

С. В. БАДАЛЯН, А. Ш. МАТЕВОСЯН

НЕКОТОРЫЕ ДАННЫЕ СРАВНИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЕВАНО-АМАСИЙСКОГО РУДНОГО
ПОЯСА МЕТОДОМ ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

В течение 1963—1965 гг. электроразведочным отрядом сектора рудной геофизики Института геофизики и инженерной сейсмологии АН Арм. ССР проводились электроразведочные исследования методом вызванной поляризации (ВП) на Шоржинском хромитовом и Амасийском сурьмяно-мышьяковом месторождениях.

Шоржинское месторождение хромита генетически связано с одноименным перидотитовым массивом, являющимся северо-западной оконечностью Севано-Амасийской тектоно-металлогенической зоны. Массив сложен перидотитами различных минералогических разновидностей, среди которых наблюдаются сравнительно большие выходы дунитов, являющихся материнскими породами для хромитовых рудных тел гистеромагматического типа. Руды подразделяются на вкрапленные, такситовые и массивные. По форме различаются линзообразные и гнездообразные рудные тела. В минералогическом отношении хромитовые тела, кроме хромита, содержат хромовые шпинелиды, хромовые хлориты, хромовые гранаты, магнетит.

Юго-восточное продолжение Севано-Амасийского рудного пояса замыкается Амасийским рудным полем, которое охватывает как месторождение хромитовых (восточная часть рудного поля), так и сурьмяно-мышьяковых руд (центральная часть). В геологическом строении рудного поля в основном принимают участие породы ультраосновного и основного состава — дуниты, перидотиты, пироксениты, габбро и др. Ультраосновные породы, которые сильно серпентинизированы, имеют постепенные переходы и прорываются основными породами. В восточной части рудного поля серпентинизированные дуниты содержат вкрапленники, гнезда и жилы хромита и выделяются в виде полосы шириной около 300 м. При этом установлена идентичность состава амасийских хромитовых рудных тел с севанскими. Здесь также участвуют различные типы хромшпинелидов. Основной рудоконтролирующей и рудовмещающей структурой сурьмяно-мышьякового месторождения является центральное дизъюнктивное нарушение, сопровождающееся кулисообразно расположенными трещинами скалывания. Рудные тела представлены пластообразными залежами гидротермально измененных брекчированных пород по нарушениям, трубообразным рудным столбам на месте пересечения центрального и ответвляющегося от него нарушений и антимонитовыми жилами и линзами в залежах. В минералогическом составе участвуют: антимонит, арсенопирит, реальгар, аурипигмент, бравонт, магнетит, марказит,

пентландит, пирит, пирротин, самородный мышьяк и халькопирит. По типу руды подразделяются на реальгар-аурипигментовые и антимонитовые. Реальгар-аурипигментовые руды характеризуются прожилково-пятнистой и массивной, а антимонитовые—вкрапленной и массивной текстурами.

Результаты лабораторных исследований 516 образцов руд и вмещающих пород Шоржинского и Амасийского месторождений приведены в табл. 1.

Экспериментальным путем установлено, что при концентрации вкрапленников электропроводящих минералов в породе в 1% создается поляризуемость, равная 4,5%, дальнейшее возрастание концентрации вкрапленников на 1% вызывает увеличение поляризуемости на 3,15 и т. д. [4]. Такая зависимость подтверждается и нашими работами. На Амасийском месторождении серпентинизированные дуниты и перидотиты в ряде случаев содержат до 2% и более акцессорного магнетита, который вместе с небольшими разностями других электропроводящих минералов определяет высокий процент поляризуемости. Принимая во внимание, что повышенная поляризуемость ультраосновных пород обусловлена высокой степенью их серпентинизации, измеряемой соотношением окисного и закисного железа, нетрудно пояснить себе причины поляризуемости аналогичных пород Шоржинского месторождения. Для последних, по данным ряда измерений, соотношение Fe_2O_3 к FeO составляет 2—2,5, при этом суммарное их содержание превышает 9% [1].

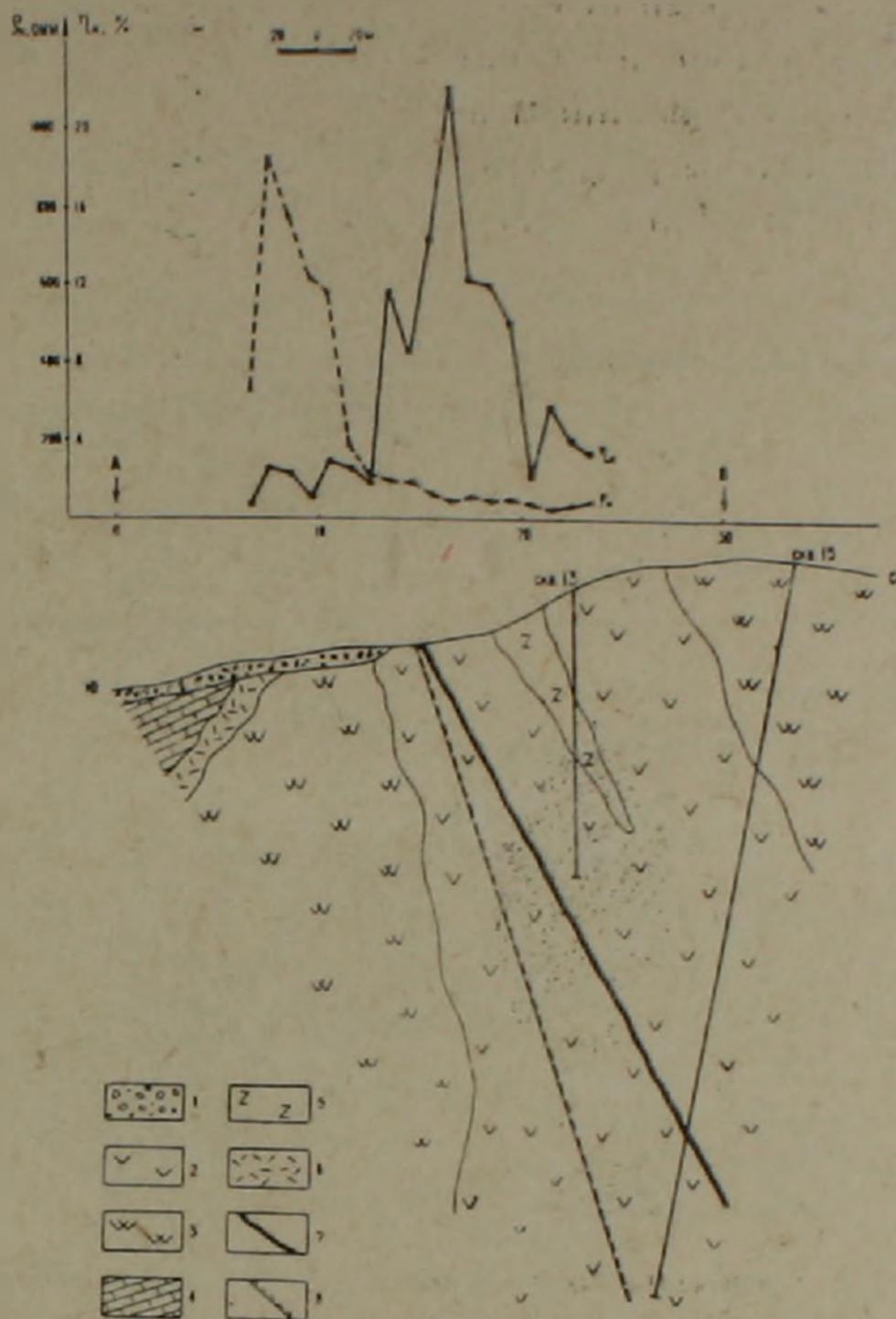
Как видно из таблицы, образцы хромитовых руд Шоржинского месторождения характеризуются более высокой поляризуемостью, нежели их амасийские аналоги, что, по-видимому, связано с некоторым различием вещественного состава хромитовых руд этих месторождений. К тому же результаты химанализов показали, что весовое содержание электропроводящих минералов (магнетит, титаномагнетит) в двух шоржинских образцах составляет соответственно 15,5% и 31,1%, содержание хромита 53,4% и 22,1% при значениях поляризуемости свыше 15%. Между тем, в амасийских образцах минералы с электронной проводимостью (магнетит, пирит, халькопирит) присутствуют в виде редких зерен, что обуславливает более низкое значение поляризуемости.

Метод вызванной поляризации широко применяется при поисках сульфидных (медных, полиметаллических, никелевых) и железорудных месторождений. Возможности метода на месторождениях других типов изучены слабо. В связи с этим проведение опытных исследований на Севано-Амасийской рудной зоне, характеризующейся оруденением хрома, никеля, мышьяка, сурьмы и др. металлов, может представить интерес в методическом отношении.

Исследования по методу ВП на Шоржинском месторождении проводились по нескольким профилям над известными рудными телами [2].

В 1963 г. нами пройден дополнительный профиль; результаты представлены на фиг. 1. Рудное тело, пересекаемое профилем, представлено жилообразной формой с вкрапленным оруденением хромита. Макси-

мальная мощность его составляет 1,5 м. Аналогично вмещающим дунитам тело падает на север [3].

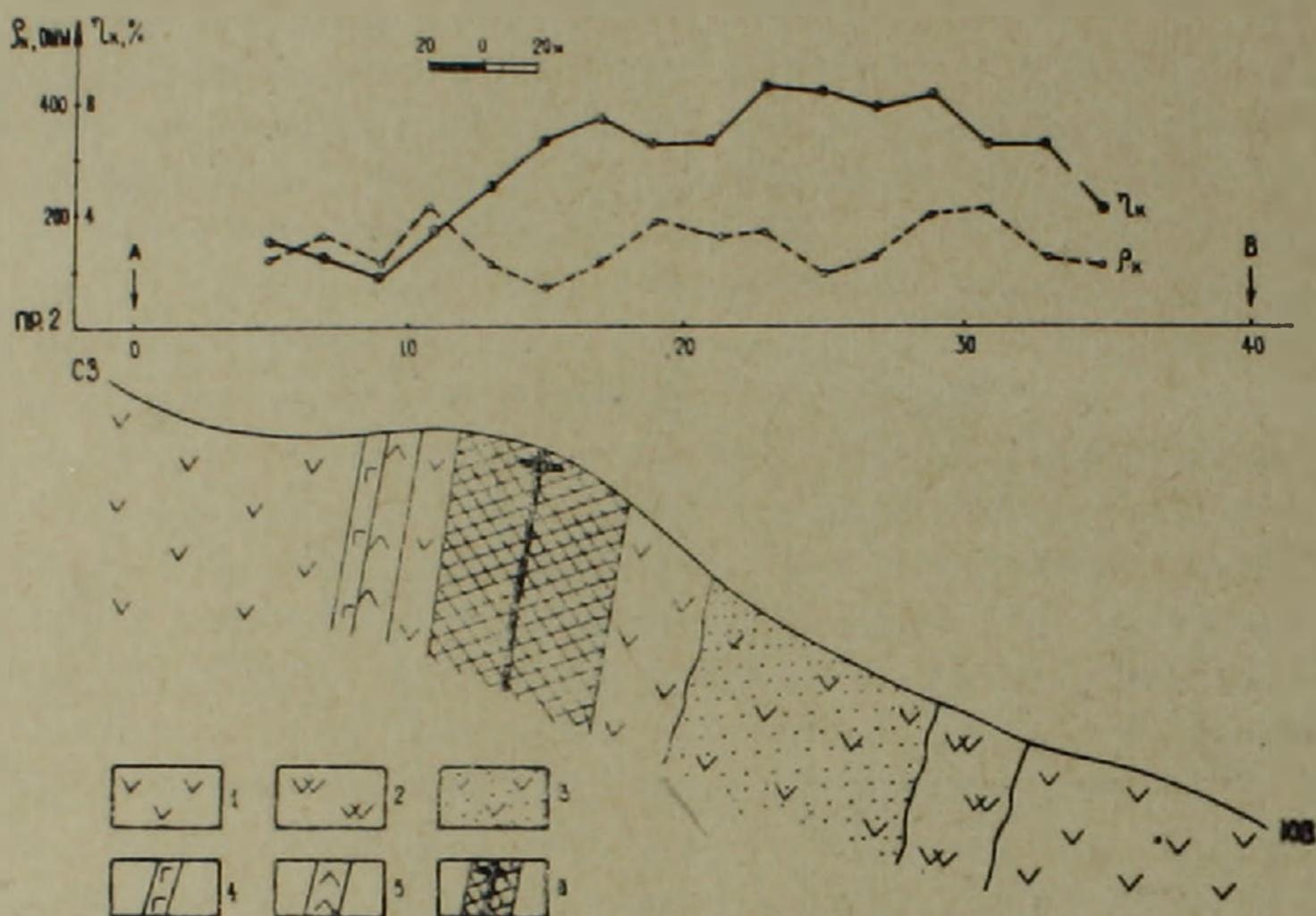


Фиг. 1. Шоржинское месторождение хромита. Графики η_k и ρ_k 1 — Современные отложения; 2 — измененные серпентинизированные дуниты с вкрапленностью хромита; 3 — измененные серпентинизированные перидотиты; 4 — мергелистые известняки; 5 — измененные серпентиниты; 6 — кварц-карбонатные породы — листвениты; 7 — рудная жила хромита; 8 — тектонические нарушения.

Полевые наблюдения велись со станцией ВП-59 (АВ-300 м. МН=10 м). График η_k весьма четко, значениями поляризуемости 4—12%, оконтуривает область хромитоносных дунитов, содержащих магнетит. При этом максимум аномальной зоны с интенсивностью 22% отвечает хромитовой руде благодаря присутствию в ней высокого содержания электропроводящих магнетита и титаномагнетита. Сравнительно резким переходом η_k на нормальный фон с левой стороны график η_k подтверждает северное падение рудовмещающих пород и рудных тел. Нормальный фон, выражающийся величиной от 1 до 3%, судя по разрезу, отвечает перидотитам, лиственитам и известнякам. На кривой ρ_k минимум до 100 ом соответствует каолинизированным, серпентинизированным измененным дунитам. В левой части профиля значительный максимум сопротивления связан с контактово-метаморфическими породами — лиственитами и слабо измененными перидотитами.

Геофизическим исследованиям методом вызванной поляризации на Амасийском месторождении подвергались главная рудоносная пластообразная залежь и рудный столб. Наблюдения проводились с использованием электроразведочной станции ВП-59 и портативным прибором «Эрцпроспектор», изготовленным в ГДР.

На фиг. 2 приведены результаты наблюдений в районе антимонитовой рудной зоны ($AB=400$ м, $MN=20$ м).



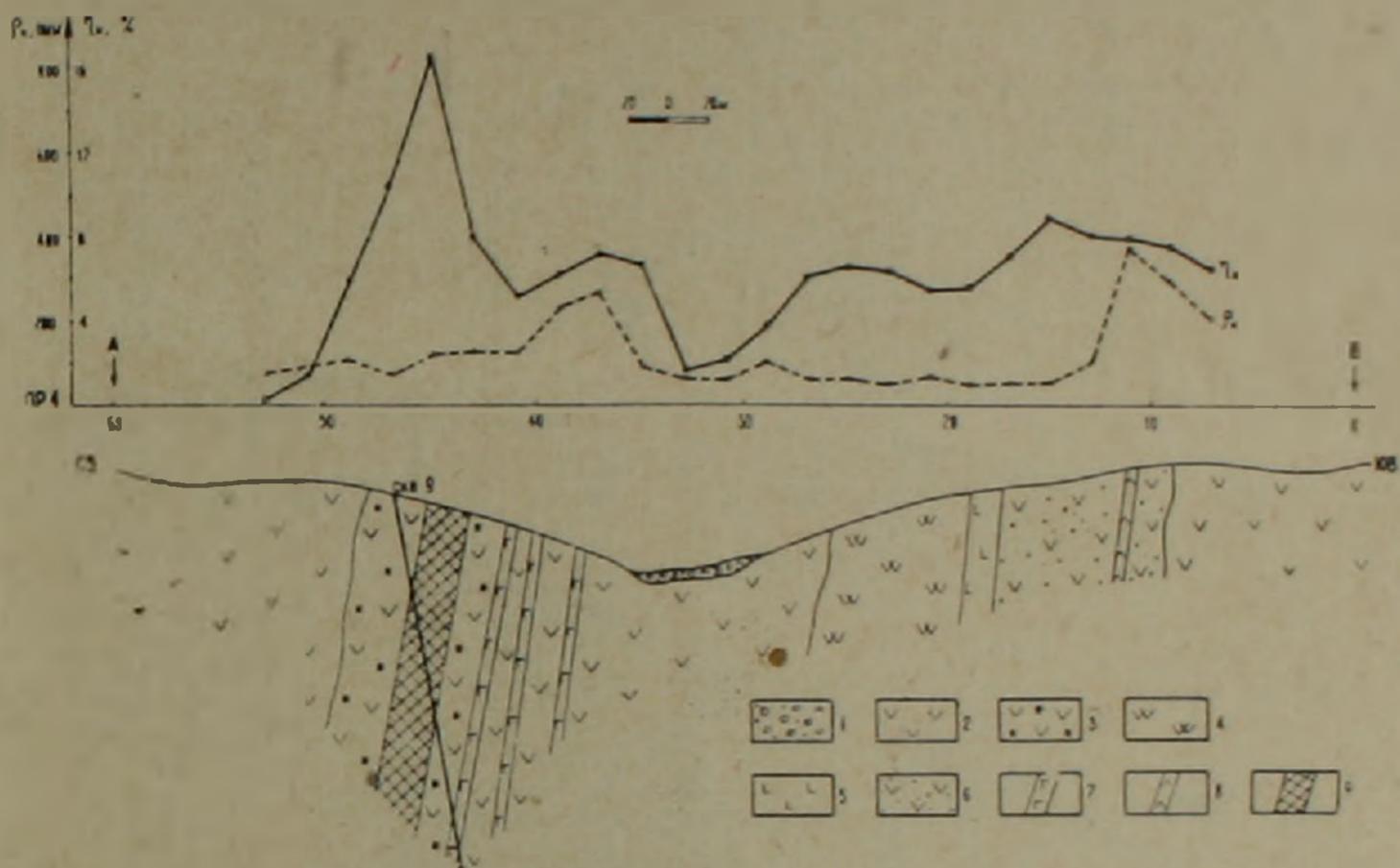
Фиг. 2. Амасийское сурьмяно-мышьяковое месторождение. Графики η_k и ρ_k .
 1 — Измененные, серпентинизированные дуниты и аподунитовые серпентиниты;
 2 — измененные серпентинизированные перидотиты и апоперидотитовые серпентиниты;
 3 — хромитсодержащие серпентинизированные дуниты; 4 — дайка амфиболового габбро;
 5 — габбро-анортозиты; 6 — гидротермальная измененная зона с жиллообразным и линзообразным оруденением антимонита.

Характер графиков η_k и ρ_k отличается плавными изменениями. Влияние гидротермально измененной зоны, несмотря на ее большую горизонтальную мощность, весьма нечетко отражается на кривой η_k . Причиной невысокой поляризуемости пород рудоносной залежи является характер их гидротермальной измененности, выражающийся в интенсивной окварцованности ультраосновных пород до степени вторичных кварцитов. Среднее содержание SiO_2 в ультраосновных породах рудного поля составляет 40,6%, а в окварцованных породах рудной зоны повышается до 76,3%. В окварцованной массе пород в виде тонких и мелких вкрапленников местами развито оруденение бравонита, пирротина, пирита, пентландита, которые в результате выщелачивания поляризуются слабо.

Участки хромитсодержащих пород также не выделяются обособленными аномалиями на общем повышенном фоне кривой η_k . Объясняется это тем, что амасийский хромит содержит в меньшем количестве магнетит, являющийся единственным электропроводящим минералом, что

и определяет локальные изменения кривой поляризуемости, независимо от содержания вкрапленников хромита в серпентинизированных дунитах. Наряду с таким характером кривой кажущейся поляризуемости по параметру ρ_k отмечается не только местонахождение гидротермально измененной зоны (50—100 ом), но и высокоомных габбровых тел и сравнительно свежих разностей ультраосновных пород (200—400 ом). Ввиду небольшой горизонтальной мощности антимонитовая жила не отмечается на кривых τ_{ik} и ρ_k .

В северной части рудного поля, в отличие от предыдущего профиля, гидротермально измененная зона выделяется достаточно четко (фиг. 3). Максимальное значение поляризуемости над гидротермально изменен-

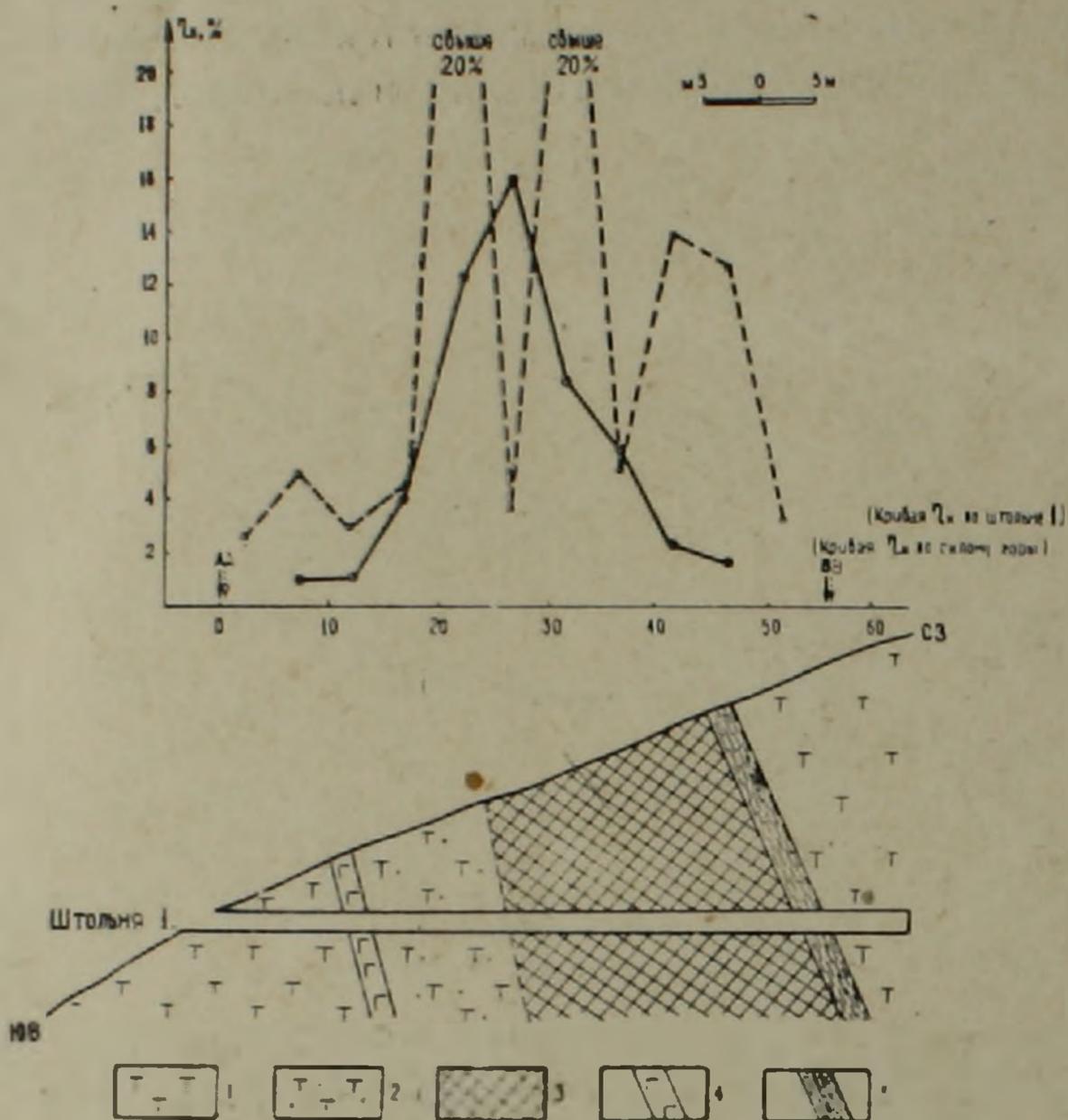


Фиг. 3. Амасийское сурьмяно-мышьяковсе месторождение. Графики τ_k и ρ_k .
1 — Поверхностные отложения; 2 — измененные, серпентинизированные дуниты и аподунитовые серпентиниты; 3 — лимонитизированные дуниты; 4 — измененные, серпентинизированные перидотиты и апоперидотитовые серпентиниты; 5 — измененные, серпентинизированные пироксениты и апопироксенитовые серпентиниты; 6 — измененные, серпентинизированные дуниты с гнездами и жилами хромита; 7 — дайки амфиболового габбро; 8 — габбро-анортозиты; 9 — гидротермально-измененная зона.

ной зоной превышает 16%, а серпентинизированные гипербазиты характеризуются значениями τ_k 4—7%. На профиле отмечаются хромитонесущие дуниты с гнездами хромита. Мощность их по данным ВП составляет 80—100 м и при интенсивности τ_k 7—10% (AB=600 м, MN=20 м).

Повышенное значение τ_k над рудной зоной (более 16%) обусловлено высоким содержанием тонковкрапленных и прожилковых сульфидов железа и никеля как на поверхности, так и на глубине. Интересно отметить, что среднее содержание минералов никеля по данным горных выработок и скважины в районе этого профиля в два раза выше, чем на предыдущем участке. Здесь габбровые дайки также характеризуются высоким сопротивлением (до 400 ом).

В последнее время особую важность приобретают геофизические исследования, проводимые в разведочных целях в подземных горных выработках. В этой связи интересные данные получены при проведении наземных и подземных измерений методом вызванной поляризации на реальгар-аурипигментовом рудном столбе (фиг. 4), который резко отличается от рассмотренных рудных тел Амасийского месторождения интенсивной минерализацией и высокими содержаниями металлов. Наблюдения проводились при $AB = 55$ м и $MN = 5$ м.

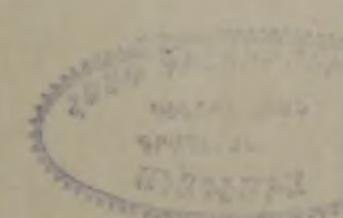


Фиг. 4. Амасийское сурьмяно-мышьяковое месторождение. Графики η_k по склону горы и по штольне. 1 — дуниты; 2 — дуниты с прожилково-вкрапленным реальгар-аурипигментовым оруденением; 3 — сплошная реальгар-аурипигментовая руда; 4 — дайка габбро-диорита; 5 — лимонит.

При подземных измерениях в штольне непосредственно над рудным столбом кажущаяся поляризуемость первичных руд оказалась выше 20%. При наземном варианте вариации кривой η_k , обусловленные изменением содержания электропроводящих минералов, затухают и поляризуемость несколько понижается. Различная поляризуемость на глубине и на поверхности является результатом гипергенных изменений сульфидных руд на поверхности, выражающихся в выщелачивании этих руд и миграции элементов. Сравнение графиков поляризуемости с содержанием минералов по штольне I убеждает в том, что подземные измерения параметра η_k значительно точнее отмечают локализацию электропроводящей минерализации в отдельных частях рудного тела.

Таблица 1

Наименование горных пород и руд	Содержание основных рудных минералов		Характер оруденения	К-во определений	Поляризуемость в %			Удельное электрическое сопротивление в ом. м.		
	электропроводящие	не обладающие электронной проводимостью			мин.	макс.	средн.	миним.	максим.	средн.
Шоржинское месторождение										
Измененные серпентиниты	магнетит	—	бедно вкрапленный	35	0,3	3,4	1,5	—	—	—
Измененные, серпентинизированные перидотиты	магнетит	—	бедно вкрапленный	23	0,9	7,9	2,4	—	—	—
Измененные, серпентинизированные дуниты с вкрапленностью хромита	магнетит	хромит	бедно вкрапленный	148	0,3	7,0	2,0	—	—	—
Хромитовая руда	магнетит, титано-магнетит	хромит	густо вкрапленный	5	4,7	36	15	—	—	—
Амасийское сурьмяно-мышьяковое месторождение										
Измененные, серпентинизированные дуниты и аподунитовые серпентиниты	магнетит	—	тонко вкрапленный	53	0,3	24	4,8	$0,5 \cdot 10^2$	$9,1 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$
Измененные, серпентинизированные перидотиты и апоперидотитовые серпентиниты	магнетит	—	тонко вкрапленный	51	0,9	19	6,5	$1,4 \cdot 10^2$	$7,3 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^3$
Лимонитизированные дуниты с вкрапленностью хромита	—	лимонит, хромит	вкрапленный	12	0,2	1,1	0,5	$0,7 \cdot 10^2$	$7,1 \cdot 10^2$	$3,2 \cdot 10^2$
Амфиболовое габбро	магнетит	—	тонко вкрапленный	13	0,8	2,3	1,8	$7,6 \cdot 10^2$	$8,3 \cdot 10^3$	$2,8 \cdot 10^3$
Гидротермально измененные окварцованные породы	бравонит, пирротин, пирит, пентландит	аннабергит, лимонит	вкрапленный	60	0,5	3,8	2,0	$1,2 \cdot 10^2$	$6,4 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^3$
Антимонитовая руда	бравонит, пирит, марказит	антимонит, реальгар	тонко-вкрапленный, вкрапленный, прожилково-вкрапленный и массивный	47	0,8	6,7	2,9	$1,1 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^4$
Реальгар-аурипигментовая руда	арсенопирит, марказит, пирит	реальгар, аурипигмент, самородный мышьяк	тонко-вкрапленный	45	6,4	53	30	$0,5 \cdot 10^2$	$3,9 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^3$
Хромитовая руда	магнетит	хромит	массивный	22	0,9	5,5	2,7	$4,1 \cdot 10^2$	$7,6 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3$



Подземными измерениями параметра τ_k реальгар-аурипигментовых руд установлено также, что поляризация однозначно коррелируется только с содержанием электропроводящих минералов — пирита, бравоита, пирротина, арсенопирита, марказита и вовсе не зависит от содержания главных минералов рудного столба — реальгара и аурипигмента.

Резюмируя результаты электроразведочных исследований на двух месторождениях Севано-Амасийского рудного пояса, можно сделать следующие выводы:

а) с увеличением степени серпентинизации ультраосновных пород (что сопровождается повышением количества электропроводящего магнетита) возрастает поляризуемость и уменьшается удельное электрическое сопротивление ультраосновных пород. Последнее характерно для гипербазитов обоих месторождений;

б) на основании изучения физических свойств образцов горных пород и руд подтверждено, что чистые разности минералов антимонита, реальгара, аурипигмента и хромита поляризуются весьма слабо и только присутствие в них пирита, арсенопирита, бравоита, марказита и магнетита повышает электронную проводимость, что в конечном итоге обуславливает хорошую поляризуемость;

в) сравнительным изучением поляризуемости хромитовых руд обоих месторождений установлено, что руды Шоржинского месторождения характеризуются значительно большей поляризуемостью, нежели их амасийские аналоги, благодаря присутствию в большом количестве магнитных минералов;

г) по данным определения удельного электрического сопротивления образцов горных пород и руд Амасийского сурьмяно-мышьякового месторождения установлен широкий диапазон изменения ρ гипербазитов, при общей тенденции уменьшения с повышением степени серпентинизации. Кроме того, отмечены весьма высокие значения ρ для антимонитовых руд;

д) опробование метода вызванной поляризации на месторождениях хромита, мышьяка и сурьмы показало, что его успешное применение для поисков и оконтуривания руд возможно лишь при высоком содержании в них электропроводящих минералов (Шоржинское месторождение хромита, Амасийский реальгар—аурипигментовый рудный столб);

е) намечается возможность использования параметра удельного электрического сопротивления для расчленения различных петрографических разностей пород.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 5.III.1967.

Управление геологии СМ Армянской ССР

Յ. Վ. ԲԱԴԱԼՅԱՆ, Ա. Շ. ՄԱԹԵՎՈՍՅԱՆ

ՀԱՐՈՒՑՎԱԾ ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ ՍԵՎԱՆ-ԱՄԱՍԻԱՅԻ ՀԱՆՔԱՅԻՆ
ԳՈՏՈՒ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՀԱՄԵՄԱՏԱԿԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՄԱՆ ՄԻ ՔԱՆԻ
ՏՎՅԱԼՆԵՐ

Ա մ փ ո փ ու մ

Սևան-Ամասիայի հանքային գոտու՝ Շորժայի և Ամասիայի հանքավայրերում կատարված էլեկտրոհետախուզական ուսումնասիրությունների հիման վրա արվում են հետևյալ եզրակացությունները՝

Ուտրահիմքային ապարների սերպենտինացման աստիճանի աճման հետ (որն ուղեկցվում է էլեկտրահաղորդիչ մագնետիտ միներալի քանակի մեծացմամբ) աճում է ներանց բևեռայնությունը:

Անտիմոնիտ, ռեսյուզար, աուրիպիգմենտ և քրոմիտ միներալները բևեռանում են պիրիտի, արսենոպիրիտի, բրավոնիտի, մարկազիտի և մագնետիտի ներփակումների առկայության շնորհիվ: Շորժայի քրոմիտի հանքանյութերը մագնետիտի և տիտանոմագնետիտի պալի պարունակության շնորհիվ բնորոշվում են շատ ավելի մեծ բևեռայնությամբ, քան Ամասիայինը: Ամասիայի հանքավայրում ուտրահիմքային ապարների սերպենտինացման ինտենսիվացումը ուղեկցվում է էլեկտրական տեսակարար դիմադրության նվազմամբ, իսկ անտիմոնիտի հանքանյութը բնորոշվում է շատ մեծ էլեկտրական տեսակարար դիմադրությամբ և այլն:

Քրոմիտի, մկնդեդի և ծարիրի հանքային զոնաների որոնման և հետախուզման համար հարուցված բևեռացման մեթոդի կիրառման արդյունավետությունը պայմանավորվում է միայն էլեկտրահաղորդականությամբ օժտված միներալների զգալի պարունակությամբ:

Նշվում են էլեկտրական տեսակարար դիմադրության պարամետրերի սղնությունը ապարների տարբեր լիթոլոգիական կոմպլեքսների, հիդրոթերմալ փոփոխման զոնաների, հանքայնացումը վերհսկող գաբրոյի դալկաների, ուժեղ և թույլ փոփոխված ուտրահիմքային ապարների քարտեղահանման հնարավորությունները:

Հարուցված բևեռացման մեթոդով դիտումների կատարումը ընդգետնյա պայմաններում (լեռնային փորվածքներում) ապահովում է դիտման հորիզոնի մոտեցումը հետազոտվող օջախին, մեծացնում է անոմալիայի ինտենսիվությունը և բարձրացնում ուսումնասիրման խորքայնությունը:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Абовян С. Б. Геология и полезные ископаемые северо-восточного побережья озера Севан. Изд. АН Арм. ССР, Ереван, 1961.
2. Газарян Г. О. Результаты применения метода вызванной поляризации на хромитовом месторождении. Сборник ВИТР-а № 49, Методика и техника разведки, Ленинград, 1965.
3. Геворкян Г. М. О некоторых закономерностях размещения хромитовых рудных тел на примере Шоржинского месторождения. Известия АН Арм. ССР, Науки о Земле, том XIX, 4, Ереван, 1966.
4. Комаров В. А. и др. Теоретические основы интерпретации наблюдений в методике вызванной поляризации. Изд. «Недра», Ленинград, 1966.