

УДК 550.83.05(479.25)

Г. В. ДЕДУРА, В. М. ГЕВОРКЯН

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОБОСНОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ПОИСКОВ И РАЗВЕДКИ (НА ПРИМЕРЕ АНКАДЗОРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДИ)

Рассматривается применение теории статистических решений и функций потерь для количественного выбора геофизического комплекса на примере Анкадзорского месторождения меди с учетом геолого-экономической эффективности последних.

Количественные оценки возможностей геофизических методов и определение их оптимальных сочетаний при решении задачи поиска и разведки «слепых» рудных тел базировались на использовании теории статистических решений и функции потерь [3].

Ранее [4] для оценки геолого-экономической эффективности использовалась функция потерь в виде

$$R = P_1 \gamma C_1 + P_1 \beta C_2 + P_0 \alpha C_3 + P_0 \varphi C_4, \quad (1)$$

где P_1 и P_0 — априорные вероятности наличия и отсутствия искомого объекта, т. е. двух различных состояний природы, или классов H_1 и H_2 ; $P_0 = 1 - P_1$; γ — вероятность правильного обнаружения объекта, соответствующая надежности разделения объектов классов H_1 и H_2 ; $\beta = (1 - \gamma)$ — вероятность пропуска искомого объекта (вероятность ошибки II рода); α — вероятность ложного обнаружения объекта (вероятность ошибки I рода); $\varphi = 1 - \alpha$ — вероятность правильного необнаружения; C_1 , C_2 , C_3 и C_4 — соответственно цены правильного обнаружения, ошибок II и I рода и правильного необнаружения.

Важным свойством величины R является то, что она охватывает полную сумму потерь и выигрышей в результате проведенных работ с учетом вероятностно-статистического характера исхода этих работ и объединяет в себе показатели и геологической, и экономической эффективности работ.

Принципиально новым в решении этой задачи является введение в подобные расчеты комплексных оценок надежности разделения геологических объектов и, в конечном итоге, определение комплексной функции потерь.

Расчеты развиваемого подхода нами приводятся на примере одного из месторождений Армении — Анкадзорского.

В геологическом строении Анкадзорского рудного поля принимают участие вулканогенные, вулканогенно-осадочные и осадочные образования, представленные порфиритами, их туфами и туфобрекчиями, туфо-

песчанниками, липарито-дацитами, а также мраморизованными известняками.

Рудные тела Анкадзорского месторождения морфологически весьма разнообразны и, в основном, представлены кварц-сульфидными жилами, мелкими прожилками и вкрапленниками рудных минералов. Мощность рудных жил непостоянна как по простиранию, так и по падению и колеблется в пределах от 0,1 до 1,0 м.

Исследование физических свойств пород и руд месторождений показало, что рудовмещающие породы — плагиоклазовые порфириды и вторичные кварциты по удельному электрическому сопротивлению (ρ) характеризуются диапазоном изменений 300—4000 ом. При этом в приконтактных частях с рудоносными образованиями и на некотором удалении от них сопротивление этих пород может уменьшаться до 100 ом. Рудные жилы характеризуются низкими значениями ρ , особенно по простиранию, а надежность разделения жил от вмещающих пород на основе вариационных кривых составляет 99%. Сопротивления вкрест простирания рудных жил и в целом для рудных зон достигали значений 70—800 ом, приближаясь к сопротивлению сильно измененных порфиритов.

Значение поляризуемости (η) рудовмещающих пород колеблется в пределах 0,6—9%. В то же время рудные жилы и зоны по η характеризуются интервалом значений 5—60%. Надежность разделения составляет 97 процентов.

Рудные жилы характеризуются довольно широким интервалом изменения плотности (2,70 — 3,90), среднее значение которой составляет 3,2 г/см³. Эффективная плотность руд по отношению к рудовмещающим породам составляет в среднем 0,5 г/см³, что обеспечивает надежность разделения, равную 92%.

Величина магнитной восприимчивости рудовмещающих пород и рудных зон изменяется в более широком диапазоне (10—1500) 10^{-4} ед. СГС, падая до (5—60) 10^{-6} ед. СГС на участках сильно измененных и раздробленных пород без существенной дифференциации между ними ($P_{12} = 52\%$).

Таким образом на основе анализа физических свойств руд и вмещающих их пород Анкадзорского месторождения в качестве основных методов геофизической разведки рудных тел в изложенной последовательности можно рекомендовать методы электроразведки и гравиразведки.

Теперь рассмотрим предлагаемую методику количественного выбора геофизического комплекса на основе проведенных геофизических съемок по разведочным выработкам Анкадзорского месторождения методами сопротивлений, ВП, ЕП и гравиразведки.

1. Оценка геологической эффективности (информативности) γ_i каждого i -го метода по гистограммам значений геофизического поля, полученных на вмещающих породах и рудах (рис. 1).

Расчет информативности (геологической эффективности) проводится на основе определения надежности разделения объектов, соответствующих гипотезам H_1 , H_2 (задача поисков) через вероятность правильного разделения классов.

$$\gamma = 1 - (P_1\alpha + P_2\beta), \quad (2)$$

где P_1 и P_2 — априорные вероятности наличия объекта первого и второго классов; α и β — соответственно вероятности ошибок первого и второго рода.

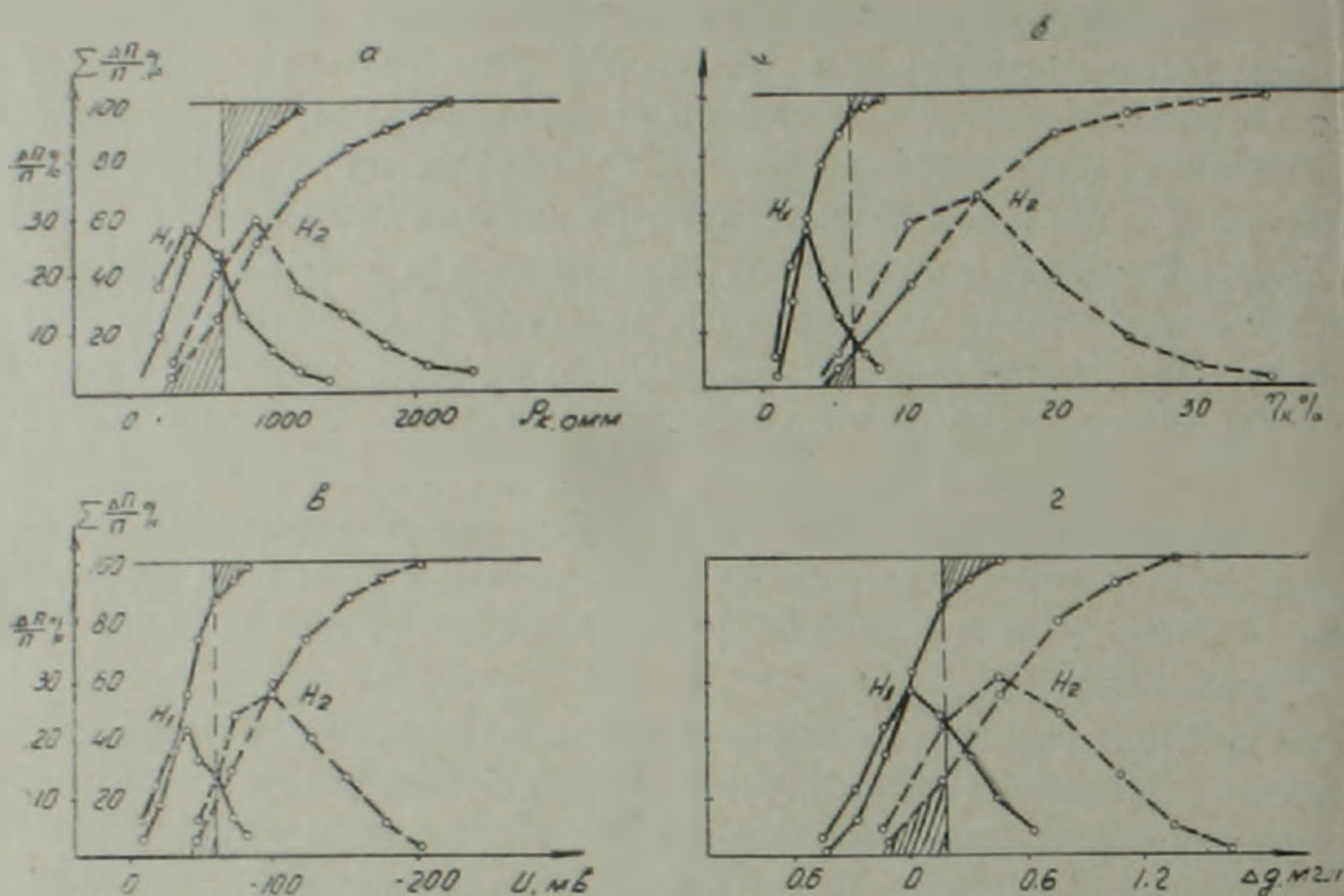


Рис. 1. Плотность распределения и соответствующие графики накопленных частностей нормальных полей — H_1 и аномальных значений — H_2 методов: а) сопротивлений, б) вызванной поляризации, в) естественного электрического поля, г) гравиметрии.

Поскольку априорные вероятности классов P_1 и P_2 обычно полагаются равными, что соответствует максимальной неопределенности гипотез H_1 и H_2 , то

$$\gamma = \frac{1}{2} \int_{-\infty}^{\infty} |P(x/H_1) - P(x/H_2)| dx. \quad (3)$$

По результатам наших расчетов и соответствующих выборок значений поля надежность разделения объектов составляет для метода сопротивлений — 72%, ВП — 91%, ЕП — 85% и ГР — 78%. По сравнению с аналогичным образом определенными величинами надежности разделения по измерениям физических свойств, за счет осложнения помехами надежность этих результатов значительно ниже.

2. Нахождение величины отношения сигнал/помеха, используя для нашего случая выражение [1]

$$\gamma = \Phi\left(\frac{\sqrt{\rho}}{2}\right), \quad (4)$$

где

$$\Phi(t) — \text{интеграл вероятности вида } \Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{x^2}{2}} dx,$$

ρ — энергетическое отношение сигнал/помеха.

Подробный расчет зависимости γ от ρ приведен на рис. 2. Согласно значениям γ величина ρ составляет: МС — 1,8; ВП — 6,5; ЕП — 5,2; ГР — 2,4. Учитывая низкую информативность МС ($\rho = 1,8$), расчеты выполнялись для методов ВП, ЕП и гравirazведки.

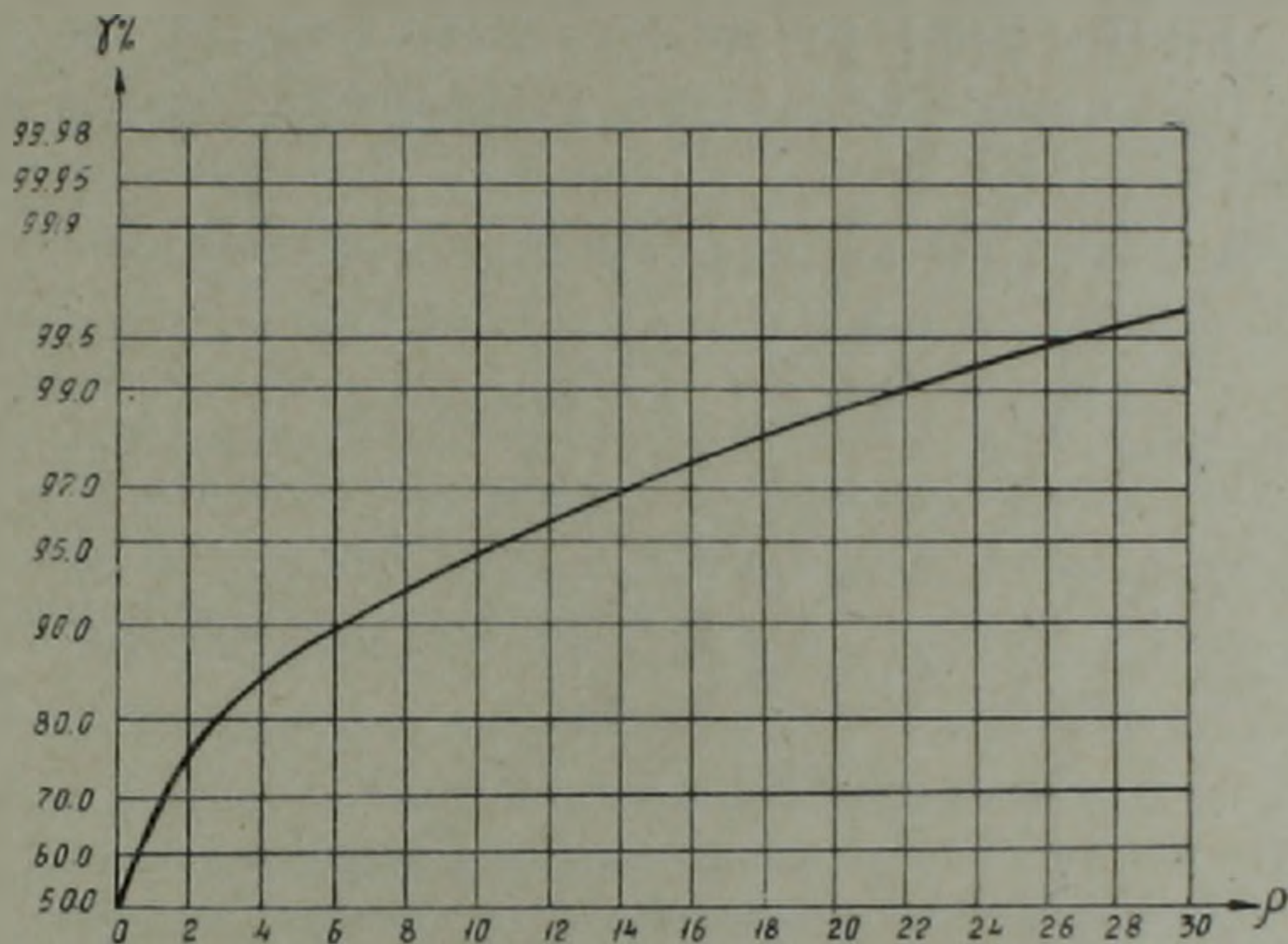


Рис. 2. Характеристика обнаружения геофизических аномалий по критерию Котельникова (по А. А. Никитину).

3. Вычисление энергетического отношения сигнал/помеха для сочетания различных методов по формуле:

$$\rho_{\text{компл.}} = \sum_{l=1}^k \rho_l; \quad k = 2, \dots, L, \quad (5)$$

L — общее число методов. В нашем случае для сочетаний ВП+ЕП = 11,7; ВП+ГР = 8,9; ЕП+ГР = 7,6; ВП+ЕП+ГР = 14,1.

4. Оценка информативности сочетаний различных методов γ_{ij} и вероятности ошибки I рода α_i по формуле:

$$\gamma = 1 - \Phi\left(\frac{\ln P_0/P_1 - \rho/2}{\sqrt{\rho}}\right); \quad \alpha = 1 - \Phi\left(\frac{\ln P_0/P_1 + \rho/2}{\sqrt{\rho}}\right), \quad (6)$$

где P_1 и P_0 вероятность наличия рудных тел и вмещающих пород. В пределах рудного района Анкадзорского месторождения $P_1 = 0,05$ и $P_0 = 0,95$. Соответствующие оценки составляют $\gamma_{\text{вп}} = 0,547$; $\alpha_{\text{вп}} = 0,008$; $\gamma_{\text{еп}} = 0,440$; $\alpha_{\text{еп}} = 0,007$; $\gamma_{\text{гр}} = 0,138$; $\alpha_{\text{гр}} = 0,005$; $\gamma_{\text{вп. еп}} = 0,793$; $\alpha_{\text{вп. еп}} = 0,006$; $\gamma_{\text{вп. гр}} = 0,670$; $\alpha_{\text{вп. гр}} = 0,007$; $\gamma_{\text{еп. гр}} = 0,621$; $\alpha_{\text{еп. гр}} = 0,007$; $\gamma_{\text{вп. еп. гр}} = 0,862$; $\alpha_{\text{вп. еп. гр}} = 0,004$.

5. Определение априорных вероятностей и денежных затрат на проведение работ каждым методом — r_i , их сочетаниями — r_{ij} , стоимости запасов — U и затрат на проверку ложных аномалий — r_d . Нами условно приняты следующие стоимости геофизических исследований по орту 3 гор. шт. 52 [2]: ВП — 0,04; ЕП — 0,01; ГР — 0,02 условных единиц, стоимость запасов 1000, а затраты на проверку 20 (соотношения приближены к реальным условиям).

6. Нахождение функции потерь для каждого метода R_i и их сочетаний R_{ij} . В нашем случае получаем семь выражений для функции потерь, а именно:

$$R_{\text{вп}} = r_{\text{вп}} - P_1 \gamma_{\text{вп}} U + P_0 \alpha_{\text{вп}} r_d = -27,21 \text{ усл. ед.}$$

$$R_{\text{еп}} = r_{\text{еп}} - P_1 \gamma_{\text{еп}} U + P_0 \alpha_{\text{еп}} r_d = -21,85 \text{ усл. ед.}$$

$$R_{\text{гр}} = r_{\text{гр}} - P_1 \gamma_{\text{гр}} U + P_0 \alpha_{\text{гр}} r_d = -6,80 \text{ усл. ед.}$$

$$R_{\text{вп. еп}} = r_{\text{вп. еп}} - P_1 \gamma_{\text{вп. еп}} U + P_0 \alpha_{\text{вп. еп}} r_d = -39,58 \text{ усл. ед.}$$

$$R_{\text{вп. гр}} = r_{\text{вп. гр}} - P_1 \gamma_{\text{вп. гр}} U + P_0 \alpha_{\text{вп. гр}} r_d = -33,13 \text{ усл. ед.}$$

$$R_{\text{еп. гр}} = r_{\text{еп. гр}} - P_1 \gamma_{\text{еп. гр}} U + P_0 \alpha_{\text{еп. гр}} r_d = -30,83 \text{ усл. ед.}$$

$$R_{\text{вп. еп. гр}} = r_{\text{вп. еп. гр}} - P_1 \gamma_{\text{вп. еп. гр}} U + P_0 \alpha_{\text{вп. еп. гр}} r_d = -43,30 \text{ усл. ед.}$$

Решение о включении в комплекс отдельных методов и их сочетаний производится по минимальным значениям функции потерь.

Проведенные расчеты показывают, что в качестве основного метода для данного типа месторождений лучшим является метод ВП, $R_{\text{вп}} = -27,2 \text{ усл. ед.}$

В качестве дополнительного метода можно применить метод ЕП, $R_{\text{еп}} = -21,8 \text{ усл. ед.}$

Наилучшее решение задачи поисков и разведки рудных тел достигается при их тесном сочетании $R_{\text{вп. еп}} = -39,6 \text{ усл. ед.}$

Включение в комплекс гравиразведки не является целесообразным, т. к. $R_{\text{гр}} = -6,8 \text{ усл. ед.}$

Приведенная методика и расчеты показывают, что наиболее объективным критерием выбора геофизического комплекса является использование функции потерь в изложенном виде, которая решает указанную проблему оптимальным образом.

Московский геологоразведочный институт
им. С. Орджоникидзе,
Институт геофизики и инженерной сейсмологии
АН Армянской ССР

Поступила 14.V.1980.

ԵՐԿՐԱՅԻՋԻԱԿԱՆ ԿՈՄՊԼԵՔՍԻ ՔԱՆԱԿԱԿԱՆ ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ
ՀԵՏԱԽՈՒՋԱԿԱՆ ԵՎ ՀԵՏԱԶՈՏԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐ ԼՈՒԾԵԼԻՍ
(Հանքաձորի պղնձի հանքավայրի օրինակով)

Ա Վ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Հանքաձորի պղնձի հանքավայրի օրինակով հողվածում դիտարկվում է վիճակագրական լուծումների և կորուստների ֆունկցիաների տեսության կիրառումը երկրաֆիզիկական համալիրի քանակական բնութագրության համար, հաշվի առնելով վերջինների երկրաբանա-տնտեսական էֆեկտիվությունը:

G. V. DEMURAN, V. M. GUEVORKIAN

THE QUANTITATIVE SUBSTANTIATION OF THE GEOPHYSICAL
COMPLEX IN SEARCH AND EXPLORATION PROBLEMS SOLVING
(THE HANKADZOR COPPER DEPOSIT AS AN EXAMPLE)

A b s t r a c t

The application of statistical solutions and losses functions theory for geophysical complex quantitative selection is considered in this paper with regard for its geological-economical effectiveness the Hankadzo copper deposit being as an example.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. «Наука», М., 1967.
2. Геворкян В. М., Казарян С. С., Трофимова Т. А. Корреляционная обработка данных комплекса геофизических методов для выделения рудных тел. «Разведочная геофизика», вып. 72, «Недра», М., 1976.
3. Демура Г. В., Никитин А. А. Основные приемы количественного обоснования геофизического комплекса. Депонированная статья ВИНТИ, рег. номер 3969—79. Деп. от 22.XI.1979.
4. Зайцев В. Е. К оценке геолого-экономической эффективности геофизических поисков (на примере медноколчеданных месторождений района Передового хребта Северного Кавказа). Изв. вузов, «Геология и разведка», № 8, 1973.