенностей дано в очень большом количестве статей, но подавляющее большинство их относится к первым десятилетиям XX в., когда месторождение интенсивно обрабатывалось. В более позднее время описание его было сделано Д. Э. Томасом («Geol. Austr...», 1953), и оно в основном использовано для приводимой ниже характеристики.

За 100 лет (1853—1953 гг.) на месторождении добыто 695 500 кг золота. Наиболее глубокие выработки располагались на 1385 м от дневной поверхности. Последние годы добыча золота в Бендиго практически не производится, но по данным Ф. Л. Стиллвелла (Stillwell, 1961), запасы золота там еще значительны, а месторождение недостаточно разведано и изучено.

Общая площадь рудного поля месторождения Бендиго составляет 5×25 км². Рудные тела залегают в филлитовидных сланцах и песчаниках с редкими прослоями известковистых пород. Возраст вмещающей толщи нижеордовикский. Близких по возрасту к оруденению магматических пород на месторождении нет, ближайший выход гранитов находится на расстоянии 13 км. Непосредственно в пределах рудного поля значительно распространены дайки мончикитов и других пород основного состава мощностью от 10 см до 3 м. Возраст этих даек третичный, т. е. внедрение их резко оторвано от оруденения во времени и с ним ни в коей мере не связано.

Вмещающая толща смята в сжатые складки, причем на указанной выше площади откартировано 14 антиклиналей, оси которых отстоят на 200—360 м одна от другой (рис. 45). Согласно ранним работам Э. Дж. Данна и др., общее строение рудного поля представлялось в виде сравнительно простого антиклинория, но позже было установлено его более сложное строение и, в частности, большое значение дизъюнктивных нарушений. По центру поля проходит продольное нарушение, восточнее которого выходят породы верхнего ордовика, практически не золотоносные. Откартирован также ряд поперечных нарушений.

Кварцевые жилы в основном тяготеют к замковым частям антиклинальных складок, локализуясь в местах воздымания шарниров или в купольных структурах. Однако эти седловидные жилы не

представляют собой идеальные «седла», подчиненные слоистости пород, но дополнительно осложняются разломами, а иногда и полностью контролируются пересечениями разломов (рис. 46). Тем не менее, характерным является этажное размещение жил подобного типа. В наиболее глубокой шахте Виктория Кварц Майн глубиной 1385 м были встречены одна под другой 24 седловидные жилы.

Хотя и более редко, но встречаются также жилы, локализованные в синклинальных перегибах слоев, так называемые обратные седловидные жилы. Кроме того, распространено еще значительное количество структурно-морфологических типов жил. Так, выделяются «ножные жилы» («leg reefs»), представляющие собой послойные ответвления от седловидных, «сбросовые жилы», приуроченные к дизъюнктивам, секущим слоистость, неправильные кварцевые тела, а также «отростковые жилы» типа лестничных в слоях песчаников, заключенных среди сланцев. Комбинации жил приводят к созданию кварцевых тел весьма причудливой формы.

Состав жил месторождения преимущественно кварцевый; содержание сульфидов не превышает 1—2%. Из жильных минералов кроме кварца встречаются в небольшом количестве анкерит, серицит, карбонаты и редко альбит. На присутствие в жилах последнего указывал еще в 1906 г. В. Линдгрэн (Lindgren, 1906₂), который противопоставлял при этом глубинные жилы с альбитом (Бендигго, Мадзер-Лоуд) приповерхностным с адуляром (Крипл-Крик). Среди сульфидов упоминаются арсенопирит, пирит, пирротин, халькопирит, сфалерит, галенит, причем первые два минерала встречаются в основном во вмещающих породах, остальные — в самом кварце. В одной из жил Бендигго был встречен также антимонит.

Кварц, слагающий жилы, массивный, белый, местами полосчатый и брекчиевый за счет включений вмещающих пород. На примере жил Бендигго проходила довольно длительная дискуссия о механизме формирования жил. Согласно одной из точек зрения решающее значение для заполнения жил имело активное воздействие кристаллизующегося силикатного раствора, как бы раздвигавшего стенки

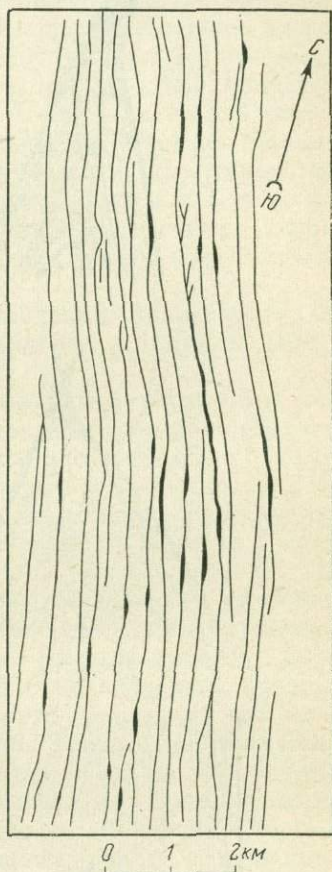


Рис. 45. Размещение осей антиклинальных складок на рудном поле Бендигго. По Д. Э. Томасу

Черным показаны участки, наиболее насыщенные золотосодержащими кварцевыми жилами

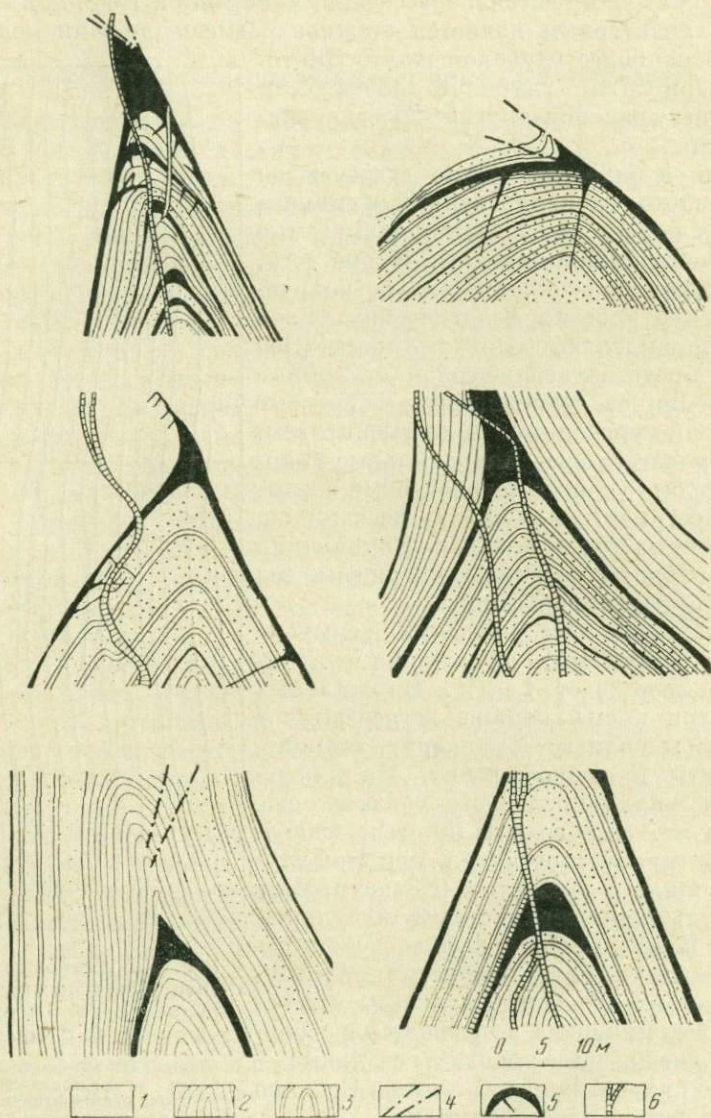


Рис. 46. Геологические разрезы типичных седловидных жил месторождения Бендиго. По Д. Э. Томасу

1 — песчаники и алевролиты; 2 — сланцы; 3 — маломощные прослои сланцев; 4 — разломы; 5 — кварцевые жилы; 6 — дайки мончикитов (третичные)

трещины. По другим воззрениям (Stillwell, 1923 и др.) первоочередное значение имели внешние силы, вызвавшие приоткрывание полостей. Дискутировалась также относительная роль процессов замещения и отложения в свободном пространстве при жилообразовании.

Золото на месторождении Бендиго большей частью видимое, весьма неравномерно распределенное в кварце. Небольшое количество тонкого золота заключено также в сульфидах. Благоприятным признаком наличия обогащенных золотом участков является присутствие в жилах галенита и сфалерита. По данным Д. Э. Томаса, структурный контроль размещения обогащенных участков жил не установлен. Обычно они приурочены к купольным структурам, но иногда в куполах размещены также и пустые жилы или бедные их участки. Склоняющиеся к северу участки шарниров обычно включают более богатые золотом жилы, но при этом бывают многочисленные исключения.

Околожилные изменения на месторождении практически не проявлены, на что указывал еще В. Линдгрэн (Lindgren, 1920), специально занимавшийся этим вопросом.

Рудное поле Бендиго сопровождалось крупными россыпями, которые были открыты здесь в 1851 г. — на два года раньше коренного месторождения, причем за эти два года из россыпей было добыто около 20 т золота. Точно общее количество золота, добытого из россыпей, связанных с описываемым месторождением, оценить трудно, во всяком случае, оно во много раз меньше, чем количество золота в кварцевых жилах.

Месторождение Балларат (индекс 113226) расположено примерно в 100 км южнее Бендиго. Так же как и последнее, оно приурочено к песчаниково-сланцевой толще ордовика. Выходы гранитов расположены в 3 км восточнее рудного поля, а на последнем распространены дайки как кислых, так и основных пород, не оказывающие, правда, влияния на локализацию жил. Кислые дайки простираются меридионально, основные — широтно. Только на руднике Нью-Норменби богатая жила зафиксирована в контакте с дайкой.

Отдельные жилы месторождения Балларат (Консолс, Гидинг Стар и Альбион) отработывались на большую глубину. Так, например, жила Консолс отработана по простиранию на 4,8 км и до 1050 м на глубину. Мощность ее 2,4—3 м, в отдельных участках до 6 м.

К настоящему времени месторождение Балларат полностью отработано. Данные о добыче золота по этому месторождению не приводятся, хотя В. Г. Эммонс отмечает, что это одно из наиболее производительных месторождений Виктории. По данным Р. Г. Вайтинга (Whiting, 1962), особый интерес представляет восточная часть рудного поля, приуроченная к двум антиклинальным складкам. Вероятно намечаемые здесь разведочные работы позволят «заново открыть» месторождение.

Породы в районе месторождения смяты в сжатые складки, и залегание их осложнено многочисленными тектоническими нарушениями. Согласно данным В. Барагваната («Geol. Austr»..., 1953),

среди нарушений выделяются полностью согласные со слоистостью пород, согласные по простиранию, но секущие породы по падению (главные нарушения для локализации золота) и более молодые, чем оруденение секущие нарушения.

На месторождении отмечается большое разнообразие морфологических типов кварцевых жил. Часть жил залегают согласно с вмещающими толщами, причем распространены также седловидные жилы, подобные жилам Бендиго. Свою известность месторождение Балларат получило благодаря наличию в жилах резко обогащенных участков при пересечениях или приуроченности их к прослоям

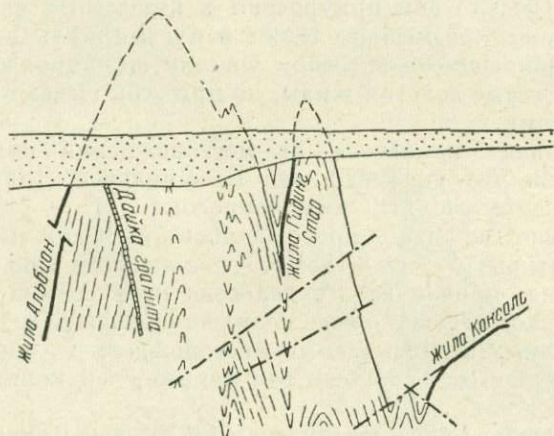


Рис. 47. Геологический разрез через месторождение Стар оф Ист рудного поля Балларат, показывающий приуроченность отдельных кварцевых жил к «индикаторному слою». По В. Баравганату

углистых или пиритсодержащих сланцев (рис. 47). Такие прослои, названные «индикаторами», являлись главным объектом разведки месторождения. Э. Дж. Данн (Dunn, 1929) указывает, что индикаторы имеются различные: от совсем тонких («карандашный индикатор») до мощных пачек. В руднике Севастополь индикатор прослежен через три антиклинали. Это тонкий горизонт черных сланцев в общей пачке ордовикских слоев мощностью 600 м. Однако разрез, приводимый Э. Дж. Данном, кажется идеализированным и вряд ли отражает действительные геологические соотношения жил и вмещающих пород. В связи с этим обращает внимание указание Э. Дж. Данна, что мощные (до 6 м) и богатые жилы характерны только для западных крыльев антиклиналей, а «тот же индикатор, когда он падает к востоку, в тех же трех антиклиналях не несет или содержит мало и кварца и золота» (Dunn, 1929, стр. 63). Таким образом, и в месторождении Балларат контроль оруденения со стороны литологии все же, очевидно, имеет подчиненное значение по сравнению со структурным контролем. Различен также характер самих индикаторов

торов. В одних случаях это пиритизированные, а в других — совсем лишенные пирита прослой пород.

Жилы месторождения Балларат сложены массивным белым кварцем. На участке Восточный Балларат вдоль пологих нарушений развивается «ленточный» кварц с многочисленными включениями углестых сланцев, вытянутых вдоль простирания жилы. Есть также жилы брекчиевой текстуры. В кварце, особенно при пересечении жилами индикаторов, встречаются хорошо образованные кристаллы, достигающие 1,2 см в поперечнике. Из жильных минералов в кварце встречаются альбит, карбонаты и каолин. Присутствие последнего минерала, не подтвержденное специальными исследованиями, сомнительно.

Из рудных минералов распространены пирит, арсенопирит, редко галенит, сфалерит, следы сурьмяных минералов и мало халькопирита. Пирит является золотоносным и содержит до 180 г/т золота.

Характерно также выделение свободного золота в кварце в виде хорошо образованных октаэдрических кристаллов, которые изредка достигают веса до 3 г. Характерно присутствие самородков в участках пересечения жил с индикаторами. Наиболее крупный из встреченных в коренном залегании самородков — «Лэди Дан» весил 18,8 кг.

Месторождение Балларат сопровождалось исключительно богатыми россыпями, разработка которых привела к открытию коренного месторождения. Россыпи в значительной части были погребены под толщей мощностью до 150 м, сложенной глинами с прослоями базальтов третичного возраста. В россыпях также встречались самородки, самые крупные в 69 и 81 кг. Интересно присутствие в россыпях хорошо образованных, в различной степени окатанных кристаллов золота, за счет которых при их интенсивной окатанности образуется так называемое «дробовое золото». Там, где россыпи перекрыты базальтами, образовалось также закатанное «фунтиковое» («cornet») золото.

В единой зоне с месторождениями Бендиго и Балларат располагается еще значительное количество аналогичных им месторождений золота, некоторые из которых относятся к крупным.

Рудное поле Каслмейн — Чьютон — Фрайерстоун (индекс 1nn226) находится непосредственно к югу от Бендиго. По данным Д. Э. Томаса («Geol. Austr...», 1953), оно было открыто в 1851 г. как россыпное и за 10 лет дало, главным образом из россыпей, около 110 000 кг золота. С 1888 г. добыча здесь производилась преимущественно из кварцевых жил и к 1951 г. составила по тем же данным 13 645 кг. Глубина отработок 330 м. Очевидно к настоящему времени эта цифра должна быть значительно увеличена, так как добыча золота в Чьютоне из месторождения Ваттл Галли в 1964 г. равнялась 347,6 кг, а в 1965 г. 385,2 кг. В настоящее время это рудное поле является главным в штате Виктория.

По данным Д. Э. Томаса, рудное поле приурочено к очень однородным породам нижнего ордовика, которые удается расчленить только по фауне граптолитов. Сопоставления последних позволяют даже

иногда определять амплитуды смещений по дизъюнктивам. Отложения смяты в складки, оси которых проходят на расстояниях около 200 м одна от другой. Золоторудное поле располагается на западном крыле главного антиклинария.

Ближайшие выходы гранитов находятся в 13 км от месторождения. Кроме того, значительно распространены дайки мончикитов третичного возраста, т. е. не имеющих отношения к оруденению. Дайки эти проходят точно вдоль осевых плоскостей антиклиналей, на расстояниях примерно 30 м одна от другой, мощность их до 2,5 м.

Рудными телами месторождения являются главным образом кварцевые жилы, которые по условиям залегания разделяются на: трещинные, седловидные (аналогичные жилам Бендиго), сбросовые (faults reefs), аналогичные некоторым рудным телам месторождения Балларат, и жилы ответвления («spurs»). В седловидных жилах наблюдаются раздувы до 30 м. Местами жилы переходят в штокверки. Помимо жил, золото содержится непосредственно в горизонте песчаников без кварца, но более точных данных нет.

В отношении остальных месторождений района Бендиго — Балларат сведения, приводимые в литературе, довольно ограничены.

Месторождение Клуно (индекс 112226), находящееся в 28 км севернее Балларата, обрабатывалось с 1857 по 1894 г., причем было добыто 31 469,6 кг золота. Кроме того, на площади месторождения с 1851 г. разрабатывались золотоносные россыпи, из которых было добыто 2162,4 кг. Выработки на коренном месторождении достигали глубины 500 м.

Вмещающими породами являются сланцы и песчаники ордовика. Жилы приурочены к антиклинальной складке и большей частью относятся к седловидным. Мощность их изменяется в «седлах» от 60 см до 36 м. Кварц массивный, изредка полосчатый.

Из изверженных пород на месторождении известны две дайки диоритового состава. Рудное поле в значительной части перекрыто третичными базальтами.

Из рудных минералов в составе жил принимает участие главным образом пирит, в богатых участках встречается немного галенита. Содержание золота 5,6—10,6 г/т.

Месторождение Стоэлл (индекс 112226) расположено в западной части золотоносной площади штата Виктория. Это довольно крупное месторождение, типичное для Тасманской геосинклинальной системы. На участке данного месторождения, как и на многих других месторождениях штата Виктория, первоначально (в 1853 г.) были открыты и разрабатывались россыпи. Коренное месторождение известно с 1857 г. и разрабатывалось до 1920 г. После значительного перерыва работы были возобновлены с 1945 г. Всего на месторождении добыто около 40 000 кг золота.

По данным Р. Дж. С. Клапшиона («Geol. Austr...», 1965), кварцевые жилы размещаются в ордовикских терригенных породах, прорванных гранитами. Разрез представлен следующими породами (сверху вниз):

1. Сланцы и тонкозернистые песчаники	мощность значитель- ная
2. «Главные» сланцы (вмещают большую часть жил)	100—300 м
3. Песчаники магдала, возможно туфогенные, с альбитом, эпи- дотом, хлоритом	100 м
4. «Нижние» сланцы	мощность значитель- ная

Тонкозернистые песчаники образуют постепенные переходы в сланцы и отличаются от них в основном только по наличию более четкого кливажа в последних. Сланцы имеют состав существенно серицитовый с той или иной примесью графитистого вещества, иногда полностью переходят в графитовые. В сланцах содержится *вкрапленность пирита и пирротина*, причем часть сульфидов возможно сингенетична с породами.

Породы указанной толщи смяты в складки нескольких порядков. Характерны более пологие и осложненные дополнительными складками западные крылья и крутые, сорванные разломами, восточные крылья, что вообще типично для складчатых структур штата Виктория.

Граниты обнажаются в юго-западной части месторождения, примерно в 800—900 м от жил. Непосредственно на месторождении много кислых порфировых даек, реже встречаются дайки долеритов. В контакте с гранитами на ширине примерно 800 м развиты грубозернистые биотитовые сланцы и роговики, к краевой части ореола которых приурочены жилы.

В качестве характерных изменений вмещающих пород указаны осветление и карбонатизация.

Кварцевые жилы месторождения локализованы в осевой части антиклинали, частично в трещинах, близких к положению слоистости вмещающих пород. На размещение жил влияет изменение залегания шарниров складок.

На месторождении наблюдается сочетание пологих жил с подводящими крутопадающими, причем наиболее богатые узлы располагаются в местах пересечения тех и других. Средняя мощность жил 1,8—3 м.

Как крутопадающие, так и пологие (с падением 20—30°) жилы сложены кварцем с небольшими включениями сланцев и малым (несколько процентов) содержанием сульфидов. Среди последних главными являются пирит и пирротин, местами встречаются также арсенопирит и халькопирит.

На месторождении имеется жила Магдала, локализованная в контакте сланцев с песчаниками того же названия и характеризующаяся большим количеством обломков вмещающих пород в своем составе, и залежь Мундик, представляющая собой «смесь» кварца и сланцев с содержанием 15—40% сульфидов того же состава, что и в жилах. Мощность этой залежи до 9 м.

Месторождения Уолхалла — Вудс-Пойнт слагают пояс, проходящий в субмеридиональном направлении на протяжении около 100 км в 80—100 км западнее Мельбурна («Geol. Austr...», 1953). Все месторождения этого пояса относятся к кварцевожилному типу с четким контролем локализации жил дайками, залегающими среди ордовикской песчанико-сланцевой толщи (рис. 48).

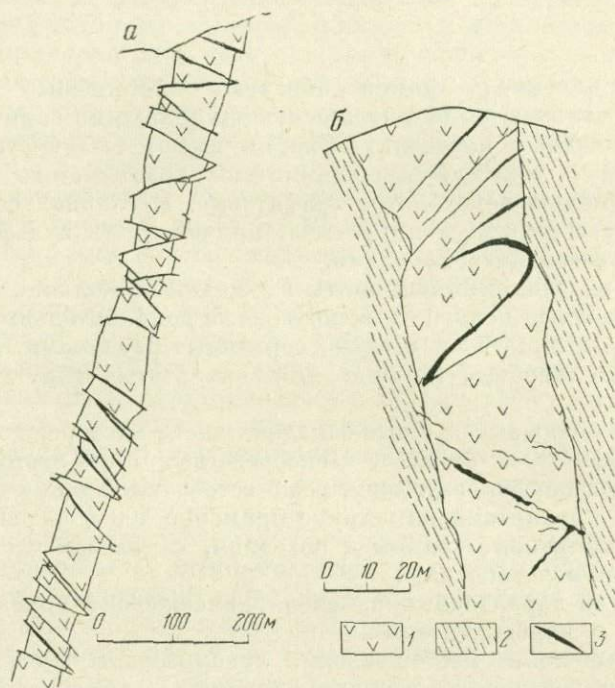


Рис. 48. Приуроченность кварцевых жил к дайкам диорита в месторождениях золоторудного пояса Уолхалла — Вудс-Пойнт

а — разрез месторождения Лох-Файн; б — разрез месторождения Морнинг-Стар
 1 — дайка диорита; 2 — нижнепалеозойская сланцевая толща;
 3 — кварцевые жилы

Наиболее южное месторождение Коэн (индекс 1nn272), открытое в 1863 г., является, по-видимому, самым крупным. Из него добыто 45 970 кг. Работы проходили до глубины 430 м, В. Г. Эммонс указывает цифру 1000 м.

Вмещают кварцевые жилы данного месторождения сланцы ордовика и прорывающие их дайки диорита. Главная жила проходит вдоль контакта диоритовой дайки, имеющей мощность от первых десятков сантиметров до первых метров. Иногда жила идет по одному контакту дайки, иногда входит в нее. Среднее содержание золота в жиле 44,5 г/т. При переходе жилы из дайки во вмещающие сланцы содержание снижалось.

Месторождение Морнинг-Стар (индекс 1np632) также обрабатывалось около 100 лет, глубина разработок в 1961 г. была 482 м. До 1951 г. добыто около 15 500 кг золота, в 1961 г. было добыто 67 кг золота из руды с содержанием 12,7 г/т.

Жилы приурочены к дайке диорита, которая располагается по слоистости песчанико-сланцевой толщи верхнего силура. Длина

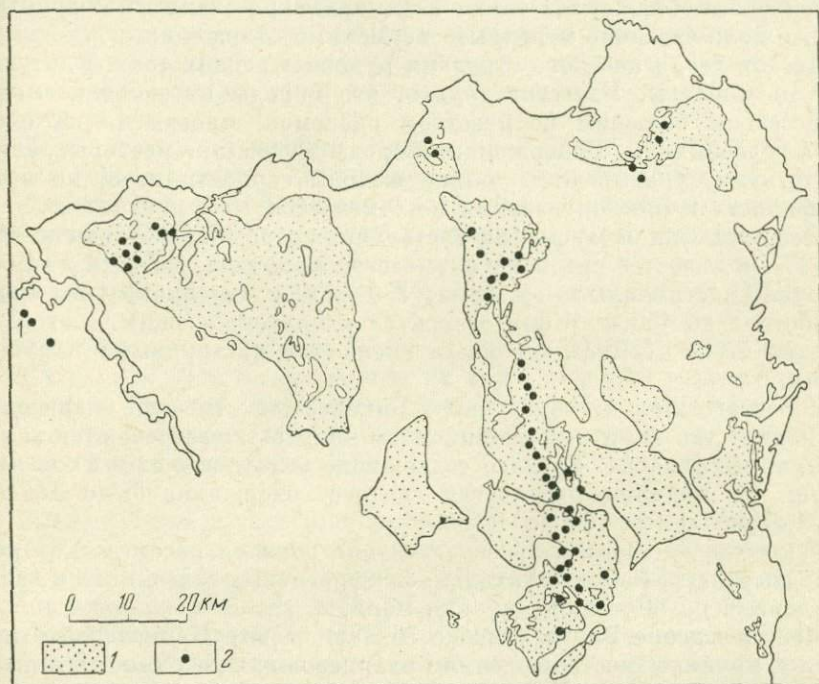


Рис. 49. Схема размещения месторождений золота в Северо-Восточной Тасмании. По А. Дж. Нолдарту и В. М. Тредеру

1 — площади распространения нижнепалеозойских песчанико-сланцевых толщ группы матинна; 2 — золоторудные месторождения: 1 — Биконсфилд, 2 — Лифрой, 3 — Линдхарст, 4 — Дан Ривулет, 5 — Матинна, 6 — Мангана

дайки 600 м, мощность 90 м, прослежена она до глубины 900 м. Мощность жил от первых сантиметров до 1,2 м, обычно 0,3—0,6 м. Вблизи жил диориты осветлены, окварцованы и содержат вкрапленность пирита. Эти измененные диориты также являются золотоносными. Залегание жил в дайке различное, но в целом они располагаются по типу лестничных жил. Среднее содержание золота на месторождении около 20 г/т.

Месторождение Биконсфилд (индекс 342226) с главной жилой Тасмания находится в северо-восточной части о. Тасмания (рис. 49). Оно обрабатывалось с 1877 по 1914 г., затем добыча золота была прекращена из-за очень большого притока воды, несмотря на

присутствие руд с достаточно высоким содержанием золота. Всего было добыто 26 584 кг золота.

Вмещающими кварцевые жилы породами являются, по В. Г. Эммонсу ордовикские, а по более поздним данным Т. Д. Хьюгса («Geol. Austr...», 1953), нижнесилурийские осадочные породы — конгломераты, сланцы, песчаники и массивные известняки. Западнее месторождения обнажаются также докембрийские сланцы и кварциты. Рудное поле частично перекрыто пермскими отложениями.

Детали геологического строения рудовмещающих толщ в литературе не описаны. Известно только, что породы интенсивно смяты и рассечены большим количеством разломов, многие из которых очень водообильны. Изверженные породы на участке месторождения отсутствуют, указываются только выходы серпентинитов, но приуроченность к ним оруденения не отмечается.

Мощность жилы Тасмания составляет по разным авторам от 0,6 до 12 м, в качестве средней указывается мощность 1,8—2,4 м. Обогащенная часть жилы имеет длину 390—400 м, на глубину она была отработана до 450 м. Жила относится к крутопадающим — угол ее падения 75—80°. Частично жила смещается пострудными нарушениями.

В составе жил месторождения Биконсфилд отмечено значительное количество пирита, в подчиненном количестве встречаются халькопирит и сфалерит. Среднее содержание золота в жиле Тасмания 25 г/т. На верхних горизонтах среднее содержание было 37 г/т, глубже оно снизилось до 12 г/т.

С месторождением была связана золотоносная россыпь, которая отрабатывалась. Россыпь находилась в третичных галечниках в древней долине на 80 м ниже уровня моря.

Месторождение Гимпи (индекс 362125) на юге Квинсленда относится к крупным месторождениям кварцевожильного типа. Открыто это месторождение в 1868 г. и к 1927 г. было уже значительно отработано, глубина шахт достигла 750 м. К 1950 г. шахты были углублены до 940 м. До 1950 г. из данного месторождения получено 106 545,1 кг золота. В настоящее время добыча золота в скольких-нибудь заметных количествах не производится.

Вмещают оруденение осадочные породы — песчаники, сланцы, конгломераты и известняки серии гимпи каменноугольного возраста, т. е. более молодые, чем в большинстве других золоторудных месторождений герцинского пояса.

Ближайшие выходы гранитов находятся, по данным В. Г. Эммонса, в 6 км. Непосредственно на площади месторождения распространены дайки андезитов. В. Г. Эммонс указывает, что жилы частично располагаются в контактах с дайками, по другим данным («Geol. Austr...», 1953) жилы частично рассечены дайками. Во всяком случае количество даек на месторождении весьма значительно.

Данных о структуре рудного поля не приводится. Указано только, что местами жилы смещают слои и в свою очередь пересекаются согласными нарушениями.

Золото заключено в кварцевых жилах мощностью от первых десятков сантиметров до 1,5 м. Кроме кварца из жильных минералов присутствует кальцит. Общее количество рудных минералов не ясно. Указано присутствие пирита, галенита, сфалерита, халькопирита, в небольшом количестве гессита. Почти все золото свободное, часто крупное видимое. Небольшая часть золота связана с сульфидами и гесситом. А. И. Вильнер (1949) указывает на обогащение жил в местах пересечения ими граувакк и сланцев. По данным В. Г. Эммонса, обогащение жил происходит в местах их пересечения или там, где они следуют вдоль контактов сланцев, обогащенных углистым веществом.

В отношении изменений вмещающих пород данные ограничиваются тем, что последние трещиноваты и пиритизированы.

С месторождением были связаны богатые аллювиальные россыпи, открытые в 1867 г., т. е. за год до открытия коренного месторождения. За этот год из россыпей было добыто 2637,6 кг золота. В россыпях встречались крупные самородки весом в 30,3 кг («Куртис») и 25,0 кг.

Месторождение **Чартерс-Тауэрс** (индекс 163221) было открыто в 1871 г., а к 1934 г. все работы на нем были уже полностью прекращены и шахты затоплены. Глубина шахт составляла 912 м. Из месторождения Чартерс-Тауэрс добыто золота 189 666,6 кг (по другим данным более 200 т), серебра 31 121,05 кг, свинца 3684 т.

Вмещающими оруденение породами на описываемом месторождении являлись гранодиориты, жилы располагались вблизи от контакта их с вмещающими сланцами. Жильная зона контролировалась свитой субпараллельных даек диоритовых порфиритов, более древних, чем жилы. Непосредственно в контактах даек залегали только редкие жилы. Развита также многочисленная пострудные как пологопадающие, так и вертикальные нарушения.

Простирание жил данного месторождения как широтное, так и меридиональное. Средние углы падения 33—50°. Обогащенные столбы имели пологое склонение, и на глубину содержание золота довольно быстро уменьшалось, Главными жилами являлись Бриллиант, Талисман, Дей Даун, Виктория, Куин-Мексикен и др.

В составе жил кроме кварца присутствуют кальцит, пирит, галенит, сфалерит, в меньшем количестве халькопирит, арсенопирит, самородный мышьяк, немного теллуридов. Содержание золота по данным отработки за ряд лет 33 г/т, в рудных столбах до 100 г/т. Наблюдалась довольно отчетливая минералогическая зональность: в верхних горизонтах был распространен галенит, а с глубины 300 м стал преобладать сфалерит.

Рудное поле **Кракоу** (индекс 262234) находится в средней части герцинского геосинклинального пояса. Оно состоит из ряда месторождений, среди которых главное Голден Плато, остальные мелкие. Оруденение данного рудного поля локализовано в пермских

эффузивах орогенного этапа развития. Вероятно оруденение имеет среднетриасовый возраст, так как отдельные кварцевые жилы фиксировались и в триасовых песчаниках.

Все данные о добыче золота относятся только к руднику Голден Плато. До 1 июня 1963 г., по данным Дж. Г. Брукса («Geol. Austr...», 1965), здесь добыто 14 210,7 кг золота, 10 675,8 кг серебра. А. Дж. Гурлей (Gourlay, 1966) указывает, что в 1963—1964 гг. добыча составляла 418,8 кг золота, 434,1 кг серебра, а в 1964—1965 гг. соответственно 441,0 кг и 697,3 кг при содержании золота 12,3 г/т. Указано также, что разведочные работы приводят к увеличению запасов на месторождении.

Вмещающими породами на месторождении Голден Плато являются андезиты серии камбун пермского возраста, а также андезитовые туфы и агломераты. В составе рудовмещающей вулканогенной толщи развиты и более кислые породы — дациты, трахиты и риолиты. Общая мощность вулканогенных отложений 3600 м.

В 6,5 км западнее месторождения располагается гранодиоритовый массив также пермского возраста. Непосредственно на рудном поле обнаружены штоки габбро-диоритов и порфиритов и дайки риолитов и трахитов. Дж. Г. Брукс считает минерализацию генетически связанной с риолитовыми дайками, для которых установлен дорудный возраст.

Кварцевые жилы месторождения контролируются тектоническими нарушениями. Частично они проходят по контакту дайки риолита. Для локализации жил благоприятны изгибы тектонических нарушений.

На рудном поле распространены как обычные кварцевые жилы, так и штокообразные жильные зоны. На месторождении Голден Плато мощность такой зоны 45 м при длине 0,8 км. Выделяются отдельные рудные столбы длиной 50—90 м и мощностью 4,5—6 м. Помимо жильной зоны Голден Плато известны еще зоны Вайт Хоуп и Голден Майл. Подчеркивается сложность строения и общая неправильная конфигурация жильных зон.

Кварцевые жилы месторождения характеризуются брекчиевой текстурой и концентрически зональным строением. Показателем золотоносности жил является присутствие в них розового адуляра. Из других жильных минералов указываются кальцит, иногда цеолиты. Сульфидов в руде немного, представлены они халькопиритом, пиритом, сфалеритом, галенитом, борнитом, при микроскопическом изучении устанавливается также присутствие гессита, алтаита и арсентита.

Содержание золота в руде в пределах 9,2—20,8 г/т, причем отмечается столбовый характер распределения золота. Содержание серебра 15,9 г/т. Отношение Au : Ag от 1 : 0,7 до 1 : 1,9 в разных участках рудного тела. Первичное золото мелкое, редко видимое даже в богатой руде. По другим источникам в богатых участках встречаются макроскопически хорошо различимые пленочные выделения золота. Проба золота 700—750.

Во всех работах, характеризующих рудное поле Кракоу, подчеркивается интенсивность изменений вмещающих пород, но специальных описаний таких изменений не приводится. Указано, что в андезитах наблюдаются новообразования каолина, хлорита, пирита, эпидота, кальцита и цеолитов, а также новообразование порфиробластов адуляра. Очевидно, достаточно отчетливо выражена низкотемпературная пропилизация с наложенными аргиллизацией и адуляризацией.

На месторождении была развита зона окисления глубиной до 30 м. В ее пределах развито высокопробное (проба 950), частично «горчичное» золото. Содержание золота в зоне окисления было повышенным.

О наличии золотоносных россыпей в связи с данным месторождением не упоминается, очевидно если они и были, то весьма незначительные.

Месторождение Кройдон (индекс 113121) в Северном Квинсленде открыто в 1886 г. («Geol. Austr.», 1953). Имеются сведения о добыче по 1935 г., очевидно позже оно не отрабатывалось. Добыто здесь золота 23 674,9 кг, серебра 25 007,9 кг.

О близповерхностном генезисе данного месторождения говорят только отдельные признаки: серебримость золота, наличие фельзитовых даек и поэтому к этой группе оно может быть отнесено только условно.

Вмещающими породами на месторождении Кройдон являются граниты, слагающие довольно крупное интрузивное тело. Граниты частично «графитистые» за счет включений переработанных вмещающих пород. Граниты прорваны фельзитовыми дайками, которые также являются рудовмещающими. Установлены дайки долеритов и кварц-полевошпатовых порфиров, которые моложе жил. Гранитный массив перекрыт меловыми отложениями.

Оруденение в значительной части контролируется многочисленными дизъюнктивами, но более подробных сведений о них не приводится.

Наиболее крупной жилой месторождения является Голден Гейт, которая дала $\frac{1}{3}$ всего добытого золота. Длина ее 2400 м, максимальная глубина 145 м, мощность 9 м. Жила пологопадающая, угол падения 18°. Строение жилы сложное, фактически это не отдельная жила, а жильная зона, причем обогащенными часто являются мало-мощные прожилки. Часть вертикальных и пологих жил располагаются в фельзитах. Мощность их от 1 до 4,5 м. В целом они меньше и беднее золотом, чем жилы, приуроченные к гравитам.

Количество сульфидов в кварцевых жилах небольшое. Наиболее распространены арсенипирит, меньше развиты пирит, сфалерит и галенит. Последний минерал является признаком богатой руды.

Содержание золота в добытой руде составляло 32,8 г/т, серебра 32,9 г/т. У жил, залегающих в гранитах, проба золота 526, в фельзитах — 737. Проба золота уменьшается с глубиной: на интервале 6—75 м она составляла 635, а на интервале 100—145 м — 445.

Несмотря на богатство руд в коренных выходах, с месторождением было связано очень мало аллювиального золота.

Месторождение Маунт-Морган (индекс 532835) является крупнейшим и весьма интересным по геологическому строению комплексным

золотосодержащим месторождением герцинского пояса Австралии. Оно расположено в Квинсленде, в 38 км к юг-юго-западу от г. Рокхемптон. Месторождение открыто в 1882 г. и первые 20 лет отрабатывалось только на золото. Позже и до настоящего времени оно является золото-медным. Всего по 1968 г. из него добыто золота около 220 т, меди 314 тыс. т, серебра около 23 т и пиритового концентрата 550 тыс. т.

Месторождение изучалось и описано многими исследователями — Х. Р. Э. Стейнсом («Geol. Austr...», 1953), Л. Дж. Лоуренсом, К. Д. Корнелиусом (Lawrence, 1967; Cornelius, 1967). Оно детально охарактеризовано также во втором издании сводки по рудным месторождениям Австралии («Geol. Austr...», 1965). Все эти данные использованы нами для его характеристики.

Месторождение приурочено к небольшому (примерно $1,2 \times 5$ км) участку вулканогенно-осадочных пород девонского возраста, заключенному

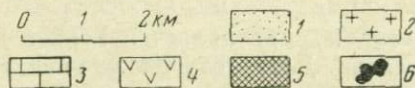
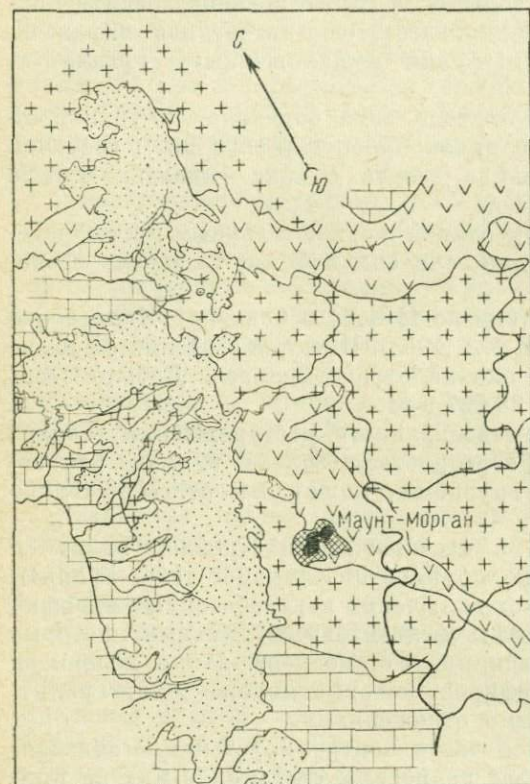


Рис. 50. Схематическая геологическая карта района месторождения Маунт-Морган. По Х. Р. Э. Стейнсу

1 — мезозойские породы платформенного чехла; 2 — граниты; 3 — существенно карбонатные осадки верхнего девона — нижнего карбона; 4 — вулканогенно-осадочные породы девона; 5 — ожелезненные породы; 6 — рудное тело

среди гранитов (рис. 50). Среди вмещающих пород преобладают риолиты и риолитовые туфы с подчиненным количеством андезитов, а также осадочных пород — кремнистых сланцев и полосчатых известняков. Складчатое строение останца не вполне ясно, вероятно породы слагают антиклинальную складку. Большую роль

играют различно ориентированные разломы, причем главный рудо-контролирующий сброс имеет амплитуду 60 м. На рудном поле весьма многочисленны дайки микродиоритов, диоритов, микрогаббро. Во всяком случае часть даек дорудная.

Выделяется два сближенных рудных тела — Маунт-Морган и Сагеорлоуф, объединенных единой зоной вкрапленных руд и

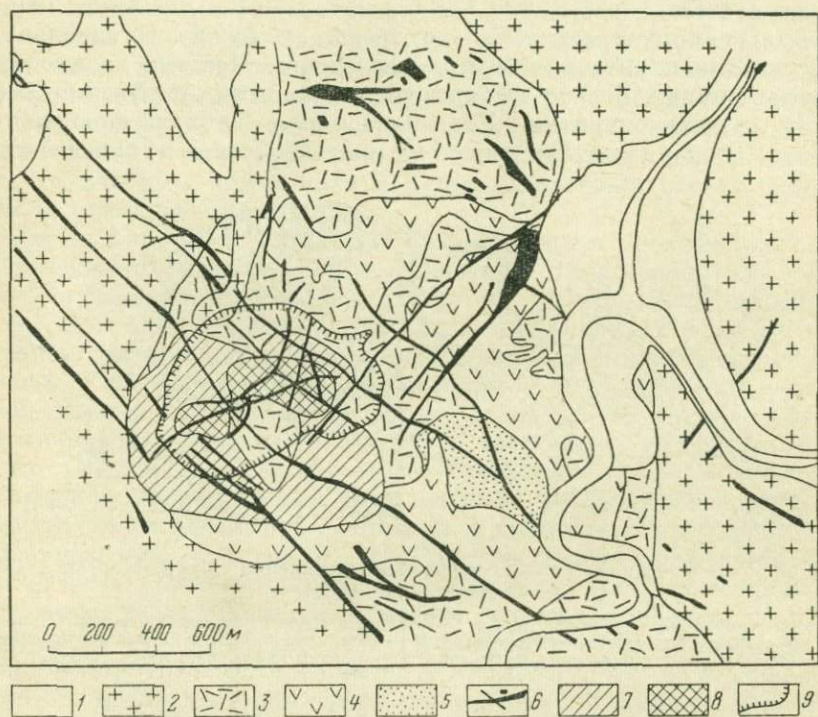


Рис. 51. Геологический план месторождения Маунт-Морган (Geol. Austr. . ., 1965)

1 — меловые и более молодые отложения; 2 — граниты (P); 3 — риолиты, риолитовые туфы и агломераты («кварцевые порфиры» и «фельзиты»); 4 — андезиты и туфы андезитов; 5 — тонкозернистые полосчатые роговики, яшмы и окварцованные туфы; 6 — дайки диоритового и габбрового состава; 7 — ожелезненные породы на поверхности («ложная железная шляпа»); 8 — халькопирит-пирит-золотые руды; 9 — контур карьера на июнь 1964 г.

отрабатывавшихся одним карьером (рис. 51, 52). Общие размеры рудных тел в плане на горизонте около 90 м были 320 × 240 м. На поверхности площадь выхода руд была несколько меньшей и составляла 270 × 150 м. Форма залежей трубообразная.

Сплошные руды постепенно переходят по периферии во вкрапленные пиритовые, заключенные в «окремненных» породах. Интенсивность вкрапленности затухает постепенно от центра к периферии. В целом вся рудная зона состоит из 65 млн. т кварца и пирита с содержанием золота примерно 6,2 г/т, меди 0,6% и серы 12%.

Рудные минералы представлены пиритом, мельниковитом, пиротином, марказитом, халькопиритом, дигенитом (Cu_7S_4), кубанитом, халькозином, ковеллином, тетраэдритом, сфалеритом, галенитом, арсенопиритом, висмутином, молибденитом, золотом и электрумом, калаверитом, петцитом, магнетитом, гематитом, гетитом, касситеритом, рутилом. Указываются еще в виде аксессуариев борнит, колодаит, гессит.

Халькопирит развивается по трещинам между эвгдральными кристаллами пирита или внутри последнего. Местами халькопирит замещает пирит. Золото ассоциирует с главными сульфидами — пиритом и халькопиритом. Указано наличие двух разновидностей пирита: 1) «нормальный» пирит с многочисленными включениями

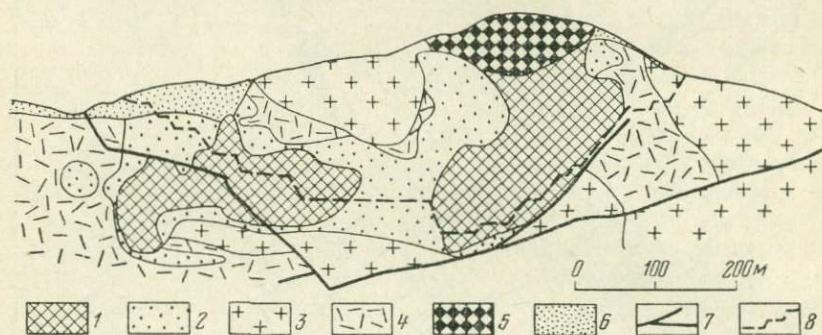


Рис. 52. Геологический разрез через месторождение Маунт-Морган («Geol. Austr. . .», 1965)

1 — халькопирит-пирит-золотые руды; 2 — окварцованные пиритизированные породы; 3 — кварцевые порфиры; 4 — «фельзиты»; 5 — железная шляпа; 6 — «ложная» железная шляпа; 7 — тектонические нарушения; 8 — контур карьера на июнь 1964 г.

силикатов; 2) более светлый и твердый пирит, который обогащен кобальтом или никелем, переходный к марказиту.

Д. Дж. Лоуренс приводит таблицу соотношений содержаний золота и меди в образцах. Из 150 сравнивавшихся образцов им выбраны только те, где имелось либо золота более 15 g/m , либо меди более 2%. При этом получен следующий ряд цифр:

Золото (g/m) 20,1; 68,0; 390,0; 23,0; 23,0; 0,9; 0,9; 0,9; 2,2; 6,8

Медь (%) 0,63; 0,59; 0,35; 0,88; 2,74; 4,51; 2,08; 3,1; 2,38; 5,23

Таким образом, прямой зависимости содержания золота и меди нет. Видимое золото (электрум) наблюдается только в виде включений в массивном халькопирите размером 0,005—0,05 мм. Следовательно большая часть золота находится в виде субмикроскопической примеси в пирите и кварце.

На месторождении до глубины 90 м была развита зона окисления, из которой добыто более 70 т золота. В верхней части она состояла из кварцевого скелета, кварцевой сыпучки и мягких каолиновых руд. Эта часть зоны окисления обогащена золотом. Содержа-

ние его в зоне окисления составляло в среднем 30—150 г/т, а в ее нижней части местами доходило до 62 кг/т. Проба золота там была очень высокой — 998, медные минералы отсутствовали. Ниже 95 м были распространены пористые пиритовые и кварцевые руды с золотом и небольшим количеством халькопирита. Еще ниже идут пирит-халькопирит-кварцевые руды с содержанием меди 3,5%, золота 12 г/т. Наиболее высокое содержание меди (10—12%) отмечается на глубине 255 м. По-видимому, на месторождении совмещаются гипергенная и гипогенная зональности. Последнюю объясняют либо влиянием литологической неоднородности рудовмещающей толщи, либо наличием двух источников оруденения, обусловивших наложение двух стадий минерализации: пирит-золото-кварцевой с подчиненным количеством халькопирита и пирит-золото-кварцевой с большим количеством халькопирита.

Имеются многочисленные теории генезиса месторождения, но все исследователи признают эпигенетическую гидротермальную природу оруденения. В сводной работе по рудным месторождениям Австралии («Geol. Austr. . .», (1965 г.) оруденение связывается с внедрением гранитов, эманации которых проникали выборочно в риолиты в связи с их большей хрупкостью. При этом большая роль отводится экранирующему воздействию главных разломов, которые ограничивали движение растворов и заставляли их растекаться.

По мнению Л. Дж. Лоуренса, оруденение было догранитным и связано с вулканической деятельностью девонского возраста. Он отмечает метаморфизм руд гранитами и дайками лампрофиров. Проявлениями метаморфизма Л. Дж. Лоуренс считает порфиробластический рост кристаллов пирита, содержащих включения жильных минералов, халькопирита и магнетита, что не совсем понятно. Подтверждение связи оруденения с гранитами указанный автор видит также в том, что золото относится к электруму, что, по его мнению, характерно для месторождений, генетически связанных с вулканической деятельностью.

В последние годы К. Д. Корнелиус пришел к выводу о том, что рудное тело месторождения представляет собой трубку взрыва, а не минерализованную зону разлома, как это считалось ранее. С трубкой взрыва связаны также, по его данным, развитые на месторождении «гидротермальные галечные дайки». Время проявления взрывной активности датируется в основном как послерудное, так как сульфидные руды слагают обломки в брекчиях. Поэтому генетическое значение взрывных явлений для оруденения остается не вполне ясным. По мнению К. Д. Корнелиуса, форма обломков и их распределение в цементе брекчий указывают на турбулентный характер течения материала, что связывается им с «флюидизацией» вещества вдоль трещин. Интересно также, что в обломочном материале содержатся обломки гранитов, которые могли поступать с глубины не менее 500 м.

Месторождение Маунт-Лайелл (индекс 732536), расположенное на западе о. Тасмания, было открыто в 1883 г. как золоторудное,

но затем разрабатывалось и разрабатывается в основном как месторождение медных руд. По 30 сентября 1950 г. из него было добыто золота 19 254,3 кг, меди 516 703 т, серебра 574 483 кг. Запасы руды в это время оценивались в 33 676 тыс. т. В 1961 г. запасы руды составляли 25,5 млн. т с содержанием меди 0,79%, серебра 2,5 г/т, золота 0,25 г/т. Исходя из этого запасы золота равнялись 6370 кг.

По данным А. Дж. Гурлей (Gourlay, 1966), на месторождении Маунт-Лайелл в 1964 г. добыто 239,93 кг, а в 1965 г. 254,43 кг золота.

Месторождение, по Дж. М. Александеру («Geol. Austr...», 1953), приурочено к тектоническому контакту конгломератов с хлоритовыми сланцами, которые предположительно образованы за счет эффузивов. Отдельные залежи приурочены к осевым частям складок. Хлоритовые сланцы в рудной зоне превращены в деймуритовые.

Месторождение представлено рядом залежей сплошного пирита, среди которых наибольшей является залежь Маунт-Лайелл длиной 200 м и мощностью 80 м. Среди пирита присутствует халькопирит и гораздо реже — энаргит, тетраэдрит, борнит, халькозин. Кроме сплошных пиритовых руд на месторождении есть и более бедные вкрапленные, сложенные в основном халькопиритом. Из жильных минералов в составе залежей присутствуют кварц и барит.

Содержание меди в руде 0,5—11%, среднее за время эксплуатации месторождения 1,285%, среднее содержание золота в добытой руде 0,63 г/т.

Месторождение Кобар (индекс 562525) в Новом Южном Уэльсе открыто в 1869 г. Всего из разных рудников данного рудного поля добыто 39,8 т золота при среднем содержании его в руде 5 г/т, меди 134 029 т при содержании 1,8%, серебра 67,7 т при содержании 8 г/т, свинца 4047 т. Кроме того, из руд месторождения добывались цинк и висмут, но количество их не указано.

По данным Б. П. Томсона, К. Ст. Дж. Мулхолланда и Э. О. Рейнера («Geol. Austr...», 1953), Э. О. Руссела и Б. Р. Леви («Geol. Austr...», 1965), месторождение приурочено к осадочной, в основном песчанико-сланцевой толще силура — девона. В переслаивании с песчаниками и глинистыми сланцами довольно широко развиты кварциты, встречаются также рифогенные известняки. В работе К. Дж. Сулливана (C. J. Sullivan, 1951 г.) в специальном приложении, составленном В. Долвитцем, дается описание вмещающих пород и указывается на туфогенный генезис во всяком случае части из них. В более поздних работах этого никто не отмечает.

Изверженных пород на месторождении практически нет. Известно только два небольших трубообразных тела полевошпатовых порфиринов, находящихся в 2 км от рудного поля. Более крупные тела изверженных пород находятся в 20 км.

Рудные тела приурочены к дизъюнктивным нарушениям. В региональном плане главные дизъюнктивы как бы оконтуривают находящийся западнее выступ древних пород, в пределах которого расположено месторождение Брокен-Хилл.

К. Дж. Сулливан подчеркивает приуроченность изучавшихся

им трех главных залежей рудного поля Кобар — Нью-Оксиденталь, Нью-Кобар и Чисней — к локальным изгибам тектонических контактов. По его мнению, существенным для локализации рудных тел является сочетание слоистости, кливажа и наложенных дизъюнктивов.

В пределах рудного поля развиты рудные тела трех типов: 1) залежи массивных сульфидных руд; 2) кварцевые жилы и линзы с сульфидной минерализацией; 3) зоны сульфидной вкрапленности. В ряде случаев эти три типа оруденения сочетаются. Так, залежь Грейт-Кобар включает как массивные сульфидные руды, так и сульфидные прожилки, вкрапленность и кварцевые тела. Общая длина залежи 360 м, мощность до 30 м, глубина по падению около 365 м. Залежь падает почти вертикально и сечет слоистость и косую по отношению к ней сланцеватость.

Размеры отдельных рудных тел на руднике Нью-Оксиденталь составляют в плане $60 \times 6-20$ м, $60 \times 3-6$ м, $45-90 \times 3-12$ м. Глубина отработки около 600 м. Падение очень крутое (85°), склонение обогащенных столбов на север под углом около 80° .

В составе руд месторождения принимают участие пирротин, пирит, халькопирит и магнетит. Во вторую стадию минерализации выделяются пирит, галенит и сфалерит. Сравнительно реже встречаются арсенопирит, висмутин, галеновисмутин, тетраэдрит. Из нерудных минералов указаны кварц и экманит. Золото выделяется в основном в стадию отложения галенита и сфалерита, но Ф. Л. Стиллвелл (приложение к работе Sullivan, 1951) указывает также на наличие выделений части золота до пирротина.

В качестве околорудных изменений указывается окварцевание, а также хлоритизация и развитие кальцита. На месторождении была очень хорошо выражена зона окисления и вторичного обогащения золотом. Глубина распространения зоны окисления составляла 60 м, зона вторичного обогащения занимала интервал от 60 до 150 м. Содержание меди в зоне вторичного обогащения достигало 30%, о содержании золота сведений нет.

Генезис оруденения

Месторождения золота герцинид Австралии находятся на самых различных расстояниях от гранитоидных массивов. Некоторые из них (например, Чартерс-Тауэрс) залегают непосредственно в гранитоидах, другие отстоят от массивов на значительные расстояния. Например, ближайший выход гранитов от месторождения Бендиго находится на расстоянии 13 км, от месторождения Балларат — в 3 км.

Для многих месторождений характерно присутствие даек. Однако заведомо дорудные дайки описаны только на отдельных месторождениях. Так, жильная зона месторождения Чартерс-Тауэрс контролируется зоной даек диоритовых порфиринов. Дорудные сильно измененные дайки полевошпатовых порфиринов указываются для месторождения Коимдей. Жилы располагаются в контактах

даек кварцевых порфиров на месторождениях Мэлдон и Хилл-Энд. Наличие даек, вероятно дорудных, отмечается также для месторождений Хилгров, Маунт-Перри, Маунт-Боппи и ряда других. Большое количество даек как кислых, так и средних пород имеется на месторождении Стоэлл.

Вместе с тем на таких крупных месторождениях как Бендиго и Балларат присутствие даек, близких по возрасту к оруденению, не отмечено. Здесь обильны только дайки основных пород третичного возраста, являющиеся подводящими каналами для покровов базальтов. Эти покровы перекрывают золотоносные россыпи, образовавшиеся за счет разрушения коренных месторождений.

Приводимые различными авторами соображения в отношении связи золотого оруденения с магматизмом различны, но никаких специальных исследований по этому вопросу не предпринималось.

Для территории Виктории Д. Э. Томас («*Geol. Austr...*», 1953) указывает на ассоциацию большинства месторождений с дайками дорудных кварцевых порфиров и послерудных лампрофиров. При этом, несмотря на послерудный возраст последних, обычно наблюдается обогащение жил золотом на участках пересечения их дайками. В той же работе Д. Э. Томас отмечает, что наиболее тесно золотоносные жилы связаны с дайками кварц-диоритового состава, которые всегда на рудных полях «пропилитизированы». Соотношение даек с гранитоидными массивами остается не вполне ясным. Возраст золотой минерализации посленижнедевонский, но досреднедевонский, т. е. формирование золотого оруденения предшествовало внедрению крупных гранитоидных интрузий. Д. Э. Томас отмечает наличие проявлений золотой минерализации после нижнекарбонных гранодиоритовых и гранодиорит-порфировых интрузий.

На территории Нового Южного Уэльса, по А. Г. Войси («*Geol. Austr...*», 1953), золотоносность связана с гранитоидами таберабераанского (D_2) и канимбланского (C_1) орогенических циклов.

Для территории Квинсленда О. А. Джонс («*Geol. Austr...*», 1953) указывает на связь золотоносности с гранитами (месторождения Маунт-Морган и Кройдон), гранодиоритами (Чартерс-Тауэрс), кислыми дайками (Индурупилли), эффузивами среднего состава (Кракоу и Маунт-Кулон), серпентинитами (Кануна и Соуаралл), но доказательств этого нет. Для Маунт-Моргана по другим данным оруденение является догранитным и связано с девонской вулканической деятельностью.

Сводная таблица металлогенических эпох и схема размещения разновозрастных месторождений для территории Квинсленда по О. А. Джонсу, несколько упрощенные исключением из них не относящихся к золоту месторождений, приведены на табл. 14 и рис. 53.

В более позднее время этому же вопросу посвятил свои исследования А. В. Вебб (Webb, 1969). На основании многочисленных определений калий-аргоновым и рубидиево-стронциевым методами абсолютного возраста гранитоидных интрузий он выделил на территории Квинсленда металлогенические эпохи: 1) равенсвуд (455—395 млн.

Металлогенические эпохи на территории Квинсленда
и возрастная позиция главных месторождений золота

По О. А. Джонсу (с упрощениями)

Геологический возраст	Орогенический этап	Металлогенические эпохи	Примеры золоторудных месторождений	Проявления иной (кроме Au) минерализации
Cr ₂	Мэриборский	Мэриборская	Мэриборо	Cu, Sb
T ₂₋₃ T ₁	Хантер-боуэнский	Краковская фаза Килкиванская фаза Фаза гимпи	Кракоу, Тансей, Норз-Арм Гимпи, Маунт-Морган, Маунт-Шемрок	— Hg Ag, Pb, Sn, Zn, Mo, Cu
C ₁	Канимбланский	Харбертонская	Чартерс-Тауэрс, Чиллаго, Мунгана, Палмер-Ривер, Ходкинсон	Sn, W, Mo, Bi
D ₂	Табераберанский	Коуваралл (серпентинитовая фаза эпохи хербертон)	—	Cr, Cu, Co
S ₂	Боунингский	—	—	—
O ₂	Бивэмбриенский	—	—	Ag, Pb
Sm ₃	Твенский	—	—	—
Pt ₂	Хоугтонийский	Клонкарри	Клонкарри, Маунт-Айза, Эйнасли, Кройдон, Вулгар, Гамилтон, Коэн	Ti, Ta, Be, Ag, Pb, Zn, Cu, Sn

лет), 2) харбертон (330—280 млн. лет), подразделенную на 2 фазы, 3) гимпи (235—220 млн. лет), также подразделяемую на две фазы и 4) маккей (125 млн. лет). Распределение месторождений золота по указанным эпохам и сопоставление с имеющимися по этому вопросу данными О. А. Джонса приведено на табл. 15. К сожалению, в литературе отсутствуют материалы для характеристики выделенных А. В. Веббом месторождений золота эпохи маккей раннемелового возраста. Следует также отметить, что вопрос о связи перечисленных в табл. 15 месторождений золота с гранитоидными интрузиями,

возраст которых определялся А. В. Веббом, специально не рассматривается и доказательных материалов в этом отношении не приводится.

Таблица 15

Возрастная корреляция золоторудных и золотосодержащих месторождений Квинсленда

По А. В. Веббу

Месторождения и рудные поля	Добываемое полезное ископаемое	Металлогеническая эпоха		Возраст, млн. лет
		по О. А. Джонсу	по А. В. Веббу	
Чартерс-Тауэрс — Равенсвуд	Золото	Харбертон	Равенсвуд	455—395
Пентленд	»	Клонкарри	»	400
Маунт-Виатт — Селлхейм	Серебро и золото	Гимпи	Харбертон I	330
Нанаго	Золото		Гимпи I	235
Эйдсволд	»		»	235
Гласфорд	Медь и золото	Гимпи	Гимпи II	220
Маунт-Перри	Медь, золото молибден	»	»	220
Маунт-Биггенден	Висмут, золото	»	»	220
Брисбейн	Золото	»	»	220
Маунт-Флора	Золото, медь	»	Маккей	125
Маунт-Баркер — Эинджелла	Серебро, золото, свинец		»	125
Диттмар	Золото, медь		»	125
Норманби	Золото	Клонкарри	»	125

В целом можно отметить, что большинство золоторудных месторождений герцинского геосинклинального пояса Восточной Австралии было сформировано в конечные этапы его развития, после превращения геосинклинали в ороген. Очевидно, возрастная позиция многих месторождений пояса еще будет уточняться в дальнейшем.

Затронем еще кратко вопрос о генезисе близповерхностных месторождений герцинского складчатого пояса. Вмещающими породами для этих месторождений являются андезиты пермского возраста, перекрытые кислыми эффузивами пермо-триаса. На месторождении Краков отмечаются фельзитовые дайки риолитового состава, возможно генетически связанные с покровами. Оруденение последайковое, но возможно и внутридайковое. Интересно отметить, что неоднократно упоминавшееся сульфидное месторождение Маунт-Морган находится вблизи от месторождения Краков в сходной с ним геотектонической обстановке. Оно связано с трубкой взрыва, и, вероятно, также сформировано в близповерхностных условиях.

По месту в геологическом развитии провинции близповерхностные месторождения относятся к позднеорогенным. Очевидно их нельзя сопоставлять и ставить их генезис в зависимость от кайнозой-

ской металлогении Тихоокеанского пояса, где близповерхностные месторождения сформированы в третичное или четвертичное время.

Описанные месторождения очень близки по геологической позиции к пермским близповерхностным месторождениям Казахстана

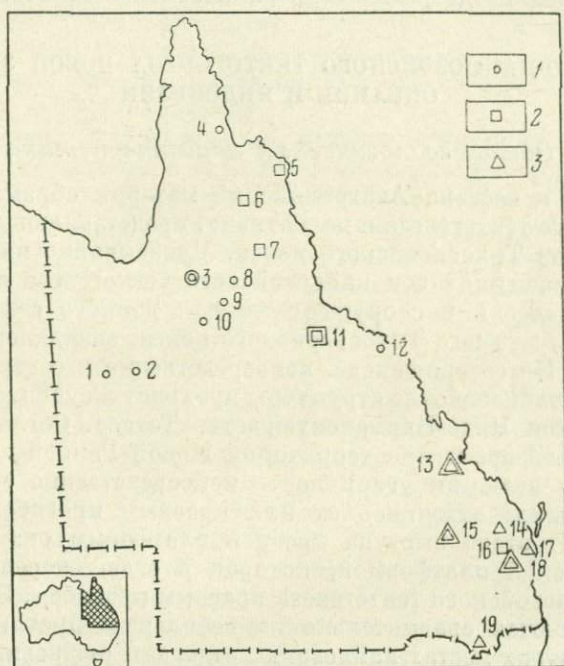


Рис. 53. Схема размещения золоторудных месторождений, относящихся к различным металлогеническим эпохам на территории Квинсленда. По О. А. Джонсу

1 — месторождения эпохи клонкарри (Pt_2); 2 — месторождения харбертонской эпохи (C_1); 3 — месторождения хантер-боуэнского орогенического этапа (P_2 — T_2). Наиболее крупные месторождения обозначены двойной обводкой контуров

Золоторудные месторождения (цифры на схеме):

1 — Маунт-Айза, 2 — Клонкарри, 3 — Кройдон, 4 — Коэн, 5 — Куктаун, 6 — Палмер-Ривер, 7 — Чиллаго, 8 — Эйнасли, 9 — Гилбертон, 10 — Вулгар, 11 — Чартерс-Тауэрс, 12 — Норманби, 13 — Маунт-Морган, 14 — Маунт-Биггвенден, 15 — Кракоу, 16 — Тансей, 17 — Норз-Арм, 18 — Гимпи, 19 — Станторп

(Джунгария, Северное Прибалхашье) и Средней Азии (Кураминский хребет) в СССР.

ЗОЛОТОНОСНОСТЬ ПОЗДНЕГО НЕОХРОНА

К образованиям позднего неохрона так же, как и для Северной Америки, мы относим зону мезо-кайнозойского тектогенеза, представляющую часть Тихоокеанского пояса. Этот пояс обрамляет Австралийский материк с севера и востока. Он имеет весьма сложное и разнородное строение и, очевидно, в дальнейшем здесь удастся

выделить несколько отдельных геотектонических провинций. В настоящей работе данная территория описывается в целом, причем удобнее оказалось несколько отступить от принятого в других разделах порядка описания и рассмотреть после небольшого общего введения отдельно дотретичное и кайнозойское золотое оруденение.

ЗОНА МЕЗО-КАЙНОЗОЙСКОГО ТЕКТОГЕНЕЗА НОВОЙ ЗЕЛАНДИИ, ОКЕАНИИ И ИНДОНЕЗИИ

Общая геологическая характеристика

С севера и востока Австралийский материк обрамляется зоной кайнозойского тектогенеза и магматизма, представляющей собой один из фрагментов Тихоокеанского пояса. Чрезвычайно интересный вопрос о соотношениях зон кайнозойского тектогенеза с более древними тектоническими сооружениями для данного сектора земного шара, как и для всего Тихоокеанского пояса, еще далеко полностью не выяснен. На северо-западе, непосредственно к северу от древней платформы, кайнозойские структуры проходят в субширотном направлении, слагая Индо-Бирманскую ветвь Тетиса. Согласно тектонической карты Евразии на территории Новой Гвинеи древняя платформа своим внешним углом почти непосредственно соприкасается с кайнозоидами, отделяясь от них краевым прогибом. К западу и востоку от этого выступа древней платформы она обрамляется эпипалеозойской платформой, которая в свою очередь отделяется от зоны кайнозойского тектогенеза краевым прогибом. Эти соотношения наблюдаются сравнительно на небольшом протяжении Новой Гвинеи, в других местах кайнозоиды отделены от древних тектонических сооружений водными пространствами.

К востоку от Австралийского материка, отделяясь от него водной полосой шириной около 2000 км, располагаются кайнозойские тектонические сооружения Новой Зеландии, которые простираются в субмеридиональном север-северо-восточном направлении параллельно герцинской геосинклинальной системе восточного побережья Австралии.

Сопряжение субширотных и субмеридиональных отрезков кайнозойского пояса в основном перекрыто водами Тихого океана. Оно может фиксироваться только по рельефу океанического дна и геофизическим данным. В районе этого сопряжения размещены острова Фиджи, очень интересные в отношении золотоносности.

Рассматриваемый отрезок Тихоокеанского пояса неоднороден. Наряду с зонами молодого вулканизма и соответствующей металлогении, здесь выделяются обширные площади, сложенные более древними породами и не затронутые в кайнозойское время тектогенезом, ни магматизмом. Это обстоятельство для Тихоокеанского пояса подчеркивает ряд исследователей (Константинов, 1959; Петрушевский, 1963). Они предлагают относить к Тихоокеанскому металлогеническому поясу только области проявления молодого вулканизма и металло-

гении, которые действительно можно связывать генетически с формированием и развитием впадины Тихого океана. Однако пока нет достаточного материала для такого разделения.

Территория Новой Зеландии на тектонической карте в Физико-географическом атласе мира издания 1964 г. показана как область кайнозойского (тихоокеанского) тектогенеза, причем на западе ее последовательно выступают древнего основания, а с востока и севера ее последовательно облекается образованиями нижнего и верхнего структурных ярусов кайнозойских.

Сравнительно детально геологическая история Новой Зеландии освещена в переведенной на русский язык монографии Б. Вуда, Дж. Гриндли и Х. Харрингтона (1963). Эта работа представляет собой объяснительную записку к геологической карте масштаба 1 : 2 000 000. Однако общий характер описания, к сожалению, мало что дает для металлогенического анализа, так как главное внимание в книге уделено вопросам стратиграфии, а глава, характеризующая тектонику, вообще отсутствует. В какой-то мере это восполняется наличием предисловия к книге редактора русского перевода Ю. М. Шейнмана. На основании анализа стратиграфических соотношений пород он считает возможным выделить в геологической истории Новой Зеландии следующие главные этапы развития.

1. Докембрийский этап, который предполагается на основании присутствия в западной части Южного острова предположительно докембрийских граувакковых толщ.

2. Нижнепалеозойский (каледонский) этап, имевший в развитии Новой Зеландии большое значение. В кембрии и ордовике здесь несомненно существовал геосинклинальный режим с накоплением мощных терригенно-вулканогенных толщ. Внедрение кислых гранитоидных интрузий происходило до начала девона, после чего наступил длительный перерыв в осадконакоплении, что было, очевидно, связано с замыканием каледонской геосинклинали.

3. Мезозойский этап. Гранитоидные интрузии герцинского магматического цикла на рассматриваемой территории отсутствуют, но с верхов карбона либо начала перми вновь начинается накопление мощных осадочно-вулканогенных толщ, которое продолжалось в течение перми, триаса и почти всей юры. В это время происходят также излияния эффузивов и внедрение интрузивных пород. Главная складчатость, с которой связано важнейшее несогласие в стране, происходила перед верхним мелом, после чего территория Новой Зеландии окончательно превращается в ороген.

4. Кайнозойский этап активной вулканической деятельности. Молодой вулканизм проявлен исключительно на Северном острове, где известно большое количество действующих вулканов, а также наблюдается современная гидротермальная деятельность.

Ю. М. Шейнман подчеркивает три наиболее важных, с его точки зрения, положения в отношении структуры Новой Зеландии: 1) общее согласие в плане каледонских и мезозойских структур, несмотря на выпадение герцинид, 2) интенсивность как каледонских, так и

мезозойских дислокаций, создавших очень сложные и далеко еще не расшифрованные структуры; 3) наличие Альпийского разлома, явно наложенного в своем современном виде на складчатые структуры, но возможно длительно существовавшего и игравшего большую роль также в более древние эпохи.

Ю. М. Шейнманн указывает на сходство многих черт геологической истории Новой Зеландии с таковыми Верхояно-Колымской области, Забайкалья и, вероятно, ряда других секторов Тихоокеанского пояса.

Если относить к Тихоокеанскому поясу только площади с проявлением кайнозойского тектогенеза и магматизма, то к ним придется отнести только Северный остров Новой Зеландии, а Южный остров должен рассматриваться как мезозойское складчатое сооружение, включающее отдельные массивы или блоки более древних проявлений тектогенеза.

Северная часть рассматриваемого обрамления Австралийского материка — территория Индонезии и Новой Гвинеи — также неоднородна. Наиболее полное геологическое описание ее приведено в известной работе Р. Ван Беммелена (1957). Этот исследователь выделяет здесь древние докембрийские ядра, частично находящиеся ниже уровня моря («опущенные бордерленды»), обширную зону мезозойской консолидации (Р. Ван Беммелен относит к мезозоидам также все горные сооружения Восточной Австралии, что вряд ли справедливо) и «кайнозойские ундации». Среди последних им намечаются «Восточно-Азиатские островные фестоны» и горные системы Зондская, Круго-Австралийская и Меланезийская. Сложное сочетание этих ундаций, имеющих различную ориентировку, имеет место в Центральной части Индонезии между Калимантаном и Новой Гвинеей.

Общие данные о золотоносности

Давая общую характеристику размещения золотоносности в пределах Тихоокеанского кольца, М. И. Ициксон и др. (1965) выделяют описываемую часть этого кольца в качестве единой структуры планетарного масштаба, приуроченной «к вулканогену андезитовой линии Западно-Тихоокеанских (частично Южно-Тихоокеанских) островных дуг». По их данным, «золото-серебряная эпитермальная вулканогенная формация наиболее ярко развита в Японии (префектуры Хоккайдо, Кагосима и Сидзуока), на Филиппинах и в Северном Сулавеси, имея общее протяжение около 7000 км. Здесь в экваториальной зоне эта структура сочленяется с аналогичным, сопоставимым по длине поясом, продолжающим Индо-Бирманскую ветвь Тетиса. Эта золотоносная зона, мало еще изученная, фиксируется множеством месторождений, связанных с неогеновой вулканической областью Юго-Западной Суматры (рудные районы Атье, Мангаки, Муара, Сипонги и др.), которая далее проходит на Яву (месторождения Чикоток, Тьбадат и др.) и через о. Тимор, видимо, распространяясь

на северо-восточное побережье Австралии, затем интенсивно проявляется в Новой Зеландии» (стр. 188).

Фактические материалы по металлогении золота позволяют уточнить предложенную схему. Так, в северо-восточной части Австралии на п-ове Кейп-Йорк никаких проявлений кайнозойской золотоносности не фиксируется. Более того, молодые золоторудные месторождения распространены только в северной части новой Гвинеи, южная часть которой занята древней и частично эпипалеозойской платформой. В районе Новой Гвинеи Суматра-Яванский золотоносный пояс таким образом проходит севернее, чем это описано М. И. Ицкисоном.

Соединение обоих золотоносных поясов: Суматра-Яванского и Ново-Зеландского происходит, очевидно, в районе Фиджи с его весьма крупным золоторудным полем Ватукоула. Далее к югу на территории Новой Зеландии золотоносный пояс не проходит, как это показано М. И. Ицкисоном и др., вдоль обоих островов. Охватывая только Северный остров, он затем уходит под водные пространства Тихого океана. На Южном острове хотя и известна золотоносность, но она принадлежит к более древней металлогении.

Дотретичная золотоносность

Более или менее четко установленная дотретичная золотоносность в пределах рассматриваемой территории распространена исключительно в Новой Зеландии. Дотретичными являются, по-видимому, также коренные источники золотоносных россыпей в Новой Гвинее и на Калимантане. В Новой Гвинее часть золота в россыпях имеет пробу 850—930. Источником его, по Н. Х. Фишеру (Fisher, 1945), являются мезозойские кварцевые жилы. На Калимантане к области мезозойской складчатости приурочен так называемый «Китайский округ», где добыча золота из россыпей проводилась, начиная с древних времен, малайцами и китайцами. Здесь было добыто значительное количество золота, но точные данные отсутствуют. В. Г. Эммонс указывает, что только в 1823 г. было произведено около 1 млн. унций золота (31 т).

Общее количество золота, добытого в Новой Зеландии, с распределением по разновозрастным провинциям приведено в табл. 16. Расцвет золотодобывающей промышленности приходится на конец XIX — начало XX вв., когда ежегодная добыча доходила до 10—15 т. В настоящее время добывается в год всего 300—400 кг золота, и поэтому, хотя приведенная таблица относится, очевидно, примерно к 1963 г., никаких принципиальных изменений в ней к настоящему времени не произошло.

Среди дотретичных золотоносных провинций Новой Зеландии, расположенных на Южном острове (рис. 54) выделяются докембрийские, раннепалеозойские и мезозойские, причем это разделение является весьма условным.

Предположительно докембрийские золотоносные провинции по Г. Дж. Вилльямсу («Econ. Geol. New Zealand», 1965), охватывают

Добыча золота из коренных месторождений и россыпей в различных
золотоносных провинциях Новой Зеландии¹

По Г. Дж. Вильямсу

Провинция	Коренные месторождения		Добыто из россыпей, кг	Соотношение количества золота, добытого из коренных месторождений и россыпей
	добыто, кг	среднее содержание, г/т		
Докембрийские (Уэст-Кост, Нелсон)	66 688,7	16,3	159 094,3	1 : 2,4
Раннепалеозойские (Нелсон, Флордленд)	1 934,8	18,0	55 550,5	1 : 28,7
Мезозойская геосинклиналь (Марлборо, Отаго)	10 233,0	18,6	249 387,7	1 : 24,3
Всего по дотретичным провинциям	78 856,5		464 032,5	1 : 5,9
Третичные (Хаураки)	272 155,5	21,0	—	
Итого	351 012,0		464 032,5	

¹ Год, на который приведены данные, не указан.

так называемый Западный Берег (Уэст-Кост) и часть территории Нелсон. Это площади, сложенные серовато-зелеными граувакками с прослоями аргиллитов, относящимися к сериям гриланд и ваюта. Докембрийский возраст пород этих серий определен условно, только на том основании, что в них отсутствуют фаунистические остатки. Соотношения серий неясны, так как они разделены тектоническим несогласием. Еще более условен возраст золотоносности.

В пределах Западного Берега около г. Росс разрабатывались в основном россыпи. Единственным значительным коренным месторождением на рассматриваемой территории являлось месторождение Рифтон.

Месторождение Рифтон (индекс 113135) дало 63 275 кг золота. Оно открыто в 1870 г. и обрабатывалось до начала 50-х годов. Наиболее глубокая шахта достигла 820 м. Работы были прекращены в связи с обвалом шахты, хотя оруденение продолжалось глубже.

Рудное поле представлено зоной кварцевых жил общей длиной около 27 км и шириной 4—5 км, приуроченной к толще граувакковых песчаников с прослоями аргиллитов, которую относят к серии ваюта условно докембрийского возраста. Изверженные породы распространены мало, указывается наличие дайки основного состава, по-видимому, пострудной.

Рудовмещающая толща смята в серию складок, интерпретируемую как антиклинорий. Оси складок плавно изгибаются, сохраняя близкое к меридиональному простирание. Жилы тяготеют к осевым

частям складок. Г. Дж. Вильямс подсчитал, что из жил, тяготеющих к антиклиналям добыто около 36 т золота, а из жил, локализованных вблизи от осей синклиналильных складок 26 т, однако по

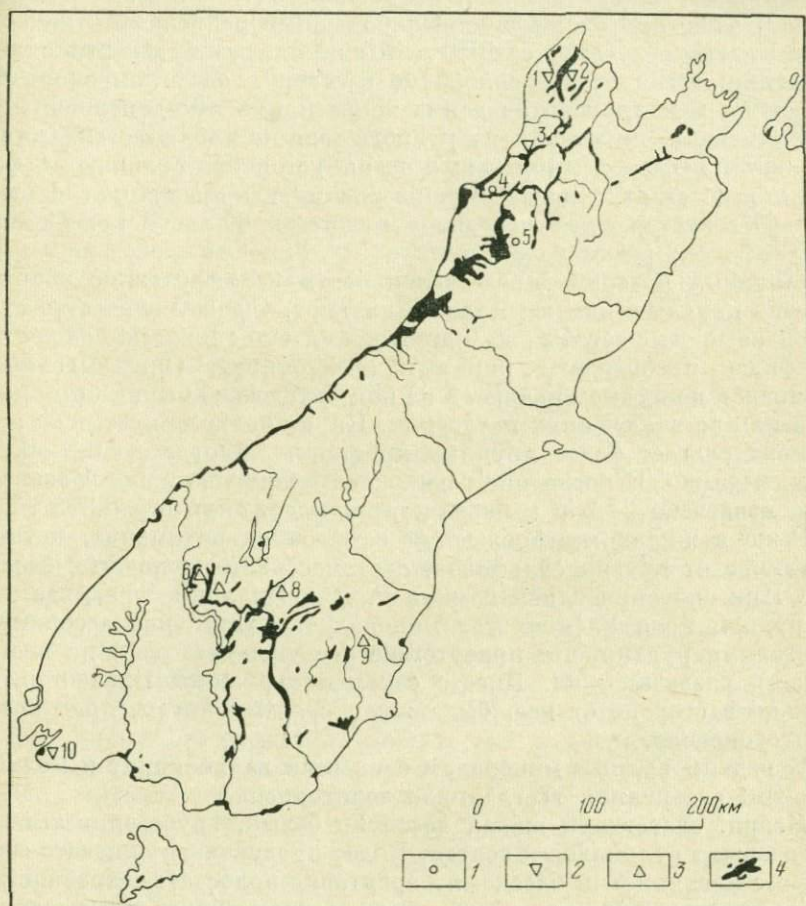


Рис. 54. Схема размещения коренных месторождений золота и россыпей на Южном острове Новой Зеландии. По Г. Дж. Вильямсу

1 — месторождения в докембрийских породах; 2 — месторождения в раннепалеозойских породах; 3 — месторождения в мезозойских породах; 4 — золотоносные россыпи

Месторождения золота (цифры на схеме):

1 — Голден Блокс, 2 — Аорера, 3 — Маунт-Оуэн, 4 — Маунт-Лайелл, 5 — Рифтон, 6 — Инвинцибл, 7 — Мактоун, 8 — Бендиго, 9 — Макрейс, 10 — Презервейшн Инлет

количеству преобладают жилы, контролируемые синклиналиями, поскольку к первой группе относится наиболее крупная жила Блэквотер давшая около $\frac{1}{3}$ всего золота рудного поля.

На площади месторождения широко распространены дизъюнктивные нарушения, имеющие как [до-, так и пострудный возраст.

Очевидно многие нарушения неоднократно подновлялись, но специального изучения дизъюнктивной тектоники и ее рудоконтролирующей роли не проводилось.

Кварцевые жилы невелики по размерам (150—200 м по простиранию), чаще крутопадающие. Наибольшими размерами отличается жила Блэквотер. Длина ее 1050 м. Жила эта, при близвертикальном залегании, имеет четкое склонение к северу под углом около 40°, причем на всех горизонтах длина жилы примерно одинаковая и ни выклинивания, ни удлинения рудного тела не наблюдается. Остальные жилы месторождения также очень устойчиво склоняются к северу под углом от 27 до 60°. Мощность жил, как правило, небольшая. Жила Блэквотер имела среднюю мощность 60 см, с колебаниями от 10—15 см, редко до 3,5 м.

Жильный материал представлен почти исключительно кварцем, изредка наряду с ним встречается кальцит. Общее количество сульфидов не превышает 4%, для других жил оно также не больше. Из сульфидов преобладают пирит и арсенопирит. Они выделяются в основном не в самом кварце, а на контакте его с вмещающими породами или во включениях последних. Пирит мелкозернистый, а арсенопирит слагает более крупные кристаллы, иногда до 0,5—0,6 см в поперечнике. В последние годы эксплуатации из жилы Блэквотер было извлечено 22,2 т мышьяка, при содержании его 0,37%.

Реже в жилах месторождения встречается антимонит, который в отличие от других сульфидов, дает массивные сплошные выделения. При описании одной из жил Г. Дж. Вилльямс указывает, что на рудном поле Рифтон этот минерал так устойчиво ассоциирует с богатыми рудами, что присутствие его уже указывает на необходимость разведки жил. Вместе с тем около жилы Блэквотер, несколько в стороне от нее, была жила с антимонитом, практически незолотоносная.

К редким рудным минералам относятся халькопирит и молибденит. Эта ассоциация всегда мало золотоносна.

Кварц, слагающий жилы, частично белый, грубозернистый. Он не содержит сульфидов и золота. Более продуктивен синевато-серый кварц с маслянистым блеском. Характерно полосчатое строение жил за счет включений вмещающих пород, сохраняющих свое первичное залегание.

Среднее содержание золота во всех жилах рудного поля по данным отработки 16,1 г/т. Для жилы Блэквотер указывается среднее содержание по отдельным этапам ее отработки, соответствующее, очевидно, последовательному увеличению глубин. За 1908—1918 гг. оно составляло 15,8 г/т, за 1919—1930 гг. 14 г/т, за 1931—1946 гг. 14,9 г/т. Таким образом, с глубиной существенных изменений содержания золота не наблюдалось.

Золото встречается главным образом свободное (80% по жиле Блэквотер), но редко видимое. Проба его 960—970, редко опускается до 920. В одной из жил был распространен также галенит, причем содержание свинца доходило до 1%.

Об изменениях вмещающих пород на описываемом месторождении упоминает В. Г. Эммонс. По его данным, граувакки примерно на 1 м от жил осветлены и превращены в кварц-серицит-кальцитовые породы с вкрапленностью пирита и арсенопирита. Г. Дж. Вилльямс приводит данные частичных химических анализов исходных и измененных пород, из которых видно, что при гидротермальном метасоматозе происходил небольшой вынос кремнезема и привнос калия.

Раннепалеозойские золотоносные районы («Econ. Geol. New Zealand», 1965) размещаются в северной части Южного острова (провинция Нелсон) и в его юго-западной части (Фиордленд). Указанные районы отстоят на 700 км один от другого, но некоторые исследователи Новой Зеландии предполагают наличие очень большого горизонтального перемещения по Альпийскому разлому (около 500 км), и тогда районы окажутся сближенными. В их пределах размещены только небольшие (с добычей менее 1 т) месторождения золота, преимущественно локализованные в терригенных породах — Голден Блок, Аорере, Маунт-Оуэн и др.

На площадях, рассматриваемых Г. Дж. Вилльямсом как районы нижнепалеозойской золотоносности, повсеместно распространены пермские гранитоиды. Золотое оруденение с ними не связывают только на основании отсутствия его проявлений как в самих гранитоидных массивах, так и в их контактовых зонах, что не может являться строгим доказательством отсутствия генетической связи.

Мезозойские золотоносные провинции — Отаго и Марлборо («Econ. Geol. New Zealand», 1965) — в геологическом отношении представляют собой площади, сложенные метаморфическими и кристаллическими сланцами от хлоритовой до биотит-гранатовой фаций метаморфизма, датируемые на карте Б. Вуда, и др. нижним мезозоем — верхним палеозоем. В этих провинциях добывалось в основном золото из россыпей. Добыча его в Отаго составила 249 т, в то время как коренные месторождения дали только 10 т. Соотношение коренного и россыпного золота в Марлборо аналогичное, но общие размеры золотодобычи значительно меньше. В Отаго выделяются в качестве рудоносных площадей Гленорчи, Озерный район, Центральное, Восточное и Южное Отаго. Крупные коренные месторождения золота здесь отсутствуют.

По вопросу о генезисе дотретичного золотого оруденения Новой Зеландии Г. Дж. Вилльямс придерживается взглядов о метаморфогенном его происхождении с заимствованием золота из вмещающих пород. Для районов со слабо метаморфизованными породами он предполагает прямую сегрегацию кварца и золота, а для районов с более интенсивно метаморфизованными породами связывает оруденение с регрессивным метаморфизмом. К сожалению, все эти представления излагаются без собственных геологических и аналитических материалов и основываются в основном на общих соображениях, рассуждениях и «негативных» доказательствах — отсутствии четкой связи с гранитоидными массивами и их контактовыми зонами.

В дотретичных золотоносных провинциях Новой Зеландии, особенно в провинциях раннепалеозойской и мезозойской металлогении, ведущее экономическое значение имеют золотые россыпи, количество добытого золота из которых намного превосходит количество золота, добытого из коренных месторождений в тех же районах. Хотя характеристика россыпей не входит в задачу настоящей работы, интересно привести некоторые сведения.

Г. Дж. Вилльямс («Econ. Geol. New Zealand», 1965) указывает для главных золотороссыпных провинций Новой Зеландии — Отаго и Уэст-Кост — очень сложную историю формирования россыпей. Золото в рыхлых толщах здесь накапливалось неоднократно. Наиболее древние россыпи были сформированы в нижнемеловое время, когда страна вступила в континентальный период своего развития. Известны также золотоносные кварцевые конгломераты базальных слоев третичного периода, поздне третичные и раннеплейстоценовые россыпи. В районе Уэст-Кост происходила также концентрация золота в связи с позднеплиоценовой ледниковой деятельностью. При этом моренные отложения являются лишь слабо золотоносными, а повышенной золотоносностью обладают флювиогляциальные отложения и особенно сменяющие их по простиранию аллювиальные отложения.

В Отаго ледниковая деятельность приводила скорее к уничтожению россыпей, чем к их формированию, так как ледники двигались здесь из незолотоносных территорий.

Длительное время накопления и переотложения материала в рыхлой толще играло, по-видимому, решающее значение в создании богатых и крупных золотоносных россыпей. Главное значение имеют россыпи в современных водотоках, которые являются основными объектами для дражной разработки, очень широко развитой в Новой Зеландии. Золото в современных россыпях частично непосредственно поступает из коренных источников, но значительная часть его является переотложенным из более древних рыхлых отложений.

Значительный интерес не столько с экономических, сколько с геологических позиций представляют прибрежно-морские россыпи, характерные главным образом для северо-западного побережья Южного острова (Западный берег). Они образуются в основном в местах выноса золотоносного аллювия. Дальнейшая миграция песчаного материала вдоль побережья происходит под влиянием ветра. В результате господствующих здесь юго-западных ветров ежегодный перенос песка через устье залива Уэстпорт составляет от 3 до 4 млн. м³.

Прибрежные песчаные слои частично приподняты над современным уровнем моря до 45—60 м, частично опущены до 15 м. Некоторые золотоносные слои здесь сцементированы, так что для добычи золота породу приходится измельчать.

Генезис прибрежно-морских россыпей не для всех участков полностью выяснен, так как в ряде мест, в частности, в центральной части западного побережья Южного острова, холм речные потоки,

впадающие в море, не несут золота, прибрежные россыпи развиваются. Очевидно в этом случае происходит либо непосредственное высвобождение золота морской абразией, либо его дальний перенос.

Прибрежные россыпи, расположенные на уровне моря, постоянно обновляются и в небольших количествах могут обрабатываться многие годы, особенно если рассматривать золото в них как попутный металл при общей добыче черного шлиха, содержащего еще ряд ценных компонентов.

Кайнозойская золотоносность

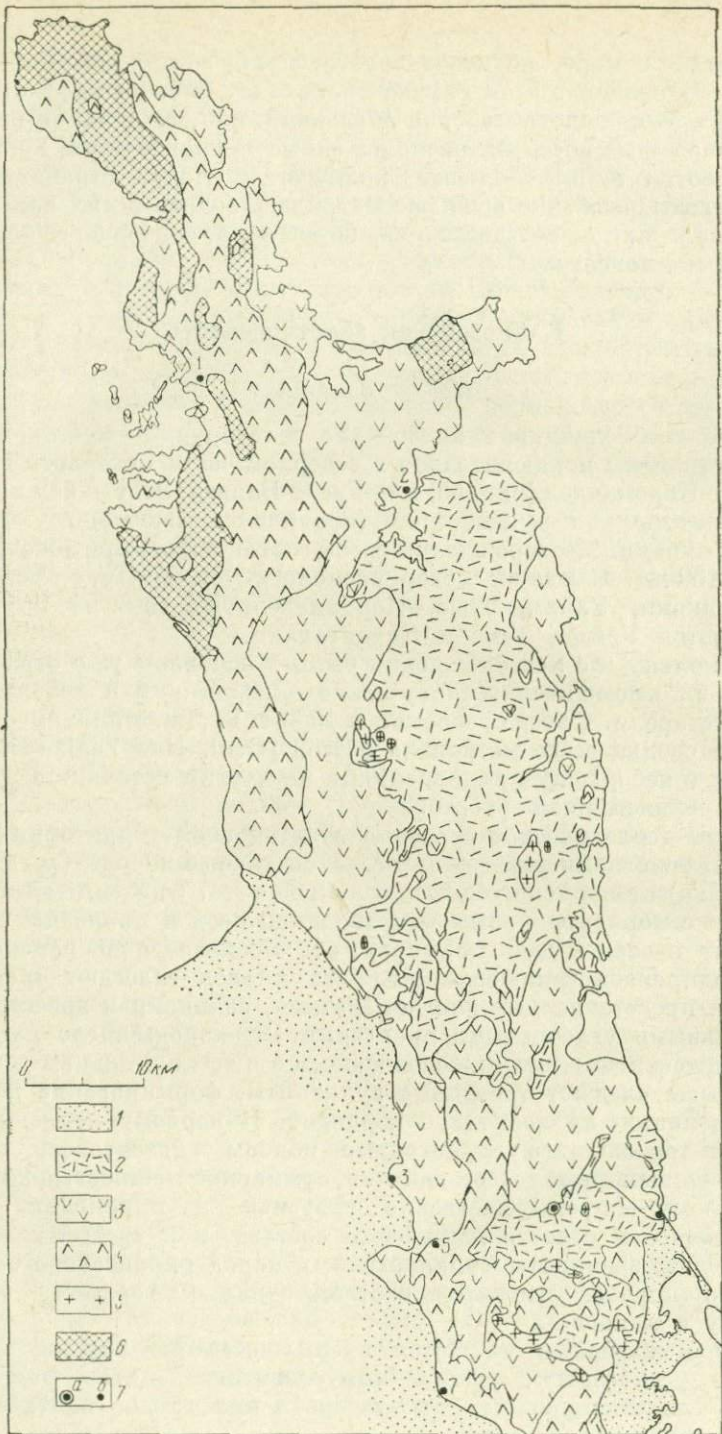
Новая Зеландия

В Новой Зеландии кайнозойские золоторудные месторождения распространены исключительно в северной части Северного острова на п-ове Коромандел (рис. 55) и о. Грейт-Барьер. Этот район известен в литературе как рудное поле (правильнее, очевидно, — рудный узел) Хаураки. Месторождения здесь слагают пояс протяженностью около 160 км. С юга на север располагаются Те-Пуке, Те-Ароха, Карангахакки, Уайхи, Темс, Коромандел. Из них по крупности выделяются Уайхи, Темс и Карангахакки.

Поскольку все месторождения были в основном уже отработаны в XIX в., имеющиеся геологические описания их в значительной части устарели. С этой оговоркой в 1965 г. Г. Дж. Вилльямсом была сделана сводка всего материала («Econ. Geol. New Zealand», 1965), которая с небольшими дополнениями по другим источникам используется в настоящей работе.

Общее геологическое строение золотоносной территории следующее. В основании разреза залегают осадочные породы (аргиллиты, граувакки) от пермского до юрского возраста. Они смяты в сжатые складки с меридиональным направлением осей и прорваны штоком тоналита и серией даек порфиров, обычно интенсивно измененных. На эродированной поверхности этих пород залегают третичные породы, представленные конгломератами, сланцами и известняками с отдельными угленосными прослоями. Эти породы дислоцированы менее интенсивно, чем нижележащие, но с тем же планом деформации. Выше следуют третичные вулканы, формирование которых подразделяется на несколько периодов. К первому периоду относятся в основном вулканогенные породы андезитового состава с подчиненным количеством дацитов, суммарной мощностью до 750 м, ко второму — преимущественно эффузивы и пирокласты также андезитового и отчасти дацитового состава, и к третьему — более кислые дифференциаты вулканогенных пород риолитового состава. Условно породы относятся соответственно к верхнему эоцену, миоцену и плиоцену.

Рудовмещающими являются преимущественно породы первого периода — андезиты с подчиненным развитием дацитов. Они регионально хлоритизированы, так что среди них трудно найти свежие



исходные разности. Вблизи зон минерализации андезиты дополнительно превращены в серицит-пирит-карбонатные породы, которые в Новой Зеландии называют пропилитами. Г. Дж. Вильямс указывает, что А. М. Финлейзон, имея в виду путаницу в литературе с термином «пропилит», рекомендовал отказаться от него. Однако этот термин по-прежнему широко используется в Новой Зеландии для обозначения глубоко метасоматически измененных пород, в значительной части независимо от характера изменений.

Хлоритизация андезитов рассматривается А. М. Финлейзоном как автометасоматический процесс, происходивший сразу же после формирования пород газами или растворами, богатыми CO_2 . Собственно околожильные изменения представляют собой наложенный метасоматический процесс, связанный с воздействием рудоносных растворов, первоначально богатых SiO_2 и К.

В работе А. М. Финлейсона (Finlayson, 1909) приводятся химические анализы исходных вулканитов, их хлоритизированных аналогов и собственно околожильно измененных пород для месторождений Уайхи и Темс, расположенных в андезитах и дацитах (табл. 17). Эти данные, правда несколько противоречивые, показывают, что в ходе хлоритизации из пород происходит значительный вынос SiO_2 и некоторый привнос CO_2 . Увеличивается также содержание магния и кальция. В околожильных породах содержание кремнезема вновь возрастает и довольно отчетливо отмечается привнос калия и вынос натрия.

Рассматривая околожильные изменения, можно указать на развитие в измененных породах на месторождении Уайхи адуляра с повышенным содержанием Na_2O , который описан как валенцианит. Приводится состав этого минерала (в вес. %): SiO_2 65,85, Al_2O_3 18,4, K_2O 11,25, Na_2O 4,11. Не исключено, что анализировался не полностью замещенный адуляром альбит, так как рентгеноструктурной проверки диагностики минерала не производилось. В пустотах измененных пород и в виде тонких прожилков в них на месторождении Уайхи выделяются цеолиты — стильбит и ломонтит.

Хлоритизированные породы «непродуктивны» на золото. Наложенные же изменения служат поисковым признаком и отчетливо распознаются практиками-горняками, которые выделяют, с одной стороны, «приятные» и «живые» породы и, с другой, — «мертвые», «крапчатые» и др.

Рис. 55. Схема геологического строения и размещения месторождений золота рудного узла Хаураки на п-ове Коромандел Северного острова Новой Зеландии.

По Г. Дж. Вильямсу

1 — аллювиальные отложения (Q); 2 — риолиты третьего периода внедрения (N_2); 3 — андезиты второго периода внедрения (N_1 — N_2); 4 — андезиты первого периода внедрения (N_1); 5 — различные интрузивные породы (Tr); 6 — породы мезозойского основания: конгломераты, граувакковые песчаники, аргиллиты; 7 — золоторудные месторождения: а — крупные, б — прочие

Золоторудные месторождения (цифры на схеме):

1 — Коромандел, 2 — Винитанга, 3 — Паэра, 4 — Уайхи, 5 — Карангахакки, 6 — Уайхи Бич, 7 — Те-Ароха

Химический состав вулканогенных пород, измененных гидротермально-метасоматическими процессами на рудном поле Хаураки

По А. М. Финлейзону

Компоненты	Роговообманковые андезиты, месторождение Теме					Роговообманковые дациты, месторождение Уайхи					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SiO ₂	57,42	56,60	57,99	55,38	58,98	63,45	58,39	61,78	69,35	76,61	85,65
Al ₂ O ₃	17,61	18,33	17,50	15,68	11,21	15,26	16,51	14,89	11,66	8,31	1,35
Fe ₂ O ₃	2,34	2,32	1,56	1,88	1,45	2,28	2,46	2,08	1,53	1,08	0,43
FeO	3,77	2,98	2,37	2,95	2,42	3,01	2,98	2,51	1,66	0,59	0,21
MgO	2,19	3,09	2,01	1,88	1,43	1,29	1,66	1,08	0,46	0,51	0,31
CaO	5,69	7,87	5,43	6,01	8,11	3,44	4,08	3,16	2,09	3,61	2,56
Na ₂ O	3,22	2,62	1,08	0,83	0,61	2,21	2,08	2,18	1,06	0,29	0,28
K ₂ O	1,94	0,68	1,65	3,78	3,93	1,78	2,89	3,68	3,31	1,98	1,41
H ₂ O ⁻	0,85	0,73	1,56	2,41	2,54	1,10	2,41	1,89	1,61	0,43	0,24
H ₂ O ⁺	2,62	3,71	1,89	1,92	1,15	2,90	2,87	3,05	2,12	1,08	1,33
TiO ₂	0,68	0,53	0,51	0,24	0,11	0,75	0,68	0,69	0,43	0,28	Следы
CO ₂	0,95	3,59	3,89	4,58	4,69	1,08	1,56	2,01	2,24	1,87	2,04
P ₂ O ₅	0,31	0,42	0,35	0,11	0,06	0,29	0,31	0,30	0,26	0,11	Следы
MnO	0,43	0,25	0,25	0,23	0,11	0,36	0,32	0,28	0,11	0,11	0,12
FeS ₂	—	—	1,42	2,35	3,13	—	—	0,65	1,88	3,59	4,69
Сумма	100,02	103,72	99,46	100,23	99,93	99,20	99,20	100,23	99,77	100,45	100,62

1—«свежий» роговообманковый андезит; 2—хлоритизированный роговообманковый андезит; рудник Хэлцион; 3—серцит-пирит-карбонатная порода, рудник Хэлцион, горизонт 85 м, в 4 м от жилы Офир; 4—то же, в 1,5 м от жилы; 5—то же, в непосредственном контакте с жилой; 6—«свежий» роговообманковый дацит, месторождение Уайхи; 7—хлоритизированный роговообманковый дацит, горизонт 250 м, в 13,5 м от жилы Эмпайр; 8—измененный лацит, в 9 м от жилы; 9—то же, в 4,5 м от жилы; 10—то же, в непосредственном контакте с жилой; 11—метасоматическая руда из жилы Эмпайр.

Наложенные гидротермально-метасоматические изменения отмечаются не только в третичных вулканитах, но и в нижележащих юрских осадочных породах, которые содержат более древние эффузивы в виде обломков.

В отношении общей структуры рудного поля Хаураки сведений очень мало. Преобладающее простирание жил во всех месторождениях север-северо-восточное. Это касается как главного количества жил, приуроченных к андезитам, так и более поздних, и более ранних жил, что, по Г. Дж. Вильямсу, указывает на устойчивость ориентировки тектонических усилий.

Мощности жил колеблются от 5 см до 1,2 м, имеются отдельные жилы или их участки мощностью до 9 м. Изменений степени золотосодержимости в зависимости от мощностей жил не наблюдается. Морфология жил зависит от физико-механических свойств вмещающих пород; наиболее благоприятны для формирования мощных протяженных жил измененные андезиты. Наблюдается разветвление жил по восставанию.

Главным жильным минералом всех месторождений рудного поля Хаураки является кварц, большей частью крупнокристаллический, или развивающийся путем замещения вмещающих пород. Местами отмечаются выделения крупнокристаллического шестоватого кварца или полосчатого халцедона. Типичен также пластинчатый кварц, образующийся за счет замещения кальцита, а также псевдоморфозы кварца по арагониту.

Значительно распространен в жилах кальцит, иногда даже преобладающий над кварцем. Кальцит нередко марганцовистый. Согласно одному анализу, приведенному Дж. М. Беллом и К. Фрайзером (Bell, Fraser, 1912), в нем содержится (в вес. %): CaO 53,90; MgO 0,15; MnO 3,20; CO₂ 42,75 (примеси SiO₂ и Al₂O₃ исключены мною с соответствующим пересчетом. — С. III.). Нередко в жилах встречаются родонит и особенно родохрозит; изредка манганит. В подчиненном количестве распространен анкерит.

Около 1% жильного заполнения в месторождении Уайхи составляет калиевый полевой шпат — «валенцианит», о котором было сказано выше при характеристике измененных пород. Среди жильных минералов упоминается также барит, количество которого в жилах неясно.

Кроме указанных минералов, в жилах встречаются еще в небольшом количестве серицит, хлорит и каолин, в значительной степени за счет включений вмещающих пород.

Общее количество рудных минералов не указывается, но, во всяком случае, оно не менее нескольких процентов. В описаниях упоминаются отдельные образцы, содержащие до 20—30% рудных минералов. Среди рудных минералов указаны пирит, арсенопирит, марказит, пирротин, халькопирит, борнит, киноварь, энаргит, галенит, самородное золото, молибденит, гессит, петцит, самородная платина, сфалерит, теннантит, тетраэдрит, тетрадимит, витерит. Некоторые из перечисленных минералов встречены только в отдельных

месторождениях и в весьма незначительном количестве. Наиболее распространенным и присутствующим повсеместно является пирит.

Как отмечает Г. Дж. Вилльямс, характерным для большинства месторождений рудного поля Хаураки по сравнению с другими месторождениями того же типа является весьма ограниченное количество теллуридов и селенидов, хотя отдельные минералогические находки и имеются. Так, в месторождении Темс указывается наличие теллуридов серебра, причем концентрат богатой руды содержал до 1,8% теллура. Насколько можно судить по приводимым несколько противоречивым данным, теллуриды серебра преобладают над теллуридами золота.

В значительной части месторождений отмечается малое количество серебра. Из серебросодержащих минералов наиболее распространен аргентит, реже встречается пираргирит и прустит. Значительной сереброносностью обладает галенит. Приводятся его несколько анализов по данным Дж. Хендерсона и Дж. А. Бартрума (Henderson, Bartum, 1913):

	золото	серебро
Месторождение Виоронгомал	15,2 г/т	106,6 г/т
Месторождение Туи	следы	284,5 г/т
» »	5,0 г/т	827,4 г/т

По текстурно-структурным особенностям руд в пределах рудного поля выделяются жилы, сформированные путем заполнения открытых полостей, и метасоматические тела. Характерные представители первого типа оруденения распространены в месторождениях Темс и Коромандел. Руда здесь сложена массивным гребенчатым кварцем с пиритом, арсенопиритом и другими сульфидами и свободным крупным золотом. Отношение $Au : Ag = 1 : 0,45$. Метасоматические рудные тела, не имеющие четких границ, характерны для месторождений Уайхи и Карангахакки. Они сложены тонкокристаллическим кварцем с малым количеством кальцита и адуляра и тонкой вкрапленностью сульфидов — пирита, аргентита и сфалерита. Золото приурочено главным образом к пириту, отношение $Au : Ag = 1 : 6$. Эти тела замещения на глубоких горизонтах прорваны многочисленными прожилками кварца, аргентита и пирита. Участки развития таких прожилков представляли собой очень богатые руды, отношение $Au : Ag$ в них составляло $1 : 30$.

Глубина оруденения на месторождениях рудного поля Хаураки в целом незначительная. В Карангахакки отработки доходили до 600 м, в Уайхи до 540 м, в Капанге 300 м. Обогащенные участки встречались в основном до 120—150 м, но есть признаки наличия их и на больших глубинах. Эти обогащенные участки приурочены к местам пересечения жил между собой, с тектоническими нарушениями и с благоприятными горизонтами (о составе последних сведений нет). Оценивая возможное продолжение оруденения на глубину, Г. Дж. Вилльямс считает, что к этому вопросу нельзя подходить

чересчур пессимистически. Он предполагает, что на рудном поле возможны слепые рудные тела в пределах благоприятных стратиграфических уровней (развития андезитов первого периода), который оценивается им в 1000 м.

Для рудного поля Хаураки характерно крайне неравномерное распространение зоны окисления. Наряду с тем что первичные руды местами встречаются уже на поверхности, в некоторых месторождениях зона окисления прослеживалась до 450 м ниже современного уровня грунтовых вод. Состав минералов зоны окисления обычен. В пропилитах к продуктам зоны окисления относили развитые в контактах жил мягкие пористые массы кварца и каолинита, но не исключено, что эти минералы имели гипогенное происхождение.

Вопрос о наличии зоны вторичного сульфидного обогащения в рассматриваемых месторождениях являлся дискуссионным, однако оно весьма вероятно. В нижней части зоны окисления руды были очень богатыми и содержали 30—60 г/т золота и 900—2000 г/т серебра, а в отдельных участках содержание доходило до 750 г/т золота и 30 кг/т серебра.

Время формирования зоны окисления не вполне ясно. Возможно, что процессы окисления начались уже в третичное время до отложения верхних вулканогенных горизонтов.

Г. Дж. Вилльямс приводит весьма подробный разбор взглядов исследователей рудного поля Хаураки на возраст и генезис оруденения. При этом он оговаривается, что все исследования имеют более чем 40-летнюю давность, так как месторождения уже давно отработаны и поэтому недоступны для изучения. Существенным представляется то положение, что золотое оруденение локализовано почти исключительно в вулканогенных породах первого периода (андезитах) и отчасти в мезозойских породах основания. Имелись наблюдения, что дациты перекрывают рудные тела и не минерализованы. Небольшие проявления золотоносности отмечены и в наиболее молодых риолитах. Происходило ли в этом случае переотложение ранее сформированных рудных тел, или продолжался (хотя и менее интенсивно) единый рудный процесс, решить сейчас невозможно.

Взгляды на генезис оруденения были очень различными и отражали общую эволюцию взглядов на генезис рудных месторождений. К. Фрейзер и Дж. Г. Адамс предполагали образование всех кварцевых жил за счет метеорных вод. По мнению Дж. М. Макларена (1909 г.), золото поступало из вкрапленников пироксенов в андезитах при пропилитизации последних. Эта гипотеза основывалась на определении им в пироксенах наличия золота в количестве 0,09 г/т и отсутствии золотоносности в измененных породах жилы Хаураки месторождения Коромандел. Однако вряд ли анализы того времени были достаточно точными для таких выводов.

Г. Дж. Вилльямс подчеркивает сходство рассматриваемых месторождений с третичными рудными полями, приуроченными к андезитам в Ватукоула (Фиджи), Пачуке (Мексика), Комстоке, Голдфилде, Топопе и др. (США). На этом основании он генетически

Содержание металлов в отложениях источников из буровых скважин Новой Зеландии
 По Б. Г. Вейсбергу (Weissberg, 1969)

Наименование источника	SiO ₂	Au	Ag	As	Sb	Hg	Tl	Pb	Zn	P	W	Fe ₂ O ₃
Оз. Фраинг Пэн, Ваймангу	80%	<1	<5	>1,5%	400	Не опр.	<1	10	25	3%	3%	~10%
Шампань-Пул, Вайотапу	Много	80	175	2%	2%	170	320	15	50	Нет	Нет	Нет
Ротокава, скв. 2	»	70	30	0,4%	~30%	15	0,5%	50	100	»	<10	Не опр.
Охак-Пул, Бродлендс	»	85	500	400	~10%	2000	630	25	70	»	Нет	»
Бродлендс, скв. 2	»	55	200	250	~8%	~200	~1000	50	200	»	»	»

Примечание. Содержание дано в г/т там, где не обозначены проценты. Эмиссионные спектральные анализы по методике В. К. Тенанта с визуальной интерпретацией пластинок и точностью ±30%.

связывает золотое оруденение с поствулканической деятельностью того магматического очага, который дал андезиты первого периода внедрения.

Г. Дж. Вилльямс приводит также сведения о продолжающемся отложении золота в современных вулканических образованиях. Ссылаясь на работу Л. Дж. Грэнга 1927 г., он указывает на наличие в геотермальном районе Вайяуте измененных современными горячими источниками андезитов, в которых отлагаются опал и небольшие кристаллы пирита и установлено содержание золота до 4,9 г/т и серебра 15,1 г/т.

Более подробные и очень интересные данные содержатся в работе Б. Г. Вейсберга (Weissberg, 1969). Им описаны горячие источники и их современные отложения в вулканической зоне Таупо, также расположенной на Северном острове юго-восточнее золотоносной площади. Эта зона представляет собой вулcano-тектонический грабен северо-восточного простирания шириной около 33 км и длиной 160 км. Мощность вулканических пород, слагающих грабен, от 2,4 до 3,7 км; представлены они преимущественно риолитами и игнибритами и содержат в подчиненном количестве озерные отложения. Здесь находится много горячих источников, и в связи с энергетическим использованием горячих вод проводились большие буровые работы (до глубины 1000—1300 м). Район является вулканически активным, извержения вулканов в его пределах отмечались неоднократно.

Источники и буровые скважины, расположенные вдоль восточного борта грабена на площа-

дах Ваймангу, Вайотапу, Охаки-Пул—Бродленде и Ротокава отлагают осадки, содержащие золото, а также ряд других элементов (табл. 18).

Б. Г. Вейсберг подробно описывает анализировавшиеся осадки. Они представляют собой красно-оранжевые аморфные массы, частично сцементированные кремнеземом (опалом). Мощности их различны, иногда трудно определимы (под поверхностью горячих вод), но обычно измеряются первыми миллиметрами. В более глубоко залегающих осадках наблюдаются отдельные выделения сульфидов: пирита, антимонита, реальгара, аурипигмента, определявшихся рентгеноструктурным и другими анализами.

Дополнительно к этим данным Б. Г. Вейсбергом приводится анализ содержания рассеянных металлов в горячих минеральных водах из скважины 2 Бродленде (табл. 19) и из Охаки-Пул. Результаты по обоим скважинам получились сходные. Из табл. 19 видно, что осадок чрезвычайно обогащается металлами по сравнению с исходным раствором. На этом основании Б. Г. Вейсберг считает, что высокие концентрации золота и серебра не обусловлены таковыми в рудообразующих растворах, но зависят исключительно от механизма концентрации. В данном случае этот механизм не выяснен, но кажется вероятным, что золото, серебро и таллий сосаждаются с сульфидом сурьмы, который действует как концентратор (collecting agent) и который сам осаждается, так как его растворимость уменьшается при остывании раствора от 250° С или более на глубине до 100° С и менее при выходе на поверхность.

Таблица 19

Содержание некоторых элементов в горячих растворах и их осадках по скв. 2 термального участка Бродленде

По Б. Г. Вейсбергу
(Weissberg, 1969)

Элемент	Содержание элемента, г/т		Общее количество элементов, г		Процент элемента, отложенного из раствора в осадок
	в растворе	в отложениях	в 5 кг осадка	в растворе, отложившем 5 кг осадка	
As	8	250	1,2	1 400 000	$9 \cdot 10^{-5}$
Sb	0,2	80 000	400	34 000	1,2
Tl	0,007	1 000	5	1 200	0,4
Ag	0,0006	200	1	100	1
Au	0,00004	55	0,28	7	4

Примечание. При расчете взято 5 кг осадка, исходя из того, что он покрывает площадь 50 м² слоем в 0,05 мм и плотность его 2,0. Это количество осадка отлагалось в течение трех недель при дебите источника $34 \cdot 10^4$ кг/час. Общий объем отложившегося осадок раствора составил при этом $17 \cdot 10^7$ кг.

Исходя из примерной скорости накопления осадка в скважине, ее дебита и содержаний металлов в осадке и горячем растворе, был проведен подсчет (см. табл. 19), показавший что далеко не весь

металл переходит в осадок при излиянии вод на поверхность, а только несколько процентов его общего содержания. По особому ведет себя мышьяк, содержание которого в растворе и осадке отличается сравнительно незначительно. Этот элемент переходит в осадок только в очень незначительной доле, что, согласно Б. Г. Вейсбергу, объясняется его большой растворимостью или способностью давать коллоидные растворы.

Исходя из определений содержаний золота в горячих водах, Г. Б. Вейсберг примерно рассчитывает, сколько необходимо раствора для формирования месторождения, содержащего около 30 т золота (1 млн. унций). Это количество оказывается равным 800 км^3 , что в сравнении с природными дебитами гидротермальных систем не так уж много. Например, естественный дебит системы Вайракай в 1951—1952 гг. до начала использования ее в качестве энергетического источника, составлял $1,6 \cdot 10^6 \text{ кг/час}$, или около $0,14 \text{ км}^3/\text{год}$. При этом для получения 800 км^3 растворов потребуется 57 000 лет. В действительности независимо от этого установлено, что эта система действует уже около 500 000 лет.

Все месторождения рудного узла Хаураки Г. Дж. Вилльямс объединяет в три группы:

- 1) бананцевые золотоносные жилы в пропилитизированных андезитах;
- 2) обогащенные серебром жилы в дацитовых порфиритах;
- 3) сульфидно-полиметаллические жилы в пропилитизированных андезитах.

Им охарактеризованы также отдельные жилы, залегающие в мезозойских породах, подстилающих третичные эффузивы, и рудные тела в наиболее молодых риолитах.

Приведем характеристику отдельных более крупных месторождений или геологически интересных их групп. К первой группе относятся из более крупных месторождения Коромандел и Темс, ко второй — Уайхи и к третьей — небольшое месторождение Те-Ароха.

Месторождение Коромандел (индекс 213134) находится в северной части пояса на западном берегу одноименного полуострова. Под этим названием выделяется площадь примерно $5,5 \times 7,5 \text{ км}$ в ближайших окрестностях г. Коромандел, на которой располагается серия кварцевых жил субмеридионального северо-северо-восточного простирания. В работе Г. Дж. Вилльямса геологической карты нет, и поэтому привести какие-либо сведения о структуре месторождения невозможно. Известно только, что большинство жил залегает в андезитах и отчасти дацитах первого периода внедрения, отдельные жилы есть и в подстилающих мезозойских осадочных породах.

Всего на месторождении добыто около 40 т золота, из них около 15 т в группе жил Хаураки. Это маломощные (в среднем 7—20 см) жилы с четкими контактами. Сложены они кварцем и пиритом с подчиненным количеством кальцита, арсенопирита и окислов марганца. Отношение $\text{Au} : \text{Ag} = 1 : 0,3$. Золото часто видимое невооруженным глазом. Большая часть золота была добыта из отдельных бананцев,

приуроченных к пересечениям или изгибам жил и прожилков. Между такими обогащенными участками, где содержание золота доходило до «унции на фунт» (около 7,5%) располагались протяженные участки с непромышленным оруденением, однако полной уверенности в том, что среди них отсутствуют обогащенные гнезда, нет.

К северо-востоку от жил Хаураки, примерно в 1,5 км, располагается группа жил Капанга, характеризующаяся сравнительно пологим (25—35°) падением. Жилы эти по падению переходили из пропилитов в мало измененные андезиты, а затем на глубине около 300 м вновь вошли в пропилиты. Это подчеркивает отсутствие прямой генетической связи процессов пропилитизации с оруденением. Состав руды в жилах Капанга очень близок с таковым в жилах Хаураки, отношение $Au : Ag = 1 : 0,4$. В обогащенных участках часто встречались самородный мышьяк и арсенопирит. Во вмещающих породах около богатых руд всегда наблюдалась интенсивная пиритизация.

Наиболее мощной жилой месторождения являлась Токатеа Биг-Риф (9—45 м), падающая под углом 45—65°. Эта жила пересекает как третичные андезиты, так и мезозойские породы основания. В месте контакта обеих толщ жила была обогащена галенитом и халькопиритом. Содержание золота в ней было бедное.

Месторождение Темс (индекс 2лп234) занимает площадь примерно 3×3 км². Жилы этого месторождения также приурочены к вулканитам первого периода внедрения, среди которых здесь выделяются: 1) комплекс измененных андезитовых и дацитовых лавобрекчий, сопровождаемых дайками; 2) небрекчированные андезиты, однородные в минералогическом отношении и относящиеся, по-видимому, к единому потоку. На жилы, локализованные в последних, приходится около 85% добытого золота.

На месторождении выделяется значительное количество жил, простирающихся за небольшим исключением субпараллельно в близком к меридиональному направлении, но падающих в разные стороны с общей тенденцией расхождения пучка жил книзу (рис. 56). Обогащенные участки жил размещаются почти исключительно в интервале 120—150 м от поверхности, причем намечается наличие пологопадающей зоны обогащения, расположенной почти перпендикулярно к залеганию жил. Возможно, что эта зона контролируется характером вмещающих пород, но точных данных нет. Мощность жил от 5 см до 1,2 м, встречаются раздувы до 9 м. Одинаково золотосны как мощные, так и весьма тонкие жилы.

Широко развиты на месторождении пострудные близкие к широтным сбросы, которые делят все рудное поле на три блока, жилы между которыми плохо увязываются. Не исключено дорудное заложение нарушений, так как к ним тяготеют обогащенные участки некоторых жил.

Большинство жил сложены гребенчатым кварцем. В пустотах кварца размещаются друзы анкерита и барита. Часто встречаются также метасоматические тела замещения.

Для месторождения Темс характерно, так же как и для Коромандел, бананцевое распределение золотого оруденения. Бананцы

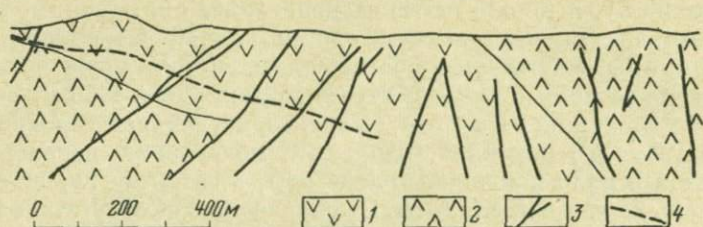


Рис. 56. Геологический разрез через месторождение Темс.
По Г. Дж. Вильямсу

1 — андезиты; 2 — андезитовые и дацитовые потоки и брекчи; 3 — кварцевые жилы; 4 — нижняя граница продуктивной на золото зоны

располагались в местах пересечений жил тектоническими нарушениями, в их разветвлениях и в других структурно благоприятных участках. В 1871 г. из одного обогащенного гнезда было добыто 9000 кг золота.

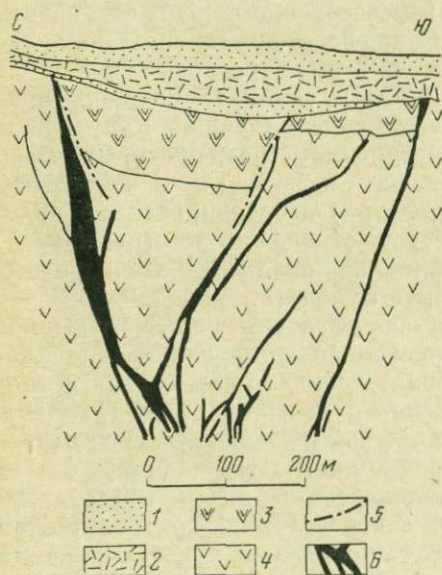


Рис. 57. Геологический разрез через месторождение Уайхи. По Г. Дж. Вильямсу

1 — почва, глина, песок, частично погребенные под эффузивами; 2 — риолиты; 3 — молодые андезиты; 4 — кварцевые андезиты; 5 — тектонические нарушения; 6 — кварцевые жилы (наиболее мощная жила — Марта)

Месторождение Уайхи (индекс 472234) является значительно более крупным по сравнению с другими. Оно обрабатывалось с 1878 по 1951 г. В сводке Г. Дж. Вильямса указано, что здесь добыто всего 1105 т «слитков» (bullion). Очевидно эта цифра суммарная для золота и серебра, так как общее количество золота, добытого в Хаураки, оценивается примерно в 270 т.

Жилы месторождения Уайхи приурочены к пироксеновым дацитам. Эти породы на отдельных участках перекрыты андезитами и риолитами второго и третьего периодов внедрения, в которых оруденение практически отсутствует, в связи с чем месторождение частично являлось слепым, перекрытым,

хотя главная жила Марта и выходила на поверхность и даже обрабатывалась открытым карьером в верхней части. Глубина от-

работки месторождения достигала 500 м, но уже на глубине около 300 м большинство жил выклинилось, сократилось в мощности или в них резко уменьшилось содержание золота.

Всего на месторождении известно 16 крутопадающих жил, связанных между собой апофизами. Наибольшая из них — Марта — представляет собой сложное ветвящееся тело и достигает в раздувах 25—30 м, длина ее 1500 м. Другие жилы являлись в основном ответвлениями от висячего бока главной жилы с обратным крутым падением. Таким образом, на данном месторождении намечается общая тенденция схождения жил книзу и веерообразное раскрытие их вверх (рис. 57). Благодаря нескольким различающимся простираниям жил они сходятся также по простиранию к юго-западу. Большинство жил не доходит до поверхности.

Строение жил полосчатое за счет широкого развития в различной степени замещенных кварцем включений вмещающих пород. Главным жильным минералом является кварц. Присутствуют также адуляр, серицит, хлорит, кальцит, родохрозит. Общее количество сульфидов в среднем 3%, согласно другим данным — до 10%. Среди сульфидов выделяются пирит, сфалерит, галенит; характерно значительное развитие арсениста. Золото обычно приурочено к пириту, очень мелкое, невидимое. Среднее содержание его около 12 г/т. В рудном концентрате отмечается небольшое содержание селена. Отношение Au : Ag составляет в руде от 1 : 3 до 1 : 4.

Ряд дополнительных сведений о данном месторождении, в частности, характеристика метасоматических изменений вмещающих пород, были приведены при общем описании рудного узла Хаураки.

Фиджи

Золотоносность островов Фиджи установлена в 1930 г. На о. Вити Леву здесь было открыто крупное и весьма интересное в геологическом отношении золоторудное поле Тавуа. Общей золотоносности Фиджи и главным образом геологии данного рудного поля посвящено большое количество работ (Blatchford, 1953; Cohen, 1962; Denholm, 1966, 1967₁, 1967₂; Ibbotston, 1965; Stillwell, 1949; Stillwell, Edwards, 1946; Taylor, 1953; Whitelaw, 1967), которые и положены в основу приводимого описания.

Геологическое строение островов Фиджи, согласно Дж. Ф. Тейлору, характеризуется преимущественным развитием третичных вулканитов, из под которых в центральной части наиболее крупного и лучше изученного о. Вити Леву выходят предположительно мезозойские толщи. Они относятся к серии ваинимала и представлены метаморфизованными эффузивами, туфами и осадочными породами. Эти отложения прорваны интрузивами группы коло (граниты, отчасти габбро). Согласно Дж. Ф. Тейлору, часть гранитов возможно древнее серии ваинимала, так как в конгломератах, относящихся к этой серии, встречаются гранитные обломки.

Отложению третичных вулканогенных пород предшествовал длительный период эрозии. Нижним членом третичных вулканитов является серия ватукоула — базальты, долериты и андезиты раннего миоцена. Они перекрыты андезитами сабето, частично содержащими прослой туфов и мергелей.

В среднем миоцене накопление вулканогенных пород прекращается, отлагаются осадочные толщи. Вначале это были грубообломочные базальные конгломераты ваинибука, выше — мелкообломочные конгломераты, песчаники и мергели серии вити, а еще выше (в позднем миоцене) — коралловые известняки.

К началу плиоцена относится третий период вулканической активности, в результате которого были отложены потоки андезитов и их агломераты и туфы (серия короаниту). Выше, уже, по-видимому, в начале плейстоцена отлагались конгломераты, песчаники, известняки (серии рева и куву), но в конце плейстоцена вновь наблюдалась вспышка вулканической деятельности с отложением основных лав серии каувадра. В пределах Фиджи отмечается два главных периода тектонической и магматической активности:

1) претретичный, имевший место, очевидно, в конце мезозоя, когда внедрялись интрузивные породы группы коло. В этот период отложения серии ваинимала были смяты в довольно сжатые складки и регионально метаморфизованы. Генеральное простирание складок север-северо-восточное. После «революции коло» имел место продолжительный период эрозии. Нижнетретичные отложения на островах Фиджи отсутствуют;

2) проявленный на границе среднего и верхнего миоцена — «революция вити». В результате движений этого этапа среднемиоценовые отложения смяты в складки с тем же простиранием осей, что и нижележащие отложения, но с более пологим залеганием слоев в крыльях.

Позднемиоценовые породы залегают горизонтально.

На карте полезных ископаемых, приложенной к статье Дж. Ф. Тейлора, показано 23 рудопроявления, но серьезное экономическое значение имеет лишь одно рудное поле Тавуа (индекс 465634), называемое также в литературе по названию кальдеры и населенного пункта Ватукоула.

Согласно Л. С. Денхолму, к 1967 г. это рудное поле дало около 90 т золота. Ежегодная добыча из него составляет примерно 3,5 т. В 1966 г. (Fiji, 1967) общие запасы золотосодержащих руд оценивались в 1170 тыс. т с содержанием около 13 г/т, что составляет около 15 т золота. Указано, что запасы эти могут быть, по-видимому, еще увеличены примерно до 25 т. Суммарных сведений о добыче серебра из месторождения не приводится, но, судя по данным за 1935—1951 гг. (Blatchford, 1953), отношение добытого золота к серебру составляло 3,6 : 1. Следовательно, общее количество добытого серебра может быть оценено в 24 т. К 1951 г., когда количество добытого золота составляло 39 751 кг, серебра было добыто 10 806 кг.

Общая характеристика рудного поля была приведена в 1953 г. А. Б. Блэтчфордом и значительно уточнена позднее Э. М. Коэном и Л. С. Денхолмом. По данным этих исследователей, месторождение приурочено к сложно построенной кальдере позднепалеоценового вулкана, отчетливо проявленной в рельефе (рис. 58). Сформированная первой кальдера имеет примерно округлую форму с диаметром 16 км, она окружена с запада, юга и востока возвышенностями с абсолютными отметками до 1000 м, а с севера, в сторону океана, открыта. В эту более древнюю кальдеру вложена еще одна, эллиптической формы, размером 6,5 × 5,0 км, к которой собственно и тяготеет месторождение.

Вулканические породы, слагающие кальдеру, датируются (в том числе и по определению абсолютного возраста калий-аргоновым методом) от раннего до позднего плиоцена. Наиболее ранние вулканические породы представлены оливиновыми базальтами и перекрывающимися их трахибазальтами, которые слагают крупный стратовулкан. Наличие радиальной системы базальтовых даек позволяет установить центр этого древнего вулкана, в пределах которого в настоящее время расположена кальдера. Суммарная мощность базальтовых потоков около 2400 м, причем верхние 300 м представлены трахибазальтами, локализованными в основном в восточной части площади.

После излияния базальтов в результате последовательной серии гравитационных обрушений была сформирована ранняя кальдера. Ее формирование сопровождалось поступлением андезитового материала, отлагавшегося в озерных условиях. По краям кальдеры располагаются «интрузивные агломераты», а внутренние части кальдеры выполнены перемежающимися пирокластами, эффузивами и в подчиненном количестве осадочными породами общей мощностью 1500—2000 м. Слоистость вулканогенных толщ, слагающих кальдеру, падает внутрь последней, имея в краевых частях крутые углы. На ранних стадиях изучения месторождения это служило основанием для вывода о наличии здесь синклинальной наложенной структуры.

Формирование кальдеры сопровождалось также интрузивной деятельностью, в результате чего были образованы радиальные и тангенциальные дайки мощностью 1,5—3 м, а также конические пластовые интрузии (cone sheets) мощностью 15—90 м, падающие к центру кальдеры под углом от 25 до 70°. По составу и дайки, и интрузии относятся к авгитовым андезитам.

После длительного периода покоя, в течение которого ранее сформированные вулканические сооружения были значительно эродированы, началась следующая стадия вулканической активности. Она выразилась в новых более локальных проседаниях в центральной части ранее сформированной кальдеры с образованием серии озер. Этому периоду сопутствовало внедрение вулканитов более кислого состава — биотитовых андезитов. Потоки их лав и пирокласты занимают в настоящее время внутреннюю кальдеру. Общая мощность пород, сформированных в эту фазу, 300 м. Одновременно,

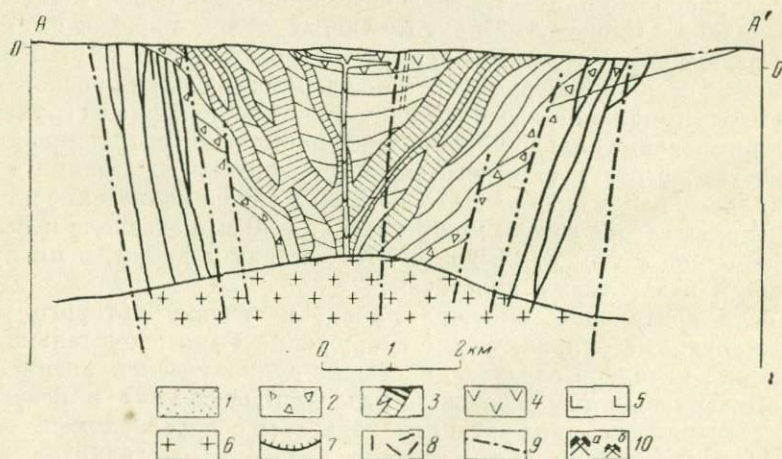
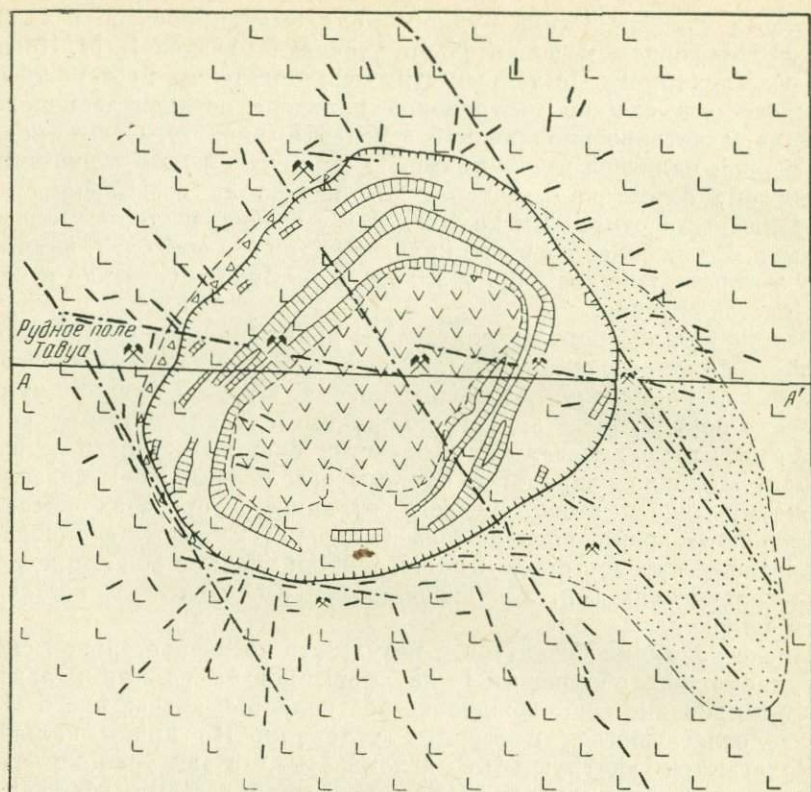


Рис. 58. Геологический план и разрез кальдеры Ватукоула и размещение в ее пределах золоторудных месторождений. По Л. С. Дензолму

1 — трахибазальты; 2 — интрузивные агломераты; 3 — андезитовые конические залежи; 4 — биотитовые андезиты; 5 — базальты; 6 — магматический резервуар; 7 — контур кальдеры; 8 — дайки; 9 — главные зоны расслаивания; 10 — золоторудные месторождения: а — главные, б — прочие

как в пределах кальдеры, так и по ее периферии происходило внедрение даек биотитовых андезитов в более древние базальты с сохранением в основном того же радиального расположения, которое было характерно для древних даек как базальтов, так и авгитовых андезитов. Наряду с дайками формировались отдельные некки монцитов и порфиритов.

Интересной особенностью пород описанной последней фазы вулканизма является их обильная пиритизация. Бурением пересечена одна зона пиритизированных пород с содержанием серы до 13%.

Все исследователи рассматривают общую эволюцию вулканизма кальдеры Ватукоула как процесс дифференциации единого очага базальтовой магмы. Более поздние дифференциаты этого очага имели более кислый состав и в них накапливались летучие компоненты, золото и соединения теллура.

Рудоносные структуры были сформированы после завершения вулканической активности территории. Главные рудные тела размещаются в юго-западной части площади за пределами кальдеры, в однородных массивных базальтах. Они прослежены также и во внутренней части кальдеры, где залегают в пирокластах как авгитовых, так и базальтовых андезитов.

На рудном поле выделяют три главных типа рудоконтролирующих структур: 1) крутопадающие разломы северо-западного простирания; 2) пологие структуры — залежи (flatmakes); 3) структуры дробления.

В крутопадающих разломах рудные жилы, как правило, приурочены к сорванным контактам даек и четко контролируются последними. Наиболее крупным рудным телом этого типа является жила Кроун, прослеженная по горизонтали на 750 м, а по вертикали на 360 м. В других случаях рудовмещающие разломы не связаны с дайками, но включают рудные тела в местах пересечения с конической интрузией андезитов (жила Хоумворд Баунд).

Для месторождения характерно наличие пологих рудных залежей, к которым относятся залежь Принс-Долфин, 608 и другие более мелкие. Залежь Принс-Долфин имеет длину 1650 м по горизонтали и протяженность по падению около 1500 м. Она простирается в юго-восточном направлении и падает под углом 25—30° на восток, т. е. в сторону центральной части кальдеры. При пересечении этой рудной залежью даек последние смещаются на расстояние до 6 м. При этом в местах пересечения залежи с дайками локализуются обогащенные золотом участки (рис. 59). Причины этого остаются не выясненными. Л. С. Денхолм высказывает предположение о возможности как механического влияния даек на приоткрытие трещин, так и изменения физико-химических условий рудоотложения в местах пересечения.

По мнению Л. С. Денхолма, пологие структуры были заложены как трещины разрыва в базальтах по периферии кальдеры при проседаниях, приведших к ее формированию. Смещения по пологим зонам более поздние.

Наибольшие количества золота на месторождении добываются из рудных тел, контролируемых структурами дробления. Эти структуры представляют собой изометричные или близкие к изометричным штокверки кварцевых рудных прожилков, развитые на пересечении различных рудных зон.

По данным Л. С. Денхолма, главными условиями локализации рудных столбов на месторождении являются следующие:

- 1) общее дробление пород;
- 2) наличие благоприятных пород — андезитовых даек и интрузий;
- 3) эффекты пересечения не только потенциально рудоносных зон с дайками, но и рудоконтролирующих структур друг с другом;

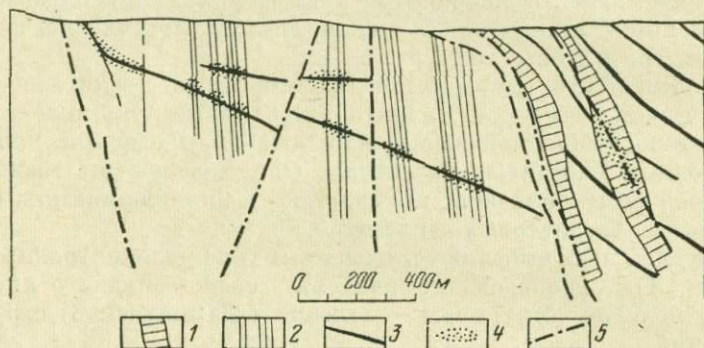


Рис. 59. Геологический разрез через рудное поле Тавуа
По Л. С. Денхолму

1 — андезитовые залежи; 2 — свиты даек; 3 — пологие рудные залежи; 4 — рудные столбы; 5 — тектонические нарушения

4) наличие некоторых пепловых прослоев, которые, возможно, оказывают благоприятное воздействие на локализацию золота (вопрос этот требует дальнейших исследований);

5) наличие на месторождении зональности отложения.

По последнему пункту приводятся следующие интересные данные. Наиболее вскрытая на глубину жила Кроун на 1750 футов (525 м) от поверхности становится непромышленной. При этом рудное тело продолжается, но теллуриды золота сменяются теллуридами серебра и сульфидами. Вероятно аналогичные явления могут наблюдаться и в других жилах.

В отношении состава руд месторождения Тавуа данные несколько более ограничены, чем в отношении его общего геологического строения. Согласно Ф. Л. Стиллвеллу, А. Б. Блэтчфорду и Э. М. Коэну, главными жильными минералами являются кварц и кальцит, часто марганцовистый. Кварц в мощных жилах массивный, во внутренних частях жил образует щетки крупных эвгедральных кристаллов. Большинство тонких жил сложены только гребенчатыми агрегатами кристаллов кварца, нарастающих на стенки трещин.

Промежутки между кристаллами кварца заполнены рудными минералами.

Из рудных минералов наиболее распространены пирит, марказит, арсенопирит. В подчиненном количестве встречаются халькопирит, тетраэдрит, сфалерит, борнит, халькозин, пирротин, ковеллин, галенит, самородный теллур, сильванит, гессит, самородное золото. В качестве единичных находок встречены антимонит, колорадоит и мелонит. В базальтах присутствует также самородная медь. К сожалению, общее среднее количество рудных минералов не указывается, но, например, согласно Э. М. Коэну, в жиле Кроун и залежи Принс-Долфин теллуриды нередко слагают значительные по мощности прожилки в кварцевых жилах.

Первыми по времени из рудных минералов отлагались пирит и пирротин, затем арсенопирит. Как пирит, так и арсенопирит золотоносны. Отлагаются они главным образом метасоматически во вмещающих породах. На месторождении наблюдаются жилы брекчиевой текстуры, в которых обломки сложены пиритизированными и арсенопиритизированными породами. На эти обломки нарастают щетки кварцевых кристаллов, а промежутки между последними выполнены теллуридами.

Главное количество золота связано с теллуридами и самородным теллуrom. Последний иногда содержит до 0,1% (1000 г/т) золота. Ф. Л. Стиллвелл описал присутствие в месторождении следующих теллуридов: колорадоита, мелонита, сильванита, гессита. Дополнительно Н. Маркхам указывает на присутствие креннерита, эмпресита, ретцита и еще одного точнее не диагностированного теллурида. Распространен также самородный теллур. Теллуриды развиты в виде мелких эвгдральных кристаллов с хорошо развитыми кристаллографическими формами, что может явиться подтверждением близповерхностных условий формирования месторождения. Н. Л. Маркхам сопоставил теллуриды месторождения Тавау с таковыми из Калгурли. Более подробно его представления и дискуссия в связи с ними будут изложены в заключительном разделе данной работы, где сопоставляются проявления разновозрастной золотой минерализации.

Л. Ф. Стиллвелл определяет температуру формирования рудных минералов месторождения Тавау интервалом от 600° до 100° С.

Вмещающие породы около золотоносных жил обычно осветлены. В них развиваются вторичный кварц, пирит и карбонат. Более детальные описания окolorудных изменений отсутствуют; имеется только интересная работа П. Ибботсона (Ibbotson, 1965), посвященная вторичной минерализации в вулканогенных породах месторождения, непосредственно не связанной с оруденением. Рассматривая южную ближайшую периферию кальдеры Вагукоула, этот исследователь отмечает развитие в вулканогенных породах наложенной цеолитовой минерализации, причем выделяет пять минеральных ассоциаций:

- 1) томсонит-мезолит-кальцитовую,

- 2) шабазит-натролит-кальцитовую,
- 3) анальцим-шабазит-натролит-сколецит-кальцитовую,
- 4) натролит-мезолит-кальцитовую,
- 5) шабазит-мезолитовую с подчиненным развитием натролита и кальцита.

Им откартировано распространение различных ассоциаций, причем установлена зависимость этого расположения от зон концентрации даек, комагматичных с эффузивами. В местах наибольшего сгущения даек распространена томсонит-мезолит-кальцитовая ассоциация, там, где сеть даек реже — шабазит-натролит-кальцитовая, а вне поясов даек — анальцим-шабазит-натролит-сколецит-кальцитовая. Исходя из того, что оливиновые базальты, на которые наложена цеолитовая минерализация, однородны по химическому и минеральному составу, указанная зональность по П. Ибботсону, объясняется температурным прогревом пород в связи с внедрением даек.

Отметим в заключение еще несколько геологических особенностей месторождения Тавау. В пределах рудного поля, так и в его окрестностях отмечается поступление горячих вод. Они заметно минерализованы и содержат, согласно А. Б. Блэтчфорду, (в г/л): Cl — 4,8, SO₄ 6,45, CO₂ 2,4, Na 3,26, Ca 3,45, Mg 0,43. Температура воды 41° C, давление 14,6 кг/см², pH 7,3. К сожалению, данных о содержании в водах цветных металлов и золота не приводится.

Заслуживает внимание также указание на наличие на месторождении Тавау помимо жильного оруденения больших запасов бедных (очевидно вкрапленных) руд, которые пока не разрабатываются из экономических соображений.

Большинство исследователей высказывается весьма оптимистично в отношении открытия на рудном поле новых рудоносных участков как в пределах кальдеры, так и в ее ближайшей периферии. В настоящее время наряду с эксплуатацией месторождений продолжают разведочные работы. Интересно, что при разведке пологих залежей на месторождении успешно используется ударное бурение.

Новая Гвинея и прилегающие к ней острова¹

Территория о. Новая Гвинея и прилегающих к нему мелких островов в геологическом отношении выделяется среди рассматриваемой части Тихоокеанского пояса кайнозойского тектогенеза. Они сложены в основном докайнозойскими породами и включают лишь отдельные участки, перекрытые молодыми вулканогенными отложениями, а также осадочными породами, среди которых нередки обломочные, в том числе и крупнообломочные фации. Третичные и более молодые изверженные породы присутствуют здесь в основном в виде штоков и даек — корней эродированных покровов эффузивов. Такое

¹ Хотя Новая Гвинея и Индонезия не входят в состав Океании, они рассматриваются в данной работе, поскольку близки в отношении металлогении золота.

положение хорошо согласуется с положением Новой Гвинеи против выступающего угла Австралийской платформы в приподнятой части пояса. Оно очень четко отражается также на металлогении данной территории.

Всего на о. Новая Гвинея к настоящему времени учтено около 114 т добытого золота, причем подавляющая часть этого количества (около 100 т) приходится на россыпи. Н. Х. Фишер (Fisher, 1945), специально изучавший характер золота в россыпях Новой Гвинеи, пришел к выводу о наличии в них золота как из эпитермальных месторождений позднеплиоценового возраста с пробой 500—620, так и из мезотермальных мезозойских месторождений с пробой 850—930. Использование пробы золота в россыпях для выводов о типах коренных источников обосновывается им сопоставлением с большим количеством данных по мировым месторождениям. К сожалению, сделать из работы Н. Фишера выводы о количественных соотношениях древнего и молодого золота в коренных источниках нельзя.

Имеющиеся на территории Новой Гвинеи коренные месторождения кайнозойского возраста интересны тем, что они в основном приурочены к дотретичному структурному ярусу. В связи с этим они значительно отличаются от месторождений, непосредственно залегающих в кайнозойских вулканитах. Как указывают П. Б. Ней и Н. Х. Фишер в своем экономическом обзоре (Nye, Fisher, 1954), единственным значительным по размерам коренным месторождением золота Новой Гвинеи является Эди-Крик, расположенное в центральной части золотоносной площади Мороби. Согласно Н. Х. Фишеру (Fisher, 1939), район сложен в основном различными сланцами и филлитами домезозойского и мезозойского возраста. Имеются батолитические интрузии гранодиоритов. Из более молодых пород присутствуют небольшие интрузивные тела третичных порфиров: кварцевых, биотитовых, роговообманковых и полевошпатовых. Эти тела имеют 0,5—1,5 км в поперечнике и развиваются на фоне общей вулканической активности территории с формированием в локальных ее участках (очевидно в грабенах) лав, туфов и других вулканитов.

Коренная золотоносность представлена следующими морфологическими типами:

1) прожилками Эди-Крик. Мощность их редко больше 2,5 см и присутствие устанавливается только по обломкам в россыпях. О составе их ничего не сообщается;

2) жилами Эди-Крик мощностью до 1 м, представляющими собой основной объект коренной золотодобычи, давшей за все время эксплуатации около 6 т золота (рудник был разрушен японцами во время оккупации территории). Жилы сложены кварцем, кальцитом и родохрозитом. Из рудных минералов присутствуют пирит, сфалерит, галенит, стефанит, халькопирит, тетраэдрит. Содержание золота у поверхности 15—30 г/м, в неокисленной руде оно обычно непромышленное. У поверхности наблюдалось также очень высокое содержание серебра (более 3000 г/м);

3) жилой Дей Даун, которая также разрабатывалась, и в некоторых местах у поверхности была очень богатой. Проба золота в ней 490—540;

4) пологой залежью Голден-Ридж, сложенной кальцитом, кварцем и марганцовистыми минералами. Проба золота 600.

Вмещающими породами для большинства рудных тел являются филлиты. В пределах зоны распространения коренного оруденения и золотоносных россыпей шириной 2,5—3 км эти филлиты превращаются в мягкие глиноподобные породы. При этом биотит преобразуется, согласно Н. Х. Фишеру, в хлоритоид и каолиноподобный минерал, который он называет анокситом (устаревший термин). Развивается также цоизит, а полевые шпаты полностью серицитизируются. Указанные преобразования затрагивают также третичные порфиры. Н. Х. Фишер считает, что метаморфизующими агентами являлись поздние вулканические погоны. Изменения, которые в целом, если бы они развивались в вулканогенных породах, были бы отнесены к пропилитизации, успешно используются в качестве поискового признака на коренное оруденение и россыпи. В непосредственном контакте с жилами на них накладывается локальный метасоматоз, представленный незначительным окварцеванием, хлоритизацией и главным образом импреньяцией пиритом. Этот комплекс изменений макроскопически почти не проявлен и поэтому поисковое значение его ограничено.

Последнее время в Новой Гвинее описана новая золотоносная площадь Каинанту, расположенная непосредственно севернее рудного узла Мороби (Dow, Plane, 1965). Здесь также преобладают россыпи, из которых было добыто около 500 кг золота, 30 кг серебра и 0,06 кг платины. Коренное месторождение Барола-Риф дало всего 1,1 кг золота. В данном районе также широко развиты докайнозойские (предположительно палеозойские) породы, на которые налагают вулканы и осадочные третичные отложения. Месторождение представлено телом гранатовых (андрадитовых) пород в плиоценовых андезитах серии айфунка. Тело гранатовых пород имеет мощность до 5 м, пологое падение. Наиболее высокое содержание золота приурочено к крупнокристаллическому гранату, благоприятно также присутствие магнетита. В руде указывается наличие еще эпидота, пирита, кварца, хлорита, кальцита, окислов марганца. Золото свободное, проба его 870—930. В соседних россыпях проба золота колеблется от 672 до 930.

На примыкающих к Новой Гвинее с востока островах архипелагов Бисмарка и Лузиада и на Соломоновых островах добыча золота проводилась в очень небольших количествах, порядка сотен, иногда первых тысяч килограммов. Преобладало россыпное золото. Наибольшая добыча была на о. Мисима в архипелаге Лузиада. Золотоносность этого острова охарактеризована Ф. Кайзером (Keuser, 1961), согласно данным которого о. Мисима сложен в основном глубоко метаморфизованными породами неизвестного возраста, перекрытыми на северо-востоке третичными отложениями мощностью

до 390 м и окруженными на юге и востоке четвертичными коралловыми рифами, приподнятыми до 420 м. Главным коренным месторождением острова является Умуна, давшее около 4 т золота.

Индонезия

Геолого-экономическая характеристика территории Индонезии наиболее полно дана Р. Ван Беммеленом во второй части его монографии «Геология Индонезии» (Bemmelen, 1949). На русском языке соответствующие материалы суммированы Е. И. Марковой и Е. В. Орловой (1956). Всего к 1968 г. в Индонезии добыто около 130 т золота, преимущественно из коренных месторождений. Более 80% золота и почти все серебро, полученные в Индонезии, добыты на Суматре, а в пределах последней — в районе Бенкулен.

Месторождение Лебонг Донок начало разрабатываться в 1897 г. и к 1941 г. было выработано; из него было добыто 41 533 кг золота и 228 762 кг серебра. Месторождение приурочено к одной из многочисленных на Суматре вулканотектонических депрессий размером 6×13 км, выполненной эффузивно-осадочными породами формации телеса миоценового возраста. Из эруптивных пород наиболее древними являются дациты, которые образуют небольшие тела, частично слепые. Моложе их дайки андезитов меридионального простирания, еще моложе андезитовые брекчии.

Месторождение представлено жилой Лебонг Донок юго-восточного простирания, падающей на северо-восток под углом 75° , осложненной крупными пострудными смещениями. В жиле имеется один рудный столб в виде обращенного вершиной вниз треугольника, расположенный в контакте дацитового штока. Длина столба 300 м, мощность от 5 до 20 м. Для состава жилы характерно очень малое развитие сульфидов и наличие некоторых редких минералов. Жила сложена кварцем, халцедоном, кальцитом, редким магниезиальным цеолитом — трукоттитом, минералами селена, среди которых определены агвиларит (Ag_4SeS) и берцелианит (Cu_2Se), самородным золотом, серебром, пиритом, халькопиритом, сфалеритом. Галенит полностью отсутствует. Агвиларит золотоносен. Он выделяется в виде дендритов в кварце. Содержание селена в руде 3,8%. Отношение золота к серебру в руде устойчиво и равняется 1 : 6—7.

Месторождение Симау дало золота 37 674 кг, серебра 42 033 кг. Месторождение слагают следующие породы (от древних к молодым): 1) гранодиориты, 2) «древние» андезиты, дорудные интенсивно пропилизированные, местами окварцованные, 3) трахиты и трахитовые брекчии, 4) среднетретичные осадочные породы, 5) «молодые» андезиты более основного состава, чем «древние», свежие. Рудные жилы формировались после отложения осадочных пород, но до «молодых» андезитов.

На месторождении известно 10 жил, из которых главная — Танданберг — дала около 57% всей продукции. Жилы сложены в основном кварцем, имеют брекчиевую, местами полосчатую текстуру.

Кроме кварца в жилах присутствуют кальцит и цеолиты. Количество сульфидов составляет от 1% до 4—5%. Из них развиты пирит, сфалерит, галенит, халькопирит, персеит, полибазит, аргентит. Кроме того, характерно наличие селенида серебра агвиларита и электрума. Отношение золота к серебру изменяется от 1:1 до 1:2,5—5 и даже 1:30, в среднем для месторождения оно составляет 1:14. Количество серебра возрастает с глубиной.

На прочих островах Индонезии добыча золота была во много раз меньше, чем на Суматре. Общая добыча золота на них остается неясной, так как добывали его с давних времен, когда статистики не существовало и даже названия островов были часто перепутаны.

На Калимантане (Борнео) общая добыча золота может быть оценена в 4—5 т. Здесь имеются еще разработки китайцев XIII в., велась отработка местными и европейскими компаниями. Главная добыча производилась из россыпей, очевидно в пределах области мезозойской складчатости, о чем упоминалось выше.

На Сулавеси (Целебесе) были известны отдельные месторождения золота с добычей в 6500 кг золота (Палелех), 5000 кг золота и 4000 кг серебра (Баланг Монгондау), 4000 кг золота (Тоток). Ван Беммелен указывает, что все месторождения были закрыты с большими убытками. Никаких сведений о геологии месторождений им не приводится.

На Яве имеется ряд небольших коренных месторождений золота и довольно много мелких россыпей. В районе Южный Бантам в западной части южного берега острова у г. Байя развиты жилы, сложенные кварцем, кальцитом, родохрозитом, залегающие в пропилитизированных андезитах и трахитах нижнего миоцена и их туфах. В жилах указывается присутствие пирита, сфалерита, галенита, халькопирита, аргентита, пираргирита, электрума.

На о. Тимор известны только золотоносные россыпи. Коренные породы острова представлены кристаллическими сланцами с отдельными непромышленными пиритсодержащими жилами. Очевидно геологические условия и особенности металлогении здесь ближе к описанной выше территории Новой Гвинеи.

ГЛАВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗОЛОТОНОСНОСТИ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИХ ПРОВИНЦИЙ АВСТРАЛИИ И ПРИЛЕГАЮЩИХ К НЕЙ ТЕРРИТОРИЙ

В сводной статье по золоторудным месторождениям Австралии, рассматривая наиболее насыщенные золотом площади материка — Йилгарнское ядро архейского щита и пояс герцинид Виктории — Дж. Д. Кемпбелл подчеркивает общность докембрийской и герцинской золотоносных провинций. «Несмотря на различие в возрасте, имеется много общего в обеих системах. В обоих случаях рудоотложение связано с гранитными интрузиями, сопровождающими главные орогенические движения. Соотношение оруденения с гранитными интрузиями близко в обоих случаях: часть важной золотой

минерализации встречается в гранитных породах, хотя обычно и вблизи от контактов с вмещающими породами.

В палеозойской минерализации ассоциация золота с кварцевыми жилами почти универсальна. В докембрийской также преобладает тенденция связи золота с кварцем, но есть много исключений, наиболее примечательное — Калгурли. В целом золото из обеих систем свободное, но в докембрийской теснее ассоциация части золота с пиритом, пиррогином и арсенопиритом. С другой стороны, ассоциация золота с сульфидами меди и сурьмы более распространена в палеозое, чем в докембрии» («Geol. Austr...», 1965, стр. 33).

Автор считает, что наряду со сходством разновозрастных золотоносных районов и месторождений у них имеются значительные различия. Они усугубляются тем, что представления о связи золотого оруденения архейского щита с гранитными интрузиями, аналогичные тем, какие имеют место для пояса герцинид, вряд ли справедливы.

Интенсивность золотоносности. По общему количеству добытого золота и плотности золотоносности резко выдающееся положение занимает герцинский складчатый пояс Восточной Австралии. Особенно насыщена золотом южная часть этого пояса, приходящаяся на штат Виктория и локализованная на участке намечающихся широтных осложнений меридионального пояса герцинид. Провинция нуклеарного ядра Западно-Австралийского щита и пояса мезокайнозойского тектогенеза (позднего неохрона) также отличаются значительной золотоносностью, хотя и заметно уступающей таковой пояса герцинид.

Области байкальской и протерозойской складчатости во много раз беднее золотом, чем указанные выше территории. Это соотношение может быть несколько изменено за счет новых открытий, которые особенно вероятны в северной части Австралийского щита, очень мало освоенной и в значительной части перекрытой рыхлыми отложениями, но главные тенденции распределения золота вряд ли изменяются.

Соотношения золота, добытого из россыпей и коренных месторождений, закономерно изменяются в разновозрастных провинциях. На архейском щите, так же как и на большинстве других щитов мира, развиты почти исключительно коренные месторождения золота, а россыпи отсутствуют. Малое развитие россыпей характерно также для областей наиболее молодой кайнозойской золотоносности. Наибольшее абсолютное и относительное количество золота добыто из россыпей в пределах герцинского золотоносного пояса Восточной Австралии.

Размещение месторождений. На территории Австралии общее линейное размещение золотоносности с наличием на фоне этого линейного размещения отдельных обогащенных золотом узлов в той или иной мере характерно для всех провинций. Наименее четкая общая картина локализации золоторудных месторождений наблюдается для кайнозойского пояса, что связано, по-видимому, с

разобщенностью здесь золотоносных территорий водными пространствами Тихого океана. Характерна обычная приуроченность к центральным частям узлов наиболее крупных месторождений с постепенным затуханием золотоносности от них в стороны.

Структурный контроль размещения золоторудных месторождений для разновозрастных металлогенических провинций существенно различен. В пределах архейских щитов ведущей является приуроченность месторождений к синклинальным прогибам — трогам. В области герцинид главными рудоконтролирующими структурами служат сложно построенные антиклинорные структуры. Месторождения в наиболее молодых кайнозойских провинциях контролируются в основном разломами, в их размещении большую роль несомненно играют также не только тектонические, но и вулканические структуры центрального типа.

Типы месторождений. В разновозрастных золотоносных провинциях Австралии и ее обрамления выделяются как сквозные типы, единые для всех провинций, так и специфические. К сквозным относятся золото-кварцевая и золото-сульфидная формационные группы. Они распространены как в архейской, так и в самых молодых провинциях. Для архейской металлогении специфично сульфидно-вкрапленное оруденение в железистых кварцитах, довольно широко распространенное.

Уникально по типу месторождение Калгурли, представляющее собой зону существенно теллуридовых вкрапленных руд в зеленокаменных породах. Говорить, однако, о типичности подобных месторождений вообще для металлогении архейских щитов не приходится, так как подобных месторождений больше не описано не только в областях молодой складчатости, но и на других древних щитах.

Такие типы месторождений, как скарновый с наложенной золотой минерализацией, меднопорфировый золотоносный специфичны для герцинской металлогении. По морфологии рудных тел для нее очень типичны сложные жилы и жильные зоны, подчиненные слоистости вмещающих осадочных толщ с образованием послойных, в том числе седловидных жил.

Для провинций кайнозойской металлогении характерны халцедоново-кварцевые формационные группы, сформированные в близповерхностных условиях. Количество сульфидов в этих месторождениях довольно разнообразно. Месторождения близповерхностного типа появляются уже в герцинской металлогенической провинции, где формировались на заключительных стадиях орогенного этапа развития.

Разновозрастные золотоносные провинции очень четко различаются по вмещающим оруденение толщам. Месторождения архейского щита локализованы почти исключительно в зеленокаменно измененных основных вулканитах. Весьма характерными, хотя и не столь широко распространенными вмещающими породами для архейских месторождений являются железистые кварциты. Начиная с байкальского времени и особенно в герцинской золотоносной про-

винции Восточной Австралии ведущими вмещающими породами служат осадочные терригенные толщи: песчаники, алевролиты, глинистые сланцы, филлиты. Большое значение в качестве рудовмещающих в этих провинциях имеют также гранитоидные массивы. В кайнозойских провинциях восточного и северного обрамления Австралии наиболее распространенными вмещающими породами вновь, как и в архейских, становятся вулканогенные образования. Они не несут региональных зеленокаменных изменений и относятся в основном к андезитовому ряду.

В целом наиболее разнообразно по типам оруденение раннего неохрона (герцинской металлогенической провинции), в то время как в археохроне и позднем неохроне формировалось более однотипное оруденение.

Минеральный состав руд. Рудные минералы в месторождениях разновозрастных провинций Австралии сходны. Однако можно говорить об определенных тенденциях в их распределении. Так, для архейской провинции мало характерны минералы вольфрама, молибдена, висмута и мышьяка; очень характерны теллуриды. Для герцинского пояса типичен более широкий набор рудных минералов, в том числе содержащих вольфрам, молибден и висмут. В молодой кайнозойской металлогении вновь значительная роль принадлежит теллуридам.

Рассматривая вопросы специфики состава месторождений различных по возрасту металлогенических провинций, интересно привести данные Н. Л. Маркхама (Markham, 1960), который детально изучал и сопоставлял теллуриды в Ватукоула и Калгурли — наиболее крупных и типичных представителях позднего неохрона и археохрона.

Н. Л. Маркхам отмечает следующие типичные черты для Калгурли (а также месторождений Канадского щита — Поркьюпайн и Керкленд-Лейк, данные по которым привлечены им для сопоставления):

1) малая распространенность самородного теллура и присутствие самородного золота;

2) наличие в качестве стабильной формы соединения $AuTe_2$ калаверита, а не креннерита;

3) широкое распространение теллуридов ртути, свинца, меди и висмута;

4) отсутствие хорошо образованных кристаллографических форм теллуридов, которые выделяются в виде сплошных мелкозернистых масс.

По его данным для месторождения Ватукоула (Тавуа), а также других третичных месторождений — Крипл-Крик и Голдфилд в США, Нагиаг и Сакарэмб в Европе, характерно следующее:

1) распространенность самородного теллура и сивьянита и редкая встречаемость свободного самородного золота;

2) подчиненное развитие теллуридов других, кроме золота, металлов;

3) преобладание креннерита над калаверитом;

4) наличие хорошо образованных кристаллов теллуридов.

Н. Л. Маркхам приходит к выводу, что условия рудообразования на месторождении Ватукоула отличались более низкими температурой и давлением, чем в Калгурли. Он считает, что жильная система Калгурли была термодинамически открытой в отношении теллура, в то время как в Ватукоула теллур являлся устойчивым компонентом.

Правда, согласно Л. Дж. Кабри (Cabri, 1965₁, 1965₂) креннерит не является полиморфной модификацией калаверита, а представляет собой самостоятельный минерал с формулой Au_4AgTe_{10} , стабильным до 385° С. Следовательно, присутствие его не может указывать на низкую температуру формирования месторождения.

Особенности золота в рудах. Проба золота в месторождениях разновозрастных металлогенических провинций различна, но в целом понижается в более молодых месторождениях (табл. 20). Однако и для месторождений кайнозойского возраста иногда характерно

Таблица 20

Пробы золота в разновозрастных месторождениях Австралии и прилегающих к ней территорий

Возраст оруденения	Месторождение	Проба золота
Архейский	Калгурли	910—999
	Кулгарди	882—972
	Микатарра	Средняя 900
Протерозойский	Теннант-Крик	950—985
Палеозойский	Бендиго	940—980
	Балларат	980
	Гимпи	820
	Чартерс-Тауэрс	760—860 (средняя 825)
	Вудс-Пойнт и Уолхалла	773—802
	Лох-Файн	830—870
	Глен-Уилс-Саннисайд	800
	А-1	960—970
Кайнозойский	Кракоу	700—750
	Маунт-Кулон	450—839
	Кройдон	526—737
	Ватукоула	910—950
	Темс	625—750 (средняя 670)
Кайнозойский	Карангахак	645—850
	Вайхи-Бич	500
	Редьянг-Лебонг	500—600
	Мангана	500—600
	Симау	600

золото весьма высокой пробы, как это отмечено на рудном поле Ватукоула. Возможно в ряде месторождений золота проба его повышается при последующих процессах метаморфизма руд.

Крупность выделений золота не зависит от возраста месторождений, а является функцией состава руд, в частности, количества в них сульфидов. Наиболее крупное золото встречается в малосульфидных месторождениях герцинского пояса Восточной Австралии (штат Виктория).

Для Австралии и ее обрамления наряду с возрастными особенностями золотоносных провинций установлена геохимическая специализация отдельных территорий. Наиболее характерным примером такой специализации является распространение селенидов только в Индонезийской части Тихоокеанского пояса. Повышенное содержание селена в золотых рудах характерно здесь не для одного какого-нибудь месторождения, а в целом для провинции.

К востоку от приподнятого блока Новой Гвинеи эта геохимическая специфика прекращается, и далее в пределах Тихоокеанского пояса (месторождения Фиджи и Новой Зеландии) селеновая минерализация отсутствует, а характерным является присутствие в золотых рудах теллуридов.

Геохимической специализацией возможно частично объясняется и повышенное содержание теллура в золоторудных месторождениях Западно-Австралийского щита, при малом распространении в развитых на нем месторождениях мышьяковой минерализации.

Связь золотого оруденения с магматизмом. Для провинции архехрона Австралии наиболее вероятна связь золотого оруденения с дайками плагиоклазовых порфиров или альбитофиров, которые могут рассматриваться в качестве дифференциатов основной магмы, давшей рудовмещающие вулканогенные толщи. Специальных исследований в этом направлении опубликовано не было.

В герцинской золотоносной провинции Восточной Австралии более вероятна связь оруденения с гранитоидным магматизмом. Хотя пространственного совмещения большинства месторождений с выходами гранитов не наблюдается, о генетической связи может говорить прежде всего приуроченность как массивов гранитоидов, так и золоторудных месторождений к единым крупным антиклинорным структурам. О их связи свидетельствует также наличие месторождений с наложением золотой минерализации на скарны. О генезисе и формационной принадлежности самих гранитоидов данных недостаточно.

Наиболее четко проявлена связь оруденения с магматизмом для месторождений позднего неохрона — пояса кайнозойского тектогенеза. Размещение месторождений этого пояса в пределах вулканических аппаратов центрального типа и несомненная близость во времени формирования таких аппаратов и оруденения говорит за их генетическую связь. Указанные вулканические аппараты сложены магмой основного состава с отчетливо выраженной дифференциацией, но весьма ограниченным распространением кислых пород.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор золотоносности двух континентов, предпринятый в данной работе, показывает наличие для них в целом единой направленности металлогенического по золоту развития земной коры. В сопоставлявшиеся крупные отрезки геологического времени на том и другом континентах наблюдались сходные геологические условия и соответственно общие или близкие закономерности размещения золоторудных районов и узлов.

Выделяются следующие крупные группы металлогенических по золоту провинций.

1. Металлогенические провинции археохрона — ядерных частей древних щитов, характеризующиеся приуроченностью золотоносности к крупным вулканогенным прогибам и связью золотого оруденения с кислыми поздними дифференциатами основной магмы, родоначальной для вулканических толщ, заполнявших эти прогибы.

2. Металлогенические провинции мезохрона — обрамления древних ядер, для которых характерно накопление золота в стратифицированных, впоследствии метаморфизованных месторождениях, иногда очень крупных размеров.

3. Металлогенические провинции раннего неохрона — собственно геосинклинального этапа развития Земли, для которых характерны наиболее разнообразные по типам месторождения золота, в основном генетически, связанные с гранитоидным магматизмом.

4. Металлогенические провинции позднего неохрона — зон тектонической или магматической активизации, золотоносность которых связана с развитием наземного вулканизма андезитового ряда.

Для каждой группы провинций устанавливаются характерные особенности структурного контроля золотого оруденения и определенные типы месторождений золота. Наряду с этим повсеместно устанавливаются и сквозные, единые для различных возрастных групп провинций черты месторождений золота, а также некоторые их характерные региональные признаки.

На основании проведенного обзора устанавливается ведущая роль основной магмы в качестве рудогенерирующей для месторожде-

ний золота. Непременным условием при этом является глубокая дифференциация этой магмы с появлением ее кислых дифференциатов. В случае предполагаемой или установленной генетической связи золотого оруденения с гранитоидами, последние, как правило, также оказываются производными основной магмы.

Ряд вопросов по общей металлогении золота земного шара может быть только поставлен на основе проведенной работы. Для окончательного их решения необходима аналогичная проработка материалов по золотоносности остальных континентов.

В пределы рассмотренных в работе территорий входят довольно значительные фрагменты Тихоокеанского пояса. Изучение их показывает, что в отношении золотого оруденения Тихоокеанский пояс не является непрерывным и параллельным обрамлению Тихого океана, как это нередко изображается на глобальных схемах. Исключительное, если не ведущее значение в пределах пояса имеют поперечные по отношению к побережью Тихого океана субширотные элементы структуры, обуславливающие в одних случаях общие изгибы кайнозойских складчатых сооружений, а в других — локальное резкое обогащение пояса золотом в пределах развития зон секущих разломов.

Namечается тесная близость по особенностям золотого оруденения различных континентов, по мнению некоторых тектонистов смещенных один по отношению к другому. Так, установлена несомненная связь ряда черт золотоносности Западно-Австралийского и Индийского щитов, а также Аппалачей со складчатыми сооружениями Западной Европы.

На самих континентах крупные структуры, контролирующие размещение золотого оруденения, отличаются исключительной устойчивостью с унаследованным развитием ряда структурных элементов на протяжении очень длительного времени. Это положение может быть использовано для датировки движений континентов, при выяснении глубины формирования золотого оруденения и для ряда других геологических построений.

Необходимо дальнейшее изучение причин резко различной золотоносности герцинид Восточной Австралии и Аппалачей, геологическая история которых, как геосинклинальных систем, довольно сходна. Следует ли искать объяснение бедности золотом Аппалачей и богатства им Восточной Австралии в глубинном геологическом строении или в геохимической специализации различных секторов земного шара — пока неясно.

При прогнозировании и поисках месторождений золота в СССР несомненно должен быть использован весь имеющийся опыт изучения золотоносных провинций и месторождений не только Советского Союза, но и зарубежных территорий, и в том числе рассмотренных континентов.

Докембрийские щиты СССР пока еще не могут рассматриваться как золотоносные территории. Изучение их золотоносности только

начинается. Материалы по Канаде и Австралии отчетливо показывают большие перспективы находок крупных месторождений золота на щитах. Наиболее промышленно интересные месторождения приурочиваются здесь к зеленокаменным толщам, слагающим крупные прогибы или трогги, причем отмечено наличие среди основных вулканогенных пород кислых разностей, слагающих субвулканические тела или экструзивные образования. Пример месторождения Калгурли в Западной Австралии показывает, что в этих условиях можно ожидать не только кварцевожильных месторождений, но и месторождений типа прожилково-вкрапленных зон, в том числе зон с золото-теллуридовой минерализацией, которые требуют особого подхода и методики проведения поисковых работ.

Интересным и, по-видимому, перспективным типом золотого оруденения, характерным для древних щитов, являются минерализованные сульфидами железистые кварциты. Выявление этого типа золотого оруденения в СССР также вполне возможно и уже подтверждено некоторыми предварительными находками.

При постановке поисковых работ на золото на древних щитах существенно также учесть, что ни в Канаде, ни в Австралии с древнейшими кренными месторождениями не связаны россыпи. Это объясняется, очевидно, устойчивым унаследованным режимом поднятий в пределах щитов в связи с чем не создавалось благоприятных условий для аккумуляции рыхлого материала.

В обрамлении древних щитов в мезохроне можно ожидать очень крупные концентрации золота (как, например, месторождение Витватерсранд в Африке не рассматривавшееся в данной работе). Очень большой интерес в этом же плане представляет собой североамериканское месторождение Хоумстейк. Хотя генезис этого месторождения до сих пор спорный, но приуроченность оруденения к отчетливо выраженной стратиграфической пачке протерозойских пород, сравнительно глубоко метаморфизованных, очевидно не случаен. Месторождений подобного типа в СССР пока неизвестно, но перспективы нахождения их в благоприятных геологических условиях, в частности, в южном обрамлении Алданского щита, в пределах Станового хребта безусловно имеются.

Среди золотоносных провинций собственно геосинклинального времени развития земной коры в первую очередь заслуживают упоминания герциниды Восточной Австралии. Большие размеры находящихся там месторождений, исключительно высокая общая интенсивность золотоносности, весьма значительная глубина оруденения дают дополнительные подтверждения для оптимистической оценки близких по многим геологическим особенностям герцинских провинций СССР, в частности новой провинции Южного Тянь-Шаня. Характер вмещающих толщ, морфологические особенности оруденения и ряд других признаков сближают месторождения Западного Узбекистана (Мурунтау и др.) с месторождениями наиболее насыщенной золотом провинции мира — штатом Виктория в Восточной Австралии.

При сопоставлении золотоносности герцинид Австралии и СССР обращает еще внимание наличие в обоих случаях месторождений близповерхностного генезиса, сформированных в заключительные стадии орогенного этапа развития областей герцинской складчатости. В СССР такие месторождения известны в Кураминском районе Средней Азии, Джунгарии и Прибалхашье в Казахстане. При выяснении перспектив близповерхностных месторождений, их более дробной группировке, разграничении от сходных месторождений кайнозойского тектогенеза должен быть использован материал по австралийским месторождениям. Привлечение его позволит более четко отделить местные провинциальные черты оруденения от общетипичных и тем самым лучше понять как генезис, так и промышленные возможности данного типа золотого оруденения.

Мезозонды Северной Америки не находят себе полных аналогов на территории СССР, так как характеризуются более отчетливо выраженным эвгеосинклинальным режимом, чем мезозойские складчатые сооружения нашего Северо-Востока. Однако целый ряд общих особенностей провинции мезозойской складчатости Северной Америки может быть использован при прогнозировании и оценке золотоносности разновозрастных геосинклинальных систем. К ним относится влияние поперечных структур на локализацию золотого оруденения, соотношение рудной минерализации с гранитоидами, повышенная золотоносность не только кварцевых жил но и вмещающих их измененных пород и др.

Месторождения кайнозойской металлогении в СССР в настоящее время начинают вовлекаться в разведку во все возрастающем объеме. Районы советского Дальнего Востока и Северо-Востока представляют собой, как известно, фрагменты Тихоокеанского металлогенического пояса. Для типизации месторождений этих районов, выяснения закономерностей их размещения и оценки очень важно привлекать материал по всему Тихоокеанскому поясу. Материалы по провинции активизации Северной Америки и по восточному и северному обрамлению Австралии дают интересный сопоставительный материал. Они показывают примеры сочетаний месторождений различной глубины формирования, зональности, устанавливая закономерную приуроченность в ряде случаев золотого оруденения к вулканическим аппаратам центрального типа, позволяют датировать время оруденения по отношению к проявлениям магматизма. Эти и еще целый ряд положений несомненно должны учитываться при проведении поисково-разведочных работ на советском Дальнем Востоке и Северо-Востоке.

Перечисленные главные линии сопоставлений разновозрастных золотоносных провинций, описанных в книге, с провинциями СССР дают только самую общую схему возможного практического использования работы. Хотелось бы в заключение напомнить, что пока геология, и в том числе учение о рудных месторождениях, в значительной степени остаются описательными науками (а это сохранится

еще долгое время) метод аналогий будет играть в них очень важную роль. Полных аналогий как в отношении геологических особенностей различных территорий, так и золоторудных, в первую очередь крупных месторождений, как правило, не бывает и вряд ли они могут быть. Сопоставлять между собой можно лишь отдельные характерные черты как площадей, так и месторождений.

Автор надеется, что при таком подходе читатель найдет для себя в приведенных описаниях целый ряд полезных примеров, которые помогут правильнее оценить новые объекты, осмыслить и объяснить ряд геологических особенностей разведываемых месторождений и тем самым будут способствовать повышению эффективности поисково-разведочных работ на золото в Советском Союзе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Амирасланов А. А., Иванова Н. С. Свинцово-цинковые месторождения Австралии. Геологическая характеристика и закономерности размещения. М., Госгеолтехиздат, 1960.

Афанасьев А. А. Золотодобывающая промышленность капиталистических стран. М., Госфиниздат, 1963.

Беммелен Р. В. ван. Геология Индонезии. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1957.

Бородаевский Н. И. Материалы по методам изучения структур и геологической перспективной оценке месторождений золота. Тр. ЦНИГРИ, вып. 35, М., 1960.

Вильнер А. И. Минеральные ресурсы Австралии. М., Госгеолиздат, 1949.

Винсон Г. А., Бринеман Ж. Х. Ядро Центральной Америки, осевая часть Антильского поперечного пояса. В сб. «Кордильеры Америки». М., изд-во «Мир», 1967.

Вопросы геологии Австралии. Сборник статей. М., Изд-во «Мир», 1965.

Вуд Б., Гриндли Дж., Харрингтон Х. Геологический очерк Новой Зеландии. Перевод с англ. Е. М. Рудича под ред. и с предисловием Ю. М. Шейнманна. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1963.

Геология рудных месторождений Западных штатов США. Сборник, посвященный В. Ливдгрону. Объед. науч.-техн. изд-во НКТП СССР, М.—Л., 1937.

Золотодобывающая промышленность капиталистических стран (техноико-экономический обзор). Центр. науч.-исслед. ин-т информ. и техн.-экон. исслед. цветной металлургии, серия «Экономика», 1963.

Ирдли А. Структурная геология Северной Америки. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1954.

Ицксон М. И., Красный Л. И., Матвеев В. Т. Вулканические пояса Тихоокеанского кольца и их металлогения. В сб. «Материалы межведомственного совещания по проблеме Рудоносность вулканогенных формаций, 1963». М., изд-во «Недра», 1965.

Кинг Ф. Б. Геологическое развитие Северной Америки. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1961.

Кинг Ф. Б. Тектоническая карта Северной Америки. В сб. «Тектонические карты континентов на XXII сессии Междунар. геол. конгресса». М., изд-во «Наука», 1967.

Кинг Ф. Б. Вопросы тектоники Северной Америки. М., Изд-во МГУ, 1969.

Константинов М. М. К металлогении Тихоокеанского пояса. Изв. АН СССР, серия геол., № 7, 1959.

Кришнан М. С. Геология Индии и Бирмы. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1954.

Ливдгрэн В. Месторождения золота и платины. М.—Л., «Цветметиздат», 1932.

Ловеринг Т. С. Об изменении пород, как поисковом признаке на руды в округе Восточный Тинтик, Юта. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1951.

Ловеринг Т. С., Соколов В. И., Моррис Х. Т. Тяжелые металлы в измененных породах над слепыми рудными телами в районе Восточного Тинтика. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1954.

Мазарович А. Н. Об основных единицах геохронологии. Докл. АН СССР, т. 58, № 3, 1947.

Маркова Е. И., Орлова Е. В. Минеральные ресурсы Индонезии, Малайи и Тавланда. М., Госгеолтехиздат, 1956.

Маслов Ю. С. Геологическое строение и генезис руд золоторудного поля Гуаймаро (Куба). «Советская геология», 1969, № 5.

Павловский Е. В. О специфике стиля тектонического развития земной коры в раннем докембрие. Тр. Вост.-Сиб. геол. ин-та СО АН СССР, вып. 5, 1962.

Петровская Н. В. Характер золотоносных минеральных ассоциаций и формации золотых руд СССР. В сб. «Генетические проблемы руд». М., Госгеолтехиздат, 1960.

Петрушевский Б. А. К вопросу о связи Тихоокеанского рудного пояса с Тихим океаном. В сб. «Геология и металлогения Советского сектора Тихоокеанского рудного пояса». М., Изд-во АН СССР, 1963.

Пуцаровский Ю. М., Книппер А. Л., Пуиг-Рифа М. Тектоническая карта Кубы, масштаб 1 : 1 250 000. В сб. «Геология и полезные ископаемые Кубы». М., изд-во «Недра», 1967.

Радкевич Е. А. Проблема Тихоокеанского рудного пояса и задачи дальнейших работ. В сб. «Геология и металлогения Советского сектора Тихоокеанского рудного пояса». М., Изд-во АН СССР, 1963.

Рожков И. С., Мороз А. П. Золото (историко-экономический очерк). Якутск, Якуткнигоиздат, 1963.

Соболевская В. Н. Основные черты тектонического развития Австралии. «Геотектоника», 1965, № 5.

Структурная геология рудных месторождений Канады. М., изд-во «Мир», 1964.

Тимофеевский Д. А. О формационной классификации, минеральных типах и золотоносных минеральных ассоциациях золоторудных месторождений СССР. Тр. ЦНИГРИ, вып. 96, ч. I, 1971.

Тугаринов А. И., Войткевич Г. В. Докембрийская геохронология материков. Изд. 2-е. М., изд-во «Недра», 1970.

Тюрнор Ф. С. Металлогенические провинции и эпохи. В сб. «Проблемы рудных месторождений». М., Изд-во иностр. лит-ры, 1959.

Уиссер Э. Х. Рудоносные районы Кордильер и их связь с региональными структурами. М., ОНТИ ВИМС, 1960.

Уиссер Э. Х. Связь оруденения с купольными структурами в Северо-Американских Кордильерах. В сб. «Проблемы эндогенных месторождений», вып. 2., М., изд-во «Мир», 1964.

Фосс Г. В. Золото (типы месторождений, история добычи, сырьевые базы). М., Госгеолтехиздат, 1963.

Шер С. Д. О количественных оценках металлоносности геотектонических провинций (на примере золота). «Сов. геология», 1965, № 11.

Шер С. Д. О соотношении масштабов коренной и россыпной золотоносности в различных золотоносных провинциях земного шара. «Сов. геология», 1965, № 3.

Шер С. Д. К вопросу о направленности металлогенического развития земной коры на примере анализа металлогении золота. Тр. ЦНИГРИ, вып. 87, 1970.

Яковлев П. Д. Структурные типы рудоносных палеовулканических кальдер. «Сов. геология», 1967, № 9.

A mes R. L. The origin of the gold-quartz deposits, Yellowknife, N. W. T. Econ. Geol., vol. 57, No. 7, 1962.

Anderson R. E., Ekren E. B., Healey D. L. Possible buried mineralized areas in Nye and Esmeralda counties, Nevada. US Geol. Surv. Prof. Paper, No. 525-D, 1965.

Baragar W. R. A. Geochemistry of the Yellowknife volcanic rocks. Canad. Journ. Earth Sci., vol. 3, No. 1, 1966.

- Baker G. Tellurides and selenides in the Phantom lodes, Great Boulder mine, Kalgoorlie. Proc. Australas. Inst. Min. and Metall., Stillwell Anniv. vol., 1958.
- Bass M. N. Regional tectonics of part of the Southern Canadian Shield. «The Journ. of Geology», vol. 69, No. 6, 1961.
- Bastin E. S. Bonanza ores of the Comstock Lode, Virginia City, Nevada. US Geol. Surv. Bull., No. 735, 1922.
- Bateman J. D. Rock alteration in the Uchi Gold Area. Econ. Geol., vol. 35, No. 3, 1940.
- Bateman P. C., Eaton J. P. Sierra Nevada batholith. Science, vol. 158, No. 3807, 1967.
- Becker G. T. Geology of Comstock Lode and Washoe district. US Geol. Surv. Mon. 3, 1882.
- Bell J. M., Fraser C. The geology of the Waihi — Tairua subdivision, Hauraki division. N. Z. Geol. Surv. Bull., No. 15, 1912.
- Bemmelen R. W. van. The geology of Indonesia. Vol. 2. Economic Geology. Government Printing office, Hauge, 1949.
- Berg G., Friedensburg G. Die metallische Rohstoffe, ihre Lagerungsverhältnisse und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Heft 3. Das Gold. Stuttgart, Enke, 1940.
- Billingsley P., Locke A. Structure of the districts in the continental framework. Proc. Amer. Inst. Min. and Metall. Engng., vol. 144, 1941.
- Blatchford A. Geology of the Tavua goldfield, Viti Levu. Proc. Australas. Inst. Min. and Metall., No. 168—169, 1953.
- Boutwell J. M. Economic geology of the Bingham mining district, Utah, with a section on areal geology. US Geol. Surv. Prof. Paper, No. 38, 1905.
- Boyle R. W. The shear zone systems of the Yellowknife greenstone belt. Canad. Min. Journ., vol. 75, No. 6—7, 1954₁.
- Boyle R. W. The structural localization of the gold orebodies of the Yellowknife greenstone belt. Canad. Min. Journ., vol. 75, No. 12, 1954₂.
- Boyle R. W. The geochemistry, origin and role of carbon dioxide, water, sulfur and boron in the Yellowknife gold deposits, Northwest Territories, Canada. Econ. Geol., vol. 54, No. 8, 1959.
- Boyle R. W. The geology, geochemistry and origin of the gold deposits of the Yellowknife district. Mem. Geol. Surv. Canada, No. 310, 1961.
- Bruce E. L. Geological relations of some major gold deposits of the Canadian shield. Mining Technology, vol. 1, No. 3, 1937.
- Burbank W. S. Structural control of ore deposition in the Uncomphagre district, Ouray County, Colorado. US Geol. Surv. Bull., No. 906-E, 1940.
- Burbank W. S., Eckel E. B., Varnes D. J. The San Juan region. In: «Mineral Resources of Colorado», State of Colorado, Mineral Res. Board, 1947.
- Burbank W. S., Exeter N. H. Pre-ore propylitization, Silverton caldera, Colorado. US Geol. Surv. Prof. Paper, No 400-B, 1960.
- Burn R. G. The Pis Pis gold-mining district of N. E. Nicaragua. Mining Mag., vol. 120, No. 3, 1969.
- Butler B. S. Ore deposits of the United States in their relations to geologic cycles. «Econ. Geol.», vol. 28, No. 4, 1933.
- Cabri L. J. Phase relations in the Au — Ag — Te system and their mineralogical significance. Econ. Geol., vol. 60, No. 8, 1965₁.
- Cabri L. J. New experimental data on the stability fields of calaverite and krennerite. Trans. Amer. Geophys. Union, vol. 46, No. 1, 1965₂.
- Carter E. K. a. o. The precambrian mineral belt of North — Western Queensland. Vol. 1—2. Rept. Common. Austral. Dept. Nat. Developm. Bureau of Miner. Resources, Geology and Geophys. No. 51. Canberra, 1961.
- Clarke E. de C., Ellis, H. A. Metasomatism of country near ore bodies and its possible economic significance. Econ. Geol., vol. 34, No. 7, 1939.
- Coats R. Propylitization and related types of alteration on the Comstock Lode. Econ. Geol., vol. 35, No. 1, 1940.

- Cohen E. M. Revised geology of the Tavua goldfield, Fiji. Proc. Australas. Inst. Min. and Metall., No. 204, 1962.
- Coleman L. C. Mineralogy of the Giant Yellowknife Gold Mine, Yellowknife, N. W. T. Econ. Geol., vol. 52, No. 4, 1957.
- Cooke D. L., Moorhouse W. W. Timiskaming volcanism in the Kirkland Lake area, Ontario, Canada. Canad. Journ. Earth Sci., vol. 6, No. 1, 1969.
- Cooke H. C. Canadian Lode gold areas (summary account). Canada. Department of mines and resources. Mines and Geology branch. Bureau of geology and topographi. Economic geology series, No. 15. Ottawa, 1946.
- Cornelius K. D. Breccia pipe associated with epigenetic mineralization. Mount Morgan, Queensland. Econ. Geol., vol. 62, No. 2, 1967.
- Darling R., Suffel G. G. Evidence for post-ore metadiabase at the Horne Mine, Noranda, Quebec. Canad. Journ. Earth Sci., vol. 6, No. 4, 1969.
- Darton N. H., Paige S. Description of the Central Black Hills. Geologic Atlas of the United States. Central Black Hills folio N 219, South Dakota. Washington, 1925.
- Davies J. F. Massive sulphide deposits in Manitoba. Canad. Min. and Metall. Bull., vol. 53, No 575, 1960.
- Davies J. F. Mineral deposits in the Churchill Geologic Province, Manitoba. Canad. Min. Journ., vol. 83, No. 4, 1962.
- Davies J. F. Mineral deposits related to major structures in the Precambrian of Manitoba. Canad. Min. and Metall. Bull., vol. 57, No. 626, 1964.
- Denholm L. S. Structural and economic aspects of the Vatukoula caldera, Fiji. Bull. Volcanol., vol. 29, 1966.
- Denholm L. S. Geological exploration for gold in the Tavua basin, Viti Levu, Fiji. N. Z. Journ. Geol. and Geophys., vol. 10, No. 5, 1967.
- Denholm L. S. Lode structures and ore shoots at Vatukoula, Fiji. Proc. Australas. Inst. Min. and Metall., No. 222, 1967.
- Derry D. R. Economic aspects of archaean — proterozoic boundaries. Econ. Geol., vol. 56, No. 4, 1961.
- Dougherty E. I. Geologic problems of the Canadian Precambrian Goldfields. Econ. Geol., vol. 30, No. 8, 1935.
- Dow D. B., Plane M. D. The geology of the Kainantu Goldfields. Rept. Common. Austral. Dept. Nat. Develop, Bureau of Miner. Resources, Geol. and Geophys., No. 79. Canberra, 1965.
- Dunn E. J. Geology of gold. London. Chapman, 1929.
- Economic Geology New Zealand. Eighth Common. Min. and Metall. Congress, Austral. and New Zealand. vol. 4, 1965.
- Emmons S. F., Irving J. E., Loughlin G. F. Geology and ore deposits of the Leadville mining district, Colorado. US Geol. Surv. Prof. Paper, No. 148, 1927.
- Emmons W. H. *Gold deposits of the world.* Mc Graw-Hill Book company, New York and London, 1937.
- Fahring W. F., Wanless R. K. Age and significance of diabase dyke swarms of the Canadian Shield. Nature, vol. 200, No. 4910, 1963.
- Farmin R. Dislocated inclusions in the gold-quartz veins at Grass Valley, California. Econ. Geol. vol. 33, No. 6, 1938.
- Farmin R. Host-rock inflation by veins and dikes at Grass Valley, California. Econ. Geol., vol. 36, No. 2, 1941.
- Ferguson H. G. The mining districts of Nevada. Econ. Geol., vol. 24, No. 2, 1929.
- Ferguson S. A. Recent exploration for gold in the Red Lake area. Canad. Min. Journ., vol. 84, No. 4, 1963.
- Fiji. Mining Ann. Rev., 1967.
- Findlay D. C. Reconnaissance study of ultramafic rocks, Abitibi — Porcupine area. Paper Geol. Surv. Canada, No. 1, 1966.
- Finlayson A. M. Problems in the geology of the Hauraki gold fields, New Zealand. Econ. Geol., vol. 4, No. 6, 1909.
- Fisher N. H. Metasomatism associated with tertiary mineralisation in New Guinea. Econ. Geol., vol. 34, No. 8, 1939.

- Fisher N. H. The fineness of gold with special reference to the Morobe goldfield, New Guinea. *Econ. Geol.*, vol. 40, No. 7—8, 1945.
- Fisher N. H. Review of evidence of genesis of Mt. Isa orebodies. 21-st Internat. Geol. Congress, 1960. Pt. 16. Copenhagen, 1960.
- Fitzgerald A. C., Graham R. J., Gross W. H., Rucklidge J. C. The application and significance of gold-silver ration at Val d'Or, Quebec. *Econ. Geol.*, vol. 62, No. 4, 1967.
- Geology of Australian ore deposits. Publ. 5-th Min. and Metall. Congress, Australia and New Zealand, vol. 1, 1953.
- Geology of Australian ore deposits. 2-nd ed. Eighth Commonw. Min. and Metall. Congress, Australia and New Zealand, vol. 1, Melbourne, 1965.
- Gianella V. P. Period of mineralization of Comstock Lode, Nevada. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 70, No. 12, pt. 2, 1959.
- Gold. Recovery, properties and applications. Ed. Wise E. M. Toronto—New York—London, D. van Nostrand Co., 1964.
- Goodwin A. M. Mineralized volcanic complexes in the Porcupine—Kirkland Lake—Noranda region, Canada. *Econ. Geol.*, vol. 60, No. 5, 1965.
- Goodwin A. M. Archean protocontinental growth and mineralization. *Canad. Min. Journ.*, vol. 87, No. 5, 1966.
- Goodwin A. M. Volcanic studies in the Timmins—Kirkland Lake—Noranda region of Ontario and Quebec. *Paper. Geol. Surv. Canada*, No. 1, pt A, 1967.
- Goodwin A. M., Shklanke R. Archean volcano-tectonic basins: form and pattern. *Canad. Journ. Earth Sci.*, vol. 4, No. 5, 1967.
- Gourlay A. J. Gold. *Austral. Mineral. Ind. Rev.* 1965, Canberra, 1966.
- Griffis A. T. A geological study of the McIntyre mine. *Canad. Min. and Metall. Bull.*, vol. 55, No. 598, 1962.
- Gross W. H. Geological implication of an indirect method for mapping regional folds in archean rocks. *Econ. Geol.*, vol. 50, No. 3, 1955.
- Gross W. H., Ferguson S. A. The anatomy of an archean greenstone belt. *Canad. Min. and Metall. Bull.*, vol. 58, No. 641, 1965.
- Harvey R. D., Vitaliano Ch. J. Wall-rock alteration in the Goldfield district, Nye county, Nevada. *Econ. Geol.*, vol. 56, No. 7, 1961.
- Hausen D. M., Kerr P. F. Fine gold occurrence at Carlin, Nevada. In: «Ore deposits in the United States», vol. 1, pt. 8, New York, 1968.
- Henderson J., Bartum J. A. The geology of the Aroha Subdivision, Hauraki, Auckland. *N. Z. Geol. Surv. Bull.*, No. 16, 1913.
- Howe E. The gold ores of Grass Valley, California. *Econ. Geol.*, vol. 19, No. 7, 1924.
- Hurst M. E. Rock alteration and ore deposition at Telluride, Colorado. *Econ. Geol.*, vol. 17, No. 6, 1922.
- Hurst M. E. Vein formation at Porcupine, Ontario. *Econ. Geol.*, vol. 30, No. 2, 1935.
- Ibbotson P. The zonal arrangement of secondary mineral assemblages on the Tavua Goldfield, Fiji. *N. Z. Journ. Geol. and Geophys.*, vol. 8, No. 5, 1965.
- Ingham W. N. Recent developments in the Kiama Gold—Malartic area, Quebec. *Canad. Min. Journ.*, vol. 84, No. 4, 1963.
- Johnson P. W. The minerals of Guanajuato. *Mineralogist*, vol. 31, No. 2, 1963.
- Johnston W. D. The gold quartz veins of Grass Valley, California. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 194, 1940.
- Jolliffe A. W. The North-Western part of the Canadian Shield. Intern. Geol. Congress, Rep. of the 18 session. Great Britain, 1948. pt. 13, London, 1952.
- Jorammon P. The occurrence of gold at the Getchell mine, Nevada. *Econ. Geol.*, vol. 46, No. 3, 1951.
- Keys E. R. Paragenesis of the Hollinger veins. *Econ. Geol.*, vol. 35, No. 5, 1940.
- Keyser F. de Misima island—geology and gold mineralization. Rept. Common Austral. Dept. Nat. Develop. Bureau. Miner Resources, Geol. and Geophys., No. 57, 1961.

Knight C. W. Central Canada's gold belts. *Canad. Min. Journ.*, vol. 54, No. 3, 1933.

Knopf A. The Mother Lode system of California. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 157, 1929.

Koschmann A. H., Bergendahl M. H. Principal gold-producing districts of the United States. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 610, 1968.

Krieger Ph., Hagner A. Gold-nickel mineralization at Alistos, Sinaloa, Mexico. *Amer. Mineralogist*, vol. 28, No. 4, 1943.

Kulp J. L. a. o. Age of the Black Hills gold mineralization. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, Baltimore, vol. 67, No. 11, 1956.

Kutina J. Hydrothermal ore deposits in the western United States: a new concept of structural control of distribution. *Science*, vol. 165, No. 3898, 1969.

Landwehr W. R. Belts of major mineralization in western United States. *Econ. Geol.*, vol. 62, No. 4, 1967.

Landwehr W. R. The genesis and distribution of major mineralization in Western United States. *Econ. Geol.*, vol. 64, No. 8, 1969.

Lang A. H. A preliminary study of Canadian metallogenic provinces. *Canad. Geol. Surv. Paper* 60—33, 1961.

Langford L. B., Hancox E. G. Hypogene anhydrite from McIntyre mine, Porcupine district, Ontario. *Econ. Geol.*, vol. 31, No. 6, 1936.

Latulippe M. The Val d'Or-Malartic gold area, Quebec. *Canad. Min. Journ.*, vol. 84, No. 4, 1963.

Lawrence L. J. A mineragraphic study of Mount Morgan copper — gold ore. *Proc. Australas. Inst. Min. and Metall.*, No. 223, 1967.

Legraye M. Origine et formation des gisements d'or. Paris, 1942.

Libby F. Gold in the sea. *Sea Front*, vol. 15, No. 4, 1969.

Lindgren W. Metasomatic processes in the gold deposits of Western Australia. *Econ. Geol.*, vol. 1, No. 6, 1906₁.

Lindgren W. Occurrence of albite in the Bendigo veins. *Econ. Geol.* vol. 1, No. 2, 1906₂.

Lindgren W. Vein filling at Bendigo, Victoria. *Econ. Geol.*, vol. 15, No. 3, 1920.

Lindgren W., Loughlin G. F. Geology and ore deposits of the Tintic mining district, Utah, with a historical review, by V. C. Heikes. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 107, 1919.

Lindgren W., Ransome F. L. Geology and gold deposits of the Cripple Creek district, Colorado. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 54, 1906.

Loughlin G. F., Behre C. H. Jr. Leadville mining district, Lake County. Mineral resources of Colorado, Denver, 1947.

Loughlin G. F., Koschmann A. H. Geology and ore deposits of the Cripple Creek, Colorado. *Colo. Sci. Soc., Proc.*, vol. 13, No. 6, 1935.

Lovering T. C., Goddard E. N. Geology and ore deposits of the Front Range, Colorado. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 223, 1950.

Luedke R. G., Burbank W. S., Exeter N. H. Ring-fractured bodies in the Silverton caldera, Colorado. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 400-B, 1960.

Maclaren J. M. Gold, its geological occurrence and geographical distribution. *The Mining Journ.* edit., London, 1908.

Markham N. L. Synthetic and natural phases in the system Au — Ag — Te. *Econ. Geol.*, vol. 55, No. 6—7, 1960.

Mayo E. B. Lineament tectonics some ore districts of the Southwest. *Min. Engineering*, vol. 10, No. 11, 1958.

Mazuechelli R. H., James C. H. Arsenic as a guide to gold mineralization in laterite-covered areas of Western Australia. *Proc. Australas. Inst. Min. and Metall.*, No. B-75, 1966.

McConnell G. W. Yellowknife gold-quartz deposits. *Econ. Geol.*, vol. 59, No. 2, 1964.

McKinstry H. Source of iron in pyritized wallrocks. *Econ. Geol.*, vol. 52, No. 7, 1957.

- McNeil R. D. Geology of the Orlando mine, Tennant Creek, Australia. *Econ. Geol.*, vol. 61, No. 2, 1966.
- Meyer Ch. An early potassic type of wall-rock alteration at Butte Montana. *Amer. Mineralogist*, vol. 50, No. 10, 1965.
- Miles K. R. Metamorphism of the jasper bars of Western Australia. *Quart. J. Geol. Soc. London*, vol. 102, pt. 2, No. 406, 1946.
- Moehlman R. S. Dikes and veins of the Alamo gold district, Lower California. *Econ. Geol.*, vol. 30, No. 7, 1935.
- Moehlman R. S. Ore deposits south of Ouray, Colorado. *Econ. Geol.*, vol. 31, No. 4-5, 1936.
- Moench R. H., Drake A., Jr. Economic geology of the Idaho Springs district Clear Creek and Gilpin Counties, Colorado. *Geol. Surv. Bull.*, No. 1208, 1966.
- Moore E. S. The structural history of the Porcupine gold area, Ontario. *Royal Soc. Canada, Trans.*, vol. 47, sec. 4, 1953.
- Moore J. G., Hopson C. A. The independence dike swarm in eastern California. *Amer. Journ. Sci.*, vol. 259, No. 4, 1961.
- Moore W. J., Lanphere M. A., Obradovich J. D. Chronology of intrusion, volcanism and ore deposition at Bingham, Utah. *Econ. Geol.*, vol. 63, No. 6, 1968.
- Morris H. T. The Main Tintic mining district, Utah. In: «Ore deposits in the United States», vol. 1, New York, 1968.
- Muessig S. J. Geology of the Republic quadrangle and a part of the Aeneas quadrangle, Ferry County, Washington. *US Geol. Surv. Bull.*, No. 1216, 1967.
- Naldrett A. J. Contrasting Archean ultrabasites in the Porcupine district. *Geol. Soc. Amer. Spec. Paper*, No. 82, 1965.
- Noble J. A. Ore mineralization in the Homestake gold mine, Lead, South Dakota. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 61, No. 3, 1950.
- Noble J. A., Harder J. O. Stratigraphy and metamorphism in a part of the northern Black Hills and the Homestake mine, Lead, South Dakota. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 59, No. 9, 1948.
- Nye P. B., Fisher N. H. The mineral deposits and mining industry of Papua — New Guinea. Maribyrnong, 1954.
- Nye P. B., Rayner E. O. The Cloncurry copper deposits with special reference to the gold — copper ratios of the ores. *Aer. geol. geophys. surv. North Austral.*, Qld. Rept. 35, 1940.
- Quiring H. Geschichte des Goldes. Die goldenen Zeitalter in ihrer kulturellen und wirtschaftlichen Bedeutung. Stuttgart, 1948.
- Radtke A. S., Scheiner B. J. Studies of hydrothermal gold deposition. Carlin gold deposit, Nevada: the role of carbonaceous materials in gold deposition. *Econ. Geol.*, vol. 65, No. 2, 1970.
- Ransome F. L. The geology and ore deposits of the Bisbee quadrangle, Arizona. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 21, 1904.
- Ransome F. L., Emmons W. H., Garrey G. H. Geology and ore deposits of Goldfield, Nevada. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 66, 1909.
- Ritchie A. S. Criteria used in assessing evidence for or against polyascent mineralizing solution in some Australian ore deposits. Praha, 1963.
- Roberts R. J., Irving E. M. Mineral deposits of Central America. *US Geol. Surv. Bull.*, No. 1034, 1957.
- Roberts R. J. a. o. Paleozoic rocks in north — central Nevada. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, vol. 42, No. 12, 1958.
- Roberts R. J., Radtke A. S., Coats R. R., Silberman M. L., McKee E. H. Gold-bearing deposits in North-Central Nevada and Southwestern Idaho. *Econ. Geol.*, vol. 66, No. 1, 1971.
- Rubright R. D., Hart O. J. Non-porphiry ores of the Bingham, Utah. In: «Ore deposits of the United States», vol. 1, New York, 1968.
- Sales R. H. Ore deposits at Butte, Montana. *Proc. Amer. Inst. Min. Eng.*, vol. 46, 1914.
- Sales R. H., Meyer Ch. Wall rock alteration at Butte, Montana. *Proc. Amer. Inst. Min. and Metall.*, vol. 178, 1948.

- Sims P. K., Barton P. B. Jr. Some aspects of the geochemistry of sphalerite, Central City district, Colorado. *Econ. Geol.*, vol. 56, No. 7, 1961.
- Sims P. K., Barton P. B., Jr. Hypogene zoning and ore genesis, Central City district, Colorado. *Geol. Soc. Amer.*, *Buddington volume*, 1962.
- Sims P. K., Drake A. A., Tooker E. W. Economic geology of the Central City district, Gilpin county, Colorado. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 359, 1963.
- Slaughter A. L. The Homestake Mine. In: «Ore deposits of the United States», vol. 1, New York, 1968.
- Spearman C. Some of the major structural features of the Canadian precambrian gold areas. *Canad. Min. Journ.*, vol. 58, No. 3—4, 1937.
- Spencer A. C. The geology of the Treadwell ore deposits, Douglas Island, Alaska. *Proc. Amer. Inst. Min. Engineers*, vol. 35, 1905.
- Steven T. A., Ratté J. C. Geology and structural control of ore deposition in the Creede district, San Juan mountains, Colorado. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 487, 1965.
- Stillwell F. L. A Bendigo problem and its bearing on force of crystallization. *Econ. Geol.*, vol. 18, No. 5, 1923.
- Stillwell F. L. Auriferous stibnite from South Casterfield, Hoddles Creek, near Warburton, and North Drummond, near Maimsbury. *Commonwealth Sci. Industr. Res. Organ., Mineragraphic Rept.*, No. 73, 1936.
- Stillwell F. L. Auriferous stibnite from Coimadai. *Commonwealth Sci. Industr. Res. Organ., Mineragraphic Rept.*, No. 130, 1938.
- Stillwell F. L. Occurrence of tellurides at Vatukoula. *Proc. Australas. Inst. Min. and Metall.*, No. 154—155, 1949.
- Stillwell F. L. Reflections on the gold occurrence at Bendigo. *Proc. Australas. Inst. Min. and Metall.*, No. 198, 1961.
- Stillwell F. L., Edwards A. B. On the occurrence of submicroscopic gold in pyrite from the Dolphin East lode, Tavua, Fiji. *Proc. Austral. Inst. Min. and Metall.*, No. 141, 1946.
- Structural Geology of Canadian ore deposits. Montreal, 1948.
- Taylor J. F. A. Notes on geology and mineralization in Fiji. *Proc. Australas. Inst. Min. and Metall.*, No. 168—169, 1953.
- Tectonic map of North America. Prepared by United States Geol. Surv. Compiled by Ph. B. King. Scale 1 : 5 000 000. 1969.
- Thompson G. A. Geology of the Virginia City quadrangle, Nevada. *US Geol. Surv. Bull.*, No. 1042-C, 1956.
- Thompson G. A., White D. E. Regional geology of the Steamboat Springs area, Washoe county, Nevada. *US Gov. Print.*, Washington, 1964.
- Tilling R. I., Klepper M. R., Obradovich J. D. K — Ages and time span of emplacement of the Boulder batholith, Montana. *Amer. Journ. Sci.* vol. 266, No. 8, 1968.
- Tomich S. A. The Oraya Shoot and its relationship to other flatly plunging ore pipes at Kalgoorly. *Proc. Australas. Inst. Min. and Metall.*, No. 190, 1960.
- Tweto O. Geologic setting and interrelationships of mineral deposits in the Mountain province of Colorado and south-central Wyoming. In: «Ore deposits of the United States», vol. 1, New York, 1968.
- Tweto O. Pre-ore age of faults at Leadville, Colorado. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 400-B, 1960.
- Tweto O., Sims P. K. Relation of the Colorado mineral belt to Precambrian structure. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 400-B, 1960.
- Tweto O., Sims P. K. Precambrian ancestry of the Colorado mineral belt. *Geol. Soc. Amer. Bull.* vol. 74, No. 8, 1963.
- Varnes D. J. Geology and ore deposits of the South Silverton mining area, San Juan County, Colorado. *US Geol. Surv. Prof. Paper*, No. 378-A, 1963.
- Vhay G. S. Geology and mineral deposits of the area south of Telluride, Colorado. *US Geol. Surv. Bull.*, No. 112-G, 1962.
- Vitaliano Ch. J. Goldfield, Nevada, a possible volcanic vent. *Internat. Assoc. Volcanol. Internat. Sympos. Volcanol.*, New Zealand, 1965. Abstracts. Wellington, 1965.

Wanless R. K., Boyle R. W., Lowdon J. A. Sulfur isotope investigation of the gold-quartz deposits of the Yellowknife district. *Econ. Geol.*, vol. 55, No. 8, 1960.

Wayland R. G. The Alaska Juneau gold ore body. *Neues Jahrb. Miner., Abh.*, bd 94, No. 1, Festband Ramdohr. Stuttgart, 1960.

Webb A. W. Metallogenic epochs in eastern Queensland. *Proc. Australas. Inst. Min. and Metall.*, No. 230, 1969.

Weissberg B. G. Gold-silver ore-grade precipitates from New Zealand thermal waters. *Econ. Geol.*, vol. 64, No. 1, 1969.

Wells J. D., Stoiser L. R., Elliott J. E. Geology and geochemistry of the Cortez gold deposit, Nevada. *Econ. Geol.*, vol. 64, No. 5, 1969.

White D. E. Thermal waters of volcanic origin. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, vol. 68, No. 12, part 1, 1957.

Whitelaw J. S. Gold production and the mining community in Fiji. *N. Z. Geographer*, vol. 23, No. 1, 1967.

Whiting R. G. Geology and future economic prospects of the Ballarat goldfield. *Mining and Chem. Engng. Rev.*, vol. 54, No. 9, 1962.

Wilson H. D. Geochemical studies of epithermal deposits at Goldfield, Nevada. *Econ. Geol.*, vol. 39, No. 1, 1944.

Wilson I. T. An approach to the structure of the Canadian shield. *Amer. Geoph. Union, Trans.*, vol. 29, No. 5, 1948.

Wilson I. T., Russel R. D., Farquhar R. M. Economic significance of basement subdivision and structures in Canada. *Proc. Canad. Inst. Min. and Metall.*, vol. 59, 1956.

Wilson M. E. Rock alteration at the Amulet mine, Noranda district, Quebec. *Econ. Geol.*, vol. 30, No. 5, 1935.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	3
Общие сведения	4
К истории изучения месторождений золота и золотоносных территорий	4
Группировка эндогенных золоторудных месторождений	6
О группировке золотоносных территорий	14
Общее распределение золотого оруденения в пределах земного шара	16
Северная Америка	20
Золотоносность археохрона	22
Провинция Киватин	25
Общая геологическая характеристика	25
Общие данные о золотоносности	27
Типы месторождений	29
Влияние структурных элементов на размещение оруденения	31
Зональность в распространении оруденения	33
Изменения пород, вмещающих оруденение	34
Характеристика золота в рудах	35
Краткая характеристика главных месторождений	37
Генезис оруденения и закономерности локализации рудных полей	57
Провинция Йеллоунайф	62
Золотоносность мезохрона	67
Провинция Черчилл	69
Провинция Блэк-Хилс	71
Золотоносность раннего неохрона	79
Провинция палеозойского складчатого пояса восточного побережья	80
Северной Америки (Аппалачей)	80
Провинция мезозойского складчатого пояса западного побережья	83
Северной Америки (Кордильер)	83
Общая геологическая характеристика	83
Общие данные о золотоносности	87
Типы месторождений	89
Влияние структурных элементов на размещение оруденения	91
Изменения пород, вмещающих оруденение	92
Характеристика золота в рудах	93
Краткая характеристика главных месторождений	94
Генезис оруденения и закономерности локализации рудных полей	101
Золотоносность позднего неохрона	103
Провинция мезо-кайнозойской магматической активизации запад-	103
ного побережья Северной Америки	103
Общая геологическая характеристика	103
Общие данные о золотоносности	107
Типы месторождений	111
Влияние структурных элементов на размещение оруденения	115
Зональность в распространении оруденения	117
Изменения пород, вмещающих оруденение	118
Характеристика золота в рудах	119

Краткая характеристика главных месторождений	120
Генезис оруденения и закономерности локализации рудных полей	146
Провинция кайнозойского складчатого пояса западного и южного побережья Северной Америки	153
Главные особенности золотоносности разновозрастных геотектонических провинций Северной Америки	155
Австралия и прилегающие к ней части Тихоокеанского пояса	159
Золотоносность археохрона	161
Провинция Йилгарского ядра Западно-Австралийского щита	161
Общая геологическая характеристика	161
Общие данные о золотоносности	162
Типы месторождений	166
Изменения пород, вмещающих оруденение	171
Краткая характеристика главных месторождений	172
Генезис оруденения	186
Золотоносность мезохрона	187
Блок Пилбара	187
Золотоносные площади центральной и северной частей Австралии	190
Золотоносность раннего неохрона	196
Провинция байкалит Южной Австралии	193
Провинция герцинит Восточной Австралии	199
Общая геологическая характеристика	199
Общие данные о золотоносности	205
Типы месторождений	208
Изменения пород, вмещающих оруденение	215
Характеристика золота в рудах	216
Краткая характеристика главных месторождений	218
Генезис оруденения	237
Золотоносность позднего неохрона	241
Зона мезо-кайнозойского тектогенеза Новой Зеландии, Океании и Индонезии	242
Общая геологическая характеристика	242
Общие данные о золотоносности	244
Дотретичная золотоносность	245
Кайнозойская золотоносность	251
Новая Зеландия (251), Фиджи (263); Новая Гвинея и прилегающие к ней острова (270), Индонезия (273)	251—273
Главные особенности золотоносности разновозрастных геотектонических провинций Австралии и прилегающих к ней территорий	274
Заключение	280
Список литературы	285

Шер Сергей Дмитриевич

**Металлогения золота
(Северная Америка, Австралия и Океания)**

Редактор издательства *Т. В. Колошина*
Техн. редактор *А. Е. Матвеева*
Корректор *К. Н. Павлова*

Сдано в набор 22/XII 1971 г.
Подписано в печать 20/III 1972 г. Т-06013.
Формат 60 × 90^{1/16}. Печ. л. 18,5.
Уч.-изд. л. 20,17. Бумага № 2. Индекс 1-4-1.
Заказ 1054/4145-4. Тираж 2000 экз.
Цена 2 р. 13 к.

Издательство «Недра». Москва, К-12,
Третьяковский проезд, д. 1/19.

Ленинградская типография № 6
Главполиграфпрома Комитета по печати при
Совете Министров СССР. Московский пр., 91.

2 р. 13 к.

341

НЕДРА · 1972