

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ

© 2015 г. А.З. ЧИЛИНГАРЯН, К.А. КАРАПЕТЯН

Институт геофизики и инженерной сейсмологии НАН РА
3115, Гюмри, ул. В.Саргсяна, 5, Республика Армения
e-mail: Kara.Karapetyan@gmail.com
Поступила в редакцию 12.05.2015г.

Линейные фильтры являются одними из эффективных статистических методов обработки данных геофизических наблюдений. Представленный нами энергетический фильтр занимает промежуточное положение между фильтром воспроизведения Колмогорова-Винера и согласованным фильтром, так - как он максимизирует отношение сигнал/помеха и решает задачу выделения. В статье дана сравнительная оценка повышения информативности геофизических наблюдений при применении энергетической фильтрации. С применением энергетической фильтрации эффективность геофизических методов повышается и уравнивается.

Важную роль для повышения информативности геофизических наблюдений имеет применение вероятностно-статистических методов, в частности, линейных фильтров.

Одним из известных способов статистической обработки является энергетическая фильтрация, которая сводится к задаче компонентного анализа, когда находят собственные значения корреляционной матрицы и соответствующие этим значениям собственные векторы (Никитин, 1986; Никитин, Хмелевской, 2004).

Задача определения весовых функций энергетического фильтра, т.е. разложения поля по вертикальным составляющим, решается из матричного уравнения

$$[R_a(m-i) - \sigma R_n(m-i)] \sigma h(i) = \vec{0} \quad (1),$$

которое имеет нулевое решение, если определитель матрицы, составленный по разности двух матриц R_a (аномалии) и R_n (помехи), равен нулю (Никитин, 1979; Тамразян и др., 2006).

Выбираем среди собственных значений максимальное $-\sigma_{\max}$, которое будет соответствовать максимальному энергетическому отношению сигнал/помеха на выходе фильтра. Следовательно, профильтрованный по формуле (2) выходной сигнал

$$Y_i = \sigma h_i \sigma f_{j-i} \quad (2)$$

с h_i собственным вектором, соответствующим $\sigma_{\max}$, является первой главной компонентой в терминах метода главных компонент. Физический смысл $\sigma_{\max}$ позволяет считать, что выходной сигнал Y_i , соответствующий $\sigma_{\max}$, обеспечивает выделение составляющей наблюдаемого поля, которая обладает наибольшей энергией.

В модели поля

$$f_j = S_{\text{reg},j} + S_{\text{local},j},$$

f_j представлено суммой регионального фона и локальной аномалии. Исходя из этого по разности ($f_j - Y_i$) можно оценить локальную аномалию - $S_{\text{local},j}$ (Никитин, 1986; Карапетян, Чилингарян, 2011).

Задача повышения информативности геофизических наблюдений, учитывая особенности описанной методики, решена при оценке разрешающей способности геофизических методов на примере физико – геологической модели (ФГМ) Соткского золоторудного месторождения (Бадалян, Чилингарян и др., 1999).

Физико–геологические модели широко используют для аналитического расчета ожидаемых физических полей и сравнения объективных поисково-разведочных возможностей разных геофизических методов разведочной геофизики. Построение ФГМ месторождений определяет точность и надежность геологического истолкования геофизических съемок. Под ФГМ понимают абстрактное возмущающее тело обобщенных размеров и формы, физические свойства которого аппроксимируют наиболее существенные характеристики реальных объектов поисков. От реальных рудных тел и месторождений ФГМ отличается усреднением петрофизических параметров, а также жесткими граничными условиями, установленными для источников физических полей (Вахромеев, Давыденко, 1987).

Физико–геологическая модель Соткского золоторудного месторождения разработана исходя из геологического строения месторождения, физических свойств пород и руд, а также большого числа данных геофизических наблюдений с целью:

- а) изучения характера распределения электрических и гравимагнитных полей в наземных и подземных условиях;
- б) оценки поисково-разведочных возможностей геофизических методов;
- в) выбора рационального комплекса геофизических методов.

При построении ФГМ использовались средние значения петрофизических характеристик и геометрических параметров рудных тел. Учитывались также изменения параметров физических свойств с глубиной. Проводились физические и математические модельные исследования методами сопротивления, ВП, гравиразведки и магниторазведки (Авдевич, Фокин, 1978; Федынский, 1967). В результате получены кривые $\square_k/\square_1$, $\square_k$, $\square_g$ и $\square_Z$.

На рис.1 представлена ФГМ Соткского месторождения.

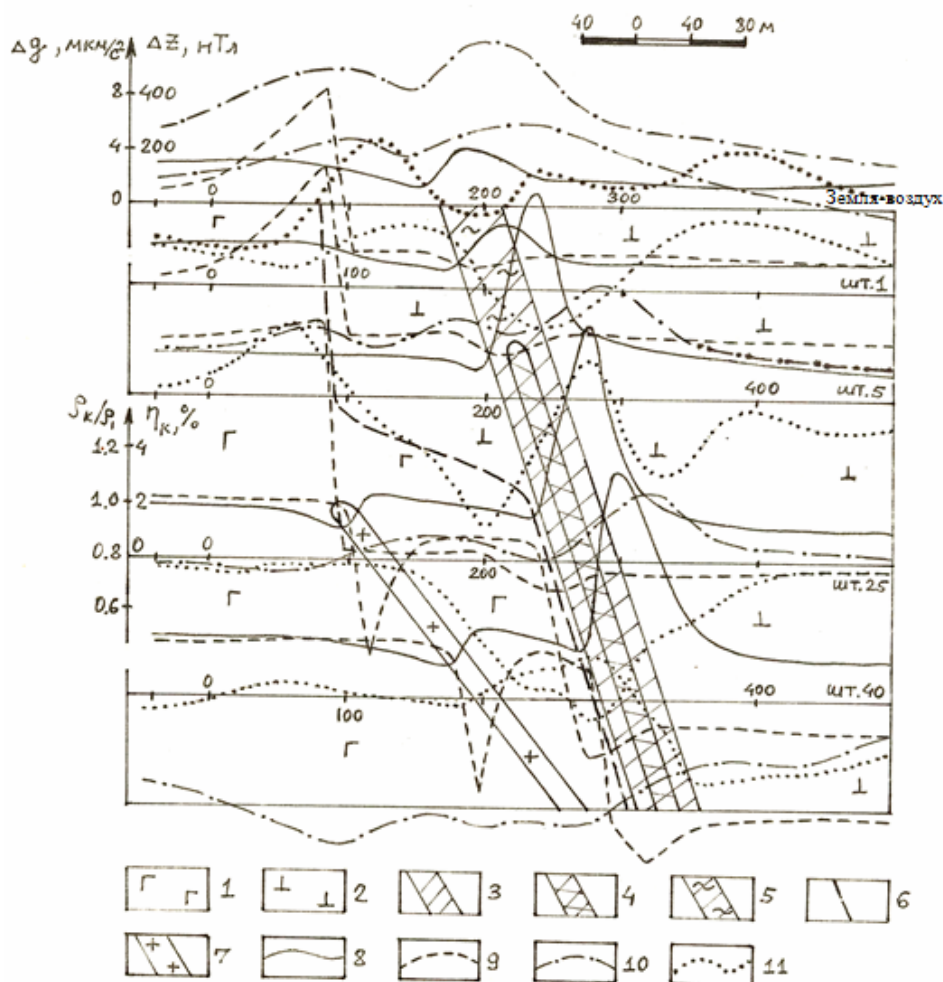


Рис.1. Физико- геологическая модель Соткского золоторудного месторождения (исходные данные):

- 1-габбро; 2-перидотиты; 3-зона гидротермально измененных пород;
- 4-кварц-сульфидная жила; 5-зона окисления; 6-контакт пород;
- 7-даечные породы; 8-11- кривые $\square_k$, $\square_k/\square_1$, $\square_g$ и $\square_Z$ соответственно.

Высокая эффективность применения этого комплекса доказана многолетними успешными геофизическими исследованиями на Соткском золоторудном месторождении (Бадалян, Газарян, Гамоян, 1980).

На представленной модели кварц-сульфидная жила и окружающая ее зона гидротермально измененных пород аппроксимированы наклонным

пластом конечных размеров. Верхняя часть пласта представлена зоной окисленных пород. Пласт горизонтов земля-воздух, шт.1 и 5 залегает в перидотитах, а нижних штолен - на контакте пород габбро и перидотитов. Даечные породы представлены пластом с наклонным падением $\alpha \approx 45^\circ$ в окружающей среде габбро.

Характер изменения и значения полученных кривых Δ_k/Δ_1 , Δ_k , Δ_g и Δ_Z существенно зависят от геологической обстановки, профиля наблюдений и изменения физических свойств с глубиной.

На рис. 2 в результате применения энергетической фильтрации достаточно четкими локальными аномалиями выделяются рудное тело и дайка. Аномальные поля, создаваемые контактом различных пород, имеют свои специфические особенности, позволяющие отличить их от аномальных полей, связанных с различными телами.

В таблице 1 приведены показатель контрастности Δ и, так называемый, информационный вклад C_j соответствующего геофизического параметра в общий поисковый комплекс по горизонтам наблюдений, дана сравнительная оценка повышения информативности геофизических наблюдений с применением энергетической фильтрации в процентах

$$\frac{(\hat{\gamma} - \gamma)}{\gamma} \times 100\%.$$

Показатель контрастности рассчитывается по формуле $\gamma = \frac{f_{\max} - f_{\phi}}{S}$,

где $f_{\max}$, f_{ϕ} и S – соответственно экстремальное, среднее и стандарт наблюденного поля f .

Параметр Δ служит критерием сравнительной эффективности двух или более конкурирующих методов, так как характеризует надежность выделения полезного сигнала на фоне помех. Информационный вес C_j любого j -го метода определяется его относительным вкладом Δ_j в надежность, характеризующую поисковый комплекс в целом (Вахромеев, Давыденко, 1987; Карапетян, 2012)

$$C_j = \frac{|\gamma_j|}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \gamma_i^2}}.$$

По полученным результатам можно сделать следующие выводы:

1) из таблицы 1 следует, что с применением энергетической фильтрации эффективность геофизических методов повышается и уравнивается. Особенно этот процесс наблюдается при методе сопротивления и гравимагнитной разведки. Тот же процесс наблюдается и при оценке информативного веса геофизических методов.

2) для Соткского золоторудного месторождения самым эффективным является метод вызванной поляризации (ВП). Другие методы характеризуются практически одинаковой контрастностью аномалий Δ и

информационным вкладом C_j в общем поисково - разведочном комплексе геофизических методов.

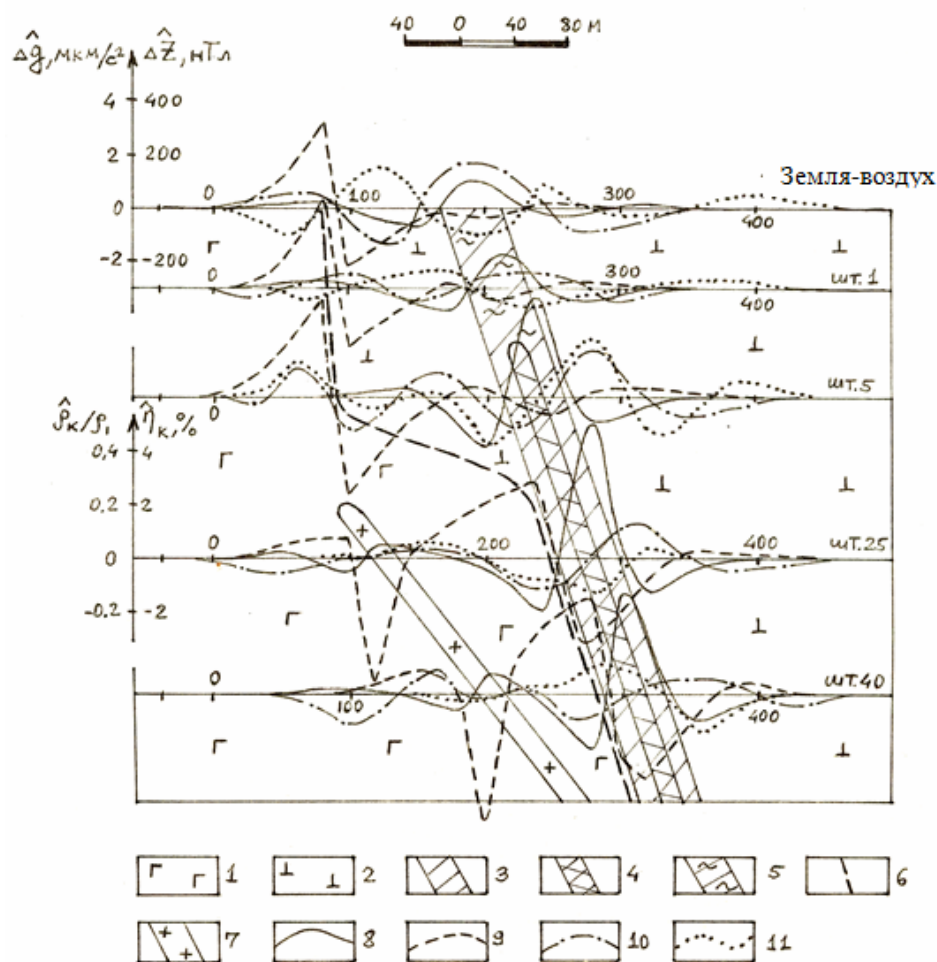


Рис.2 Физико- геологическая модель Соткского золоторудного месторождения (кривые $\hat{\eta}_k, \hat{\rho}_k/\rho_1, \Delta\hat{g}$ и $\Delta\hat{Z}$ после энергетической фильтрации данных):
 1-габбро; 2-перидотиты; 3-зона гидротермально измененных пород;
 4-кварц-сульфидная жила; 5-зона окисления; 6-контакт пород;
 7-даечные породы; 8-11- локальные составляющие $\hat{\eta}_k, \hat{\rho}_k/\rho_1, \Delta\hat{g}$ и $\Delta\hat{Z}$ соответственно.

Таблица 1

Оценка контрастности ($\square$) и информативного веса (C_i)
геофизических методов

Горизонт наблюд.	Критерии сравне- ния геофизич. методов	Физические поля											
		Исходное поле				Фильтрованное поле				Повышение информативности, %			
		$\square g$	$\square Z$	$\frac{\rho_k}{\rho_1}$	$\square k$	$\Delta \hat{g}$	$\Delta \hat{Z}$	$\frac{\hat{\rho}_k}{\rho_1}$	$\hat{\eta}_k$	$\square g$	$\square Z$	$\frac{\rho_k}{\rho_1}$	$\square k$
Земля- воздух	$\square$	1,87	1,65	2,87	2,47	2,72	2,67	3,69	2,71	45	62	29	10
	C_j	0,41	0,36	0,63	0,55	0,46	0,45	0,62	0,46				
Шт. 1	$\square$	1,26	1,22	3,00	3,26	2,66	2,38	3,74	3,48	110	95	25	7
	C_j	0,33	0,26	0,63	0,68	0,43	0,38	0,6	0,56				
Шт. 5	$\square$	2,73	-2,36	1,81	4,17	3,35	-2,86	3,08	4,24	23	21	70	2
	C_j	0,47	0,41	0,31	0,72	0,49	0,42	0,45	0,62				
Шт.25	$\square$	2,91	-2,33	1,06	4,07	3,16	-3,03	-3,20	4,12	9	30	202	1
	C_j	0,51	0,41	0,18	0,71	0,46	0,44	0,47	0,60				
Шт.40	$\square$	-1,65	-1,84	0,92	3,98	-3,09	-3,01	-3,18	4,05	87	64	246	2
	C_j	0,35	0,39	0,19	0,83	0,46	0,45	0,47	0,60				

ЛИТЕРАТУРА

- Авдеевич М.М., Фокин А.Ф. Электромоделирование потенциальных геофизических полей. Л., Недра, 1978, 98 с.
- Бадалян С.В., Газарян Г.О., Гамоян В.Б. Подземная электроразведка на рудных месторождениях Армении. Изд. АН Арм. ССР, 1980, 222 с.
- Бадалян С.В., Чилингарян А.З., Фиданиян Ф.М. Физико-геологические модели рудных месторождений Армении. Сб. науч. тр. конференции, посвященной памяти А.Г.Бабаджаняна. Изд. «Гитутюн» НАН РА, Гюмри, 1999, с. 86-92.
- Вахромеев Г.С., Давыденко А.Ю. Моделирование в разведочной геофизике. М., Недра, 1987, 192с.
- Карапетян К. Статистические методы обработки геофизических данных. LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, ISBN 978-3-8465-2606-4, 2012, 116 с.
- Карапетян К.А., Чилингарян А.З. Одномерная энергетическая фильтрация данных электроразведки. Изв. НАН РА, Науки о Земле, Ереван, т. 64, №1, 2011, с. 37-42
- Никитин А.А. Статистические методы выделения геофизических аномалий. М., Недра, 1979, 280 с.
- Никитин А.А. Теоретические основы обработки геофизической информации. М., Недра, 1986, 342 с.
- Никитин А.А., Хмелевской В.К. Комплексование геофизических методов. Москва, ООО «Издательство ГЕРС», Тверь, 2004, 294 с.
- Тамразян А.А., Карапетян К.А., Чилингарян А.З. Эффективность статистической обработки данных по методу электрической корреляции на Анкадзорском месторождении меди. Изв. НАН РА, Науки о Земле, Ереван, LIX, №3, 2006, с. 36-41
- Федынский В.В. Разведочная геофизика. М., Недра, 1967, 672 с.

Рецензент Р. Мириджанян

**ԵՐԿՐԱՏԻՋԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԻ ՀՆԱՐԱՎՈՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ
ՄՇԱԿՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ**

Ա.Զ. Չիլինգարյան, Կ.Ա. Կարապետյան

Ամփոփում

Գծային ֆիլտրերն հանդիսանում են երկրաֆիզիկական դիտարկումներից ստացված տվյալների վիճակագրական մեթոդներով մշակման արդյունավետ միջոցներից մեկը: Մեր կողմից կիրառված էներգետիկ ֆիլտրը միջանկյալ դիրք է զբաղում Կոլմոգորով – Վիների վերարտադրման և համաձայնեցման ֆիլտրերի միջև, քանի որ այն առավելագույնի է հասցնում ազդանշան/խանգարիչ հարաբերությունը՝ միաժամանակ լուծելով տարանջատման խնդիրը: Սուրբի ոսկու հանքավայրի ֆիզիկա-երկրաբանական մոդելի հիման վրա տրված է երկրաֆիզիկական մեթոդների տեղեկատվական հնարավորությունների համեմատական գնահատականը, երբ դիտարկման տվյալները ենթարկվում են էներգետիկ ֆիլտրացիայի:

**ASSESSMENT OF GEOPHYSICAL METHODS' OPPORTUNITIES IN CASES
OF THE STATSTICAL PROCESSING OF DATA**

A.Z. Chilingaryan, K.A. Karapetyan

Abstract

Linear filters are one of the most effective methods of statistical processing of geophysical observations. The energy filter provided by us occupies an intermediate position between the Kolmogorov-Wiener reproducing filter and the adapted filter, since it maximizes the signal-to-noise ratio and solves the problem of selection. Based on the physiogeological model of Sotk gold deposit, the comparative assessment of the geophysical methods' technological possibilities is given, when the observation data undergoes energy filtration.