

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ПО МЕТОДУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОРРЕЛЯЦИИ НА АНКАДЗОРСКОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ МЕДИ

© 2006 г. А. А. Тамразян, К. А. Карапетян, А. З. Чилингарян

*Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА
377515, Гюмри, ул. В Саргсяна, 5, Республика Армения
iges@shirak.am*

Поступила в редакцию 18.07.2006 г.

Проблема обнаружения слабоконтрастных объектов актуальна при решении традиционных задач поиска и разведки месторождений минерального сырья. Развитая в 60–70-ые годы в геофизике теория статистических решений применима в основном для обнаружения слабых сигналов на фоне помех. Статья посвящена эффективности применения статистических методов при интерпретации данных, полученных на Анкадзорском месторождении меди по методу электрической корреляции (МЭК).

При обработке и интерпретации геофизической информации в настоящее время применяются практически все разделы современной математики. Однако наиболее перспективными являются вероятностно-статистические методы, которые все чаще используются при решении различных геолого- геофизических задач (Carle, 1997).

В данной статье рассматривается практическое использование автокорреляционной функции (АКФ) непосредственно в задачах фильтрации геофизических полей (Никитин, 2001; Дэвис, 1990).

АКФ определяется выражением:

$$R(m) = \frac{1}{n-m} \sum_{i=1}^{n-m} [f(x_i) - \bar{f}][f(x_{i+m}) - \bar{f}], \quad (1)$$

где $f(x_i)$ – наблюдаемые значения исходного поля ($x_i = i\Delta x$); n – число значений по профилю наблюдения; m – интервал, принимаемый последовательно $0, \pm\Delta x, \pm 2\Delta x, \dots$. При $m = 0$ АКФ совпадает с дисперсией процесса

$$R(0) = \frac{1}{2} \sum_i f_i^2 = D. \quad (2)$$

При $m = k\Delta x$ она выражает корреляционную связь значений поля для пикетов, отстоящих друг от друга на расстоянии $k\Delta x$.

Поскольку автокорреляционная функция при каждом значении смещения m оценивает ковариацию двух случайных величин, а нормированная АКФ – коэффициент корреляции, то по АКФ легко построить ковариационную матрицу, а по нормированной АКФ – корреляционную матрицу (Никитин, 1986). По АКФ мы определили интервал или радиус корреляции исходных данных – Γ , т.е. такое расстояние, начиная с которого значения поля f_i и $f_{i+\Gamma}$ можно

считать некоррелированными, а при нормальном распределении f_i – и независимыми друг от друга. Для определения интервала корреляции Γ используются различные оценки. Наиболее распространено оценивание Γ по заданному значению:

$$\varepsilon = 0,1 \div 0,3R(0). \quad (4)$$

Расчет весовой функции энергетического фильтра базируется на знании АКФ сигнала и помехи (Никитин, 1986). Их находят из матричного уравнения

$$[R_u(m-i) - \lambda R_n(m-i)] \times h(i) = \bar{0}, \quad (5)$$

которое имеет нулевое решение, если определитель матрицы, составленный по разности двух матриц R_u и R_n , равен нулю. В этом случае существует m собственных значений и соответствующих им собственных векторов, удовлетворяющих уравнению (5). Все собственные значения можно расположить в порядке убывания и выбрать среди них максимальное λ_{\max} , которое будет соответствовать максимальному отношению сигнал/помеха на выходе фильтра. Собственный вектор, связанный с этим λ_{\max} , выбирается в качестве искомой весовой функции. Следовательно, из всех m собственных значений λ_i , удовлетворяющих уравнению (5), решение задачи о максимизации ρ_{\max} обеспечивается вектором матрицы $(R_u - \lambda_{\max} R_n)$.

Из вышесказанного раскрывается физический смысл λ_{\max} : λ_{\max} – не что иное, как максимум энергетического отношения сигнал/помеха на выходе фильтра. Поэтому профильтрованный выходной сигнал

$$Y_i = \sum h_i f_i \quad (6)$$

с весовой функцией h_i , представленной собственным вектором, соответствующим λ_{\max} , явля-

ется первой главной компонентой в терминах метода главных компонент. Физический смысл λ_{\max} позволяет считать, что выходной сигнал Y_j , соответствующий λ_{\max} , обеспечивает выделение составляющей наблюдаемого поля, которая обладает наибольшей энергией. В модели поля

$$f_j = S_{reg,j} + S_{local,j} + n_j$$

такой составляющей оказывается региональный фон, а в модели $f_j = S_{local,j} + n_j$ — локальная аномалия (Гольцман, Калинина, 1983).

Оценка возможностей энергетического фильтра с целью выделения аномалий по описанной методике представлена в статье на примере обработки данных, полученных на Анкадзорском месторождении меди отделом рудной геофизики ИГИС в 1973 году.

В геологическом строении Анкадзорского рудного поля принимают участие вулканогенные, вулканогенно-осадочные и осадочные образования, представленные порфиритами, их туфами и туфобрекчиями, а также липарито-дацитами. В результате внедрения гранодиоритовой интрузии

в вулканогенную толщу порфириты и, в особенности, их туфы и туфобрекчии, как наиболее пористые породы, подверглись интенсивным гидротермальным изменениям.

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.

По составу рудные жилы разделяются на два типа — кварц-серноколчеданный и брекчиевидный медноколчеданный.

В пределах рудного поля оруденение представлено медно-серноколчеданной и медногематитовой формациями.

Согласно измерениям по параметру удельного электрического сопротивления наблюдается четкая дифференциация между вмещающими породами — порфиритами (900-1400 Ом·м), липарито-дацитами ($\rho = 140-1300$ Ом·м) и колчеданной рудой ($\rho = 10-100$ Ом·м).

Поскольку для каждого смещения m величина $R_{11}(m)$ представляет эмпирический коэффициент корреляции, то погрешность оценки АКФ

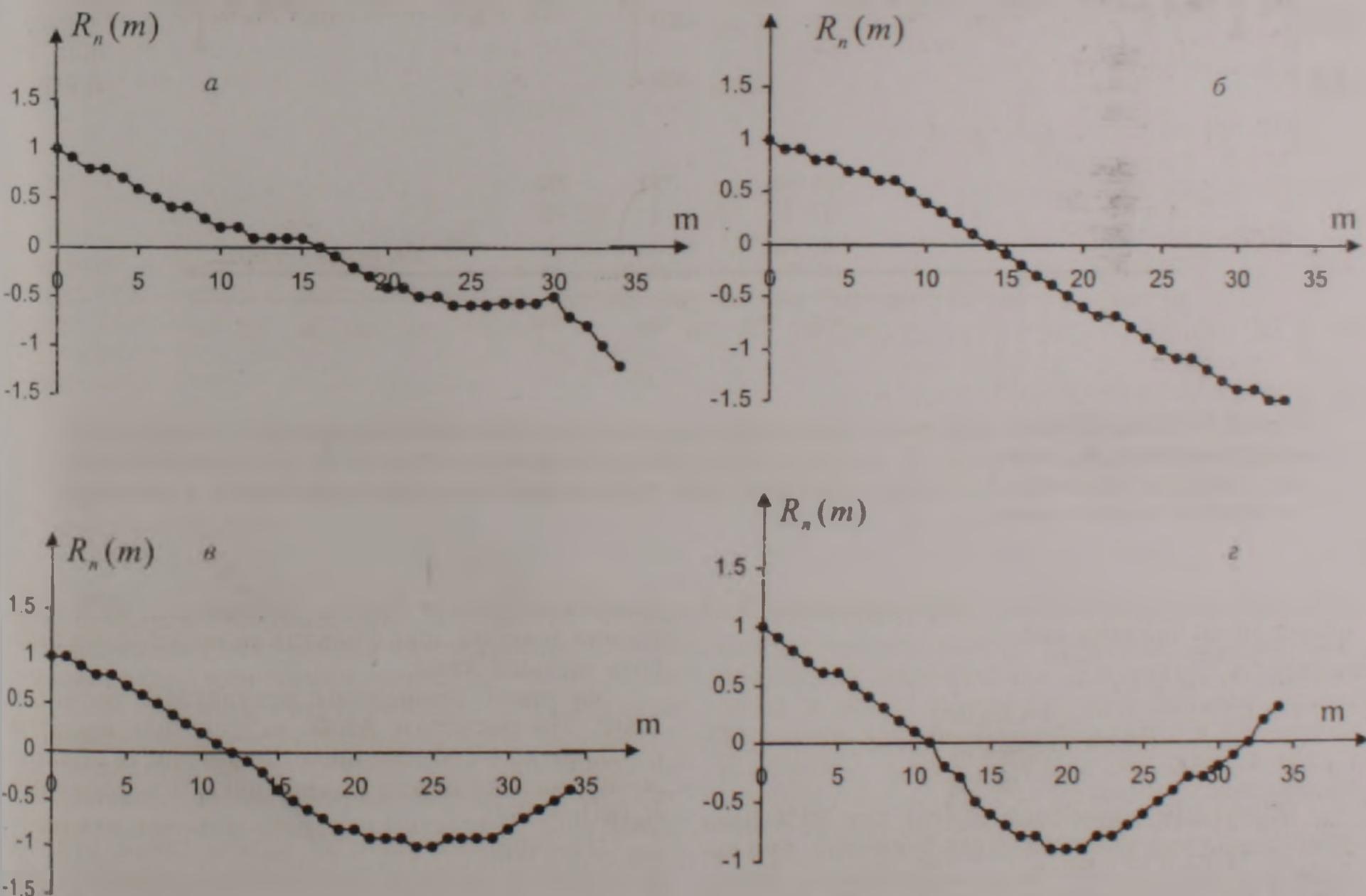


Рис 1 Кривые функции автокорреляции (АКФ) исходных значений потенциала метода электрической корреляции (Анкадзорское месторождение меди). а, б, в, г — кривые АКФ для исходных значений потенциала при A_3 , A_4 , A_5 , A_6 соответственно.

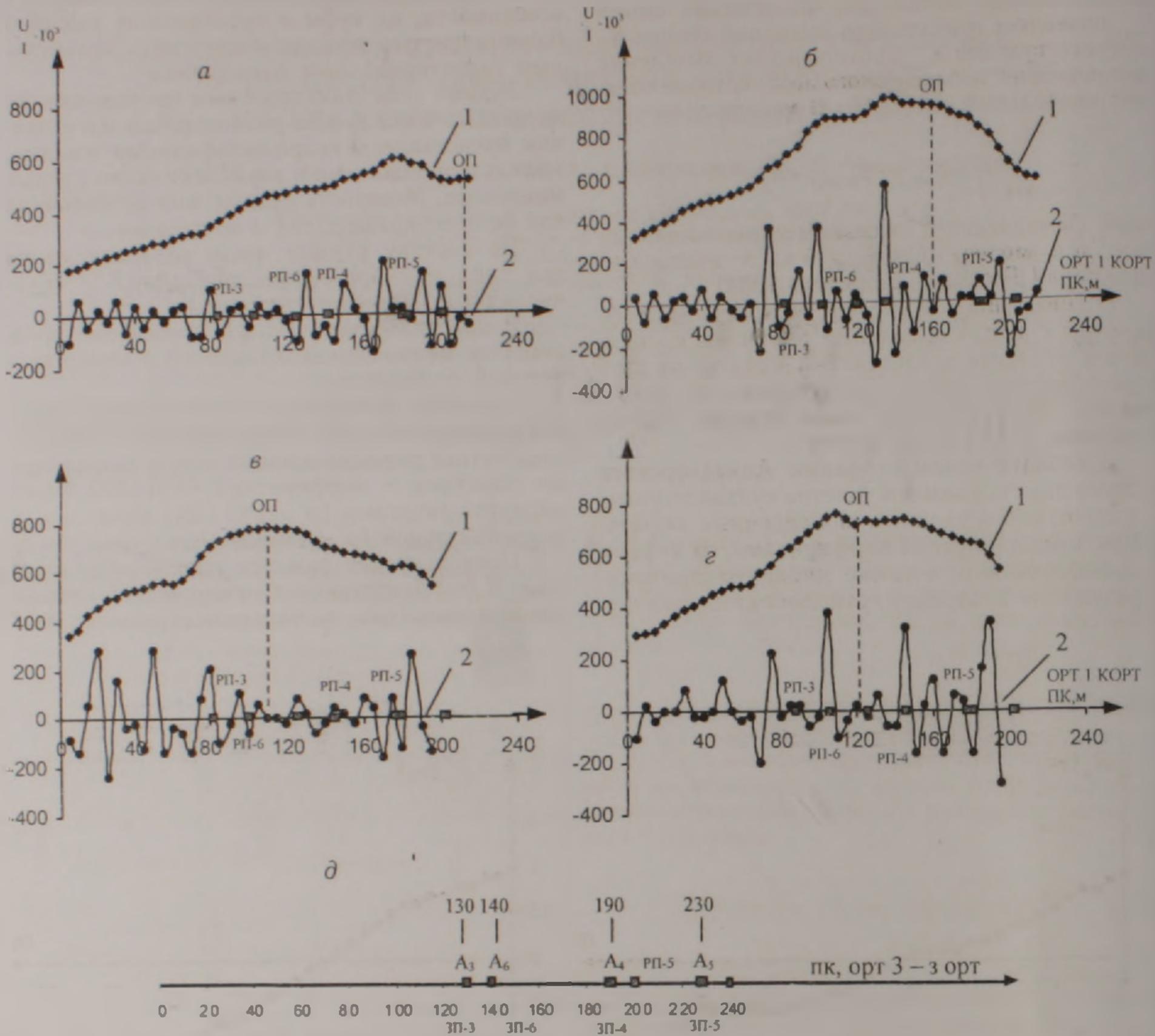


Рис 2 Результаты геофизических исследований методом электрической корреляции Анкадзорское месторождение меди, горизонт шт. 52, орты 1 и 3 а, б, в, г – корреляционные кривые при A_3, A_4, A_6, A_5 соответственно, д – зарядная выработка А – точка заряда на рудном пересечении. 1, 2 – кривые потенциала и градиента потенциала соответственно

при условии нормального распределения $f(x)$ может быть найдена как

$$\sigma_{R_H(m)} = \frac{1 - R_H^2(m)}{\sqrt{n - m}} \quad (7)$$

Надежным значением $R_H(m)$ для 95%-ного уровня доверия является такая величина, при которой $|R_H(m)| \geq 1.96 \sigma_{R_H(m)}$ (Дженкинс, Ваттс, 1971). По нашим исследованиям видно (рис. 1), что при обработке данных электроразведки с шагом фильтра $m > 3$ можно пропускать аномалии при характерно быстром изменении элек-

трических полей. Чтобы достигнуть 95%-ного уровня доверия, шаг фильтра целесообразно выбрать меньше пяти.

На рис. 1 приведены результаты расчетов АКФ. По расчетам АКФ выбран шаг фильтра $\tau = 3$, который обеспечивает надежность обнаружения аномалий для коэффициента корреляции $R_H(m) = 0,7$.

На горизонте шт. 52 задача связи рудных подсечений горными выработками решалась методом электрической корреляции (МЭК) (Родионов, 1971). Работы проводились в подземном варианте.

При интерпретации кривых корреляции ис-

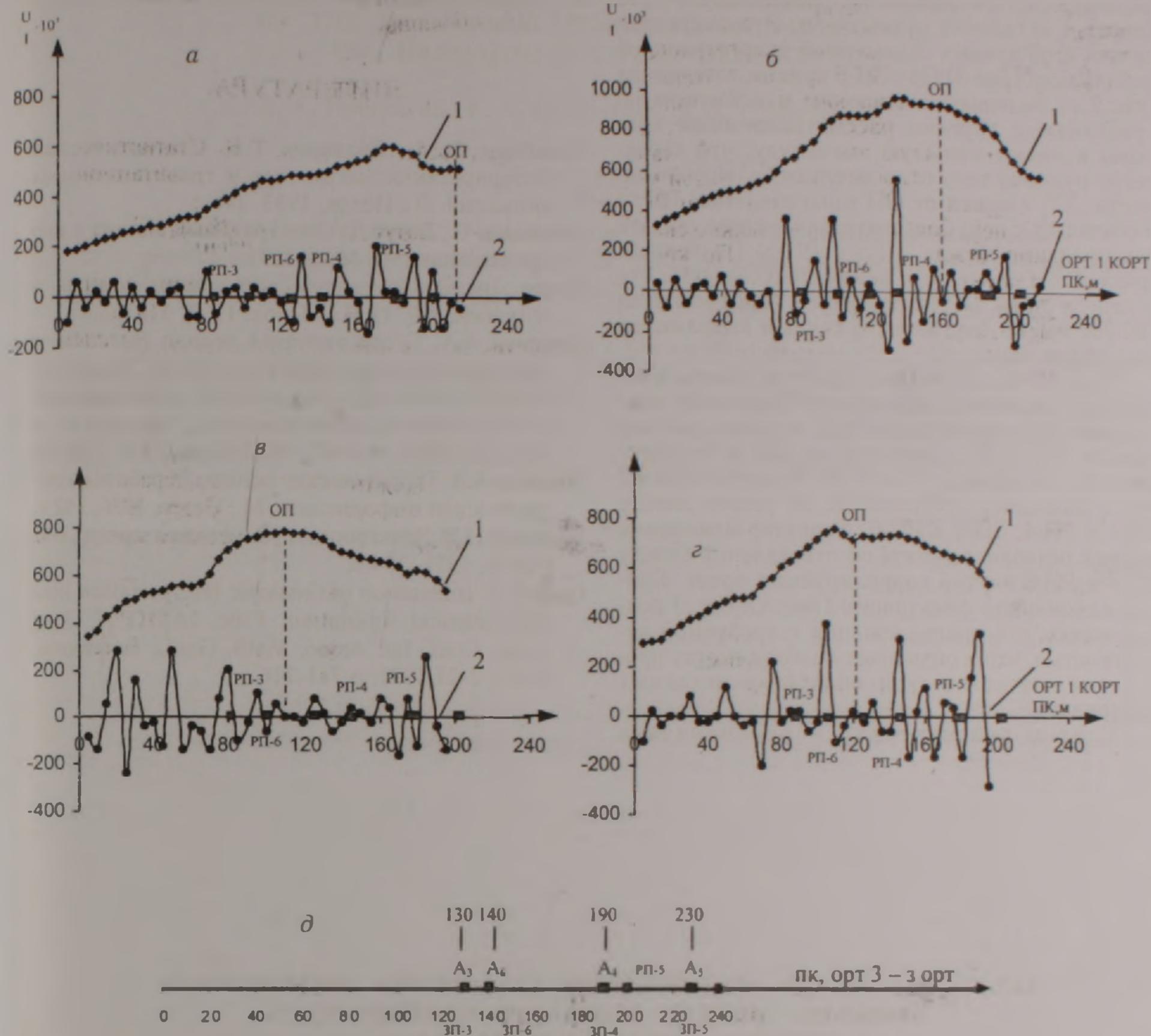


Рис 3 Результаты одномерной энергетической фильтрации кривых потенциала МЭК. Анкадзорское месторождение меди, горизонт шт 52, орты 1 и 3. *a, б, в, г* – фильтрационные кривые при A_5, A_4, A_6, A_3 соответственно, *д* – зарядная выработка А – точка заряда на рудном пересечении. 1, 2 – региональный фон и локальная составляющая исходного поля соответственно.

пользовалось сопоставление положения характерной точки (ХТ) – точки максимума на кривой потенциала, или точки перехода через нуль кривой градиента потенциала; ТМ – точка минимума на кривой потенциала и ОП (основание перпендикуляра, опущенного из точки заряда на линию наблюдения – зарядное пересечение, т.е. точка, в которую помещен питающий электрод), а также по отношению к РП (рудное пересечение в выработке). При анализе корреляционной увязки исходили из закономерностей формирования корреляционной кривой.

На горизонте шт 52 (рис. 2) корреляция осуществилась между ортами 1 и 3, которые проходили параллельно и пересекали рудные зоны и жилы примерно под прямым углом. Зарядный электрод А заземлялся в различных РП орта 3, а измерения проводились в орте 1 (кривые *a, б, в, г*). Рассматриваемые корреляционные кривые характеризуются множеством ХТ, которые территориально совпадают с известным рудным проявлением (РП) и широкой зоной общего максимума между ПК70 – ПК200, что показывает явную внутреннюю электрическую связь за счет заряжения соседних тел через

вкрапленность в районе корреляционного орта (корт) и ветвления рудных зон. Это подтверждается и на кривых одномерной энергетической фильтрации (рис 3). При ЗП-5 кривые потенциала (рис 2,а) выделяются широким максимумом по сравнению с другими рассматриваемыми кривыми и имеют меньшую амплитуду, что характерно рудному телу относительно большой мощности. ХТ₁ смещен от ОП в направлении РП-5 и совпадает с ней. Следовательно, можно сказать о корреляции между ЗП-5 и РП-5. По кривым градиента и потенциала можно предполагать, что в районе орта 3 РП-5 и рудное подсечение на ПК 200 имеют внутреннюю связь и выделяются как общая зона.

При ЗП-4 и ЗП-6 (рис 2,б,в) на общем фоне широкой аномалии выделяются локальные максимумы. На рассматриваемых корреляционных кривых ХТ₂ и ХТ₃ смещены от ОП и территориально совпадают с РП-4 и РП-6 соответственно, что и позволяет предполагать об увязке между ЗП-4 и РП-4, ЗП-6 и РП-6. Характер изменения кривых позволяет думать об ответвлении между РП-4 и РП-6 внутри коррелируемых ортов. Кривые одномерной фильтрации (рис 3,а,б,в,г) подтверждают эти предположения с требуемой вероятностью, что и объясняет необходимость проведения статистической обработки исходных материалов.

Статью рецензировал и рекомендовал

к опубликованию канд. геол.-мин. наук Р.Т. Мириджанян.

ЛИТЕРАТУРА

- Гольцман Ф.М., Калинина Т.Б. Статистическая интерпретация магнитных и гравитационных аномалий. Л.: Недра, 1983, 248 с.
- Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложение. М.: Мир, 1971.
- Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. Кн. 1, М.: Недра, 1990, 319 с.
- Никитин А.А. Статистическая теория выделения слабоконтрастных объектов. В сб. "Вопросы теории и практики комплексной геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей", М.: Недра, 2001, с.48-63
- Никитин А.А. Теоретические основы обработки геофизической информации., М.: Недра, 1986, 342 с.
- Родионов П.В. Электроразведка методом заряда., М.: Наука, 1971, 264 с.
- Carle S.F. Integration of Geologic Interpretation into Geostatistical simulation. Proc. IAMG'97: 3-rd Annu. Conf. Int. Assoc. Math. Geol., Barcelona, Sept. 22-27, 1997, p.711-716.

ՀԱՆՔԱԶՈՐԻ ՊՂՆՉԻ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐՈՒՄ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԿՈՐԵԼՅԱՑԻԱՅԻ ՄԵԹՈԴՈՎ ՍՏԱՅՎԱԾ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՄՇԱԿՄԱՆ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա. Ա. Թամրազյան, Կ. Ա. Կարապետյան, Ա. Չ. Չիլինգարյան

Ա մ փ ո փ ու մ

Հանքային պաշարների որոնման և հետախուզման ավանդական խնդիրը լուծելիս այժմեական է մնում թույլ տարբերակվող օբյեկտների հայտնաբերման հարցը: Երկրաֆիզիկայում 60-70-ական թվականներին զարգացած վիճակագրական լուծումների տեսությունը հիմնականում օգտագործվում է ստացիոնար պատահական խանգարիչների ֆոնի վրա թույլ անոմալիաները հայտնաբերելու նպատակով:

Հոդվածը նվիրված է Հանքածորի պղնձի հանքավայրում էլեկտրական կորելյացիայի մեթոդով ստացված տվյալները մեկնաբանելիս վիճակագրական մեթոդների կիրառման արդյունավետությանը:

**THE RESULTS OF STATISTICAL DATA PROCESSING ACCORDING
TO THE ELECTRICAL CORRELATION METHOD
ON HANQADZOR COPPER DEPOSIT**

A. A. Tamrazyan, K. A. Karapetyan, A. Z. Chilingaryan

Abstract

The problem of soft-contrasting subjects detection is urgent in case of solution the traditional tasks in search and exploration mineral deposits. The theory of statistical solutions developed in geophysics in 1960-70 years is mainly applied to detecting sift signals in case of stationary random noise.

Interpretation of electrical correlation method's data obtained on Hankadzor copper deposit proves on effective use of statistical methods.