

С. В. БАДАЛЯН, З. В. ГАРИБЯН, В. М. ГЕВОРКЯН, А. А. ТАМРАЗЯН, Ф. М. ФИДАНИЯН, Р. В. ОВСЕПЯН, М. Г. ГЕВОРКЯН, Г. В. АРУТЮНЯН

## НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ПОДЗЕМНОЙ ГЕОФИЗИКИ

В статье освещаются научные достижения в области подземной рудной геофизики и представляются результаты, полученные в этой области за последние годы.

Геофизическая разведка в рудниках знаменует собою начало весьма необходимого и важного этапа геофизических исследований. Опыт показал, что рациональное сочетание наземных, скважинных и шахтно-рудничных геофизических исследований способствует повышению информативности разведки.

Исследованы специфические особенности постановки геофизических методов в подземных горных выработках. В результате установлено: наличие электрических помех исключает возможность проведения электроразведочных исследований в подземных горных выработках (кроме метода БТ); шахтно-рудничное оборудование, являясь источником устойчивых аномалий, влияет на результаты наблюдений ряда электроразведочных методов. Влияние горной выработки определяется ее диаметром, размерами установки наблюдений и геологическим строением среды. При больших разносах питающей линии (методы постоянного тока) оно сводится к минимуму. Рельеф дневной поверхности влияет на результаты подземных исследований лишь при близповерхностных наблюдениях. Влажность выработки изменяет интенсивность аномалий от геологических объектов, а в отдельных случаях приводит к ложным аномалиям.

На основе этих исследований разработаны: подземные варианты методов естественного электрического поля (ЕП); блуждающих токов (БТ); вызванной поляризации (ВП); сверхдлинноволнового варианта радиокип (СДВР); методика анализа гетерогенных сред рентгенорадиометрическим методом; усовершенствована методика применения гравиразведки, электрической корреляции (ЭК) и пьезометода (ПЭМ) на рудниках. Разработаны комплексная методика и аппаратура для изучения физических свойств пород и руд. Дана оценка постановки подземного аналога того или иного геофизического метода, указаны их возможности, особенности подземных наблюдений и их преимущества. Выявлена количественная связь между физическими параметрами и геологическими факторами для основных типов рудных месторождений Армянской ССР. Рекомендована методика подземных наблюдений и рассмотрены принципы комплексирования геофизических методов применительно к основным типам рудных месторождений АрмССР на различных стадиях их изучения. Дана количественная оценка геолого-экономической эффективности геофизических методов и установлен оптимальный геофизический комплекс на соответствующих стадиях разведки рудных месторождений.

При предварительной разведке круг задач, решаемых подземными вариантами методов ВП, сопротивлений и гравиразведки, сводится к прослеживанию рудоконтролирующих контактов различных литологических разностей, кварц-карбонатных сульфидных тел на флангах и в глубоких горизонтах до полного их выклинивания, к прослеживанию рудоконтролирующих разломов, нарушений, даек и зон дробления. При детальной разведке решение геологоразведочных задач базировалось преимущественно на использовании методов ВП, сопротивлений, БТ, ЭК, ПЭМ для изучения межвыработочного и околорудничного пространства в целях выявления рудных тел, пропущенных при предварительной разведке. В задачу детальной разведки входили: а) выявление и прослеживание массивных, прожилково-вкрапленных, жильных, гнездообразных зон оруденения между выработками (скважинами) на одном горизонте и между горизонтами; б) корреляция

(увязка) рудных подсечений между горизонтами и выработками (скважинами) [1].

Ниже представляются новые результаты по усовершенствованию разработанных подземных вариантов геофизических методов.

*Метод ВП.* Исследования методом вызванной поляризации проводились для решения методических задач разведочного характера, связанных с увеличением его эффективной отдачи. Проведенные исследования показали, что металлическое оборудование, которым оснащены горные выработки, создает вторичное поле поляризации, по своей величине вполне соизмеримое с полем геологических объектов, которое учитывалось с помощью ряда технических приемов. Для разделения сигналов вторичного поля вызванной поляризации изучены поляризуемость, скорость спада и производные по логарифму времени быстрых переходных процессов ВП в интервале времени 0,2—20 мс в импульсе поляризующего тока и в его паузе. На основе натурно-модельных и подземных работ во временной области выделены интервалы, на которых вторичное поле поляризации металлической оснастки горных выработок проявляется наиболее четко. Учитывая в изучаемом диапазоне указанные интервалы, качественно решается вопрос о привроченности аномалий поляризуемости к вызывающим их объектам [2]. С целью выяснения разрешающей способности различных установок при изучении временных и переходных характеристик ранней стадии ВП проведены исследования также в подземных выработках. В результате получено, что установка с вынесенными приемными электродами, при нахождении их и питающих электродов в одной плоскости с транспортной колеей, наиболее четко регистрирует характер изменения поля ранней стадии ВП. Установкой срединного градиента, при нахождении одного питающего электрода вне зоны воздействия рельсов, получают стабильные данные вне зависимости от изменения расстояния приемной линии от колеи. Проведение геофизических исследований на флангах месторождений и предлагаемых перспективных участках показало высокую эффективность и разрешающую способность применения комплексных параметров вызванной поляризации. Они позволили с достаточной достоверностью и экспрессно выделить участки для проведения последующего этапа геолого-геофизических исследований.

*Метод электрической корреляции (МЭК).* Изучена зависимость характера распределения поля заряда от расстояния между рудными подсечениями, отношения проводимостей пород и руд, а также размеров и формы рудного тела. Подземные работы методом электрической корреляции сопровождались изучением удельного электрического сопротивления пород и руд по всей протяженности горных выработок с использованием параметрических зондирований. Изучено влияние рельсов путем проведения наблюдений градиента потенциала по подошве и по стенкам выработки. Установлено, что их влияние на том же горизонте незначительно, если рельсы не имеют гальванической связи с профилем наблюдения и максимально удалены от зарядного электрода. Влияние рельсов зависит также от сопротивления их контакта и значительно при сложной сети горных выработок и наличии заметной увлажненности. Показано, что МЭК в зависимости от типа рудных месторождений эффективен при корреляции рудных подсечений на расстояниях до 150—200 м. Метод применялся также для прослеживания тектонических нарушений и зон минерализованных пород. Определяются элементы залегания и размеры рудных тел.

*Метод гравиразведки.* Подземная гравиразведка применяется с целью выявления «слепых» рудных тел и уточнения геологического строения месторождений. Разработана методика наблюдений и интерпретации подземной гравиразведки при сложных геологических условиях. Предложен новый способ введения поправок рельефа дневной поверхности при подземных гравиметрических измерениях [5]. Для рудных месторождений АрмССР составлены физико-геологические модели и разработана методика выделения слабых гравиметрических аномалий, соизмеримых по величине с искажениями, вносимыми ме-

щающими факторами. Установлено, что наименьшая зависимость погрешности измерений значений плотности образцов достигается при их массе от 0,2 до 0,4 кг. Выявлены рудные залежи в около- и межвыработочном пространстве, определены их морфология, размеры, пространственное положение. На основе анализа имеющихся геолого-геофизических методов определены критерии интерпретации гравиметрических аномалий, обусловленных полиметаллическими, железорудными, медноколчеданными и кварц-сульфидными рудами, в условиях сильно расчлененного рельефа местности.

*Пьезоэлектрический метод.* Разработана методика подземных пьезоэлектрических наблюдений на стадии разведки и эксплуатации кварц-сульфидных и полиметаллических месторождений АрмССР. Определены пьезоактивности и виды пьезотекстур, слагающих кварцеворудные тела и выполнены полевые эксперименты на месторождениях. Установлено, что значение пьезоэффекта образцов руд для кварц-сульфидных месторождений варьирует в пределах от 0,5 до 3% относительно пьезомодуля эталонного монокристалла кварца X среза, пьезомодуль которого составляет  $d = 2,310^{-12} \text{ Кл/н}$ . У образцов рудных тел полиметаллических месторождений имеет место более высокий разброс значений пьезоактивности 0,5—5%, что говорит о неоднородности распределения основных пьезоактивных минералов кварца и сфалерита. Преобладающие текстуры кварца здесь имеют симметрию  $2 \cdot m$ ,  $4 \cdot m$  и  $m \cdot 3:m$ , что свидетельствует о более высокой степени упорядоченности текстур. Показано, что в течение рабочего дня горно-промышленных предприятий в подземных горных выработках встречаются промышленные электрические помехи, осложняющие интерпретацию наблюдений ПЭМ. Они, в большинстве случаев, характеризуются определенной периодичностью с преобладающими частотами 0,05—2,0 кГц. Интенсивность помех достигает 0,2—0,4 мВ/м [3]. Основные рудные тела этих месторождений представлены дробленной кварцевой жилой со значительным количеством сульфидов, мощность которых достигает от 0,2 до 5 м в раздувах. При подземных наблюдениях для выделения таких структур опробованы различные варианты наблюдений и наиболее оптимальной признана система продольного профилирования с линиями 30—40 м, при мощности взрывчатых веществ 200—400 г.

*Рентгенорадиометрический метод.* Разработаны теоретические основы применения рентгенорадиометрического метода (РРМ) с целью элементного экспрессного анализа гетерогенных руд в условиях естественного залегания. На основе полученных теоретических результатов даны физические обоснования и оценка эффективности различных способов реализации рентгенорадиометрического опробования (РРО) руд в естественном залегании. Установлена зависимость между интенсивностью характеристического рентгеновского излучения определяемого элемента и его линейным запасом. Выяснено, что при анализе руд в условиях естественного залегания с увеличением эффективного атомного номера вмещающей среды аномалии РРО возрастают, а при анализе порошковых проб—наоборот, уменьшаются. Это определяет принципиальное отличие гетерогенных сред от гомогенных при РРО. Исследованы формы аномалий для различных конструкций и размеров применяемых зондов. Доказано, что площадь аномалии РРО связана с линейным запасом определяемого элемента как при исследовании одиночных рудных прожилков, так и в случае рудных зон, представленных переслаивающимися пропластками руды и пустой породы. При этом площадь аномалий над пластом фиксированной мощности с постоянной концентрацией определяемого элемента не зависит от конструкции зонда и для всех типов зондов одинакова. Это позволило разработать методику и способы количественной интерпретации данных РРО геологических объектов жилообразного и пластообразного типа. Предложены конкретные приемы нахождения положения и мощности пласта по форме аномалий и определения линейного запаса и концентрации анализируемого элемента по их площади.

*Метод расчета энергии рудообразования.* В последние годы получили развитие новые методы для оценки прогнозных запасов полезных компонентов месторождений и рудных тел. Для этой цели применялся метод расчета энергии рудообразования, основанный на исследовании термодинамических закономерностей [4]. Использованы теоретические закономерности «объем-содержание», «запас-содержание». На их основе выведена связь распределения запаса металла от объема руды в зависимости от различных классов содержания и коэффициента концентрации металла. Они были использованы для оценки полноты выявления запасов меди на одном из месторождений Северной Армении. Было оценено количество невыявленных ресурсов по разнице между разведанными запасами меди и рассчитанными по теоретическим формулам. Указанный метод был применен для оценки прогнозных запасов и отдельных рудных тел и теоретически вычислено среднее содержание меди в руде. Относительные погрешности теоретически рассчитанных данных по отношению к фактическим—объему руды, запасам меди и среднему содержанию, составили соответственно +0,5; +5,4; +4,7. Таким образом, указанный метод оценки запасов руд с достаточной достоверностью может использоваться для первоначального прогноза запасов месторождений и отдельных рудных тел, что будет способствовать более рациональной организации геолого-геофизических исследований.

*Электроразведочная аппаратура.* Разработана полевая многоканальная геофизическая аппаратура для исследований методами вызванной поляризации, блуждающих токов, сопротивлений и естественного электрического поля. Разработан многоканальный шахтно-рудничный измеритель вызванной поляризации. Принципиальным отличием от аналогичной зарубежной и отечественной аппаратуры является использование одного усилителя постоянного тока с оперативной памятью. Это позволило создать универсальную портативную аппаратуру.

В этой статье не представляются новые разработки по методу блуждающих токов, ибо этому вопросу посвящена специальная статья в настоящем номере журнала.

В «Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года» придается большое значение ускорению внедрения прогрессивных методов поисков и разведки полезных ископаемых, повышению уровня научного обоснования прогнозов и геолого-экономической оценки месторождений полезных ископаемых, более широкому и эффективному использованию геофизических и геохимических методов исследований. В свете решений XXVII съезда КПСС в целях повышения результативности геологоразведочных работ на рудных месторождениях республики предлагается значительно усилить исследования по разработке и усовершенствованию новых геофизических методов и их рациональному сочетанию, а также аппаратуры и техники.

Институт геофизики и инженерной сейсмологии АН Армянской ССР

Поступила 23.06.1986

Ս. Վ. ԲԱԴՍՅԱՆ, Զ. Վ. ՂԱՐԻՅԱՆ, Վ. Մ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ա. Ա. ԹԱՄՐԱԶՅԱՆ  
Յ. Մ. ՅԻԴԱՆՅԱՆ, Ռ. Վ. ՀՂՎՍԵՓՅԱՆ, Մ. Հ. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Հ. Վ. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

ՆՈՐ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԱՏՈՐԵՐԿՐՅԱ ԵՐԿՐԱՅԻԶԻԿԱՅԻ ԲՆԱԳԱՎԱՌՈՒՄ

### Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում բերված են ստորերկրյա լեռնային փորվածքներում երկրաֆիզիկական մեթոդների կիրառման հնարավորությունները երկրաբանական բարդ պայմաններում հետախուզական խնդիրներ լուծելու ժամանակ: Ներ-

կայացված են երկրաֆիզիկական ինչպես առանձին մեթոդների, այնպես էլ հանքավայրերի հետախուզման տարբեր էտապներում նրանց օպտիմալ համալիրի տեսական և փորձարարական-մեթոդական մշակումները: Գնահատված են ստորերկրյա սլայմաններում երկրաֆիզիկական դիտարկումների վրա ազդող խանգարիչ գործոնները և նշված են նրանց ազդեցությունը հաշվի առնելու եղանակներն ու մեթոդները: Միաժամանակ հողվածում բերված են վերջին հնգամյակում երկրաֆիզիկական մեթոդների ստորգետնյա տարրերակների վերաբերյալ ստացված տեսական և մեթոդական հետազոտությունների նոր արդյունքները, որոնց օգտագործումը զգալիորեն նպաստում է երկրաբանա-հետախուզական խնդիրների լուծման արդյունավետության բարձրացմանը:

S. V. BADALIAN, Z. V. GHARIBIAN, V. M. GUEVORKIAN, A. A. TAMRAZIAN, F. M. FIDANIAN, R. V. HOVSEPIAN, M. H. GUEVORKIAN, H. V. HARUTIUNIAN

## NEW INVESTIGATIONS IN THE FIELD OF UNDERGROUND GEOPHYSICS

### A b s t r a c t

In the paper there are given the possibilities of applying the geophysical methods while solving geological prospecting problems under complex geological conditions during underground mine working. Theoretical and experimental methodological studies are represented, which concern both certain methods and their optimal complex during various stages of a deposit geological prospecting. The interfering factors are estimated during underground geophysical observations and the methods of their influence calculation are pointed out. Simultaneously in the paper there are given new results of theoretical and methodological investigations obtained during the last five years and concerning the underground varieties of geophysical methods, applying of which increases the effectiveness of geological prospecting problems solving.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бадалян С. В., Газирян Г. О., Гамоян В. Б., Геворкян В. М., Геворкян М. Г., Казарян С. С., Овсепян Р. В., Тамразян А. А., Фиданян Ф. М. Развитие методов рудной геофизики и решение задач геологической разведки.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1981, № 5, с. 47—58.
2. Бадалян С. В., Гарибян З. В., Комаров В. А. Исследование методом ВП в различных временных режимах в подземных горных выработках.—В кн.: Материалы Всесоюзного совещания по поляризационным электроразведочным методам. Ереван: Изд. АН АрмССР, 1985, с. 49—50.
3. Геворкян В. М., Селезнев Л. Д. Возможности пьезоэлектрического метода при разведке кварц-полиметаллических месторождений жильного типа.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1985, т. 38, № 2, с. 59—65.
4. Сафронов Н. И., Мещеряков С. С., Иванов Н. П. Энергия рудообразования и полезных ископаемых. Л.: Изд. Недра, 1978, с. 46—56.
5. Фиданян Ф. М., Гаспарян В. С., Бадалян Г. С. К вопросу о введении поправок за влияние рельефа дневной поверхности на подземные измерения с гравиметром.—Изв. АН АрмССР, Науки о Земле, 1984, № 6, с. 72—79.