

УДК: 553.3 : 550.837

А. А. БАГИРОВ, В. П. КОРОСТИН, С. Г. ГАРАЕВ, С. А. МУРАДХАНОВ,
Р. В. ОВСЕПЯН, С. В. БАДАЛЯН, Б. П. ЛИХОДЕДОВ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КСПК НА НЕКОТОРЫХ СУЛЬФИДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ КАВКАЗА

В статье излагаются результаты первых исследований новым геоэлектрическим методом КСПК на серноколчеданных и полиметаллических месторождениях Кавказско-го металлогенического региона. Показана геологическая эффективность метода при определении среднего минерального состава рудных тел в коренном залегании, оценке среднего содержания элементов, линейных размеров рудных тел и запасов рудных элементов. Метод может быть использован на стадиях разведки и поисков месторождений при исследовании рудных выходов в обнажениях.

К настоящему времени на широко развитых медных, молибденовых и полиметаллических месторождениях и рудопроявлениях Кавказа в недостаточной мере применяются геофизические методы с целью количественной оценки запасов полезных компонентов. Значительная часть этих объектов еще ожидает своей очереди для подобной оценки. Определенная помощь в решении этой задачи может быть оказана геологоразведочному производству применением метода КСПК. Метод КСПК в последнее время становится существенным подспорьем в общем комплексе технических средств геофизики, позволяющим ускорить количественную оценку масштабов оруденения с использованием ограниченного числа горных выработок и скважин. На этапе освоения и внедрения метода КСПК работы были выполнены на шести достаточно известных рудных объектах и четырех рудопроявлениях. Наряду с этим, методом КСПК был исследован целый ряд рудоносных зон в труднодоступных горных районах Кавказа в обнажениях, расположенных вдоль русел горных рек.

Эти работы позволили провести определение среднего минерального состава рудных образований и их количественную оценку—размеры по простиранию и падению, а также массу сосредоточенных в них минералов непосредственно в коренном залегании. С помощью указанных работ удалось провести разбраковку минерализованных зон и их отдельных выходов в обнажениях по степени перспективности и промышленной значимости в локализации основных рудообразующих элементов.

Месторождение I расположено в северо-западной части Азербайджанской ССР. К настоящему времени оно достаточно хорошо изучено. Работы контактным способом поляризационных кривых были выполнены на рудном теле, подсеченном штольной 50. Рудовмещающими породами на месторождении являются переслаивающиеся глинистые и песчано-глинистые сланцы, алевролиты и мелкозернистые песчаники юрского возраста. Первоначальное представление об оруденении связывалось с крупной пластообразной залежью протяженностью более 1000 м,

которая залегала согласно с вмещающими породами под углом 45° с небольшими отклонениями в $5-10^\circ$ в местах, повторяющих складчатость глинистых сланцев. В последнее время высказываются суждения о более сложном строении указанной залежи, разбитой пострудной тектоникой на отдельные блоки и представленной серией рудных тел меньших размеров. Однако фактического материала для подтверждения этой точки зрения, а также для построения более точного и объективного представления о морфологическом строении залежи пока недостаточно.

Руды представлены различными типами как по составу, так и по текстурно-структурным особенностям. Преобладающими являются комплексные руды пирит-пирротин-халькопирит-галенит-сфалеритовые, руды с халькопиритом, пирит-пирротиновые и пиритовые руды. Последние образуют широкоразвитые ореолы с прожилковой и прожилково-вкрапленной текстурой. Наиболее богатые руды представлены массивными, пятнистыми, полосчатыми и прожилковыми текстурами. Содержание минералов колеблется в зависимости от типа руды от 5 до 30%, реже до 100% (пиритовые руды).

Для изучения методом КСПК одного из рудных тел, расположенного в центральной части залежи, в штольне был выбран оруденелый интервал мощностью в 20 м. Электрический контакт для питающих и приемных электродов был устроен с помощью металлических щеток в массивные и полосчатые руды комплексного состава с пиритом, халькопиритом, галенитом, сфалеритом и пирротинном.

Были записаны катодные и анодные поляризационные кривые, которые показаны на рис. 1. Как видно из рисунка, на поляризационных кривых отмечаются электрохимические реакции, соответствующие основным рудообразующим минералам: пириту + пирротину ($\varphi_{py+pyr}^k = -0,45$ в), халькопириту ($\varphi_{cp}^A = +0,2$ в), галениту ($\varphi_{gn}^k = -0,8$ в, $\varphi_{gn}^A = +0,4$ в) и сфалериту ($\varphi_{sl}^A = +0,02$ в, $\varphi_{sl}^k = -1,2$ в). Наряду с этим, при катодной поляризации обозначился также электрохимический процесс при потенциале $-0,2$ в, указывающем на развитие в рудном теле окислительных процессов. Последнее обстоятельство подтверждается минералогическими исследованиями ряда авторов [2].

В соответствии с принятой методикой интерпретации [3], по каждому из указанных процессов и соответствующих им значений предельных сил токов были рассчитаны величины площади рудного тела, его линейных размеров, запасов отдельных элементов и среднее содержание элементов, которые показаны в табл. 1.

Как видно из таблицы 1, полученные количественные оценки по данным разведки и метода КСПК близки только по содержанию элементов, в то время как массы элементов и величина линейных размеров рудного тела различаются. Это обстоятельство подтверждает геологическую обособленность исследуемого рудного тела (или блока) от общей залежи, указывая на неоднородность ее строения и действительную разобщенность отдельных тел друг от друга. Вместе с тем, выполненные исследования методом КСПК подтверждают, что данный объект выделяется по своим заметным масштабам от соседних месторождений и

рудопроявлений. Так, например, одно из них расположено в 5 км западнее месторождения 1 в высокогорной части рудного района работ. Рудовмещающими породами являются те же отложения верхней юры, что и на месторождении 1, но с преобладанием в разрезе песчаников. Рудная минерализация локализована в виде линзовидных тел, протяженностью в среднем до 300 м. Местами они повторяют форму складчатости

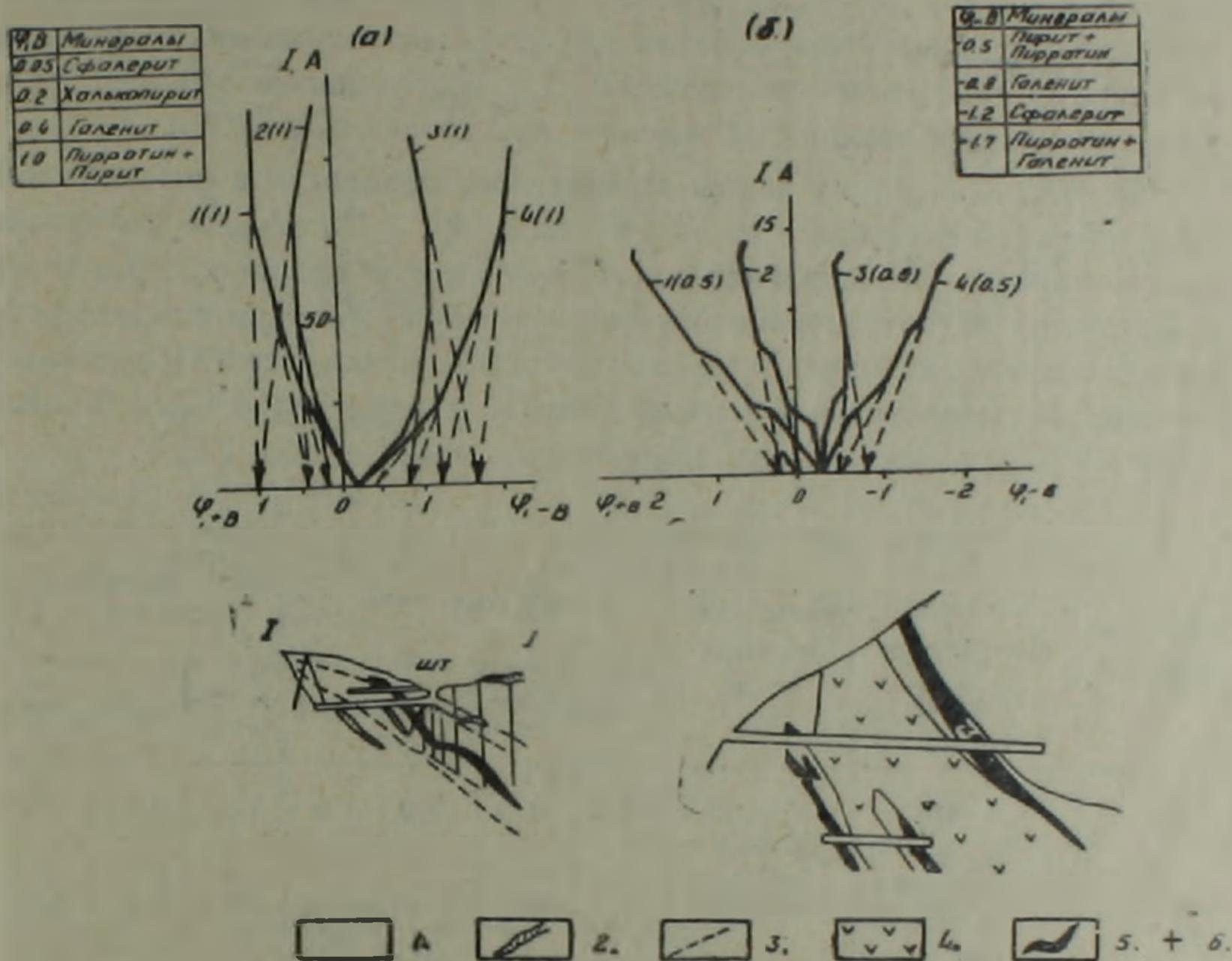


Рис. 1. Результаты поляризационных наблюдений на полиметаллическом месторождении 1—(а) и 2—(б). 1—вмещающие песчано-глинистые породы, 2—песчаные прослои, 3—тектонические нарушения, 4—габбро-диориты, 5—рудные тела, 6—место контакта питающих электродов КСПК

Таблица 1

Характер данных	Площадь поверхности рудного тела (среднее) м ²	Линейные размеры м × м	Масса, тыс. тонн				Содержание элементов, %		
			Руды	Свинца	Цинка	Меди	Свинца	Цинка	Меди
КСПК	32 × 10 ⁴	400 × 400, 300 × 200 и т. д.	4,2 × 10 ³	8,7	6,9	1,6	3,0	6,3	1,0
Геологич.		1000 × 800	больше	больше	больше	больше	3,0	6,0	1,5

рудовмещающих пород и конфигурацию контакта габбро-диоритов с осадочными породами, средняя мощность тел 5 м. В рудных телах серноколчеданного состава преобладают пирротин и пирит (до 5%) с халь-

копиритом. Рудные тела полиметаллического состава содержат пирит и пирротин (до 20%), сфалерит (до 10%), галенит (до 2,6%), реже халькопирит (до 2%). Пространственно рудные тела разного состава залегают почти вертикально. Они сближены и часто переплетаются как по падению, так и по простиранию.

Записанные поляризационные кривые для одного из рудных тел показаны на рис. 16. Из рисунка видно, что по катодной поляризации до тока 5А четко обозначился процесс с участием атмосферного кислорода при потенциале $-0,1$ в. Затем следует электрохимическая реакция на пирите + пирротине + халькопирите с потенциалом $-(0,5-0,55)$ в. Далее отмечается реакция на галените при потенциале $-0,8$ в.

На анодных кривых видны процессы на сфалерите с потенциалом $-0,05$ в и на халькопирите при потенциале $-0,2$ в. То есть, по поляризационным кривым подтвердился полиметаллический состав рудного тела, а достаточно активное проявление кислородной реакции свидетельствует о широком развитии на теле окислительных процессов. Полученные расчеты по количественной оценке масштабов оруденения были близки к геологическим данным. Эти сведения показаны в табл. 2.

Таблица 2

Характер данных	Площадь поверхности рудного тела	Линейные размеры м × м	Масса, тыс. тонн				Содержание металлов, %		
			Руда	Свинец	Цинк	Медь	Свинец	Цинк	Медь
КСПК	12×10^4	300 × 200 400 × 150 и т. д.	133,4	41,5	12,0	9,5	3,3	2,5	0,5
Геологич.		300 × 150		меньше	то же	меньше	2,5	3,2	0,66

Несмотря на разницу оценок рассматриваемыми способами содержания свинца и цинка, общий масштаб рудного тела обоими приемами определен как рудный объект среднего значения и намного меньше, чем на месторождении I.

Определенный интерес представляет случай узкой минеральной специализации рудных образований и каким образом эта особенность отражается на поляризационных кривых. Для примера рассмотрим результаты поляризационных измерений на одном из месторождений Северной Армении, на котором рудное тело было сложено халькопиритом и пиритом. Они образуют жилы протяженностью в среднем 150 м и мощностью 0,5—2,0 м. Наряду с указанными минералами в жилах содержатся в виде примесей благородные металлы, имеющие существенное значение при определении промышленного значения рудной минерализации на данном месторождении. Количество последних также может быть оценено методом КСПК через массу сульфидов, в которых они находятся в рассеянном состоянии.

Рудовмещающие породы представлены переслаивающимися лорфритами, туфолесчаниками и песчаниками верхнеюрского возраста.

На рис. 2а (1 и 2) показаны поляризационные кривые для двух рудных жил, которые различались по геологическим данным своими масштабами. Первая жила была в два раза меньше второй. Как видно из рисунка, в обоих случаях на поляризационных кривых резко обозначился кислородный процесс при потенциале $- (0,05 - 0,1)$ в и электрохимическая реакция на халькопирите с потенциалом $-0,6$ в при катодной по-

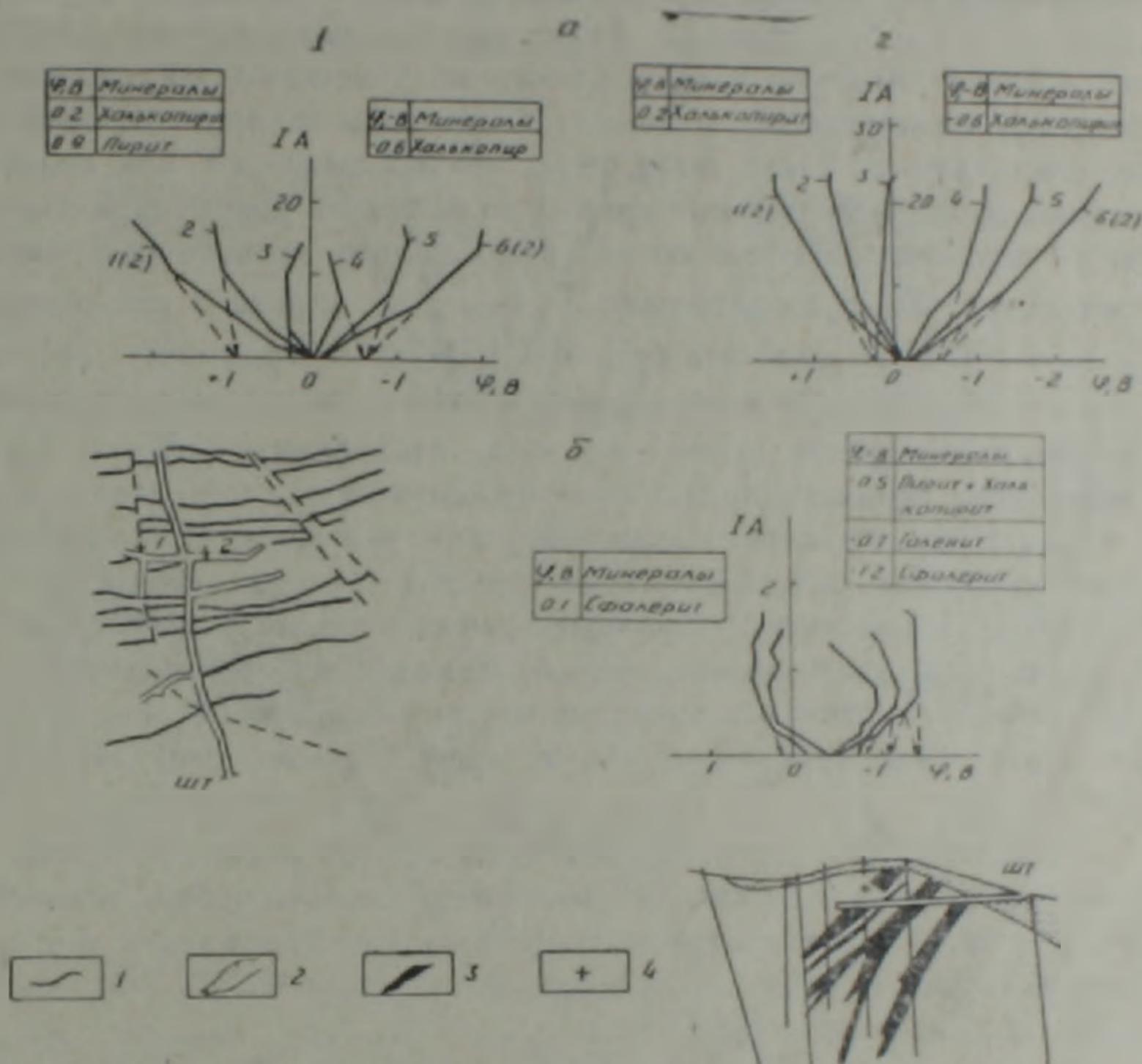


Рис. 2. Результаты поляризационных наблюдений на медно-колчеданном месторождении 3—2 (а) и полиметаллическом рудопроявлении —2 (б).

ляризации и $+0,2$ в при анодной поляризации. Причем для первой жилы предельная сила тока на халькопирите равна: $I_{ср}^k = 6$ А и $I_{ср}^A = 11$ А. На второй жиле она составила $I_{ср}^k = 15$ А и $I_{ср}^A = 23$ А. То есть и по величинам предельных сил тока электрохимической реакции на халькопирите первая жила приблизительно в два раза меньше второй.

С учетом полученных значений предельных сил тока были количественно оценены масштабы медной минерализации и сопутствующих элементов, которые удовлетворительно согласовались с данными геологической разведки по этим жилам.

Повышенный интерес у специалистов геологов-разведчиков вызывают объекты с неравномерным содержанием полезных ископаемых, когда бедные руды чередуются с очень богатыми, с которыми в основном

и связаны надежды на существенный прирост запасов на том или ином рудопроявлении. Однако последующие детальные разведочные работы и расширение площади работ чаще всего свидетельствуют, что исследуемый рудный объект остается в целом небольшим, хотя и характеризовался по отдельным оруденелым интервалам высокими содержаниями элементов. В качестве примера можно показать поляризационные кривые для рудного тела одного из месторождений Северной Армении, имеющего полиметаллический состав — халькопирит, галенит и сфалерит, которые образуют гнезда, сложенные участками, состоящими из сплошных и массивных руд. На рис. 26 показаны поляризационные кривые для одного из таких гнезд, пересеченных штольной. Как видно из рисунка, на поляризационных кривых по катодным реакциям подтверждается полиметаллический состав исследуемого рудного интервала с участием в электрохимических процессах пирита + халькопирита ($\varphi_{py+cp}^k = -0,55$ в), галенита ($\varphi_{gn}^k = -0,78$ в) и сфалерита ($\varphi_{sf}^k = -1,2$ в). То же видно и на анодных кривых, на которых отметились реакции на сфалерите ($\varphi_{sf}^A = -0,1$ в) и халькопирите ($\varphi_{cp}^A = +0,2$ в). Вместе с тем, величины предельных сил токов на каждой реакции очень незначительны и составляют доли ампера, что указывает на сравнительно малые масштабы области с богатым сульфидным оруденением. Судя по строению анодных поляризационных кривых, которые выше 1,0А имеют в основном овальное очертание, преобладающим распространением для исследуемого оруденелого интервала все же характерно бедное прожилково-вкрапленное оруденение, окружающее отдельные гнезда с богатыми рудами.

Проведенными к настоящему времени на этом рудном теле геолого-разведочными работами пока не обнаружено сколько-нибудь значительных запасов, хотя оптимистические прогнозы еще доминируют и работы продолжаются. Не исключен вариант, что методом КСПК был охвачен только один из блоков рудного тела.

Другим примером, уже с благоприятной оценкой масштабов оруденения методом КСПК, было месторождение, расположенное в Дагестанской АССР. Оруденение на нем представлено рудами колчеданно-цинкового и серноколчеданного состава, образующими протяженные тела, которые залегают почти вертикально среди переслаивающихся песчаников, алевролитов и глинистых сланцев юрского возраста. С поверхности до глубины 350—500 м рудные тела прослежены горными выработками и скважинами, а ниже масштабы их распространения не имеют объективных оценок и в основном прогнозируются с помощью крайне приближенных приемов. В рассматриваемом случае значительный интерес представляет вопрос об определении масштабов оруденения ниже уровня разведочных работ.

С этой целью были выполнены работы методом КСПК в одной из штолен по трем рассечкам. После устройства контакта питающими и приемными электродами в каждой из рассечек были проведены поляризационные измерения. На рис. 3 показаны поляризационные кривые для одной из рассечек, которые в общих чертах идентичны с двумя другими.

Как видно из рис. 3, на поляризационных кривых четко отмечаются электрохимические реакции на пирите + халькопирите + пирротине ($\varphi_{ру+руг+ср}^* = -0,55$ в), сфалерите ($\varphi_{сф}^* = -1,2$ в), ($\varphi_{сф}^A = -0,05$ в) и халькопирите ($\varphi_{ср}^A = +0,2$ в), что согласуется с геологическими сведениями об основных рудообразующих минералах. Наряду с этим видно, что предельные силы тока для каждого из минералов составляют десят-

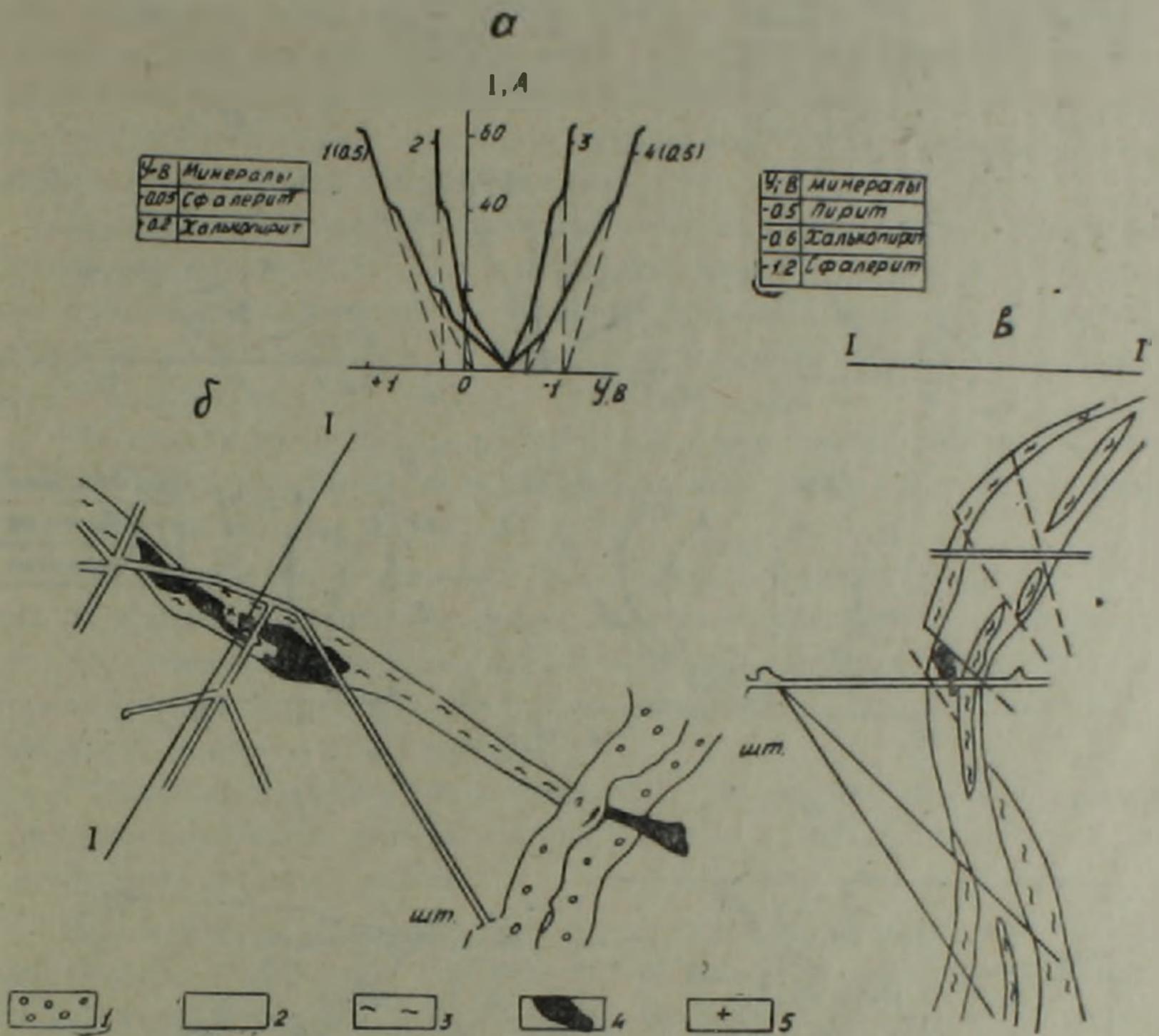


Рис. 3. Результаты поляризационных наблюдений на серноколчеданном и полиметаллическом месторождении 5. 1—четвертичные отложения, 2—вмещающие песчано-глинистые породы, 3—зона гидротермально измененных пород, 4—рудные тела, 5—место контакта питающих электродов КСПК.

ки ампер, характеризуя исследованные рудные тела как крупные образования. Выполненными расчетами, по данным КСПК, протяженность рудных тел по падению должна быть в 3 раза больше разведочной части, вычисленные оценки запасов по каждому из элементов согласовались с геологическими прогнозами.

Используя возможности метода КСПК — определение минерального состава и масштабов оруденения за пределами видимой его части в целом по рудному образованию, в северо-западных районах Азербайджанской ССР были выполнены работы по разбраковке многочисленных сульфидных минерализованных зон на горных труднодоступных

площадах, где выходы их на дневную поверхность были вскрыты по руслам рек в обнажениях.

Устройство контактов в оруденелые зоны проводилось с помощью щеточных электродов, вставляемых в шпуровые отверстия, пройденные

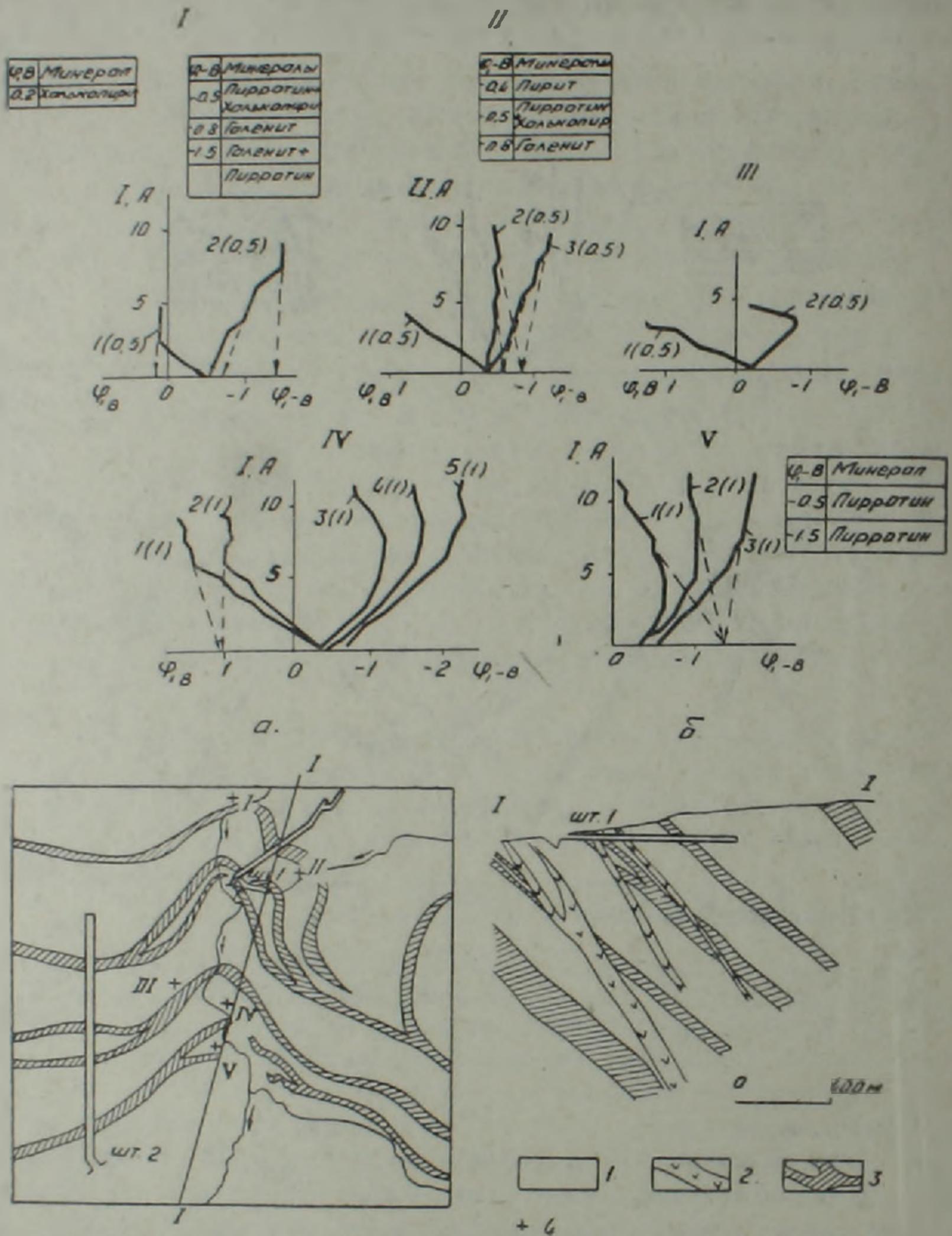


Рис. 4. Результаты поляризационных исследований минерализованных зон в обнажениях. 1—вмещающие песчано-глинистые породы, 2—дайки диоритов, 3—минерализованные зоны, 4—место контакта питающих электродов КСПК.

портативными бензобурами. Результаты поляризационных наблюдений для некоторых зон показаны на рис. 4.

Как видно из рис. 4—I, II и V, для отдельных обнажений на поляризационных кривых обозначались электрохимические реакции, по ко-

торым установлен либо пирит-халькопиритовый состав, либо полиметаллический состав с участием пирита, халькопирита, галенита и сфалерита. На других обнажениях (III и IV) преобладающим типом поляризационных кривых были овальные кривые без четкого проявления отдельных электрохимических реакций. Последний тип кривых свидетельствует о преобладающем распространении в исследуемой минерализованной зоне в основном бедных прожилково-вкрапленных рудных образований. Подобные зоны среди обследованных, как правило, преобладали. Вместе с тем, несколько обнажений были охарактеризованы методом КСПК как выходы рудных тел размером 150×100 м, которые содержали халькопирит, галенит и сфалерит. Однако, запасы связанных с ними элементов оказались небольшими.

Выполненными работами показаны возможности нового геоэлектрического метода (КСПК) для определения минерального состава рудных тел в коренном залегании, их линейных размеров, среднего содержания рудообразующих элементов и оценки массы руды и запасов каждого элемента в отдельности.

На стадии разведочных работ метод может быть применен для решения увязки рудных пересечений и для выяснения морфоструктурных особенностей рудных образований.

Применительно к условиям Кавказского металлогенического региона на примере медноколчеданных и полиметаллических месторождений показано практическое решение геологоразведочных задач и достаточно большая эффективность его применения при использовании ограниченного числа рудных пересечений.

Указанные возможности метода КСПК позволяют перейти к широкому использованию метода для оценки рудных объектов в целом для Кавказского рудного района.

При изучении ряда сульфидных месторождений метод КСПК должен входить в постоянно действующий рациональный комплекс геолого-геофизических методов исследований. Особенно важным является его применение при оценке вновь появляющихся рудных подсечений по скважинам или горным выработкам и обследовании оруденелых выходов в естественных обнажениях. Не меньшее значение может иметь использование метода при разведке ранее обнаруженных и законсервированных рудопроявлений, где перспективы масштабов оруденения остаются к настоящему времени неопределенными.

Судя по опыту применения метода на железорудных месторождениях в Казахстане [1], метод КСПК должен быть опробован на железорудных месторождениях Кавказа с целью выяснения его возможностей для поисков и оценки последних.

Всесоюзный институт техники и разведки Министерства геологии СССР,

Комплексная экспедиция Управления геологии Азерб. ССР,

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР Поступила 8.1.1981.

Ա. Ա. ԲԱԳԻՐՈՎ, Վ. Պ. ԿՈՐՈՍՏԻՆ, Ս. Գ. ԳԱՐԱԵՎ, Ս. Ա. ՄՈՒՐԱԴԿԻՆՆՈՎ,
Ռ. Վ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Ս. Վ. ԲԱԴԱԼԻԱՆ, Բ. Պ. ԼԻԽՈՎԵԴՈՎ

ԿՍՊԿ ՄԵԹՈԴԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ ԿՈՎԿԱՍԻ ՈՐՈՇ ՍՈՒԼՖԻԴԱՅԻՆ
ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո Վ մ

Հոդվածում զետեղված են Կովկասի բազմամետաղային և պղինձ-կոլչի-դանային հանքավայրերում նոր գեոէլեկտրական մեթոդով կատարված ուսումնասիրությունների արդյունքները: Ցույց է տրված մեթոդի կիրառման էֆեկտիվությունը հանքային մարմինների միջին միներալային կազմի, գծային շափերի և հանքային տարրերի պաշարների որոշման ժամանակ:

Մեթոդը կարող է կիրառվել հանքավայրերի որոնման և հետախուզման ստադիաներում, ինչպես նաև մերկացումներում՝ հանքային երևակումները ուսումնասիրելու ժամանակ:

A. A. BAGHIROV, V. P. KOROSTIN, S. G. GARAEV, S. A. MURADKHOV,
R. V. HOVSEPIAN, S. V. BADALIAN, B. P. LIKHODEDOV

CONTACT POLARIZATION CURVES METHOD APPLICATION
TO SOME CAUCASIAN SULPHIDE DEPOSITS

Abstract

First research results by a new geoelectro-chemical mode of contact polarization curves method on ore pyritic and polymetallic deposits of the Caucasian metallogenic region are brought in the paper. The method geological efficiency is shown during determining the ore bodies average mineral composition in their original occurrence, the estimations of elements average content as well as the ore bodies linear dimensions and ore elements reserves. The method may be used during the ore deposits exploration and research stages during studying the ore outcrops in exposures.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Батанов В. М., Коростин В. П., Михайлов В. Е. Опыт применения метода КСПК для оценки минерального состава и масштабов магнетитовых месторождений Северного Казахстана. Л., ОНТИ ВИТР. В сб: «Методика и техника разведки», № 127, 1979.
2. Геология СССР, Том 47, «Недра», М., 1976.
3. Рысс Ю. С. Понски и разведка рудных тел контактным способом поляризационных кривых. «Недра», Л. О, Л., 1973.