

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
МОСКОВСКИЙ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
им. С. ОРДЖОНИКИДЗЕ

На правах рукописи

С. У. ВАРТАНЯН

**ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ
И МЕТОДИКИ ПОИСКОВ СЛЕПЫХ РУДНЫХ ТЕЛ
(на примере колчеданных месторождений Северной Армении)**

Автореферат диссертации, представленной на соискание ученой
степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель — кандидат геолого-минералогических наук
доцент В. В. Аристов

МОСКВА — 1962

На правах рукописи

С. У. ВАРТАНЯН

ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ
И МЕТОДИКИ ПОИСКОВ СЛЕПЫХ РУДНЫХ ТЕЛ
(на примере колчеданных месторождений Северной Армении)

Автореферат диссертации, представленной на соискание ученой
степени ^{кандидата} ~~доктора~~ геолого-минералогических наук

Научный руководитель — кандидат геолого-минералогических наук
доцент В. В. Аристов

МОСКВА — 1962



ВВЕДЕНИЕ

Для расширения сырьевой базы меднорудной промышленности республики, имеющей наряду с другими видами тяжелой индустрии Союза, важное значение в создании материально-технической базы коммунизма в соответствии с решением XXII съезда и программой КПСС, перед геологической службой республики поставлена задача комплексного применения наиболее современных геологических, геохимических и геофизических методов, для поисков слепых рудных тел в пределах месторождений и на прилегающих к ним площадях.

Предлагаемая работа в соответствии с планом тематических работ НИСа Московского геологоразведочного института им. С. Орджоникидзе, посвящена изучению особенностей локализации и геолого-структурного положения слепых рудных тел в пределах Алаверди-Шамлуг-Ахталского рудного поля, являющегося одним из перспективных горнопромышленных районов Арм. ССР, в рудных образованиях которого ведущим полезным компонентом является медь. В работе делается попытка разработки научных основ для комплексного применения вышеуказанных методов с целью поисков слепых рудных тел.

Работа написана по материалам, собранным автором в течение трех полевых сезонов (1958—1961 гг.). При проведении полевых и камеральных исследований автор пользовался некоторыми материалами и ценными советами работников, изучавших геологию колчеданных месторождений Северной Армении: С. В. Казаряна, Б. С. Вартапетяна, П. Ф. Сопко, А. Е. Исаханяна, К. А. Даниеляна, А. С. Теряева, А. Цатиняна и др.

В работе использован большой фактический материал, накопившийся за последние годы на рудниках при проходке разведочных и эксплуатационных выработок, а также были использованы работы предыдущих исследователей.

В камеральный период автором были проведены специальные экспериментальные и аналитические работы, в лабораториях МГРИ, ВИМСа, ИГЕМа, ВНИИГеофизика, Армянском научно-исследовательском институте строительных материалов и сооружений (АИСМ) и в Управлении геологии и охраны недр при Совете Министров Армянской ССР. При выпол-

нении экспериментов, автор пользовался ценными консультациями и дружеским содействием сотрудников указанных институтов: Н. В. Коломенского, А. А. Трофимова, И. И. Гурвича, Ш. Б. Багдасарова, М. В. Гзовского, Н. И. Любимова, Б. И. Беликова, Ю. А. Розанова, С. В. Николаева, Г. Авчяна и других.

В процессе обработки материала автору была оказана большая помощь коллективом кафедры методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых МГРИ.

Представленная диссертация состоит из 5 глав, общим объемом 273 страниц машинописного текста, 84 иллюстрированного рисунками в виде фотокопий карт, погоризонтных планов, блок-диаграмм, зарисовок, диаграмм ориентировки элементов трещинной структуры, графиков характеризующих физико-механические и физические свойства пород и руд, геохимические колонки, микрофотографии и 32 таблиц. Список литературы состоит из 134 названий.

В работе ставятся и находят свое разрешение следующие вопросы:

I.

На медноколчеданных месторождениях Северной Армении (Алаверди-Шамлуг-Ахталское рудное поле) выделяются два основных морфологических типа слепых рудных тел.

1) Крупные залежи неправильной формы, штоки и линзы.

2) Жильные тела, представляющие:

а) непосредственные продолжения рудных штоков на нижних горизонтах разреза;

б) обособленные слепые рудные жилы, не имеющие пространственной связи со штоками.

Указанные морфологические типы слепых рудных тел приурочены к сводовым частям складчатых структур и контролируются тектоническими трещинами типа отрыва и скола.

II.

Тектонические структуры, обусловившие формирование слепых рудных тел двух морфологических типов, связаны с неоднородностью физико-механических свойств геологического разреза рудного поля.

В крупных и механически неустойчивых кератофирах, где преобладают трещины отрыва и зоны дробления под плотными водонепроницаемыми экранирующими альбитофирами и туфоосадочными песчаниками, располагаются слепые тела первого морфологического типа (штоки и линзы). В более пластичных туфобрекчиях порфиритов, где преобладают трещины скалывания, развиты рудные тела жильного типа.

III.

Медноколчеданные рудные тела сопровождаются ореолами измененных вмещающих пород (окварцованных, серицитизированных, хлоритизированных и пиритизированных, а также гипогенными ореолами рассеяния рудных и жильных минералов (халькопирит, пирит, барит, гипс) и химических элементов (медь, барий, ртуть).

Пространственное положение ореолов измененных вмещающих пород и гипогенных ореолов рассеяния помимо химической активности пород, также связаны с неоднородностью физико-механических свойств среды.

Выявление закономерности распространения ореолов измененных вмещающих пород и ореолов рассеяния меди, бария и ртути позволяют использовать их как поисковые признаки слепых рудных тел.

IV.

Условия образования слепых рудных тел включают следующие главные факторы: а) характер рудовмещающих структур, связанный в своем возникновении с величиной тектонического напряжения, проявившегося в конкретном геологическом разрезе с неоднородными физико-механическими свойствами пород; б) различная проницаемость отдельных свит геологического разреза и наличие экранов, непроницаемых для рудоносных растворов, обусловивших образование слепых рудных тел разных морфологических типов.

V.

Проведенные автором работы позволяют рекомендовать определенный комплекс поисковых методов для выявления слепых рудных тел. Эти методы применяются в три последовательных этапа поисково-разведочных работ и включают геологические, геохимические и геофизические исследования.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГО-СТРУКТУРНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВЕРНОЙ АРМЕНИИ

Колчеданные месторождения Северной Армении связаны с развитием Сомхето-Карабахского тектоно-магматического комплекса, сложенного вулканогенно-осадочными породами юрского, мелового и эоценового возраста. В структурном отношении этот комплекс слагает крупную антиклинальную структуру северо-западного простирания, осложненную в своей приосевой части (в пределах Северной Армении), Алаверди-Шамшадинской тектонической зоной. Последняя, в свою

очередь, состоит из трех антиклинальных структур — Алавердской, Армутлинской и Шамшадинской. К первой антиклинальной структуре приурочены основные колчеданные месторождения Алаверди-Шамлуг-Ахталского рудного поля.

В основании стратиграфического разреза Алаверди-Шамлуг-Ахталского рудного поля залегают кварцевые порфиры среднеюрского возраста (тоар или аален), развитые преимущественно на участке Ахталского полиметаллического месторождения. Выше этих пород залегают широко распространенные в пределах всей Сомхето-Карабахской зоне среднеюрские (байос) андезитовые, диабазовые и дацитовые порфириты с прослоями туфовых пород («нижние» порфириты по В. Г. Грушевому), Дебедачайская свита. Нижние порфириты перекрываются согласно туфобрекчиями порфиритов того же состава (кошабертская свита, по П. Ф. Сопко), представленными грубыми и лапиллиевыми туфами, туфовыми и вулканическими брекчиями байоса.

На туфобрекчиях порфиритов залегают вулканогенные породы кислого состава бассейна, представленные кварцевыми и бескварцевыми кератофирами, вулканическими брекчиями и агломератами.

Крупные рудные залежи (штоки и линзы) в пределах месторождений рудного поля приурочены к этим породам, вследствие чего они получили название «рудоносной толщи». На рудоносной толще участка Шамлугского месторождения с незначительным угловым несогласием залегает толща туфогенных, известковистых песчаников Алавердской свиты, байос-бата.

На участке Алавердского месторождения песчаники фациально замещаются комплексом эффузивных пирокластических пород Шихтахской свиты байос-бата.

Алавердская и Шахтакская свиты местами перекрыты лавами пироксеновых порфиритов бата. Весь этот комплекс пород прорван интрузиями умеренно кислого состава (гранодиориты, кварцевые диориты), предсенноманского (Кохб-Чочканской, Ахпатской) и верхнеэоценового (Банушский) возраста. Выходы этих интрузивов опоясывают рудное поле с севера, северо-востока, востока и юга.

С интрузиями генетически связаны жильные образования в виде секущих лакколитоподобных тел, штоков и даек, альбитофиров, кварцевых порфиров, диорит-порфиров, а также базальтовых и диабазовых порфиритов.

Разрывные нарушения в пределах рудного поля имеют широкое распространение, и представляют собой полосы раздробленных и измененных пород, зоны повышенной трещиноватости значительной мощности и протяжения, с субширотным, северо-восточным, северо-западным простираниями.

СТРУКТУРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИИ СЛЕПЫХ РУДНЫХ ТЕЛ

Рудные тела колчеданных месторождений Северной Армении приурочены к различным петрохимическим типам пород крупные по размеру тела (залежи неправильной формы, штоки и линзы) тяготеют к вулканогенным образованиям кислого состава — пирокластическим агломератовым породам, кварцевым и бескварцевым кератофирам и их брекчиям, кварцевым порфирам.

Значительная часть рудных тел жильного типа и зон прожилково-вкрапленного оруденения расположена на участках распространения пород среднего и основного состава — порфиров, туфобрекчий порфиритов дацитового и андезитового состава. Кислые породы являются верхней частью рудовмещающей толщи месторождений. Известные рудные тела расположены на различных глубинах поверхности от 40 м до 200—250 м и больше, т. е. являются типичными слепыми рудными телами.

В соответствии с особенностями структуры рудного поля на месторождениях рудные штоки располагаются неравномерно, образуя отдельные скопления или группы рудных тел. Висячем боку они ограничены плоскостями покрывающих плотных альбитофинов и песчаников, а в лежащем боку они принимают все переходные формы от согласных рудных залежей к секущим рудным жилам.

К границе между крутой и пологой частями куполовидных поднятий рудоносной толщи местами также приурочена руда, образующаяся в результате метасоматического замещения вмещающих пород. Множество рудных жил и мало мощные рудные линзы не протягиваются на верхних горизонтах, до уровня рудных штоков. Они выклиниваются в пределах пород кошабертской свиты и не имеют непосредственной связи с рудными штоками. В связи с этим слепые рудные жилы подразделяются на 2 группы: а) спелые жилы, являющиеся непосредственным продолжением рудных штоков, б) обособленные жилы, составляющие самостоятельные слепые рудные тела. Главная отличительная особенность жил обеих групп заключается в том, что размеры (протяженность и мощность) жил первой группы по падению постепенно уменьшаются вплоть до полного исчезновения, а у жил второй группы, наоборот, протяженность и мощность по падению увеличиваются. По восстанию жилы второй группы либо выклиниваются постепенно, либо заканчиваются тупо, ограничиваясь поверхностями своеобразных непроницаемых экранов, представляющих границу раздела двух сред с различными физико-механическими свойствами. Эти экранирующие по-

верхности представлены пологопадающими тектоническими нарушениями с притертыми плоскостями и образуют замкнутые сверху структуры. К экранирующим структурам относятся также изгибы тектонических нарушений в хлоритизированных породах, где происходит скопление глинистого материала, непроницаемого для гидротермальных растворов, а также дайковые тела и силлы плотных пород и т. д.

Основные простирания слепых жил обеих групп широтные, субширотные, в очень редких случаях СВ и СЗ. Падение крутое ($45-60^\circ$), падают на юг (за редким исключением на север).

Выделяются три основные группы рудоконтролирующих трещин в толще кератофиров: I — минерализованные трещины отрыва, образующие обособленные зоны брекчированных пород, субширотного, широтного, северо-западного и северо-восточного простирания. II — пологопадающие межпластовые трещины с богатой сульфидной минерализацией, а также заполненные магматическими жильными породами, простираются в основном широтном, северо-восточном и реже северо-западном направлении. III — трещины отрыва, заполненные жильными минералами — карбонатами, барием, гипсом и сульфидами. Последние имеют аналогичные простирания с трещинами предыдущей группы с крутым падением под углом $70-80^\circ$.

В вертикальном разрезе количество зон повышенной трещиноватости снизу вверх возрастает. Интенсивная трещиноватость проявляется в сводовых частях брахискладок ближе к контакту кератофиров с альбитофирами и песчаниками. В этих частях трещины принимают сравнительно пологое падение.

В нижезалегающей толще туфобрекчий порфиритов выделяются также три группы четко выраженных рудоконтролирующих трещин:

I — Трещины скалывания, развитые в пределах интенсивно окварцованных пород несущих сульфидное оруденение.

II — Трещины скалывания, в рассланцованных хлоритизированных зонах с убогой сульфидной минерализацией, эти трещины являются более поздними по сравнению с первым типом. Основное направление трещин обеих групп широтное, падают на юг под углом $55-75^\circ$.

III — Оперяющие трещины отрыва, СВ и СЗ простирания углы падения пологие.

Относительная амплитуда смещения блоков по трещинам скола небольшая и от центра складок к крыльям постепенно уменьшается, указывая на рассеивание разрыва на мелкие скольжения, характеризующие пластинчатую деформацию.

Морфологический характер рудоносных трещин, развитых в толще кератофиров не ровные, изогнутые поверхности их,

Т А Б Л И Ц А

физико-механических свойств пород Алаверди-Шамлуг-Ахталского рудного поля

	Пористость %			эффектив			Предел прочности кг/см ²									Упругость модуль упругости E—10 ⁻⁵ кг/см ²			Коэффициент Пуассона μ			Модуль сдвига G—10 ⁵ кг/см ²			Коэфф. размягчения
	истинная						сжатие			срез			раскол												
	от	до	средн.	от	до	средн.	от	до	средн.	от	до	средн.	от	до	средн.	от	до	средн.	от	до	средн.				
I	Э к р а н и р у ю щ и е п о р о д ы																								
	А л ь б и т о ф и р ы																								
1)	1,12	3,4	2,10	1,00	1,83	1,41	1620	2360	1960	1600	1980	1822	200	285	242	3,43	5,00	4,25	0,10	0,25	0,16	1,12	2,11	1,64	0,80
2)	Песчаники (Алавердская свита)																								
а)	Мелкозернистые			0,35	1,40	1,12	1640	2200	1934	1140	1760	1600	220	300	251	5,08	5,64	5,43	0,22	0,23	0,22	2,26	2,46	2,34	
б)	Среднезернистые			1,20	1,55	1,42																			
в)	Крупнозернистые			1,50	1,81	1,67																			
3)	3,00	3,75	3,24	1,50	1,81	1,67	1600	2000	1823	1400	1940	1725	243	280	261	6,53	6,57	6,55	0,14	0,21	0,17	2,73	2,85	2,79	
II	Рудовмещающие породы																								
1)	Кератофиры (рудоносная толща) (малоизмененные)																								
а)	3,68	8,70	6,29	2,00	5,35	4,34	700	80	800	424	622	495	39,8	50,6	44,6	3,51	3,70	3,60	0,06	0,11	0,08	1,16	1,64	1,70	0,55
б)	Интенсивно-измененные (кварц-серпичитовые породы)																								
2)	6,90	15,01	10,02	4,08	8,76	5,73	540	900	665	300	431	361	20,0	49,0	33,5	2,90	3,70	3,37	0,06	0,26	0,14	1,22	1,87	1,50	
III	Туфобрекчии порфиритов (Кошабертская свита)																								
1)	3,20	8,70	5,42	2,05	4,95	3,22	820	1200	972	701	1000	907	43,2	108	70,9	3,31	4,37	3,90	0,21	0,78	6,24	1,11	1,90	151	0,65
II	Подстилающие породы																								
1)	"Нижние" порфириты (Дебедачайская свита)																								
1)	2,33	4,52	3,22	1,00	2,49	1,50	1200	1580	1385	1500	1880	1690	120	140	130	6,08	6,92	6,49	0,29	0,30	0,29	2,96	2,59	2,42	0,70

характер заполнения рудными и особенно жильными минералами, нарастание этих минералов в свободной среде от зальбандов трещин к их центру в виде гребенчатых оторочек и крустификационное строение, а также отсутствие вдоль стенок трещин даже небольших перемещений, указывают, что возникновение их происходило в результате тектонических усилий, действующих перпендикулярно к стенкам. Крутопадающие рудоносные трещины, развитые в толще туфобрекчий порфиритов имеют ровные поверхности, нередко уплотненные в зальбандах, со спрессованной глиной трения. На плоскостях этих трещин заметна параллельно ориентированная штриховка, указывающая на то, что образование этих трещин совпадало с направлениями касательных напряжений, а сами трещины являются трещинами скалывания. К ним приурочены слепые рудные тела жильного типа.

Рудоконтролирующие трещины в толще кератофиров по элементам залегания и содержания в них минеральных ассоциаций соответствуют трещинам II группы, развитых в нижележащей толще туфобрекчий порфиритов. Однако, пространственное положение их меняется таким образом, что выше они становятся не вертикальными, а пологопадающими. Это отличие жильных тел обеих групп вызвано отчетливой неоднородностью пород по физико-механическим свойствам.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОРОД АЛАВЕРДИ-ШАМЛУГ-АХТАЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

Для выяснения вопросов о поведении горных пород при механических напряжениях и связанных с ними складчатых и разрывных тектонических структур, а также для решения вопросов о локализации слепых рудных тел в определенной геологической обстановке данного рудного поля, помимо геологического изучения, проводились экспериментальные исследования физико-механических свойств пород. Комплекс исследований включал:

1) Определение пористости — истинная и эффективная (по 297 определений).

2) Наблюдение за динамикой заполнения пор водой при свободном насыщении в течение длительного времени (42-х суток).

3) Определение прочности пород (временного сопротивления на сжатие, срез и раскол).

4) Детальные наблюдения за характером деформации и разрушения пород.

5) Определение упругих свойств (модуль упругости, коэффициент Пуассона, модуль сдвига) динамическим и статическим методами.

Кроме перечисленных свойств горных пород изучались

также акустические, магнитные свойства пород и их электропроводность по разрезу.

Анализировались факторы, оказывающие определенное влияние на величины изучаемых параметров.

Принимая во внимание, что количественные величины физико-механических свойств пород не являются постоянными величинами со времени консолидации пород и они меняются со временем в связи с последующей гидротермальной деятельностью, определение этих параметров производилось как для интенсивно измененных разновидностей пород в пределах каждого литолого-структурного комплекса. Исследования показали, что у гидротермально измененных разновидностей рудовмещающих пород, при возрастании чешуйчатого серицита в составе милонитового вещества повышается проницаемость и падает прочность.

С увеличением содержания хлорита в составе измененных пород растет их пластичность и т. д.

В результате произведенных испытаний выяснилось, что породы, принимающие участие в геологическом строении рудного поля, четко дифференцируются по физико-механическим свойствам (табл. 1).

Ниже приводится характеристика параметров физико-механических свойств пород.

1. Пористость. Среди всех изучаемых пород максимальной пористостью (истинной и эффективной) обладают рудовмещающие кератофиры Алавердского и Шамлугского месторождений. В гидротермально измененных (кварц-серицитовых кератофирах пористость почти в два раза выше по сравнению с малоизмененными их разновидностями. Пористость кератофилов резко отличается более высоким значением, в среднем около 5 раз от пористости песчаников Алавердской свиты и альбитофилов. Последние по пористости очень близки к порфиритам Шахтахтской свиты.

Туфобрекчии порфиритов (кошабертская свита), порфириты андезитовые и дацитовые (Дебедчайская свита) по величине пористости занимают промежуточное положение между кератофирами и их брекчиями, с одной стороны и альбитофирами и песчаниками — с другой. Однако пористость у туфобрекчий порфиритов в 2—2,5 раза выше пористости порфиритов Дебедчайской свиты.

В целом можно сказать, что наиболее проницаемые рудовмещающие породы — кератофиры и туфобрекчии порфиритов, располагаются между двумя более плотными толщами — подстилающих «нижний» порфиритов и перекрывающих альбитофилов и песчаников (на Шамлугском месторождении) и вулканогенно-осадочными породами Шихтахтской свиты) Алавердского месторождения).

2. Прочность. Наибольшим временным сопротивлением на сжатие, срез и раскол характеризуются альбитофиры, песчаники Алавердской свиты и авгитовые порфиристы Шихтахской свиты. Эти породы в 2,5—3 раза превышают временное сопротивление на сжатие; в 3—5 раза на срез и в 5—10 раз на скос рудовмещающие кератофиры.

Туфобрекчий порфиритов и «нижние» порфиристы по прочности также занимают промежуточное положение между кератофирами и альбитофирами. У порфиритов эти показатели выше в 1,5—2 раза по сравнению с туфобрекчиями порфиритов. Предел прочности одних и тех же пород в сухом и водонасыщенном состоянии разный. У всех пород наблюдается падение прочности при водонасыщении. При этом максимальное падение (примерно в 2 раза) наблюдается у кератофиристов и минимальное (на 20%) у альбитофиристов. Прочность туфобрекчий порфиритов падает на 35%, а у нижних порфиритов — на 30%. Неравномерное изменение прочности связано с составом и пористостью пород.

3. Характер деформации пород. Возможно отметить следующие особенности деформации пород при их сжатии:

а) Не отмечается прямолинейной зависимости между напряжением и деформацией.

б) Не выделяется предел упругости и предел текучести.

В целом на кривых деформации не наблюдается строгой пропорциональности между силой или напряжением и соответствующей деформацией. Диаграмма деформации отображает слегка искривленную линию, подтверждающую известное положение о том, что зависимость деформации горных пород от напряжения плохо отображается законом Гука.

Однако, по характеру деформации породы изучаемого рудного поля разделяются на 3 группы, следующим образом:

В первую группу входят перекрывающие рудоносную толщу Шамлугского и Алавердского месторождений — альбитофиры, песчаники и авгитовые порфиристы, характеризующиеся максимальным пределом прочности.

При испытании этих пород на сжатие при усилии 2100—2200 кг/см², в них наблюдается первоначальная остаточная деформация, выраженная отщеплением мелких обломков и возникновением микротрещин. Вслед за этим следует внезапное и полное разрушение породы, при максимальном напряжении в 2400 кг/см². Это свидетельствует о том, что упругая деформация (предел упругости около 2200 кг/см²) переходит сразу в хрупкую деформацию и разрыву сплошности пород. В результате образуются трещины и брекчии, свободные от пылевидных частиц — продуктов трения. Следовательно, альбитофиры, песчаники и авгитовые порфиристы характеризуются как более жесткие породы с высоким пре-

делом прочности, к которому по своей величине близок и предел упругости.

Во вторую группу входят рудовмещающие кварцевые и бескварцевые кератофиры и их измененные (кварц-серицитовые) разновидности, характеризующие минимальным значением предела прочности по сравнению со всеми остальными породами. Предельная нагрузка, при которой происходит упругая деформация ниже 500 кг/см^2 . При незначительном повышении этой нагрузки на $100\text{--}150 \text{ кг/см}^2$ происходит хрупкая деформация, выражающаяся в разрушении породы типа «взрыва», что указывает практически на отсутствие пластичной деформации. Пределы упругости и прочности у пород второй группы измеряются минимальными величинами по сравнению со всеми остальными породами. Между пределами упругости и прочности нет существенной разницы, что и объясняет большую хрупкость рудовмещающих кератофиров.

В третью группу включают «нижние» порфиры андезитового и дацитового состава (Дебедачайская свита) и туфобрекчий порфиритов того же состава (Кошабертская свита). Предел упругости туфобрекчий порфиритов соответствует нагрузке около $600\text{--}700 \text{ кг/см}^2$. За пределом упругой деформации при дальнейшем повышении нагрузки наблюдаются признаки первоначальной остаточной деформации в виде диагональных перекрестных трещин около края опорной поверхности. Прибавление нагрузки не приводит к немедленному разрушению этих пород, а происходит в них пластичная деформация, выражающаяся в образовании поверхностей скольжения вдоль трещин. Дальнейшее разрушение породы происходит по поверхностям скольжения, при предельной нагрузке $1100\text{--}1200 \text{ кг/см}^2$, значительно повышаясь над пределом упругости. У «нижних» порфиритов также намечается значительная разница между пределом упругости (соответствует $1100\text{--}1200 \text{ кг/см}^2$) и пределом прочности (соответствует $1600\text{--}1800 \text{ кг/см}^2$).

При указанной разнице этих пределов, после упругой деформации в породах, происходит заметная пластичная деформация, подобно туфобрекчиям порфиритов Кошабертской свиты. Следовательно, в породах третьей группы вначале происходит как упругая также и пластичная деформация, а при дальнейших нагрузках — полное разрушение.

Различный характер деформации пород можно наблюдать также при их срезе. При этом, у кератофиров на плоскости сдвига, образовавшейся в средней части цилиндрического образца относительно крайних его частей, образуются неровные бугристые поверхности, от которых отходят многочисленные оперяющие трещины отрыва под углом $40\text{--}45^\circ$ к поверхности среза.

В кератофирах этот угол обращен в сторону сжимающей силы.

У туфобрекчий порфиритов и «нижних» порфиритов вдоль поверхности сдвигов образуются субпараллельные пачки пластин, покрытые пылью измельченного материала. Угол между поверхностью сдвига и оперяющих трещин более острый, чем у кератофигов и имеет обратное направление. Такая ориентировка трещин может являться важным фактором для определения направления главных сжимающих сил, приводивших к возникновению тектонических разрывов, контролирующих положение слепых рудных тел в хрупких и пластичных породах.

4. Упругие свойства пород. Результаты лабораторных исследований показали, что наивысоким значением модуля упругости и модуля сдвига характеризуются «нижние» порфириты андезитового и дацитового состава и порфириты Шихтахской свиты. Им в этом отношении несколько уступают альбитофиры и песчаники (Алавердская свита). Минимальным значением модуля упругости, модуля сдвига и коэффициента Пуассона характеризуются кварцевые и бескварцевые кератофиры. По величине модуля упругости и модуля сдвига туфобрекчий порфиритов (Кошабертская свита) мало отличаются от кератофигов. Однако, по величине коэффициентов Пуассона, определяющего меру изменения объема при деформации и, следовательно, пластичность пород, как порфириты (Дебедачайская свита), так и туфобрекчий порфиритов (Кошабертская свита) характеризуются наиболее высокими значениями. Следовательно, породы более основного и среднего состава (породы Дебедачайской и Кошабертской свиты) оказываются сравнительно пластичными. Породы более кислого состава с повышенным содержанием кремнезема оказываются более хрупкими (кератофиры — рудоносная толща).

Для всех исследованных пород наблюдается обратная зависимость между пористостью и модулем упругости. У альбитофигов при небольшом уменьшении пористости значительно возрастает модуль упругости, а в кератофирах уменьшение пористости приводит лишь к небольшому увеличению модуля упругости. Подобный характер изменения модуля упругости объясняется тем, что в альбитофирах наблюдается тесное срастание зерен породообразующих минералов, создающих сплошную упругую среду, обеспечивающую высокую скорость прохождения ультразвуковых волн. В кератофирах сцепление между зернами более слабое, что определяет и уменьшение скорости прохождения упругих волн.

Подводя итоги всего материала по определению физико-механических свойств пород в сочетании с геологическими наблюдениями, представляется возможным оценить разрез рудного поля с этой точки зрения следующим образом:

1. Наиболее проницаемыми породами с повышенной пористостью являются кератофиры и их брекчии. Эти породы характеризуются низкой прочностью и являются весьма хрупкими. Вследствие этого в пределах толщи кератофиров развита повышенная частотность трещин отрыва и зон всеместного приоткрывания. Проницаемость кератофиров повышается при воздействии на них дорудных гидротермальных растворов с увеличением количества серицитизированного милонитового вещества и при уменьшении объема массивно кварцевых агрегатов в породе. Кератофиры и их брекчии характеризуются также низкими акустическими свойствами.

2. Менее проницаемыми породами оказались туфобрекчии порфиритов (Кошабертская свита) и еще менее — подстилающие «нижние» порфириты (Дебедачайская свита). При воздействии внешних сил эти породы реагируют как пластичные тела, образуя большей частью трещины скалывания, обуславливающие жильный тип оруденения.

По всем показателям физико-механических свойств порфириты андезитового состава являются переходными от кератофиров к альбитофирам.

3. Перекрывающие рудоносную толщу породы Шамлугского и Алавердского месторождений (альбитофиры, песчаники, вулканогенно-осадочные породы Шихтахтской свиты) по физико-механическим свойствам резко отличаются от рудовмещающих пород. Проницаемость этих пород очень низкая. Они характеризуются также высокими показателями прочности и жесткости, кроме того резко отличаются от остальных пород высокими показателями акустических параметров.

Все эти свойства обеспечили альбитофиры, песчаникам и авгитовым порфиритам высокие экранирующие свойства их в процессе рудоотложения.

ОРЕОЛЫ ИЗМЕНЕННЫХ ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОД И ГИПОГЕННЫЕ ОРЕОЛЫ РАССЕЯНИЯ

1. Ореолы измененных вмещающих пород.

Изменение вмещающих пород рудного поля выражено, в основном, окварцеванием, серицитизацией, хлоритизацией, карбонатизацией, баритизацией и почти повсеместной пиритизацией, которые происходили как в дорудную стадию, так и в период рудоотложения.

Изменение кератофиров на рудных участках Шамлугского и Алавердского месторождения проявилось значительно интенсивнее по сравнению с туфобрекчиями порфиритов. В «нижних» порфиритах гидротермальное изменение выразилось слабее. Степень измененности каждой пачки пород соответствует степени деформации этих пород, в пределах которых возникали дорудные тектонические нарушения

В покрывающих рудоносную толщу альбитофирах и песчаниках, которые почти совершенно не деформированы, отмечаются очень слабые изменения непосредственно вблизи с подстилающими кератофирами. Изменения пород дорудной стадии проявились весьма интенсивно и имеют более широкое региональное развитие по сравнению с околорудными изменениями. Выражены они общей пропилитизацией пород. Характерно, что кварц дорудной стадии, образовавшийся в основном за счет переотложения кремнезема на месте (и лишь частично привнесенный горячими растворами), представлен в виде неравномерно-зернистых агрегатов с примесью серицита, карбонатов и хлорита. Указанные измененные породы (особенно окварцованные) были раздроблены в период интенсивной деформации, предшествовавшей рудоотложению. Процесс серицитизации, тесно связанный с окварцованием рудной стадии пород, является результатом проявления калиевого метасоматоза и пользуется широким распространением на колчеданных месторождениях меди. В толще кератофиров и их брекчий на Шамлугском и Алавердском месторождениях серицит является одним из распространенных минералов и уступает в этом отношении только кварцу. В этих зонах вмещающие породы превращены в кварц-серицитовые сланцы. Характерно, что в контакте с рудой наблюдается интенсивное развитие крупнозернистых агрегатов вторичного кварца, который не несет на себе заметных следов деформации. Отмеченная узкая мономинеральная кварцевая зона является не результатом перекристаллизации порообразующих элементов, а связана с приносом кремнезема горячими рудоносными растворами. По мере удаления от рудных тел агрегаты кварца постепенно становятся более равномернозернистыми и мелкозернистыми, причем в кератофирах устанавливается зональное строение ореола измененных пород: окварцованные породы, кварц-серицитовые, кварц-серицит-карбонатные, кварц-серицит-карбонато-хлоритовые породы; далее уменьшаются агрегаты кварца и увеличиваются реликты первичной структуры основной массы породы, по которым развивается чешуйчатый серицит и остальные вторичные минералы.

Туфобрекчии порфиринов превращены: в кварц-хлоритовые, кварц-хлорит-серицитовые, хлорит-кварц-серицитовые породы.

Развитые хлоритизации в нижележащих породах среднего и основного состава увеличивает их пластичность и текучесть. Существенно хлоритовые породы при тектонических давлениях подвергаются отслаиванию и рассланцеванию. В зонах рассланцевания хлоритовых пород рудные тела жильного типа нередко имеют невыдержанные размеры по простиранию и располагаются субпараллельно на некотором удалении от

более мощных и выдержанных по простираанию и падению рудных тел.

2. Гипогенные ореолы рассеяния меди и сопутствующих ей элементов.

Вокруг медноколчеданных рудных тел наблюдаются ореолы рассеяния меди, бария и местами ртути, которые распространяются далеко за пределами зон видимых ореолов околорудных измененных пород.

Пространственное распространение, а также содержание меди и сопутствующих ей элементов в ореолах не соизмеримы с размерами рудных тел и зависят от литологического состава вмещающих пород, особенно их проницаемости, а также от морфологических особенностей рудных тел.

Для распространения меди в ореолах устанавливается, что вокруг рудного тела, с содержанием в нем 10 усл. единицы меди в кератофирах наблюдаются ореолы рассеяния меди с концентрацией 0,05—0,06 усл. единицы, что в 5—6 раз выше фонового. Ширина ореола рассеяния меди равна 70—80 м. За указанными пределами ореола примерно на расстоянии 150—200 м от рудного тела содержание меди снижается и превышает фоновое не более чем в 2—4 раза. При уменьшении мощности рудного тела в 2 раза и содержания в нем от 2—5 усл. единиц меди, ореолы рассеяния вокруг них сохраняют содержание меди, превышающее фоновый в 5—6 раз лишь на расстоянии 35—40 м от рудного тела. За указанными пределами ореола рассеяния, примерно на расстоянии 100 м от рудного тела, содержание меди в кератофирах снижается и остается выше фонового приблизительно в 2—4 раза. В туфобрекчиях порфиритов при аналогичных мощностях рудного тела вокруг них содержание рассеянной меди превышает фоновое в 2—4 раза в ореолах шириной 30—40 м. Более низкое содержание меди в ореолах и меньшая ширина их распространения в туфобрекчиях порфиритов в значительной мере вызваны относительно низкой проницаемостью этих пород по сравнению с кератофирами. Повышенный инфильтрационный эффект в кератофирах закономерно вызван соответствующими физико-механическими свойствами их: повышение эффективной пористости, хрупкости и мелкой трещиноватости.

Для изучаемого рудного поля отмечается пространственная связь бария с медью. В процентном отношении между ними нет строгой пропорциональности, однако по всем опробованным скважинам, для которых построены геохимические колонки, барий четко коррелируется с медью. Изменение содержание бария соответствует изменению содержания меди, т. е. участкам разрезов с повышенным содержанием меди приурочено и повышенное содержание бария. Это свидетельствует о том, что барий не распространяется далеко от главных гидротермальных каналов рудной стадии.

Во вмещающих породах обнаруживаются следы ртути, характер распространения которых вокруг медноколчеданных рудных тел не соответствует таковому меди и бария. По мере приближения к рудному телу закономерного и постепенного увеличения ртути не наблюдается. Кроме того, она беспрерывно не прослеживается во всех породах. При нанесении содержания ртути на геохимическую колонку получаем лишь отдельные обособленные участки со скоплением следов ртути. Ртуть непосредственно в всячем боку рудного тела обнаруживается в тех случаях, где рудные тела образовались под экранирующими поверхностями. Следы ртути с содержанием от п. 10^{-6} до п. 10^{-5} реже до п. $10^{-4}\%$, обнаруживается также вдали от рудных тел и выше по вертикали, около 200 м под экранирующими поверхностями.

Установленный таким образом факт о том, что ореолы меди, бария и ртути имеют определенное распространение вокруг медноколчеданных тел, можно использовать в качестве поискового признака для выявления слепых рудных тел.

Полученные данные о вторичных минералах в измененных породах и результаты анализов гипогенных ореолов рассеяния, по которым построены геохимические колонки, позволяют в какой-то степени увязать гипогенные ореолы рассеяния с количеством вторичных минералов и выявить пространственную связь с рудными телами, что представляет определенный интерес в ходе поисков слепых рудных тел.

ОСОБЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАЗОВАНИЯ СЛЕПЫХ РУДНЫХ ТЕЛ

Локализация слепых рудных тел разных морфологических типов обусловлена характером рудовмещающих тектонических структур, связанных в своем образовании с величиной тектонических напряжений, проявившихся в конкретном геологическом разрезе с неоднородными физико-механическими свойствами пород.

Устанавливается, что характер деформации зависит как от величины упругих и прочностных свойств, так и от соотношения предела упругости и предела прочности деформируемых пород.

Сопоставляя характер деформации пород рудного поля с различными прочностными и упругими свойствами при одинаковых величинах тектонических напряжений, возможно установить качественную способность отдельных пород к развитию разнотипных рудоконтролирующих структур.

В процессе формирования этих структур в кератофирах происходила, главным образом, хрупкая деформация. Максимальное дробление этих пород возникало в приконтактовой зоне с вышележащими альбитофирами и песчаниками, где чаще всего и обнаруживаются слепые рудные тела типа што-



Гравиметрическую съемку следует сопровождать радиоволновым просвечиванием.

При положительных результатах предварительной разведки наиболее крупные рудные тела являются первоочередными объектами для постановки детальных геологоразведочных работ с целью увеличения прироста промышленных запасов медных руд.

Работы автора по теме диссертации

1. Вартанян С. У. Некоторые данные о поисковом значении ореолов рассеяния и физико-механических свойств пород медноколчеданных месторождений Северной Армении. «Известия высших учебных заведений», серия «геология и разведка», № 1, 1961 г.

2. Вартанян С. У. Роль физико-механических свойств пород в локализации слепых рудных тел и обоснование их поисков (на примере колчеданных месторождений Северной Армении). «Известия высших учебных заведений», серия «геология и разведка», № 12, 1961 г.

3. Вартанян С. У. Некоторые вопросы условий образования слепых рудных тел колчеданных месторождений Северной Армении. Труды МГРИ, т. XXXIX, 1962 г.

4. Вартанян С. У. Измененные вмещающие породы и гипогенные ореолы рассеяния, как поисковые признаки слепых рудных тел (медноколчеданных месторождений Северной Армении). Труды НИГМИ, вып. 4, Арм. Госиздат, г. Ереван, 1963 г. (в печати).

2014