

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОРНОРАЗВЕДЧИКИЙ
ИНСТИТУТ ЦВЕТНЫХ, РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ (ЦНИГРИ)

На правах рукописи

Г.А.САРКИСЯН

ГИДРОТЕРМАЛЬНЫЕ МЕТАСОМАТИТЫ ВОДСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИХ ГЕНЕЗИСА

04.127. Петрография, литология, минералогия

А в т о р е ф е р а т
диссертации, представленной на
соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

Москва, 1970

Работа выполнена в институте геологических наук
АН Армянской ССР

Научный руководитель — доктор геолого-минералогических
наук, профессор М.Е. БОРОДАЕВСКИЙ

Официальные оппоненты — доктор геолого-минералогических наук,
профессор, заслуженный деятель науки и техники
РСФСР Г.П. ВОЛАРОВИЧ

Кандидат геолого-минералогических наук
И.Н. КИТАЙ

Ведущее предприятие Зодская геолого-разведочная экспедиция
Производственного геолого-разведочного треста.

Автореферат разослан 30 декабря 1970 г.

Защита диссертации состоится " 16 февраля " 1971 г
на заседании Ученого Совета Центрального научно-иссле-
дательского горноразведочного института цветных, редких и
благородных металлов "ЦНИГРИ" по адресу: Москва, М-430,
Варшавское шоссе, 58.

С диссертацией можно ознакомиться в фондах ЦНИГРИ.

Просьба Ваши замечания и отзывы в двух экземплярах,
заверенные печатью учреждения, высылать Ученому секретарю
Совета.

В В Е Д Е Н И Е

Севано-Акеринская структурно-металлогеническая зона Малого Кавказа в последние два десятилетия приобрела важное значение в связи с открытием в ее пределах ряда месторождений золота, ртути, меди, сурьмы и мышьяка.

Зодское месторождение является крупным золоторудным объектом этой зоны. Изучение метасоматических образований Зодского месторождения имеет практическое значение для разработки поисковых критериев с целью их использования при выделении новых рудоносных площадей и поисках и разведке "слепых" рудных тел.

Оруденение Зодского месторождения, обнаруживая много общих черт с Слизповерхностными эпитермальными образованиями трансильванского типа, в то же время обладает рядом специфических особенностей, таких как локализация в резко контрастных по химизму гипербазитах (серпентинитах) и габброидах, что обусловило резко отличный характер гидротермальных изменений, предшествующих и сопутствующих рудообразованию.

Изучением гидротермальных изменений рудомещающих пород Зодского месторождения автор занимался в течение 1960-1964 гг и 1967-1969 гг., вначале в качестве инженера-геолога, а позже - аспиранта Вардениской научно-исследовательской базы ИГН АН Армянской ССР.

В период полевых работ проведено мелко - и крупно масштабное минералого-петрографическое картирование почти всех доступных горных выработок основных разведанных горизонтов месторождения.

В процессе камеральной обработки детально изучено более 2000 прозрачных шлифов; обработаны данные 142 полных и частичных силикатных анализов пород и минералов, из которых 127 приводятся впервые; статистически обработаны данные 550 приблизительно количественных спектральных анализов. Минералы гидротермальных метасоматитов диагностированы оптически с использованием 115 спектральных, 18 рентгеноструктурных, 19 термических и 6 электронографических анализов мономинеральных фракций. Определены объемные веса 40 и эффективные пористости 15 образцов, а также выполнены анализы водно и кислотнорастворимых комплексов 44 минералов и рудных концентратов.

Основные положения, выдвигаемые к защите в диссертации, следующие:



1. Гидротермальные изменения пород на Зодском месторождении представлены различными по генезису типами и связаны с разновозрастными интрузивными комплексами: а) с верхнемеловыми гипербазитовым и габброидным и б) с палеогеновым гранитоидным, с которым предполагается парагенетическая связь золотого оруденения.

2. Главными типами метасоматически измененных пород, сопутствующих этапу формирования золотого оруденения, является комплекс гидротермальных метасоматитов, выделяемых нами в качестве "лиственитовой формации метасоматических пород".

Решающее значение для особенностей химического состава метасоматитов лиственитовой формации имеют состав исходных пород и состав гидротермальных растворов. С точки зрения химизма нами выделены две контрастные группы метасоматитов:

а) мало- или безглиноземистые, существенно Fe - Mg - Si-ые апогипербазитовые метасоматиты - серпентиниты, тальк-карбонатные породы листвениты, и

б) глиноземистые, существенно K-Al-Si-ые апогаббровые, апогранитные и другие метасоматиты - аргиллизиты, гидрослюдисто-карбонатные и т.п.

Формирование контрастных типов метасоматитов обусловлено инертным поведением железа и магния в безглиноземистых и глинозема в алюмосиликатных исходных породах, которое прослеживается на всех стадиях гидротермального минералообразования.

3. Зональное строение ореолов гидротермально измененных рудовмещающих пород не отвечает единой метасоматической колонке, а является следствием совмещения разновозрастных и различных по генезису типов изменений в пределах единых структур, разделенных во времени внедрением даек и крупными тектоническими подвижками.

4. Жилы разного состава сопровождаются неоднократно околожилными изменениями типа лиственитизации и аргиллизации - гидрослюдизации (в зависимости от состава исходных пород), которые по химизму процесса являются результатом опережающего кислотного выщелачивания боковых пород с последующим отложением руд в трещинах и околорудно-измененных породах вследствие нейтрализации и оседания растворов.

5. Формирование околорудных зон гидротермальных изменений сопровождается образованием эндогенных ореолов отложения главных рудообразующих компонентов, концентрации которых превышают кларковые и фоновые значения исходных пород в десятки и сотни раз.

Диссертационная работа объемом 168 страниц, состоит из введе-

ний, 8 глав, практических рекомендаций и выводов, содержит 60 таблиц и 63 фотоиллюстрации. Список литературы включает 289 названий.

В процессе выполнения темы автор пользовался советами и консультациями академика Д.С.Коржинского, академиков АН Арм.ССР И.Г.Магакьяна и С.С.Миртчаня, докторов геолого-минералогических наук Н.И.Наковника, Н.И.Бородаевского, Ф.И.Вольфсона, В.С.Коптева-Дворникова, В.А.Жарикова, И.Ф.Романовича, М.М.Василевского, кандидатов геолого-минералогических наук Ш.О.Амиряна, Г.А.Назаряна, К.А.Карамяна, В.П.Логинова, Б.М.Меликсетяна, С.Д.Шера, которым автор выражает свою искреннюю признательность. Особую благодарность автор выражает доктору геолого-минералогических наук, профессору М.Б.Бородаевской за постоянное руководство, внимание и интерес к теме исследований. Автор искренне благодарен всем геологам Зодской ГРЭ, оказавшим помощь при проведении полевых исследований.

ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ, МАГМАТИЗМА, ТЕКТониКИ И ОРУДЕНЕНИЯ РАЙОНА И РУДНОГО ПОЛЯ ЗОДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Зодское месторождение расположено в пределах Севанского рудного района Севано-Акеринской структурно-металлогенической зоны Малого Кавказа (Магакьян, 1963).

Зодское месторождение открыто в 1951 г. геологом Т.М.Степаняном по шлиховым ореолам золота, установленным в 1947 г. И.Г.Магакьяном. По данным археологов, Зодское месторождение разрабатывалось еще в XIII-XII вв. до нашей эры (Мадатян, 1965). Изучением вещественного состава, геохимии руд и геолого-структурных условий локализации оруденения занимались Г.А.Мачабели, Т.А.Твалчрелидзе, Ш.О.Амирян, Н.Н.Тагунова, Д.Г.Салия, М.К.Чичинадзе, Б.Г.Безирганов, Л.С.Меликян, Н.С.Бернштейн, М.М.Константинов, В.А.Грушин.

Гидротермально измененные породы Зодского месторождения специально не изучались; краткие сведения о них приведены в работах Н.Н.Тагуновой, Д.Г.Салия и М.М.Константинова.

В геолого-структурном отношении Зодское рудное поле приурочено к СЗ части сложнопостроенного Сарыбабинского синклиория, входящего в состав Мегаантиклинория Малого Кавказа (Шихалибеили, 1966).

Синклиорий состоит из ряда крупных синклиналийных и антиклинальных и антиклинальных структур СЗ простирания и сложен вулканогенно-осадочными и осадочными отложениями мела и палеогена, а также интрузивными породами офиолитовой формации и гранитоидами палеоген-неогенового возраста.

Зодское месторождение расположено в приосевой части крайней северной асимметричной антиклинали Гейдаринской антиклинальной полосы, проходящей примерно в центральной части синклинория. На территории месторождения крылья антиклинали сложены верхнемеловыми мергелистыми известняками с базальными конгломератами в основании, которые трансгрессивно с азимутальным и угловым несогласием налегают на досенонские вулканогенно-осадочные образования и прорывающие их массивы ультраосновных и основных пород, обнажающиеся в ядре антиклинали. Палеогеновые вулканогенно-осадочные и неогеновые эффузивные образования развиты за западным и юго-восточным контурами рудного поля.

На Зодском рудном поле выделяются породы трех интрузивных комплексов: гипербазитового и габброидного верхнемелового (докампанского) и гранитоидного послеверхнемелового возрастов.

Гипербазиты и габброиды слагают крупный Карайман-Зодский габбро-перидотитовый массив, прорывающий досенонскую вулканогенно-осадочную толщу. На Центральном участке месторождения гипербазиты развиты в приосевой части антиклинали, где размещено промышленное оруденение, а габброиды - в южных частях. В гипербазитах наблюдаются прорывающие их дайкообразные тела габбро - апофиз крупного габброидного массива южных участков месторождения.

Породы гранитоидного комплекса представлены небольшими по размерам (0.2 x 0.2 м до 350 x 500 м), изолированными штокообразными телами роговообманковых диорит-порфиритов, дайками двупироксеновых микродиоритов и дугообразными в плане телом гранит-порфиров общей протяженностью около 2 км.

Возраст гранитоидов на рудном поле определяется как послеверхнемеловой - доплиоценовый. Данные абсолютного возраста (39-41 млн. лет) позволяют рассматривать их как производные верхнеэоценового (домиоценового) Тутхунского многофазного гранитоидного комплекса, выделяемого М.А.Кашкаем и др. (1965).

Оруденение Зодского месторождения представлено жильным и, в меньшей мере, прожилково-вкрапленным типами, развитыми в пределах протяженных крутопадающих зон гидротермальных изменений среди гипербазитов, габброидов, гранит-порфиров и порфиритов вулканогенно-осадочной толщи. Преобладающими рудовмещающими породами служат апосерпентинитовые тальк-карбонатные породы и апогаббровые пропилиты. Нигде не зафиксировано случаев выхода рудных жил за пределы последних. По со-

ставу выделяются кварцевые, пирит-арсенопиритовые, кварц-карбонат-полиметаллические, антимонитовые, кальцитовые и доломит-кальцитовые жилы, в основном, залегающие согласно с зонами изменений. Текущее положение рудных жил относительно зон изменений наблюдается редко.

Список минералов руд и измененных пород насчитывает 145 видов. Наиболее распространенными рудными минералами являются: пирит и арсенопирит нескольких генераций, железистый сфалерит, халькопирит, пирротин, антимонит, марказит, галенит. Часто встречается самородное золото в ассоциации с теллуридами золота, серебра, висмута, свинца, никеля, меди, ртути, сурьмы. Отмечаются различные сульфосолы - буланжерит, джемсонит, бурнонит, менегинит. Проба золота - 840-961. Характерными примесями в золоте является серебро, железо, медь, сурьма, висмут, теллур, мышьяк, селен. Полезные компоненты зодских руд: золото, серебро, теллур, висмут и кадмий.

Главными жильными минералами являются: кварц нескольких генераций (часто халцедоновидный), халцедон, кварцы, луссатит, псевдохалцедон и разнообразные карбонаты - кальцит, доломит, родохрозит, магнезит. Эпидот, актинолит, тальк, хлориты, альбит, гидрослюда, широко распространенные в околорудных ореолах, в жилах практически отсутствуют.

Все исследователи Зодского месторождения отмечают многостадийный прерывистый характер золотого оруденения. Наблюдения автора в основном подтверждают схему, предложенную Ш.О.Амираном (1960), который выделяет следующие стадии формирования рудных тел: 1.Дорудную кварцевую; 2.Кварц-пирит-арсенопиритовую, 3.Кварц-карбонат-сульфидную (золотоносную), 4.Кварц карбонатную (золоторудную с Ag , Bi , Te). 5. Кварц-карбонат-антимонитовую. 6.Кварц-карбонатную (безрудную).

МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ И МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПОРОД ЗОДСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Главе предпослан краткий очерк о современном состоянии понимания терминов "лиственит" и "лиственнитизация".

Термин "лиственит" впервые был применен Г.Розе (1837, 1842) для обозначения зеленой талькосодежающей кварц-доломитовой с гематитом и пиритом породы, образованной за счет тальковых сланцев в альбандах кварцевых жил. В настоящее время в понятие "лиственит" вкладывается различное минералого-петрохимическое и генетическое содержание, что

Приводит к неопределенности этого термина.

Представления о способе образования лиственитов разнообразны и свидетельствуют о полигенности их происхождения. Существуют следующие концепции: а) автометаморфическая в связи со становлением ультраосновных пород; б) контактово-метаморфическая в связи с реакционным взаимодействием гипербазитов с осадочными карбонатными породами, в) контактово-метаморфическая в связи с воздействием на гипербазиты более поздних интрузивных и дайковых пород основного, среднего и кислого составов, г) гидротермально-метасоматическая в связи с послемагматической деятельностью различных интрузивных комплексов, д) окислительная в связи с жилами разного состава, е) регионально-метаморфическая в зонах развития ультрабазитов с осадочными породами, ж) гранитизация.

Автор пришел к заключению, что понятие "лиственит" следует сохранить за кварц-карбонатными породами, характеризующимися преобладающим железо-магнетитово-кремнеземистым составом при незначительной глиноземистости и щелочности (родовичальный признак ультрабазитов). В таком минералогическом-петрохимическом объеме термин "лиственит" нужно использовать для обозначения продуктов изменения пород, пространственно (но не обязательно генетически) связанных с производными офиолитовых серий геосинклиналей. Наряду с этим под "лиственитовой формацией метасоматических пород" следует понимать связанную общностью генезиса группу метасоматических пород, возникающих при замещении различных по составу исходных пород в комплексе с образованием лиственитов по ультрабазитам (или их производным).

Возрастные и генетические типы метаморфических и гидротермально-метасоматических пород и их систематика

Все рудовмещающие породы Зодского рудного поля затронуты процессами метаморфизма и метасоматоза, которые подразделяются на: а) автометаморфические, б) контактово-метаморфические, в) гидротермально-метасоматические, в том числе и окислительные (околорудные). Наиболее полно и разнообразно представлены автометаморфические и более поздние гидротермально-метасоматические изменения, а в их контурах - окислительные. Автометаморфические изменения более характерны для пород гипербазитового и габброидного комплексов; в связи же с гранитоидным комплексом широко развиты гидротермально-метасоматические пре-

образования.

Верхнемеловой комплекс изменений, связанных со становлением гипербазитовых и габбро-плагиогранитных интрузий, представлен следующими генетическими типами: а) автометаморфическая серпентинизация (хризотилловая) гипербазитов, б) контактово-метаморфическая антигоритизация хризотилловых серпентинитов в связи с интрузиями габброидов, в) автометаморфическая сосерпитизация (уралитизация, эпидотизация, хлоритизация, пренизация) габброидов, г) контактово-метаморфическая эпидотизация в связи со становлением плагиогранитов габброидного комплекса, д) околотрейниная и околожильная актинолитизация и эпидотизация вдоль кварцевых жил с пирит-халькопиритовой минерализацией.

Верхнемеловой возраст этих преобразований доказывается наличием галек хризотилловых и антигоритовых серпентинитов, зеленокаменно-измененных габброидов и плагиогранитов в базальных конгломератах верхнего сенона.

Палеогеновый комплекс изменений, сопутствующий становлению молодых гранитоидных интрузий, представлен большим разнообразием типов (таблица № I). Контактново-метаморфические и автометаморфические преобразования характеризуют интрузивный и дайковый этапы становления интрузивного комплекса. Особенно широкое развитие имеют последайковые (дорудные, предрудные и собственно околорудные) гидротермально-метасоматические процессы.

Продукты контактового метаморфизма представлены антигорит-карбонатными и антигорит-талк-карбонатными породами (по хризотилловым серпентинитам), гранат-кальцитовыми с магнетитом рогами (по мергелистым известнякам) и дикиит-карбонат-кварцевыми породами (по габброидам).

Продукты гидротермально-метасоматических преобразований дорудного периода представлены апосерпентинитовыми талк-карбонатными и апогаббровыми пропилилоподобными метасоматитами.

Гидротермальные изменения рудного этапа выражены в околожильной лиственизации талк-карбонатных пород и в аргиллизации, гидрослюдизации, карбонатизации апогаббровых пропилитов.

СХЕМА КЛАССИФИКАЦИИ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ
СВЯЗАННЫХ С ВЕРХНЕМЕЛОНЫМИ И ПАЛЕО-
(по этапам развития магматизма в з

Возраст	Контактовый метаморфизм:					
	Интрузив- ные ком- плексы	Породы : комплек- сы	по серпенти- нитам	по габбро- идам	по извест- някам	по порфи- ритам
	Гиперба- зитовый	Гарцбур- гиты, ду- ниты	-	-	-	-
ВЕРХНЕМЕЛОВЫЙ (докампанский)	Габброидный	Габбро (I фаза)	Антигорити- зация	-	-	-
		Габбро (II фаза)	-	-	-	-
		Плагιο- граниты	-	-	-	Эпидотиза- ция, оквар- цевание, а- льбитиза- ция
ПАЛЕОГЕНОВЫЙ (верхнеоцен-олигоценный)	Гранитоидный	Диорито- вые порфи- риты	Оталькова- ние, анти- горитизация, карбонати- зация	-	Известко- вое орго- викование	
		Микродио- риты	-	-	-	-
		Гранит- порфиры	-	Окварцева- ние, дики- тизация, карбонати- зация		

Х И МЕТАСОМАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ,
ГЕНОВЫМ ИНТРУЗИВНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ
ависимости от состава исходных пород)

Таблица № I.

Автомета-: Гидротермально-метасоматические изменения морфизм : (дорудные и околорудные)				
: по серпенти-: по тальк-карбо-: по габороидам-: по гранито- : нитам : натным породам : : дам : : : : : : : : : :				
Серпентиниза- ция (хризоти- ловая)	-	-	-	-
Уралитиза- ция, эпидо- тизация, хлоритиза- ция	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	Актинолитизация и эпидотизация вдоль эпидотсодержащих кварцевых жил с пи- рит-халькопиритовой минерализацией	-
Эпидотиза- ция, прени- тизация, хлоритиза- ция, карбо- натизация	-	-	-	-
Хлоритиза- ция, карбо- натизация	-	-	-	-
Антигорити- зация, оталь- кование, кар- бонатизация, магнетитиза- ция	-	-	Пропилитизация: амфиболизация, эпидотизация, клиноцоитизация, пренизация, хло- ритизация,	-
Альбитиза- ция, муско- витизация, рутилиза- ция	-	Околожилные лиственитиза- ции вдоль квар- цевых, пирит-ар- сенопиритовых, полиметалличес- ких и антимони- товых жил	Околожилные ар- гиллизация и гид- рослюдизация, хло- ритизация, карбо- натизация вдоль кварцевых, пирит- арсенопиритовых, полиметалличес- ких и антимонито- вых жил	Окварцевание, гидрослюдизация карбонатизация вдоль полиметал- лических прожилов.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ, ЗОНАЛЬНОСТЬ И ФАКТОРЫ
ЛОКАЛИЗАЦИИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ
ЗОДСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Характер и закономерности пространственного размещения гидротермально измененных пород на площади Зодского рудного поля определяются их генезисом, структурными факторами, составом и физико-механическими свойствами исходных пород. Промышленное оруденение золота связано с зонами гидротермальных изменений серпентинитов, габброидов, гранит-порфиров, которые в практической деятельности рудничных геологов называются "рудными зонами".

Условия залегания, внутреннее строение и состав "рудных зон" месторождения

Рудные зоны аналогичны по своей природе минерализованным зонам дробления (по классификации Н.И.Бородаевского). В морфологическом отношении они характеризуются близвертикальным ($70-90^{\circ}$) падением с вариациями в азимутах падения как на юг, так и на север. По простиранию они прослеживаются в близширотном направлении на несколько километров, а по падению - на первые сотни метров; в плане зоны эти имеют сложную конфигурацию и неустойчивы по мощности (от 0.3 до 45-60 м). В пределах рудных зон оруденение золота связано с отдельными крупными жилами и системами сближенных прожилков пирит-арсенопиритового, кварц-карбонат-полисульфидного, золото-теллуридового и пирит-антимонитового состава, которые имеют, в основном, согласное с простиранием рудных зон залегание ($D3\ 230-250^{\circ}$ и $C3\ 280-290^{\circ}$). Более редко наблюдаются золотоносные структуры близмеридианального ($C3\ 335-350$ и $CB\ 10-15^{\circ}$) простирания.

На Центральном участке месторождения рудные зоны сконцентрированы в полосе шириной 550-600 м, представленной гетерогенным блоком серпентинитов, габброидов и вулканогенно-осадочных пород. Последний ограничен с севера Зодским рудоконтролирующим и рудоограничивающим разломом, проходящим примерно в присосевой части антиклинали с крутым падением на юг. Распространение рудных зон на юге контролируется близширотной "слепой" ветвью дугообразного тела гранит-порфиров, имеющей северное падение. На лежащей (южной) стороне рудные зоны описанного типа отсутствуют. Исключение составляет полоса маломощных (1-3-5 см) кварц-карбонат-полиметаллических (мало-сульфидных) прожилков шириной 200-250 м, развитая в прожилковизиро-

ванных габброидах лежащего бока гранит-порфиров примерно в 175-200 м от него. Механическая неоднородность Центрального участка месторождения обусловлена наличием в массиве серпентинитов присосевой части Зодской антиклинали нескольких крутопадающих дайкообразных тел габброидов (часто не имеющих выхода на дневную поверхность), расчленяющих серпентиниты на более мелкие блоки.

В пределах указанного блока выделяются четыре "рудные зоны" с соединяющими их более мелкими апофизами, которые локализованы вдоль линейных зон тектонических нарушений, фиксирующих направления контактовых поверхностей разнородных по физико-механическим и химическим свойствам пород. В преобладающем большинстве случаев "рудные зоны" формируются в блоках "пластичных" серпентинитов, ограниченных выходами более "жестких" пород (габброидов, порфиров, гранит-порфиров).

В течение многостадийного процесса золотого оруднения контактовые поверхности гетерогенных по свойствам и составу пород имели определяющее значение как при формировании зон до- и предрудных, так и собственно околорудных изменений.

Внутреннее строение и состав рудных зон обусловлены, главным образом, составом исходных пород, подвергшихся гидротермальному изменению в пределах единых рудоконтролирующих структур, а так же характером размещения и составом жил, сопровождающихся околосильными изменениями.

Основным составляющим элементом рудных зон являются апосерпентинитовые тальк-карбонатные и карбонато-тальковые породы, мощностью до 40-50 м, за счет которых в залысках залегающих внутри них жил формируются околосильные ореолы лиственитов различной мощности - от 0.1 до 2.5-3 м. При переходе из серпентинитов в габброиды мощность зон изменений обычно уменьшается и резко изменяется их состав: вместо тальк-карбонатных пород здесь развиты продукты пропилитизации габброидов. За счет последних вдоль жил разного состава формируются зональные ореолы аргиллизации, гидросиликации, хлоритизации и карбонатизации. В остатках порфиров рудные зоны встречаются редко, а в дугообразном теле гранит-порфиров, прорывающих серпентиниты, рудные жилы единичны и предпочтительнее локализованы в его экзоконтактовых частях, в основном, среди тальк-карбонатных пород.

В зависимости от состава исходных пород выделяются следующие

типы метасоматитов:

а) без - или малоглиноземистые - серпентиниты, их оталькованные разности, тальк-карбонатные породы и листвениты, развитые за счет гипербазитов.

б) существенно глиноземистые - пропилитизированные и аргиллизированные разности габброидов, диоритовых порфиров и гранит-порфиров вплоть до метасоматитов соответствующего состава - аргиллизитов, гидрослюдисто-карбонатных и др. метасоматитов.

Апогипербазитовые метасоматиты характеризуются исключительно незначительными содержаниями глинозема, щелочей, кальция и титана, что отражает особенности химизма исходных для их образования гипербазитов (гарцбургитов).

Метасоматиты, образованные за счет габброидов и других алюмосиликатных пород характеризуются существенно алюмосиликатным составом (при вариациях в содержаниях щелочей и щелочноземельных элементов), сохраняющимся и в наиболее выщелоченных разностях (аргиллизитах).

Формирование указанных контрастных типов метасоматитов, обусловленное контрастностью состава исходных пород, прослеживается на всех стадиях разновозрастных гидротермальных процессов и связано с инертным поведением глинозема в алюмосиликатных и железа, магния и силиция в безглиноземистых исходных породах.

Фактические данные о составе и структурных условиях локализации "рудных зон" показывают, что несмотря на неблагоприятные механические свойства серпентинитов по сравнению с габброидами для образования выдержанных рудоносных трещин (Безирганов, 1969), промышленное золотое оруденение локализовано в апосерпентинитовых тальк-карбонатных породах, их окварцованных разностях и лиственитах, которые в совокупности составляет примерно 65-80% объема отдельных "рудных зон".

При формировании "рудных зон" решающее значение имели структурные факторы в сочетании с фактором состава и физико-механических свойств исходных пород и метасоматитов. Наличие среди массивов "пластичных" серпентинитов дайкообразных тел габброидов и гранит-порфиров, характеризующихся более оптимальными значениями механических (прочностных и упругих) свойств, а также морфология их контактов, размеры и расстояния между их отдельными выходами имели определяющее значение для реализации тектонических напряжений дорудного этапа в "пластичных" породах.

тичных" серпентинитах. В таких благоприятных структурных условиях серпентиниты подвергаются более полным и интенсивным гидротермальным изменениям, чем габброиды, что обусловлено: а) железомagneзиевым составом серпентинитов, более благоприятным для замещения углекислыми растворами, и б) повышенными значениями эффективной пористости их по сравнению с габброидами (6-8% против 1-3%), что способствовало более полному (объемному) изменению серпентинитов и образованию в них более широкого ореола изменений.

В результате дорудного гидротермального оталькования и карбонатизации исходные серпентиниты приобретали новые параметры физико-механических свойств, которые были более благоприятными для формирования выдержанных разрывных структур по сравнению с окружающими их породами (габброидами, гранит-порфирами), которые подверглись пропилитизации и аргиллизации.

О зональности гидротермальных изменений

В условиях Зодского месторождения отчетливо выражена горизонтальная (поперечная) зональность в строении метасоматитов "рудных зон"; вертикальная зональность почти не проявлена.

Горизонтальная зональность в зависимости от состава пород и жильного выполнения выражена различно.

В серпентинитах, вмещающих "рудные зоны", полный ряд зональности метасоматитов следующий (от периферии к центру): 1. Хризотил-ловий серпентинит. 2. Хризотил-антигоровитовая зона. 3. Антигоровит-карбонатная зона. 4. Тальк-антигоровит-карбонатная зона. 5. Тальк-карбонатная зона. 6. Кварц-тальк-карбонатная зона. 7. Кварц-карбонатная (лиственитовая) зона. 8. Жилы разного состава. Для всех зон характерными рудными минералами являются магнетит, редко гематит, и хромшпинелиды. Сульфиды встречаются в породах, которые подвергнуты окислительной лиственитизации.

Переходы между зонами, в основном, постепенные. Полное развитие отмеченной зональности наблюдается в редких случаях. В работе рассмотрены примеры зональности с выпадением тех или иных зон.

В габброидах состав зон и тип зональности резко меняется; последняя выражена здесь следующим образом: 1. Габбро, слабо измененное. 2. Габбро, интенсивно пропилитизированное (эпидотизированное, пренитизированное, хлоритизированное). 3. Кварц-хлорит-карбонатная зона ($\pm$ гидрослюда). 4. Кварц-гидрослюдисто-карбонатная зона ($\pm$ хло-

рит). 5. Кварц-гидрослюдистая зона (± карбонат). 6. Аргиллитовая (каолинит-диактитовая) зона. 7. Жилы разного состава.

Картированием установлено, что отмеченные выше ряды зональности не отвечают модели единой метасоматической колонки (по Д.С. Коржинскому) и являются следствием совмещения разновозрастных и различных по генезису изменений в пределах единых разрывных структур. Это положение обосновывается следующими данными:

а) выпадением лиственитовых и аргиллизит-гидрослюдистых зон из состава зональности при отсутствии рудных жил.

б) разрывом во времени между образованием тальк-карбонатных пород и лиственитов, сопряженных с формированием руд наиболее ранней пирит-арсенопиритовой стадии, (этот разрыв отмечен внедрением дорудных даек гранит-порфиров):

в) повсеместной сульфидизацией магнетита тальк-карбонатных пород в околорудных ореолах различных по составу и времени образования жил.

Вертикальная зональность в строении дорудных метасоматитов "рудных зон" не наблюдается. На всем вертикальном интервале вскрытого горными выработками оруденения (325-350 м) гидротермальные метасоматиты при отсутствии в них жил представлены зонами тальк-карбонатных пород и апогаббровых пропилитов.

Более четко вертикальная зональность проявлена в строении собственно околорудных метасоматитов, но выражена различно для лиственитов и аргиллизит-гидрослюдистых пород.

Листвениты установлены на всем вертикальном интервале вскрытия рудных жил. Установлено, что с глубиной количественное содержание кварца уменьшается, тогда как на средних и верхних горизонтах он присутствует в равных с карбонатом количествах или даже преобладает. По-видимому, интенсивность карбонатизации магниезильсикатов (талька) с глубиной возрастает, а сам процесс карбонатизации сопровождается выносом кремнезема вверх по направлению инфильтрации растворов; при этом кремнезем осаждается на верхних горизонтах в виде многочисленных жил и прожилков в тальк-карбонатных породах.

Околожилные апогаббровые метасоматиты в поперечном вертикальном разрезе имеют концентрически-зональное строение, с внутренними кварц-гидрослюдистыми и кварц-гидрослюдисто-карбонатными зонами. На самом глубоком горизонте месторождения намечается тенденция к смене внутренних зон внешними хлоритсодержащими, но характерный

для габброидов гидрослюдистый тип изменения сохраняется. По всей вероятности этот глубокий горизонт является тем уровнем в поперечном сечении выдержанных рудных жил, ниже которого будет наблюдаться уменьшение роли кислотного выщелачивания и возрастание активности процессов карбонатизации и хлоритизации.

Выдержанность однотипных дорудных изменений по вертикали, смена внутренних околорудных зон внешними на больших расстояниях при сохранении типа изменения свидетельствуют об устойчивости физико-химических условий и позволяет положительно расценивать перспективы оруденения с глубиной.

К вопросу о многостадийности околорудных изменений

Картирование околожилных ореолов показывает, что жилы кварцевого, пирит-арсенопиритового, кварц-карбонат-полиметаллического, антимонитового состава всегда окаймлены малоомощными зонами лиственитов и аргиллизито-гидрослюдистых метасоматитов.

Характерными особенностями околожилных метасоматитов являются: а) однотипность качественного минерального и химического состава при резких колебаниях в количественных соотношениях слагающих их породообразующих минералов и компонентов, б) отсутствие минералогической зональности в ореолах лиственитов и зональное строение ореолов аргиллизито-гидрослюдистых изменений.

Околорудные изменения, как показывает картирование, представлены в пространстве изолированными линзо- и жилкообразными телами, имеющими кулисообразное расположение, внутри контуров дорудных метасоматитов, согласно в целом с их элементами залегания. Однако, наблюдаемые более редкие случаи секущего по отношению к дорудным метасоматитам положения жил разного состава с окаймляющими их симметричными оторочками околорудноизмененных пород однозначно свидетельствуют о неоднократности и разновозрастности околорудных изменений. Это положение подтверждается также отсутствием лиственитов и аргиллизитов в зонах дорудных изменений при отсутствии в них жил, несоизмеримостью масштабов мощностей жил и околожилных метасоматитов (I:I - I-3) с дорудными метасоматитами, нередкой асимметричностью в строении "рудных зон", которая обусловлена локализацией разновозрастных жил разного состава в разных частях дорудных зон, что не могло наблюдаться при предположении об одновременности всех околорудных изменений и об их одноактности.

ГИДРОТЕРМАЛЬНО-МЕТАСОМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ,
СВЯЗАННЫЕ С ПАЛЕОГЕНОВЫМ ИНТРУЗИВНЫМ КОМПЛЕКСОМ ГРАНИТОИДОВ

Процессы гидротермальных изменений, связанные с палеогеновым интрузивным комплексом, как указывалось, протекали в три крупных этапа: дорудный, собственно рудный и позднерудный, в течение которых в зависимости от состава исходных пород были образованы различные комплексы метасоматитов.

Метасоматические изменения дорудного этапа

Среднетемпературные антигоритизация, оталькование и карбонатизация как комплекс одновременных гидротермальных изменений с образованием зональных ореолов антигорит-карбонатных, тальк-антигорит-карбонатных и тальк-карбонатных с магнетитом пород развиваются по хризотилowym серпентинитам в зонах тектонических нарушений, опережающих висячий бок близширотной ветви тела гранит-порфиров.

Среди тальк-карбонатных пород выделяются тальк-магнезитовый и тальк-доломит-магнезитовый типа, причем, последний пользуется на месторождении ограниченным распространением.

Карбонаты, тальк и серпентиновые минералы в присутствии магнетита в пределах метасоматической колонки характеризуются низкой и почти постоянной железистостью (3-7 вес. % FeCO_3), что указывает на окислительную обстановку и инфильтрационный характер метасоматоза.

Анализ метасоматической колонки апогипербазитовых метасоматитов показывает, что в отличие от многих метасоматических процессов, идущих с уменьшением числа новообразованных минералов по мере нарастания интенсивности процесса вплоть до образования мономинеральных пород, при описываемом комплексе изменений, наоборот, происходит увеличение числа минералов на единицу при переходе из одной зоны в другую.

Процесс преобразования хризотилowych серпентинитов в антигорит-магнезитовые, тальк-антигорит-магнезитовые и тальк-магнезитовые породы с магнетитом обусловлен различной степенью карбонатизации исходных серпентинитов при инертном поведении главных породообразующих компонентов (MgO , FeO , SiO_2) во всех зонах единой метаморфической колонки и при вполне подвижном режиме воды, углекис-

лоты, кислорода.

Главным фактором, определяющим смену парагенезисов, является падение потенциала углекислоты в растворе в связи с уменьшением его общего давления с удалением от трещинных зон активной инфильтрации растворов. Несмотря на инертность в термодинамическом смысле магния (антигорит+магнезит, тальк+антигорит- +магнезит, тальк+магнезит) и железа (магнетит) при отальковании наблюдается вынос части магния, силиция и железа. С точки зрения выноса части оснований процесс оталькования в некотором приближении можно рассматривать как метасоматический процесс кислотного выщелачивания, отчетливые признаки которого сильно затухиваются "ультраосновной" природой серпентинитов, способствующей быстрой нейтрализации углекислых растворов.

Среднетемпературная пропилитизация выражена в последовательном образовании жил и прожилков, часто полосчатых, амфиболового, эпидотового, эпидот-клиноцоизитового, пренитового (иногда с кальцитом) составов, в основном, среди слабо измененных габброидов. В отличие от линейных зон тальк-карбонатных пород, отмеченные жилы и прожилки выполняют сближенные системы мелких трещин. В случае сближенного размещения этих систем прожилков происходит площадное, но рассредоточенное изменение габброидов, причем, полевыми наблюдениями устанавливается отчетливый околожилный характер изменений, а площадное их распространение обусловлено суммарным эффектом околопрожилковых изменений. Типоморфным признаком для распознавания продуктов пропилитизации палеогенового возраста от сходных изменений верхнемелового возраста служит розовая окраска клиноцоизита. В своем распространении клиноцоизит-эпидот-пренитовые ассоциации тяготеют к выходам микродиоритовых даек. Дорудный возраст их устанавливается по пересечению со смещением золотоносными кварц-карбонат-полиметаллическими прожилками.

Амфиболовые прожилки сопровождаются актинолитизацией (с магнетитом), эпидотовые и эпидот-клиноцоизитовые - актинолитизацией и эпидотизацией (без магнетита), а пренитовые - слабой пренитизацией и кальцитизацией.

Анализ подвижности компонентов при метасоматическом образовании указанных жил и околожилных оторочек показывает следующее:

а) образование актинолитовых с магнетитом оторочек вдоль амфи-

боловых прожилков обусловлено инертным поведением Са и Mg (актинолит) и Fe (актинолит+магнетит), при вполне подвижном поведении воды, углекислоты, щелочей и высоком потенциале кислорода. Глинозем, инертный при всех последующих околожильных процессах, почти полностью выносится из зоны актинолитизации в сторону трещин, осаждающаяся в составе роговой обманки.

б) образование актинолит-эпидотовых оторочек вдоль эпидотовых и эпидот-клиноцоизитовых прожилков происходило на фоне выноса щелочей и при инертном поведении кальция, алюминия и железа (эпидот+клиноцоизит) и, частично, магния (актинолит).

Изучение железистости сосуществующих пар минералов показывает, что в начальную стадию пропилитизации образуются более железистые эпидот и актинолит (соответственно II-III вес.% Fe_2O_3 и 7-9 вес.% FeO). При образовании эпидотсодержащих клиноцоизитовых и эпидотовых прожилков, сложенных двумя генерациями эпидота (кремевой и зеленой), первыми выделяются менее железистый эпидот ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 8.40$ вес.%) и розовый клиноцоизит ($\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3.34$ вес.%), за счет которых в центральных частях прожилков развиваются более железистые эпидоты (соответственно II.48 и 8.40 вес.% Fe_2O_3). Железистость актинолита в обоих парагенезисах колеблется незначительно (7.20-9.22 вес.% FeO), причем, с увеличением железистости эпидота в эпидотовых прожилках повышается и железистость актинолита, а железистость актинолита из эпидот-клиноцоизитового парагенезиса не уступает железистости актинолита из эпидотового парагенезиса.

На начальных высокотемпературных стадиях (образование амфибола) процесс пропилитизации протекал под влиянием щелочных растворов и при высоком потенциале кислорода - вытеснение слабых оснований (Al_2O_3 и FeO) сильными (CaO, MgO) на фронте магнезиально-кальциевого метасоматоза с выделением магнетита. Средние стадии процесса характеризовались понижением кислотности растворов и восстановительными условиями (отсутствие окислов железа) на фоне понижения температуры. Конечная стадия пропилитизации выражена в слабом метаморфическом разложении габброидов с отложением в трещинах пренита и кальцита, образование которых можно рассматривать как результат действия остаточных нейтральных растворов.

Пропилитизация и оталькование рассматриваются нами как сопряженный гидротермально-метасоматический процесс, имеющий место после внедрения микродиоритовых даек, но до становления более

молодых, но также дорудных гранит-порфиров. В пользу этого свидетельствует образование за счет пропилитов, имеющих площадное распространение, контактовых дикиит-карбонат-кварцевых метасоматитов в экзоконтакте гранит-порфиров.

До начала процессов собственно рудного этапа в зонах дорудных изменений происходит формирование безрудных кварцевых жил, сопровождающихся лиственнитизацией тальк-карбонатных пород и аргиллизацией пропилитизированных габброидов. По химизму процесса эти изменения представляют собой интенсивное кислотное выщелачивание сильных и слабых оснований из околожильных зон; однако, режим подвижности компонентов резко различен в зависимости от состава пород: лиственнитизация происходит при инертном поведении железа, магния и хрома, а аргиллизация - алюминия и титана.

В работе приведена сравнительная характеристика околожильных изменений вдоль различных кварцевых жил, объединяемых предшествовавшими исследователями в качестве продуктов первой стадии золотого оруденения. Показано, что эпидот-кварцевые жилы, сопровождающиеся актинолитизацией и эпидотизацией, являются домикродiorитовыми образованиями и не имеют связи с золотым оруденением.

Метасоматические изменения рудного этапа

Околорудные изменения тальк-карбонатных пород

Изменения тальк-карбонатных пород около жил пирит-арсенипиритового, кварц-карбонат-полиметаллического и антимонитового состава выражены в образовании маломощных зон кварц-карбонатных пород (лиственитов), переходящих с удалением от жил в окварцованные тальк-карбонатные породы.

Листвениты представляют собой существенно кварц-карбонатные породы с резко варьирующим количеством кварца, карбонатов, сульфидов и магнетита. Из минералов группы кварца в составе лиственитов установлены, кроме кварца, халцедон, кварзин, псевдохалцедон, лассатит. Карбонат основной массы представлен слабо железистым магнезитом и, реже, доломитом. В виде секущих жилочек вкраплены кальцит, доломит, марганецхальцит, кварц. Во всех типах лиственитов присутствуют хромилангиты, магнетит и бесцветный хлорит. Калиевые и хромовые следы практически отсутствуют, что обусловлено отсутствием глинозема в исходных породах - этого "фикса-



тора" калия, хотя при формировании рудных жил устанавливается привнос калия гидротермальными растворами.

Выделены типы лиственитов: а) существенно карбонатные - с содержанием минералов группы кварца в пределах - 10-20%, б) кварц-карбонатные - с примерно равным их содержанием, в) существенно кварцевые - с содержанием карбонатов не более 20-30%. По составу карбонатов выделены магнезитовый и доломит-магнезитовой подтипы; последний пользуется ограниченным распространением.

Железистость магнезита и доломита в присутствии магнетита и сульфидов невысокая (содержание $\text{FeCO}_3 = 3-5 \text{ вес.}\%$), что обусловлено высокими значениями активностей кислорода и сероводорода в околорудных ореолах, связывающих железо в магнетите и сульфидах.

Наиболее характерными особенностями разновозрастных околорудных лиственитов являются: а) однотипность механизма их образования, б) однотипность качественного минерального и химического состава при резких колебаниях в количественных соотношениях слагающих породообразующих минералов и компонентов, в) отсутствие зональности в строении ореолов.

Главными породообразующими компонентами исходных для лиственитизации тальк-карбонатных пород являются Si , Mg и $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$. Глинозем, окись кальция и щелочи в них или полностью отсутствуют, или присутствуют в столь ничтожных содержаниях, что не влияют на минеральный состав.

В зависимости от содержания в лиственитах кальция, который фиксируется в составе доломита, выделяются магнезиальный и магнезиально-кальциевый их типы.

Магнезиальные листвениты формируются под воздействием калиево-углекисло-сернистых растворов при низком потенциале в них кальция. Процесс характеризуется разложением талька при практической неизменяемости магнезита, выносом части магния и мартитизацией магнетита при постоянном содержании железа. В зависимости от степени выщелачивания магния образуются кварцевые или кварц-карбонатные листвениты магнезитового подтипа.

Магнезиально-кальциевые листвениты образуются в тех случаях, когда рудные жилы локализованы вдоль приконтактных поверхностей тальк-магнезитовых метасоматитов с породами, первоначально богатыми кальцием (габброиды, порфириды), который выщелачивается при сопряженных с лиственитизацией процессах аргиллизации и осажда-

ется в составе доломита лиственистов. В случае высокого потенциала кальция в растворах происходит вынос кремнезема с образованием карбонатных лиственистов магнезит-доломитового типа. По мнению Д.С. Коржинского (1955) замещение магнезиальных силикатов гипербазитов анкеритом (в нашем случае доломитом) с привнесом кальция и углекислоты связано с увеличением объема и поэтому вызывает увеличение давления в породе и растворение (вынос) части кварца как "вполне подвижного минерала".

Количественная характеристика химических превращений (с учетом пористости) при разновозрастных лиственизациях свидетельствует о выносе существенных количеств магния на фоне накопления кремнезема и при постоянном валовом содержании железа (при низком потенциале кальция в растворах). В случае привноса кальция растворами наблюдается вынос, в основном, кремнезема и, незначительно, магния, и доломитизация талька. Сохранение части магнетита при углекикисло-сернистом метасоматозе свидетельствует об относительно высоких окислительных условиях лиственизаций.

Характер взаимодействия "лиственитизирующих" растворов каждой стадии рудного этапа с тальк-магнезитовыми породами свидетельствует об их кислых свойствах, что выражено в выносе единственного сильного основания - магния при инертном поведении кремния и железа.

Околорудные изменения пропилитизированных габброидов

Ореолы изменений, сопровождающие рудные жилы в габбро, характеризуются зональным строением. Состав и строение разновозрастных метасоматических колонок во многом однотипны. Отличия выражены в развитии гидрослюд различных полиморфно-политипных модификаций, в закономерном изменении среднего показателя преломления хлоритов с приближением к жилам, в различной степени выщелачивания порообразующих компонентов при образовании однотипной зональности.

Зональность гидрослюдисто-аргиллитовых околорудных изменений имеет следующий вид:

0. Пропилитизированные габбро

1. Хлоритизированное, карбонатизированное габбро с реактами магматических и ранее образованных вторичных минералов.

2. Кварц-хлорит-карбонатная зона (с гидрослюдами или без них).

3. Кварц-гидрослюдисто-карбонатная зона (с хлоритом или без него).

4. Кварц-гидрослюдистая зона (с карбонатами или без них).

5. Жилы разного состава

Для всех зон характерно присутствие пирита. В залебандах некоторых антимонитовых жил между кварц-гидрослюдистой зоной и жилой наблюдается маломощная зона (0.1-0.2 м) каолинит-дикиитовых пород. В некоторых разрезах выпадает кварц-гидрослюдистая зона и непосредственно к жиле примыкает гидрослюдисто-хлоритовая зона, обогащенная карбонатом. Количественные соотношения кварца, гидрослюда, хлоритов, карбонатов и сульфидов в пределах отдельных зон колонки значительно варьирует, а внутри каждой зоны почти всегда сохраняются реликтовые минералы (эпидот, пренит, магнетит). Для всех зон, содержащих гидрослюда, характерно присутствие тонкораспыленного монтмориллонита, определенного рентгеноструктурным анализом. Электронографическое изучение гидрослуд из разновозрастных колонок позволило среди них выделить три полиморфно-политипных модификации ($2M_1$, $1M$ и $3T$). Полиморфные модификации $2M_1 + 3T$ характерны для метасоматической колонки пирит-арсенопиритовой стадии, а модификации $1M + 2M_1$ (с резким преобладанием $1M$) - для антимонитовой стадии. Эти данные в согласии с экспериментальными исследованиями характера связей между политипными модификациями гидрослуд и температурными условиями их образования (Smith & Yoder, 1956; Yoder & Eugster, 1955), свидетельствуют о снижении температуры многостадийного рудообразования от ранних (высокотемпературных) стадий к конечным (низкотемпературным).

Их хлоритов во внешних зонах метасоматической колонки присутствуют пеннин, клинохлор и амезит. Пеннин из внешних зон двусосный отрицательный, погасания прямое, знак удлинения положительный, интерференционная окраска - аномальная сине-фиолетовая с участками табачного цвета. Средний показатель преломления равен 1.586-1.608. По мере усиления выщелачивания габброидов происходит либо полное исчезновение хлоритов на фронте замещения их гидрослюдами, кварцем и карбонатами, либо постепенное исчезновение их зеленой окраски и плеохроизма и образование почти бесцветных, слабо плеохроирующих, разностей с аномальными серо-зеленоватыми цветами интерференции. "Околорудный" хлорит также является пеннином; он двусосный положительный с отрицательным знаком удлинения. Средний показатель околорудных пеннинов снижается до 1.563, т.е. его железистость понижается, что связано, по-видимому, с высвобождением железа и расходом его на образование сульфидов.

Анализ последовательности реакций замещения при околорудных

изменениях габброидов позволяет установить следующий ряд относительной подвижности компонентов: $H_2O, CO_2, S, K_2O, Na_2O, O_2, CaO, MgO, Fe, Al_2O_3$. Порядок замещения и образования минералов по мере нарастания интенсивности метасоматоза свидетельствует о переходе во вполне подвижное состояние вначале натрия, а затем - сильных оснований (Ca, Mg).

Минеральные парагенезисы внутренних зон (каолинит+дикиит, кварц+гидрослюда + пирит) обусловлены инертным поведением глинозема и железа при вполне подвижном режиме воды, уголекислоты, серы, мышьяка, щелочей и щелочноземельных элементов. Содержание окиси калия в слабо измененных габброидах составляет 0.54% (среднее из 14 анализов). Наличие в околорудных кварц-гидрослюдистых зонах K_2O до 3.20% свидетельствует о привносе калия в сферу рудоотложения гидротермальными растворами.

К ВОПРОСУ О СОСТАВЕ, СВОЙСТВАХ И РЕЖИМЕ КИСЛОТНОСТИ-ЩЕЛОЧНОСТИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

В течение гидротермального этапа золотого оруденения характер растворов менялся от относительно щелочных (амфиболизация) через кислые (аргиллизация, лиственитизация) снова к щелочным и нейтральным (хлорит-карбонатное изменение с образованием карбонатных жил). Это хорошо согласуется со схемой послемагматического процесса, предложенной Д.С.Коржинским. Из 4 стадий, выделяемых Д.С.Коржинским, в условиях Зодского месторождения наиболее полно и интенсивно проявлены стадии кислотного выщелачивания при редуцированности ранней щелочной и заключительной (нейтральной) стадий.

Геологическими наблюдениями устанавливается прерывистый характер и многостадийность гидротермальных изменений, связанных с единым интрузивным комплексом, что хорошо согласуется с представлениями о пульсирующем характере отделения растворов различного состава из рудоносного очага отдельными порциями вследствие прерывистых процессов трещинообразования (пульсационная гипотеза С.С.Смирнова).

В течение гидротермального цикла отчетливо выделяются дорудный, рудный и позднерудный этапы, а внутри них - 5 стадий.

В дорудном этапе при высоких и средних температурах (образование амфибола, эпидота, пренита) стадия кислотного выщелачивания выражена дважды: а) слабое выщелачивание с образованием зон тальк-карбонатных пород и алогаббровых проклитов и б) интенсивное выщелачивание с образованием безрудных кварцевых жил, сопровождающихся

аргиллизацией габброидов и лиственитизацией тальк-карбонатных пород. Две стадии кислотного выщелачивания отделены одна от другой внедрением гранит-порфиров.

В рудном этапе интенсивное кислотное выщелачивание боковых пород происходит в связи с формированием разновозрастных и различных по составу жил.

Наиболее примечательной особенностью разновозрастных сколо-рудных процессов кислотного выщелачивания является их проявление, с одной стороны, на фоне калиевого метасоматоза, и с другой - тесная временная и пространственная связь калиевого метасоматоза с осаждением характерных рудообразующих компонентов (Ag, Au, Fe, Cu, Pb, Zn, Cd, Bi, Te, As,) в жилах и околорудноизмененных породах.

Таким образом, многостадийные гидротермальные изменения выражаются в неоднократном кислотном выщелачивании боковых пород, общим признаком которых является закономерное проявление опережающего кислотного выщелачивания с последующим осаждением части выщелоченных и рудных компонентов растворов на фронте их нейтрализации и ощелачивания.

Кислотно-выщелачивающее действие сложных по составу растворов при наличии в них такого сильного щелочного металла как калий свидетельствует о том, что кислая реакция таких растворов обязана специфичным формам связи калия с другими компонентами раствора, обуславливающими, с одной стороны, кислотное выщелачивание боковых пород, и, с другой - способствующими переносу и осаждению таких труднорастворимых металлов, как главные рудообразующие элементы Зодского месторождения. Последние относятся к числу тех металлов, для которых большинство исследователей наиболее реальным предполагает их перенос в форме различных комплексных соединений - хлоридных и тиосульфидных для золота, гидросульфидных, карбонатных, сульфогаллоидных и более сложных для Ag, Bi, Pb, Zn, Cu, Te, As, Cd.

Полученные нами данные показывают, что независимо от типа комплексных соединений, последние должны обеспечить одновременный перенос калия, повышенную растворимость рудообразующих элементов в присутствии сероводорода и обладать кислыми свойствами.

Экспериментальными исследованиями доказано (Овчинников, Шляпников, Шур, 1964), что, условия, удовлетворяющие указанным требованиям, осуществляются в случае образования комплексных соединений

типа двойных солей (типа $K(FeCl_4)$), которые даже при прибавлении больших количеств щелочей обладают в присутствии хлора кислотными свойствами вследствие комплексобразования. Учитывая данные многочисленных экспериментальных исследований, состав комплексных соединений тяжелых металлов можно представить в виде $(K, Na)_n [Me_m(CO_3)_n(OH, F, Cl, SH)_p]$, как это предполагает И.Н.Говоров (1964). Наличие в гидротермальных растворах каждой стадии минерализации хлора, фтора, брома, иода и других анионов устанавливается анализами водных и солянокислых вытяжек, которые указывают на их присутствие в количестве от 1.5 мг до 12-14 мг на 100 г породы.

НЕКОТОРЫЕ ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГЛАВНЫХ ТИПОВ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ МЕТАСОМАТИТОВ

Концентрации редких и рассеянных элементов рассмотрены для двух групп метасоматитов - апогипербазитовых и апогаббровых.

В отношении гипербазитов и продуктов их последующего изменения устанавливается следующее:

а) в гипербазитах фоновые содержания Mn, Ni, Co, Ti , соответствуют кларку (1-1.2 кларка). Фоновые содержания Sr, Si, Zn и B превышают кларковые в 3.6-4 раза.

б) в серпентинитах, окаймляющих рудоносные зоны тальк-карбонатных пород, к вышеперечисленным элементам прибавляются Pb, Ba, Li , фоновые содержания которых превышают кларк в 10-26 раз.

в) в тальк-карбонатных породах устанавливается присутствие Ag, As, Sb , превышающих кларковые в сотни раз.

г) в околорудных лиственитах содержания Si, Zn, Pb, Ag, As , превышают кларковые до нескольких тысяч раз. Для ряда элементов (Ti, V, Sr) устанавливается тенденция к выносу. Заслуживает внимания увеличение концентрации Co в 7 раз, что обусловлено его большим родством с S и As , высокая активность которых способствует образованию сульфидов и арсенидов кобальта в околорудных лиственитах.

В отличие от гипербазитов пироксеновые габбро характеризуются большим набором элементов-примесей. Из элементов, отсутствующих в гипербазитах, в габбро зафиксированы Zr, Ga, Sr, Sc , а в измененных их разностях также и Zr, La, Y, Be , иттербий;

а) в габбро фоновые содержания Ni, Co, V, Ga, Sr и B соответствуют кларковым или незначительно превышают (в 1.2-1.5 раза). Концентрации Mn, Ti, Zn, Zr уступают кларку в 2-8 раз, а Si, Sr ,

Li, Sc, , превышают кларк в 1.8-2.4 раза.

б) В уралитизированных пироксеновых габбро набор микроэлементов и их концентрации почти не изменяются, за исключением Sr, Li, Sz, содержания которых падают примерно в два раза. Содержания Zr и Zg возрастают примерно в два раза, но все же остаются ниже кларковых.

в) В пропилитизированных в дорудном этапе габброидах устанавливаются наличие элементов-индикаторов золота: Pb, Ag, As, Sb, а также ряд малых петрогенных элементов - Be, Ba, Lr, Y, Y.

г) В околорудных кварц-гидрослюдисто-карбонатных породах концентрации меди, цинка, серебра, мышьака, сурьмы превышают кларковые до первых сотен раз.

Несмотря на то, что кларковые содержания главных рудообразующих компонентов в исходных гипербазитах меньше таковых в габброидах в 4-80 раз, максимальные их концентрации фиксируются не в апогаббровых, а в апогипербазитовых метасоматитах.

Концентрации рудообразующих компонентов в лиственитах в 3-II раз выше таковых кварц-гидрослюдисто-карбонатных пород, а по отношению к кларкам габброидов они превышают их от 9 до 1000 раз. Эти данные свидетельствуют о том, что при сопряженных околорудных изменениях типа лиственитизации и аргиллизации наиболее оптимальные условия для концентрации рудообразующих элементов осуществляются в железо-магнезиальных, нежели в алюмосиликатных, породах. Так как между содержаниями золота и его элементами-индикаторами наблюдается положительная корреляционная связь (Безирганов, 1969), то большие концентрации золота должны ожидать в околорудных ореолах лиственитов, а не аргиллизитов.

Формирование околорудных метасоматитов, сопровождающееся ореолами нисходящих концентраций рудообразующих элементов с удалением от рудных тел, а также повышенные концентрации последних по сравнению с фоновыми и кларковыми содержаниями, при большой протяженности по вертикали, свидетельствуют о привносе рудообразующих элементов в сферу рудоотложения с больших глубин.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

В качестве поисковых предпосылок и признаков золотого оруденения предложены следующие типы измененных пород:

а) В качестве поисковых предпосылок золотого оруденения следует использовать предрудные изменения серпентинитов и габброи-

дов, В габброидах они представлены среднетемпературной пропилитизацией локально-площадного распространения, типоморфной особенностью которой, в отличие от однотипных по минеральному составу изменений верхнемелового возраста, является широкое развитие розового клиноцоизита. В пределах участков распространения розового клиноцоизита в ассоциации с эпидотами и пренитом следует оконтуривать участки осветления, которые минералогически представлены аргиллизито-гидрослюдистыми породами, а в отношении химизма - характеризуются повышенными содержаниями калия. Учитывая тесную временную и пространственную связь калиевого метасоматоза с процессами оруденения, необходимо обращать особое внимание на участки развития гидрослюдизации не только габброидов, но и всех других основных интрузивных и вулканогенно-осадочных алюмосиликатных пород, первоначально бедных калием. В оконтуривании участков, обогащенных калием, существенную помощь оказывает спектроскопический анализ.

В серпентинитовых массивах косвенными предпосылками золотого оруденения могут служить зоны осветленных тальк-карбонатных пород, характеризующихся большой горизонтальной протяженностью и выдержанностью по вертикали. Учитывая возможность наличия тальк-карбонатных пород, генетически связанных с досенонским габбро-плагιο-гранитными интрузивным комплексом, более надежными критериями должны служить участки рассеянной сульфидизации и окварцевания тальк-карбонатных пород, которые сопряжены с околорудными лиственитами и характеризуются более широким площадным развитием, чем жилы и листвениты.

Наиболее эффективным методом выявления и оконтуривания потенциально рудоносных участков в пределах полей общего гидротермального изменения типа оталькования и пропилитизации является изучение ореолов рассеяния элементов-индикаторов золота - Ag , As , Sb , Si , Pb , ореолы которых во много раз превышают ореолы гидротермальных изменений.

б) прямыми поисковыми признаками золотого оруденения являются околорудные листвениты и кварц-гидрослюдисто-карбонатные метасоматиты, мощности которых в 1.5-2.5 раза больше мощностей рудных жил.

Учитывая концентрическое строение околорудных ореолов в пространстве, рекомендуется опробовать все те выходы лиственитов и аргиллизито-гидрослюдистых метасоматитов (при отсутствии в них жил), которые обязательно залегают соответственно в зонах тальк-карбонатных пород и апогаббровых пропилитов.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Метаморфические и гидротермально-метасоматические образования Зодского рудного поля генетически связаны с верхнемеловыми гипербазитовым и габброидным и палеогеновым гранитоидным интрузивными комплексами. С последним парагенетически связано золотое оруденение.

2. Главными факторами, контролирующими размещение и условий залегания метасоматитов и рудных жил являются разрывные нарушения, локализованные в контактах и приконтактных участках гетерогенных по физико-механическим свойствам пород (серпентиниты и габброиды, гранит-порфиры и тальк-карбонатные породы).

В строении зон рудомещающих метасоматитов преобладают апо-серпентинитовые, а не апогаббровые, метасоматиты. Роль габброидов незначительна, однако, их наличие оказывало структурное влияние при формировании "рудных зон" в массивах серпентинитов.

3. В зависимости от химического состава исходных пород выделены две большие группы метасоматитов, резко контрастные по химико-минеральному составу: апогипербазитовые метасоматиты - малоглиноземистые, существенно железисто-магнезиальные и б) апогаббровые и другие метасоматиты - глиноземистые, существенно алюмосиликатные.

4. Рудомещающие метасоматиты обнаруживают зональное строение, которое, однако, не характеризует единую метасоматическую колонку, а является следствием совмещения разновозрастных и различных по генезису типов гидротермальных изменений, проявления которых во времени разделены внедрением даек гранит-порфиров и тектоническими подвижками.

5. Стадийное формирование жил пирит-арсенопиритового, кварц-карбонат-полиметаллического и антимонитового состава сопровождается сингенетическими околорудными изменениями типа лиственнитизации тальк-магнезитовых пород и аргиллизацией-гидрослюдизацией апогаббровых пропилитов. Особенности околорудных изменений являются: отсутствие зональности в ореолах лиственнитов при зональном строении ореолов аргиллизаций и гидрослюдизации; близкий минеральный и химический состав разновозрастных метасоматитов при резких колебаниях соотношений в них компонентов.

6. Лиственниты и аргиллизиты представляют результат кислотного выщелачивания сильных оснований (Са и Mg) из околорудных зон при инертном поведении глинозема, железа и титана в алюмосиликатных и

магния и железа в безглиноземистых исходных породах. Осаждение рудообразующих компонентов в жилах и околорудноизмененных породах происходит на фоне нейтрализации и ошелачивания первоначально кислых растворов вследствие химического взаимодействия их с основными и ультраосновными породами и распада сложных комплексных соединений, в составе которых преобладали калий, уголекислота, сера, мышьяк, хлор, фтор и рудообразующие компоненты.

Последовательность осаждения оснований в жилах обратна последовательности их выщелачивания из боковых пород и происходит в порядке возрастания их основности.

Неоднократное проявление кислотного выщелачивания ("волн кислотности") в течение единого гидротермального этапа с закономерными явлениями цикличности кислотно-основного взаимодействия в отдельных потоках растворов свидетельствует о пульсирующем характере отделения растворов различного состава из рудоносного очага отдельными порциями вследствие прерывистых процессов трещинообразования.

7. Кларковые значения элементов-примесей в гипербазитах меньше в 4-80 раз по сравнению с габброидами, но максимальные их содержания устанавливаются в околорудных апогипербазитовых лиственитах (больше в 3-II раз). Параллельно с околорудными изменениями пород происходит формирование эндогенных ореолов отложения, в которых концентрации рудообразующих элементов превышают кларковые и фоновые содержания в десятки и сотни раз. Убывание концентрации рудообразующих элементов с удалением от рудных жил при большом вертикальном интервале развития гидротермально измененных пород свидетельствует о вероятном их эндогенном источнике.

8. Прямыми поисковыми предпосылками и признаками золотого оруденения являются изменения типа околорудных лиственитизации, аргиллизации, гидрослюдазации. Косвенными критериями могут служить ореолы пропилитизации габброидов и отащкования серпентинитов. В контурах последних необходимо выделять те участки, которые характеризуются повышенными содержаниями мышьяка, сурьмы, цинка, свинца, меди, ртути, т.е. элементов-индикаторов золота.

Список опубликованных работ автора
по теме диссертации

1. О прените и процессах пренитизации на одном золоторудном поле Армянской ССР. Докл. АН Арм.ССР, т.41, № 3, 1965
2. К составу и дисперсии двупреломления эпидитов. Изв.АН Арм. ССР. Науки о Земле, т.18, № 6, 1965 (совместно с З.О.Чибух-чяном).
3. О взаимоотношениях диоритовых даек и кварцевых эпидозитов на одном золоторудном месторождении Армении. Докл. АН Арм.ССР, т.48, № 1, 1966.
4. Роль вмещающих пород при метасоматизме и зональность его продуктов на примере золоторудного месторождения (Труды первой конференции по околорудному метасоматизму), "Недра". Москва, 1966.
5. Схема развития и некоторые особенности околотрешинных метасоматических процессов (на примере одного золоторудного месторождения Армении). Материалы ко II-ой конференции по околорудному метасоматизму, Ленинград, 1966.
6. О соотношении процессов околосильной аргиллизации и серицитизации на одном золоторудном месторождении Закавказья. Изв. АН Арм. ССР. Науки о Земле, № 2, 1968
7. О генетических типах лиственитизации (на примере СВ побережья оз.Севан)(совместно с Г.С.Арутюняном). Докл. АН Арм.ССР, т. XVI № 3, 1968.
8. Об околосильной лиственитизации на Зодском золоторудном месторождении (Армения), "Критерии рудоносности метасоматитов" (Материалы к симпозиуму). Алма-Ата, 1969.

1274

Оформлено и отпечатано в картмастерской ЦНИГРИ
Заказ № 345 Тираж 145 Л- 92251 от 22XI-70г.