

ВОЗМОЖНОСТИ СПОСОБА ОБРАТНЫХ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ КОМБИНИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРОФИЛИРОВАНИЯ

© 2013 г. К. А. Карапетян, А. З. Чилингарян

Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА
3115, Гюмри, ул. В.Саргсяна 5, Республика Армения

E-mail: zaven87@yandex.ru

Поступила в редакцию 15.10.2012 г.

Представленные в статье исследования отмечают эффективность применения способа обратных вероятностей на стадии детальных работ с целью прослеживания рудоносных кварц-карбонатных жил. Применительно к методам рудной геофизики алгоритм обработки данных впервые был предложен А.Г. Тарховым. По повышенным значениям $P \leq 0,5$ можно с определенной вероятностью отметить присутствие аномалии, по форме совпадающей с аномалией от искомого объекта.

В практике геофизических работ часто складываются такие условия, когда становится принципиально возможным использовать методы математической статистики для выявления и интерпретации слабых аномалий. Применительно к методам рудной геофизики успешно используется так называемый способ обратных вероятностей (Никитин, Тархов, 1966; Till, 1974).

Способ обратных вероятностей базируется на следующих условиях: предполагается, что помехи некоррелированы, однородны, имеют нулевое среднее и распределены по нормальному закону (Демидович, 1969; Никитин, 2006). Что касается полезной информации, то она должна быть известна по форме и амплитуде, а ее величина соизмерима со среднеквадратичным уровнем помех.

Задача обнаружения аномалии состоит в нахождении функции правдоподобия для двух гипотез: соответственно при наличии (гипотеза H_1) и отсутствии (гипотеза H_0) аномалии $P(\bar{F}/H_1)$ и $P(\bar{F}/H_0)$ при наблюдаемых значениях поля $\bar{F} = \{f(x_1), \dots, f(x_m)\}$ (Никитин, Петров, 2008). По этим функциям определяется коэффициент правдоподобия - Λ

$$\Lambda = \frac{P(\bar{F}/H_1)}{P(\bar{F}/H_0)}.$$

Согласно критерию максимума правдоподобия:

если $\Lambda > 1$, то принимается решение о наличии аномалии (гипотеза H_1),

если $\Lambda \leq 1$, то об отсутствии аномалии (гипотеза H_0), то есть порог принятия решения $\Lambda_0 \leq 1$. По формуле Байеса от коэффициента правдоподобия легко перейти к вычислению вероятности гипотезы о наличии

аномалии. При равных априорных вероятностях гипотез H_1 и H_0 $p_1 = p_0 = 0,5$ получаем

$$p(H_1 / \bar{F}) = \frac{\Lambda}{\Lambda + 1} \quad (1).$$

При этом правило принятия решения о наличии аномалии будет таким: при $p(H_1 / \bar{F}) > 0,5$ - есть аномалия; $p(H_1 / \bar{F}) < 0,5$ - нет аномалии.

Если теперь заданную аномалию $a(x_1), \dots, a(x_n)$ будем передвигать вдоль профиля наблюдения, то получим распределение коэффициента правдоподобия по профилю, т.е.

$$\Lambda_j = \exp \left\{ -\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n a^2(x_i) + \frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n f(x_{i+j-\frac{n}{2}}) a(x_i) \right\} \quad (2),$$

где $f(x_{i+j-\frac{n}{2}})$ - значения вектора $\bar{F}$ наблюдаемого поля, а j - индекс, характеризующий смещение аномалии по профилю от пикета к пикету. Алгоритм (2) впервые был предложен А.Г. Тарховым и получил в дальнейшем из-за вычислений апостериорной вероятности $p(H_1 / \bar{F})$, обратной к вероятности $p(\bar{F} / H_1)$, по формуле (1) название способа обратных вероятностей (Тархов и др., 1960).

Данный способ не терял свою актуальность и при разработке современных методов статистической обработки. Как известно, алгоритмической основой нейронных сетей является, с одной стороны, корреляционно-регрессионный анализ, а с другой - байесовский подход, с расчетом апостериорных вероятностей наличия прогнозируемых объектов по формуле Байеса (Никитин, 2006; Петров и др., 1989; Peveraro, 1998).

От коэффициента правдоподобия переходим к вычислению вероятности гипотезы о наличии аномалии по формуле Байеса (Никитин, Петров, 2008)

$$P_j = \frac{e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n a(x_i)} \cdot e^{\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n f(x_j) a(x_i)}}{e^{-\frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^n a(x_i)} \cdot e^{\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n f(x_j) a(x_i)} + 1} \quad (3),$$

где $f(x_j)$ - наблюдаемое значение геофизического поля в j -ой точке, приведенное к нулевому среднему; $a(x_i)$ - значение ожидаемой аномалии на i -ой точке;

- j - порядковый номер точки наблюдений ($j = 1, 2, \dots, m$);
- i - порядковый номер амплитудного значения ($i = 1, 2, \dots, n$);
- σ - среднеквадратичное отклонение помех.

Представленный способ статистической обработки был использован при обработке данных комбинированного электропрофилирования, полученных на участке "Тигранасар" Соткского золоторудного месторождения Армении.

На участке искомыми объектами являются крутопадающие, обычно золотоносные, кварц-карбонатные жилоподобные тела с сульфидной минерализацией, приуроченные к контактовым частям зон измененных пород.

Вмещающая среда представлена породами основной и ультраосновной формации с разной степенью измененности (Амирян, 1984; Матевосян и др., 1969).

Подразумевалось, что карбонатизированность и в особенности интенсивная окварцованность рудоносных образований приводит к увеличению удельного электрического сопротивления, в связи с чем применение метода комбинированного электропрофилирования должно быть эффективным средством для их выявления и прослеживания.

На самом деле, существующий разброс величин электросопротивления привел к сложностям распределения геоэлектрического поля, и для более или менее уверенного выделения полезных объектов возникла необходимость применения статистической обработки наблюдаемых данных.

После изучения всех характеристик значений $\square_{\kappa}$ нами были выбраны значения ожидаемой аномалии на данном участке, которые представлены на рис. 1.

Вычисления проводились для значений $\square\square_{\kappa} = \square_{\kappa B} - \square_{\kappa A}$ по данным двух встречных установок АС и ВС.

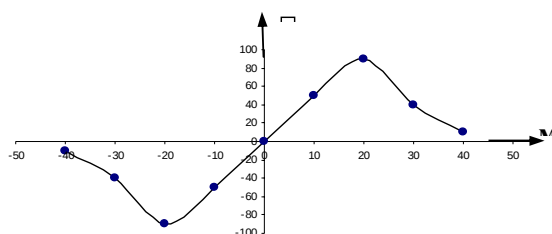


Рис.1. Значения ожидаемой аномалии $a(x_i)$ для «Тигранасарского» участка.

Как видно из рис. 1, выбранная длина аномалии $n = 9$: значения ожидаемых аномалий для участка «Тигранасар»:

$$\square\square_{\kappa} : = -10, -40, -90, -50, 0, 50, 90, 40, 10, \text{ где}$$

$$\sum_{i=1}^9 a^2(x_i) = 246, \quad \square^2 = 27.$$

При выборе $a(x_i)$ исходили из того, чтобы отношения среднеквадратичных отклонений аномалии и помехи были равны между собой:

$$\frac{\sigma_{an}}{\sigma_{пом}} = 1, \text{ где } \sigma_{an} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n a^2(x_i)}{n}}.$$

В формуле (3) член $e^{\frac{1}{\sigma^2} \sum_{i=1}^n f(x_j) a(x_i)}$ называется корреляционной суммой, а центр ожидаемой аномалии соответствует тому пикету, для которого она вычисляется.

Таким образом, в алгоритме обнаружения аномалии полученном на основе применения теории статистических решений, обеспечивается оптимальная фильтрация исходных данных, т. е. процесс выделения аномалии, а также возможность вычисления апостериорной вероятности наличия аномалии. Следует отметить, что при этом требуется наличие априорной информации о форме и параметрах аномалии. Форма и протяженность аномалии, подлежащей обнаружению, можно выбрать либо исходя из теоретических представлений об аномальном объекте, либо по наблюдаемым визуальным аномалиям на соседних участках геофизической съемки, или по расчетным и экспериментальным данным. Найденные распределения вероятностей (Р) представлены на рис. 2.

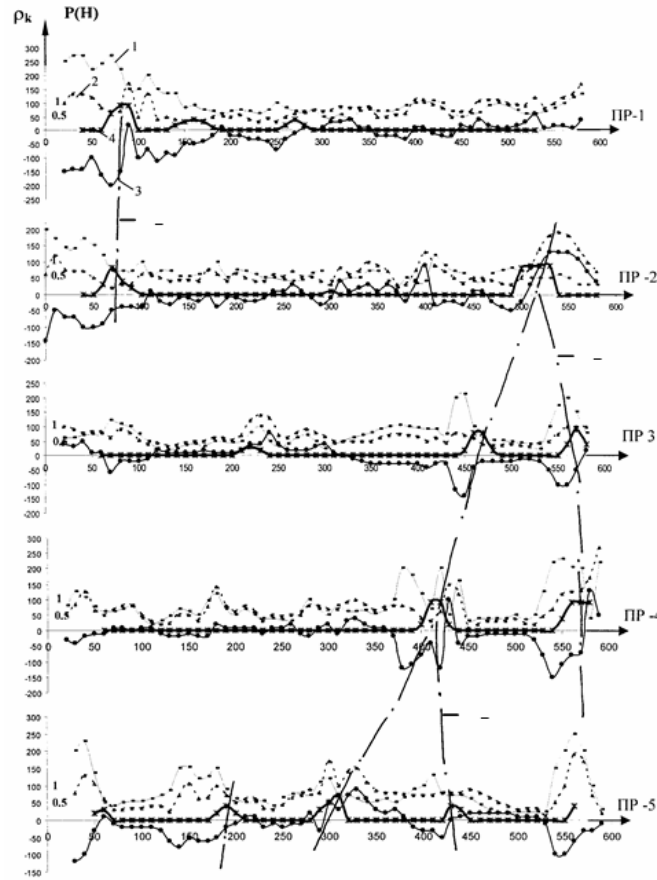


Рис.2. Результаты обработки данных КЭП способом обратных вероятностей.
1- кривые $\square_{\text{КА}}$; 2- кривые $\square_{\text{КВ}}$; 3- кривые $\square_{\text{КВ}} - \square_{\text{КА}}$; 4- кривые распределения вероятностей - Р. 5- оси аномалий, полученных по значениям Р $\square 0,5$.

Как отмечены оси аномалий на рис. 2, с вероятностью больше $P \geq 0,5$, можно проследивать явно выраженные аномалии по профилям 1 - 2 в пикетах 60-80.

По профилю 2 также отмечается широкая аномальная зона по пикетам 480-540.

Высокие значения вероятности о наличии аномалии наблюдаются по профилям 3 и 4 в пикетах 440-480 и 400-440 соответственно, а также по пикетам 560-580 (с некоторым сдвигом).

По профилю 5 значения вероятности P больше 0,5 выделяются по пикетам 180-200 и 280-320.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. При обработке данных КЭП способом обратных вероятностей можно выделить аномалии на тех участках, где они визуальны не наблюдаются. По значениям $P \geq 0,5$ можно с определенной вероятностью отметить присутствие аномалии, по форме совпадающей с аномалией от искомого объекта.

2. Проведенный статистический анализ обеспечивает эффективность применения метода обратных вероятностей на стадии детальных работ с целью прослеживания рудоносных кварц-карбонатных жил.

ЛИТЕРАТУРА

- Амирян Ш.О.** Золоторудные формации Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1984, 303 с.
- Демидович О.А.** Выделение слабых геофизических аномалий статистическим способом. М., Недра, 1969, 112 с.
- Никитин А.А.** Новые приемы обработки геофизических данных и их известные аналоги. М., "Геофизика", 2006, с. 11-15.
- Никитин А.А., Петров А.В.** Теоретические основы обработки геофизической информации. М., 2008, 114 с.
- Никитин А.А., Тархов А.Г.** К использованию способа обратных вероятностей для обработки геофизических данных. Разведочная геофизика. М., 1966, #5.
- Петров А.В., Никитин А.А.** Многомерные аналоги способов обратных вероятностей и самонастраивающейся фильтрации. Геология и разведка, Изв. ВУЗов, 1989, #2.
- Тархов А.Г., Сидоров А.А.** О математической обработке геофизических данных. Изв. АН СССР, сер. Геофизика, 1960, #10.
- Чилингарян А.З., Карапетян К.А.** Разработка методики поисков и разведки высокоомных пластообразных тел. Сборник науч. трудов конф., посвященной 90-летию акад. А. Назарова. Изд. НАН РА, Гюмри, 1998, с. 454-457.
- Peveraro R.** Some trends in information technology in geophysics. Publ. Inst. Geophys. M. 21, 1998, 71p.
- Till R. Statistical methods in Earth sciences. John Wilay and Sons, Inc., New York, 1974, 154 p.

Рецензент Р.Т.Мириджанян

**ՀԱՎԱԴԱՐՁ ՀԱՎԱՆԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԵՂԱՆԱԿՈՎ
ԿՈՄԲԻՆԱՑՎԱԾ ԷԼԵԿՏՐԱՊՐՈՖԻԼԱՑԻԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ
ՄՇԱԿՄԱՆ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Կ. Ա. Կարապետյան, Ա. Զ. Չիլինգարյան

Ամփոփում

Երկրաֆիզիկական հետազոտությունների ժամանակ հաճախ հնարավոր է լինում օգտագործել վիճակագրության մեթոդները՝ թույլ անոմալիաների հայտնաբերման և մեկնաբանման նպատակով: Հետախուզական երկրաֆիզիկայի խնդիրների լուծման համար հաջողությամբ օգտագործվում է հակադարձ հավանականությունների եղանակը, որտեղ $P \leq 0,5$ հավանականության արժեքներով կարելի է անջատել որոնվող մարմիններին համապատասխանող անոմալիաները:

Կատարված հետազոտությունները հաստատում են կվարց - կարբոնատային գոտիների հետամտման ժամանակ կոմբինացված էլեկտրոպրոֆիլացման տվյալները հակադարձ հավանականությունների եղանակով մշակման արդյունավետությունը:

**CAPABILITIES OF THE INVERSE PROBABILITY
METHOD IN COMBINED ELECTRICAL PROFILING DATA
PROCESSING**

K.A. Karapetyan, A.Z. Chilingaryan

A b s t r a c t

In geophysical research, it is often possible to apply statistical methods to detect and interpret weak anomalies. To resolve problems of exploration geophysics, the method of inverse probability proposed by A. Tarkhov has been applied successfully. . By higher values of $P \leq 0,5$ it is possible to record, with certain probability, the presence of anomalies, which coincide in form with the anomaly of the object sought for.

The presented investigations lead to the conclusion that it is possible to apply the inverse probability method in the processing of combined electrical profiling data in order to trace mineralized quartz - carbonate zones.