

ՀՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
ԵՐԿՐԱՔԻԶԻԿԱԿԱՆ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՏ

ԿԱՐԻՆԵ ԱՐՏԱՇԵՍԻ ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ

ԵՐԿՐԱՔԻԶԻԿԱԿԱՆ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ՎԻՃԱԿԱԳՐԱԿԱՆ ՄՇԱԿՄԱՆ ՄԵԹՈԴՆԵՐԸ
ՀԵՏԱԽՈՒԶԱԿԱՆ ԽՆԴԻՐՆԵՐԻ ԼՈՒՇՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿ

ԻԴ-00.08. «Երկրաֆիզիկա, օգտակար հանածոների որոնման երկրաֆիզիկական մեթոդներ» մասնագիտությամբ ֆիզիկա-մաթեմատիկական գիտությունների թեկնածուի զիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

Ս Ե Ղ Մ Ա Գ Ի Ր

Ե Ր Ե Վ Ա Ն – 2007

НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РА
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАУК

КАРАПЕТЯН КАРИНЕ АРТАШЕСОВНА

СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ
ДАННЫХ ПРИ РЕШЕНИИ РАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 24.00.08. "Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых".

Ե Ր Ե Վ Ա Ն – 2007

Ատենախոսության բեման հաստատվել է ՀՀ ԳԱԱ ակադ. Ա.Գ. Նազարովի անվան
Երկրաֆիզիկայի և ինժեներային սեյսմաբանության ինստիտուտում

Գիտական ղեկավար՝ ԲԳՌԱ ակադեմիկոս,
ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր, պրոֆեսոր Ա.Ա. Նիկիտին

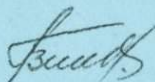
Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝
ֆիզ.-մաթ. գիտ. դոկտոր Ա.Կ. Մաթևոսյան
երկրաբ. -հանրաբ. գիտ. դոկտոր Ս.Ն. Նազարեթյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի Պետական Համալսարան

Պաշտպանությունը կայանալու է 14 դեկտեմբերի 2007թ., ժամը 13.00
ՀՀ ԳԱԱ Երկրաբանական գիտությունների ինստիտուտի
քիվ 054 Մասնագիտական խորհրդի նիստում:
Հասցեն՝ 0019, Երևան, Մարշալ Բաղրամյանի պող., 24ա:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀՀ ԳԱԱ ԵԳԻ գրադարանում:
Սեղմագիրն առաքված է 13 նոյեմբերի 2007թ.:

Թ. 054 Մասնագիտական խորհրդի գիտական
քարտուղար, երկրաբ.-հանրաբ. գիտ. թեկնածու



Հ.Վ. Շախնիզյան

Тема диссертации утверждена в Институте геофизики и инженерной
сейсмологии имени акад. А.Г. Назарова НАН РА

Научный руководитель: академик РАЕН,
доктор физ.-мат. наук, профессор А.А. Никитин

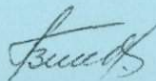
Официальные оппоненты:
доктор физ.-мат. наук А.К. Матевосян
доктор геол.-мин. наук С.Н. Назаретян

Ведущая организация Ереванский Государственный Университет

Защита диссертации состоится 14 декабря 2007г., в 13.00, на заседании
Специализированного Совета 054 Института геологических наук НАН РА.
Адрес: 0019, Ереван, пр. Маршала Баграмяна, 24а.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГН НАН РА.
Автореферат разослан 13 ноября 2007г.

Ученый секрестарь Специализированного
Совета 054, канд. геол.-мин. наук



Г.В. Шагинян

Общая характеристика работы

Актуальность проблемы. В настоящее время математические методы находят все более широкое применение в прикладных задачах геофизики. Как в геологии, так и в геофизике наблюдается непрерывное увеличение объема информации, требующей обработки качественно новыми средствами. В этой связи среди наиболее перспективных и надежных являются вероятностно-статистические методы.

Важным результатом использования статистических методов в геологии и геофизике является переход от математического изучения упрощенных, идеализированных моделей к математическому исследованию сложных моделей, приближающихся к структуре реальных геологических сред.

В отделе рудной геофизики ИГИС за долгие годы накоплен большой фактический материал, который требовал широкого привлечения современных методов анализа геофизической информации. Поэтому обработка и интерпретация данных геофизических наблюдений с целью решения поисково-разведочных задач на рудных месторождениях Армении, являются наиболее актуальными в период становления новой государственности нашей республики.

Цель работы состоит в развитии методики использования статистических методов обработки геофизических измерений для решения задач в рудной геофизике, в частности, по результатам комплексных, включая электромертрических наблюдений на территории Армении.

Основные задачи исследований.

1. Анализ современного состояния статистических методов обработки и интерпретации геофизических полей.
2. Оценка информативности одномерных и двумерных энергетических фильтров при обработке и интерпретации электроразведочных данных. Обнаружение и выделение слабых аномалий способом самонастраивающейся фильтрации при площадных геофизических съемках.
3. Выявление и оценка особенностей использования собственных значений корреляционной матрицы в корреляционном способе обработки данных комплекса геофизических методов. Определение типов регрессионных связей между различными физическими параметрами геофизических наблюдений. Выявление возможностей применения статистических методов обработки геофизических данных на рудных месторождениях Армении.
4. Разработка пакета программ (в среде Windows) статистических методов по обработке и интерпретации геофизических данных (включая подземных наблюдений), а также по оценке эффективности комплексных геофизических наблюдений в Армении.

Научная новизна проведенных исследований состоит в следующем:

1. при обработке данных электроразведки реализованы возможности одномерной и двумерной энергетической фильтрации для выделения слабых аномалий;
2. предложена методика применения корреляционного способа обработки данных комплексных геофизических наблюдений при интерпретации площадных геофизических измерений;
3. выявлена связь между собственными значениями корреляционной матрицы исходных данных и параметрами выбранного фильтра при энергетической фильтрации по методу главных компонент;
4. предложена методика статистической обработки долговременных наблюдений параметра кажущегося электрического сопротивления (ρ_k) для выявления характера и общей тенденции изменения ρ_k при стационарных электрометрических наблюдениях.
5. при вычислении комплексного параметра S_k корреляционного способа обработки предложено использовать все собственные значения корреляционной матрицы исходных данных при доминирующем числе электроразведочных методов в общем комплексе.

Основные защищаемые положения диссертационной работы:

1. В рамках аддитивной модели поля на основе энергетического и самонастраивающейся фильтрации решена задача выделения слабых аномалий на фоне помех, в частности при интерпретации данных электроразведки.
2. Установлены типы регрессионных зависимостей между параметрами кажущейся поляризуемости (η_k), кажущегося сопротивления (ρ_k) и потенциала естественного электрического поля, доверительные интервалы для значимых параметров коэффициентов уравнения регрессии.
3. Оценены возможности самонастраивающейся фильтрации геофизических полей при интерпретации данных площадных наблюдений, что обеспечивает достоверную информацию о простирации и протяженности линейных аномалий в условиях априорной неопределенности этих характеристик.
4. По установленной связи между собственными значениями и параметрами фильтрации определены оптимальные параметры энергетического фильтра при решении конкретной задачи обнаружения полезного сигнала и выделения слабых аномалий.
5. Предложена методика сочетания энергетической фильтрации с корреляционным способом обработки данных геофизического комплекса при площадных съемках, что повышает эффективность решения поисково-разведочных задач.

Практическая значимость работы: разработана методика обработки геофизических данных статистическими методами, в частности методом главных компонент, ориентированная на выделение слабых аномалий в

условиях минимума априорной информации, методика внедрена и используется при геолого-геофизических исследованиях, а также при решении производственных задач (поиск и разведка рудных месторождений электроразведочными методами на территории Армении).

Основные результаты диссертационной работы представлены на Научной конференции "Разведочная геофизика в Армении" (Ленинакан, октябрь, 1986), на Всесоюзном совещании "Поляризационные электроразведочные методы" (Ленинакан, октябрь, 1988), на Юбилейной научной конференции, посвященной 35-летию основания ИГИС НАН РА (Гюмри, октябрь, 1996), на научной конференции, посвященной 90-летию со дня рождения академика А.Г. Назарова (Гюмри, июнь, 1998), на Международной Геофизической конференции к 300-летию Горно-геологической службы России (Санкт-Петербург, октябрь, 2001), на Научной конференции, посвященной 40-летию основания ИГИС НАН РА (Гюмри, октябрь, 2001), на XXIII Генеральной Ассамблее Международного Союза по Геодезии и Геофизике (IUGG 2003, Саппоро, июнь-июль, 2003), на Юбилейном совещании, посвященном 60-летию основания Национальной Академии Наук Армении (Гюмри, ноябрь, 2003).

Объем и структура работы. Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы. Объем работы 111 страниц, 21 рисунок, 9 таблиц, список литературы содержит 120 названий.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю, академику РАЕН, доктору физико-математических наук, профессору А.А. Никитину за постановку темы исследований, внимание и помощь в процессе работы над диссертацией, а также доктору геол.-мин. наук, профессору Степану Вардгесовичу Бадаляну.

Автор считает приятным долгом выразить благодарность за полезные советы и дискуссии члену-корреспонденту НАН РА, доктору физ.-мат. наук С.М. Оганесяну, доктору геологических наук А.А. Тамразяну, доктору физ.-мат. наук А.К. Матевосяну, канд. геол.-мин. наук Дж. О. Минасян.

Автор благодарна за помощь и постоянную поддержку А.З. Чилингаряну, З.В. Гарибяну, Г.А. Мкртчян, К.В. Геворкян, а также всему коллективу лаборатории рудной геофизики ИГИС за предоставление большого количества фактического материала по геофизическим исследованиям в Армении.

Основное содержание работы

Введение

Основная цель геофизических исследований заключается в получении информации о физических и геометрических параметрах геологического разреза по измерениям геофизических полей, осложненных многообразными геологическими и техническими помехами. При изучении влияния этих помех на точность решения обратных задач для геофизических методов в настоящее время наиболее перспективными

являются вероятностно-статистические методы анализа геофизических данных.

За годы существования отдела разведочной геофизики ИГИС НАН РА накоплен большой фактический материал геофизических наблюдений на рудных месторождениях Армении, который требует широкого привлечения современных методов анализа геофизической информации.

В обобщающей докторской диссертационной работе С.В.Бадаляна представлены рациональные комплексы геофизических методов на основных типах рудных месторождений Армении. При решении той или иной геологической задачи достаточно эффективными могут оказаться сразу несколько методов. Количественные оценки возможностей геофизических методов и определение их оптимальных сочетаний при решении задач поисков и разведки рудных тел должны базироваться на использовании теории статистических решений. Решению этих задач и посвящается представленная диссертационная работа.

Глава 1. Анализ статистических методов обработки геолого-геофизической информации

Существует большое число предложенных статистических и детерминистических методов обработки геофизических наблюдений, однако, большинство этих методов являются частными вариантами более общих информационно – статистических критериев. Статистическая теория и статистические методы представляют одно из важнейших направлений прикладной математической физики. В настоящее время наблюдается взаимное проникновение функционально – аналитического и статистического методов.

Помимо известных направлений, в последние годы более самостоятельное значение приобретают исследования по компьютеризации сбора, обработки и хранения геологической и геофизической информации.

В работе Певларо(1998) рассматриваются три основных направления развития информационной технологии(ИТ) в науках о Земле. Первое состоит в количественном описании физических явлений, определении научного и экономического значения сведений, полученных при изучении планеты, второе – предусматривает визуализацию полученной информации и ее привязку к временным и пространственным системам координат. Третье направление заключается в прогнозировании будущих состояний геологической среды и в разработке соответствующих рекомендаций.

Статистическое направление в геофизике начало развиваться в 60-х годах. В последующие годы известные идеи существенно развиваются, где оптимальный интерпретационный алгоритм определяется выбранными моделями экспериментального материала и типом решаемых задач.

В настоящей работе рассматриваются аддитивные модели частного вида, предложенные Ф.М.Гольцманом, а в дальнейшем развитые в трудах А.А.Никитина, когда наблюдаемое поле U можно представить суммой двух слагаемых

$$U = f + n,$$

где f - полностью детерминированный, а n – случайный сигналы.

Выбор аддитивных моделей оправдан тем, что к ним сводятся многие важные практические задачи, а соответствующие интерпретационные алгоритмы оказываются сравнительно простыми.

Представление геофизических наблюдений, осложненных различными помехами в виде случайных процессов, оказывается весьма удачным при выделении аномалий и решении других задач разведочной геофизики.

При проведении электроразведочных работ в рудных районах как постоянным, так и переменным током, мешающим фактором являются многочисленные безрудные аномалии, связанные с тектоническими нарушениями, зонами дробления в коренных породах, переуглубленными участками в рыхлых отложениях, которые лишь контролируют оруденение.

В зависимости от решения конкретной задачи, характера исходной и априорной информации используются разные виды фильтрации. При использовании самонастраивающихся процедур обработки основное значение приобретают критерии многомерного статистического анализа.

Для решения задач разведочной геофизики широкое применение нашли два основных критерия оптимальной фильтрации: критерий минимума среднеквадратической погрешности и критерий максимума отношения сигнал/помеха.

Практически большинство задач по выделению сигналов сводится к реализации линейных фильтров.

При линейной фильтрации данных результат обработки определяется

выражением

$$Y_j = \sum_{i=1}^{m+1} h_i f_{j-i},$$

где $(m+1)$ - число весовых коэффициентов (длина фильтра), что приводит к свертке исходных данных с весовой функцией выбранного фильтра. В частности, весовая функция определяется методом главных компонент. Однако, для решения задач разведочной геофизики метод главных компонент не нашел широкого применения, в частности, при обработке данных электроразведки в связи со сложным характером последних.

Таким образом, для обработки геофизических данных с целью извлечения максимума полезной информации необходимо:

- а) разработать методику применения приемов математической статистики для повышения разрешающей способности геофизических методов с наименьшими затратами;
- б) для выделения слабых аномалий на фоне помех необходимо провести фильтрацию геофизических данных в условиях изменения свойств помех по профилям и площади съемки;
- в) при выборе рационального комплекса геофизических методов необходима предварительная статистическая обработка полевых данных по оценке корреляционных зависимостей между полями и по фильтрации полей с целью уменьшения влияния помех.

2.1 Двумерные статистические связи при обработке геофизических данных

При решении разнообразных геологических задач необходимо совместное рассмотрение нескольких случайных величин. Изучение взаимозависимостей

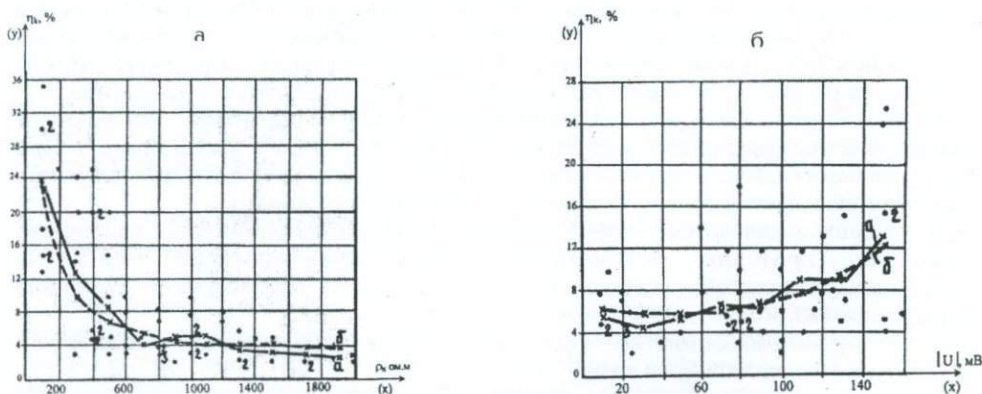


Рис.1 Корреляционное поле между параметрами η_k и ρ_k (а); η_k и $|U|$ (б) на примере Анкадзорского месторождения.

между параметрами разных геофизических методов

позволяет получать количественную оценку некоторых свойств по значениям других. Так как изучаемые взаимозависимости имеют статистический характер и практически

всегда отличаются от функциональных, для их изучения и описания используются двумерные и многомерные статистические модели.

С целью выявления корреляционных связей между различными параметрами электроразведочных методов и повышения надежности интерпретации результатов комплексных геофизических наблюдений, оценены статистические характеристики этих случайных процессов на примере Анкадзорского месторождения меди (Армения).

Рассмотрены статистические связи между параметрами кажущейся поляризуемости η_k (метод ВП), кажущегося сопротивления ρ_k (метод сопротивления) и потенциала U (метод ЕЭП). Вычислены ковариация (момент связи), коэффициент корреляции и корреляционные отношения между этими параметрами. По полученным результатам построены корреляционные таблицы и поля: значения η_k меняются в интервале $1 \div 36\%$, ρ_k — в интервале $50 \div 2000$ Ом·м, U — в интервале $10 \div 160$ мВ.

На рис.1(а) представлено поле корреляции между параметрами η_k и ρ_k . Вычислены средние значения η_k в каждом интервале ρ_k (рис.1а, кривая(а)).

Корреляционное поле между параметрами η_k и U представлено на рисунке 1(б).

Для обоснования наличия корреляционной зависимости между этими параметрами оценена значимость коэффициента корреляции. По таблицам

распределения Стьюдента выяснена, что статистика $t = r\sqrt{(n-2)/(1-r^2)}$ больше, чем критическое значение $t_{\alpha,k}$. Уравнение регрессии η_k на ρ_k имеет вид

$$\eta_k = 2,655 + \frac{2117,9}{\rho_k} \quad (1).$$

По кривой (а) на рисунке 1а видно, что зависимость между параметрами гиперболическая, а кривая (б) построена по уравнению (1).

На рисунке 1(б) по кривой (а) видно, что связь между параметрами η_k и U параболическая, а уравнение регрессии имеет вид

$$\eta_k = 6,72 - 0,039 |U| + 0,00046 |U|^2 \quad (2).$$

Выбранные формы связей хорошо аппроксимируют с эмпирические данные. В доказательство этого оценена значимость уравнения регрессии, т.е. установлено соответствие между выбранной нами математической модели с полевыми данными.

При исследовании корреляционных связей между параметрами ρ_k и U выяснилось, что линия регрессии для этих параметров представляет горизонтальную прямую, т.е. корреляционная связь отсутствует.

2.2 Самонастраивающаяся фильтрация данных площадных геофизических наблюдений

При обработке данных площадных геофизических наблюдений выделение и классификацию аномалий приходится проводить по различным направлениям, часто при высоком уровне помех.

Подобные ситуации типичны для рудных провинций Армении, характеризующихся сложным геологическим строением. В этом случае значительно эффективными считаются самообучающиеся системы.

Если провести анализ выражения (3) для способа самонастраивающейся

фильтрации

$$\hat{\mu} = \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N f_{ki} \right)^2}{\frac{1}{m(N-1)} \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m \left(f_{ki} - \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N f_{ki} \right)^2}, \quad (3)$$

то нетрудно заметить, что оно в случае наличия аномалии в окне, с точностью множителя N представляет оценку отношения среднего квадрата амплитуды аномалии к дисперсии помех. По этой методике подверглись обработке геофизические данные, полученные на Анкадзорском месторождении меди. Для интерпретации использованы результаты площадных съемок геофизическими методами электроразведки (вызванная поляризация-ВП, естественное электрическое поле-ЕЭП), магниторазведки и гравиразведки. После проведенных геофизических наблюдений по данным ВП, ЕЭП и сопротивления установлены 4 аномальные зоны.

Цель проведенных исследований состояла в повышении надежности интерпретации способом самонастраивающейся фильтрации, уточнение предварительных результатов.

Для оценки параметров окна обработки N (число профилей), m (число точек) и θ (наклон окна) использованы расчеты взаимокорреляционных функций (ВКФ) - $B_H(l)$ для данных соседних пар профилей. При значениях $B_H(l_3) > 0.5$ достаточно задать $N=3$. По значениям среднего интервала корреляции, определяемого по автокорреляционной функции (АКФ) установлена величина параметра m , равного 5. Для прямоугольной сети наблюдений величина θ была задана равной 0, $\pm 1, \pm 2$. Порог d выбран при вероятности ошибки первого рода $\alpha = 5\%$ из "Таблиц математической статистики" (Большев, Смирнов). Значения μ вычислены по составленной программе на ЭВМ по установленным параметрам $m=5$, $N=3$, $\theta=0, \pm 1, \pm 2\Delta x$. Аномальные участки выделялись по максимальным значениям μ , учитывая наклон окна $\theta = \pm 1\Delta x$ (Δx — шаг по профилю).

В результате статистической обработки установлено, что выявленные аномальные участки и их протяжение по данным ВП подтверждаются при сопоставлении с данными фильтрации ЭЭП, гравиразведки и магниторазведки.

Глава 3. Результаты статистической обработки данных электроразведки

3.1 Результаты статистической обработки данных по методу электрической корреляции на примере Анкадзорском месторождении меди

Одной из актуальных задач при обработке и интерпретации геофизической информации является фильтрация исходных данных статистическими методами. Как отмечалось в главе 1, эффективным приемом является одномерная энергетическая фильтрация, которая представлена нами в рамках компонентного анализа (метода главных компонент). Оценка возможностей энергетического фильтра с целью выделения слабых аномалий представлена при обработке данных электрической корреляции, полученных в 2006 году на Анкадзорском месторождении меди отделом рудной геофизики ИГИС.

Результаты исследований показали, что при обработке данных электроразведки, по расчетам автокорреляционной функции, если выбрать шаг фильтра $m > 5$, то можно пропустить аномалии ввиду достаточно быстрого изменения электрических полей. Чтобы достигнуть 95%-ного уровня доверия, шаг фильтра целесообразно выбрать от трех до пяти точек наблюдений, т.е. $3 \leq m < 5$.

На рисунке 2 приведены результаты расчетов АКФ. Шаг фильтра выбран $r=3$, который обеспечивает надежность обнаружения аномалии для коэффициента корреляции $R_H(m)=0,7$. Кривые a, b, v, g соответствуют четырем точкам заземления для зарядного электрода А.

По результатам исследований можно заключить, что при уточнении интер-

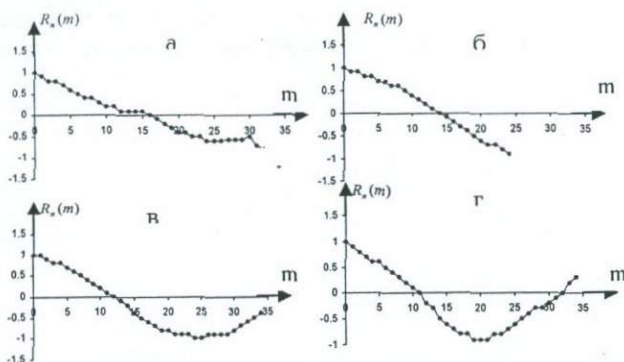


Рис.2 Кривые функции автокорреляции (АКФ) исходных значений потенциала метода электрической корреляции (Анкадзорское месторожд. меди). а,б,в,г — кривые АКФ для исходных значений потенциала при A_5 , A_4 , A_6 , A_3 соответственно.

преобразования данных электрической корреляции целесообразно провести одномерную энергетическую фильтрацию исходных данных.

3.2 Временные изменения параметра кажущегося сопротивления

При исследовании и анализе результатов многолетних (в течение 1994-2001г.г.) стационарных электрических (метод сопротивлений) наблюдений определены временные изменения параметра ρ_k .

При изучении динамических рядов, в данном случае годового движения месячного среднего параметра ρ_k , была поставлена цель разделить статистические компоненты движения и выявить общую тенденцию изменений. Проведена одномерная энергетическая фильтрация исходных значений ρ_k по методике, приведенной в первом разделе этой главы. Результаты исследований показали, что наблюдаемое синусоидальное изменение эмпирического ряда на рисунке 3 (кривая Y) представляет периодическое изменение.

Следовательно, для выяснения характера временных движений параметра ρ_k можно использовать предварительную энергетическую фильтрацию исходных данных. На рисунке 3 представлены фактические и выравненные кривые

$(\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \bar{y}_4, \bar{y}_t)$. Нетрудно заметить, что теоретические значения,

вычисленные с учетом первых четырех гармоник (кривая $\bar{y}_4$) более близки к эмпирическим, а сумма квадратов разностей (S) фактических и выравненных данных $\sum (y - \bar{y}_t)^2 = 2.71$

Формула расчета первых четырех гармоник, которая характеризует временное изменение параметра ρ_k (среднегодовое), имеет вид

$$\begin{aligned}
{}_4\bar{Y}_t = & 42.85 + 0.38\cos t + 2.73\sin t + 0.16\cos 2t + 0.33\sin 2t - 0.55\cos 3t + \\
& + 0.48\sin 3t + 0.63\cos 4t - 0.04\sin 4t
\end{aligned}$$

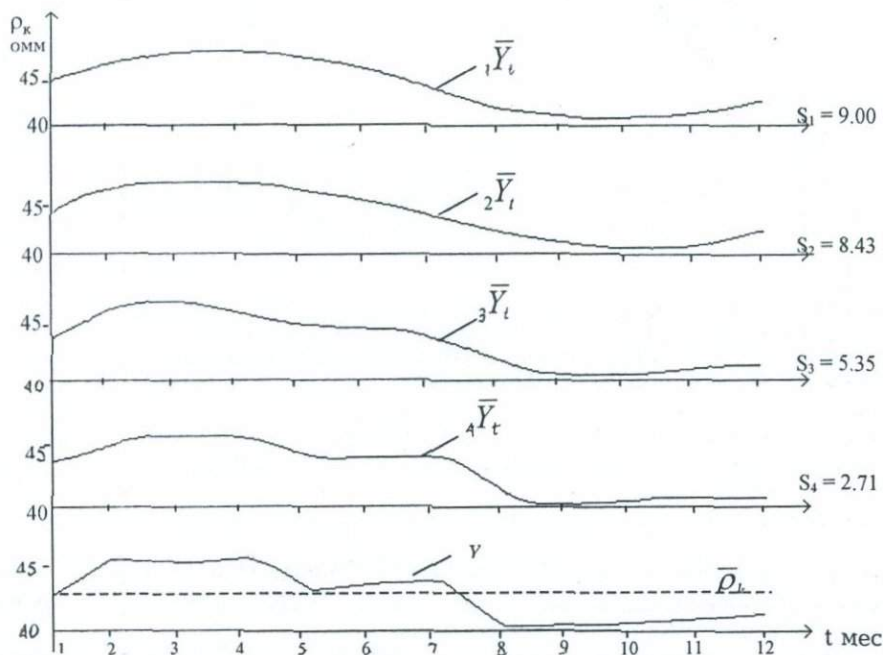


Рис. 3 Временное изменение среднемесячных (многолетний средний) значений параметра ρ_k . Y – наблюдаемые значения. ${}_1Y_t$, ${}_2Y_t$, ${}_3Y_t$, ${}_4Y_t$ – теоретические кривые соответственно для первой, первых двух, первых трех и первых четырех гармоник ряда Фурье. S_1 , S_2 , S_3 , S_4 – суммы квадратов разностей наблюдаемых и теоретических данных соответственно для первой, первых двух, первых трех и первых четырех гармоник ряда Фурье.

Полученные результаты имеют практический интерес при стационарных наблюдениях параметра ρ_k .

Глава 4. Статистическая обработка комплексных геофизических наблюдений

4.1 Двумерная энергетическая фильтрация данных электроразведки

Задача повышения информативности электроразведочных методов решена в рамках компонентного анализа при интерпретации данных полевых наблюдений, полученных на Меградзорском золоторудном

месторождении Армении. Используются данные площадных наблюдений по одиннадцати профилям. Для обработки использованы данные геофизических методов естественного электрического поля (ЕЭП), сопротивления (КЭП) и магниторазведки. Одной из задач статистической обработки данных магниторазведки было уточнение контакта пород сиенит-диоритов и диоритов, нечетко выраженных по данным ΔZ_a . Данные электрометрических наблюдений также нуждались в более детальной интерпретации.

Для указанных выше полей была проведена двумерная энергетическая фильтрация исходных данных.

Результаты статистической обработки в работе представлены в виде карт изолиний исходных значений и локальных аномалий. Аномалии, полученные методом ЕЭП, совпадают с аномалиями электрического сопротивления. Вычислены собственные значения и собственные векторы корреляционных матриц для каждого метода, которые представлены в работе в виде таблиц.

Исследования показали, что для магниторазведки первые два собственных значения дают более 98% суммы вкладов в дисперсию, т.е. при интерпретации можно ограничиться первыми двумя собственными значениями. Для метода сопротивления сумма вкладов более 96% достигается при трех собственных значениях, а для метода ЕЭП этот же результат получается лишь при шести собственных значениях.

4.2 Возможности корреляционного способа обработки данных геофизического комплекса

С целью выделения слабых геофизических аномалий проведена обработка комплекса геофизических данных корреляционным способом на Центральном участке Меградзорского месторождения.

Для вычисления комплексного параметра S_k был выбран комплекс данных из трех параметров: U (естественное электрическое поле), ρ_k (кажущееся электрическое сопротивление) и Z (вертикальная составляющая магнитного поля). Комплексный параметр вычислен как для исходных значений (S_k), так и для тех же значений после энергетической фильтрации (S_{kf}). По найденным коэффициентам корреляции составлена корреляционная матрица A . Вычислены все три собственных значения ($\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$) и соответствующие им собственные векторы (h_{1i}, h_{2i}, h_{3i}). Проведенные исследования, которые представлены в разделе 4.1, показали, что первое собственное значение λ_1 при методе ЕЭП дает всего лишь 38,97% вклада в общую дисперсию, поэтому при интерпретации надо использовать кроме первого, все остальные собственные значения, в данном случае λ_2 и λ_3 . Результаты работ представлены в виде кривых S_k и S_{kf} на примере профиля 7 Центрального участка.

Проведенные исследования показали, что при выявлении слабых аномалий более эффективным оказался параметр S_{kf} . Следовательно, при интерпретации комплексных геофизических наблюдений необходима энергетическая фильтрация исходных данных, а при привалирующем числе электроразведочных методов в комплексе, следует использовать все собственные значения корреляционной матрицы.

4.3 Оценка информативности геофизического комплекса корреляционным способом

При решении большинства геологических задач возникает проблема выбора рационального комплекса геофизических методов. Для решения этой задачи нами выбран корреляционный способ обработки, который рассмотрен в разделе 4.2.

Результаты исследований представлены на примере обработки геофизических данных, полученных на участке "Южный" Шаумянского полиметаллического месторождения. Геофизические исследования на этом участке проводились методами вызванной поляризации - $\eta_{ВП}(ВП)$, блуждающих токов - $\Delta\psi$ (БТ), гравиразведки - Δg и ранней стадии ВП - $\eta_{РСВП}$ (РСВП).

Для оценки целесообразности применения комплекса из вышеуказанных методов на этом участке были вычислены значения параметра S_k в вариантах из двух, трех и четырех методов.

По результатам исследований выявлены четыре аномальные зоны, где полученные значения комплексного параметра S_k выше порогового значения. Большое количество методов в комплексе не всегда дает наиболее весомую информацию. Важнее уточнить количество методов и именно какой комплекс надо использовать, чтобы получить наиболее надежную информацию с наименьшими затратами.

Заключение

1. Обоснована перспективность применения статистических методов обработки при фильтрации исходных геофизических (включая электроразведочных) данных. Разработан пакет программ (в среде Windows) статистических методов по обработке и интерпретации геофизических данных (включая подземных наблюдений), а также по оценке эффективности комплексных геофизических наблюдений в Армении.
2. По результатам исследований рассчитано, что при одномерной энергетической фильтрации данных электроразведки, если выбрать размерность фильтра $m > 5$, то велика вероятность пропуска аномалии при характерно быстром изменении электрических полей. Для достижения 95%-ого уровня доверия, размерность фильтра целесообразно выбрать $3 \leq m < 5$.
3. По вычисленным собственным значениям корреляционной матрицы исходных данных дана количественная оценка вклада каждого собственного значения в общую дисперсию. Установлено, что для магниторазведочного метода первые два собственных значения дают более 98% суммы вкладов в дисперсию, т.е. при разложении поля по ортогональным составляющим можно ограничиться первыми двумя максимальными собственными значениями. Для метода сопротивлений сумма вкладов более 96% достигается при трех собственных значениях, а при методе

естественного поля этот же результат получается включением шести собственных значений.

4. Для выделения слабых аномалий установлена необходимость процесса предварительной энергетической фильтрации исходных данных при использовании комплексного параметра S_k корреляционного способа обработки полевых геофизических наблюдений. Исследования показали, что при доминирующем числе электроразведочных методов в комплексе, следует вычислять параметр S_k с учетом всех собственных значений корреляционной матрицы исходных данных.
5. На примере Анкадзорского месторождения установлено, что корреляционная связь между параметрами η_k и ρ_k гиперболическая, а между параметрами η_k и $|U|$ - параболическая. Установлены доверительные интервалы для значимых параметров коэффициентов уравнения регрессии. При интерпретации данных вызванной поляризации, естественного электрического поля, гравиразведки и магниторазведки установлены параметры окна обработки при самонастраивающейся фильтрации для уточнения направления аномальных зон на примере участка Анкадзорского месторождения. Полученные результаты подтверждают направление известных рудных зон, а также позволяют выделить слабые аномальные зоны, не выявленные без статистической обработки. По расчетам взаимокорреляционной функции (ВКФ) установлено, что для $B_H(\lambda_z) > 0.5$ достаточно задать $N=3$, а по значениям среднего интервала корреляции одномерной АКФ вычислен параметр $m=5$. Окно с размерами $N \times m = 3 \times 5$ является оптимальным для данного объекта.
6. Статистическая обработка и Фурье-анализ данных временных вариаций параметра кажущегося электрического сопротивления показывают, что при многолетних наблюдениях изменение параметра ρ_k имеет периодический характер. Рассчитано, что для описания динамического ряда параметра кажущегося сопротивления можно ограничиться суммой первых четырех гармоник ряда Фурье. Выведена эмпирическая формула для расчета этой суммы. По данной методике можно определить общую тенденцию изменения параметра ρ_k при долговременных наблюдениях, что представляет практический интерес, в частности, при сейсмическом прогнозировании.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Карапетян К.А., Чилингарян А.З.(1986) Оценка информативности геофизического комплекса с применением корреляционного способа обработки данных наблюдений. Деп. ВИНТИ, N 3784 - B86, 9с.
2. Бадалян С.В., Карапетян К.А.(1987) Применение корреляционного анализа при обработке геофизических данных, полученных на

- Анкадзорском месторождении. В сб. "Разведочная геофизика в Армении", Изд. АН Арм. ССР, Ереван, с. 51-56
3. Бадалян С.В., Геворкян В.М., Карапетян К.А.(1989) Комплексная интерпретация подземных геофизических наблюдений с применением поляризационных методов электроразведки. В сб. "Поляризационные электроразведочные методы", Изв.АН Арм. ССР, Ереван, с.131-140
 4. Карапетян К.А., Чилингарян А.З.(1998) Применение корреляционного способа обработки геофизических данных на Меградзорском месторождении (Армения). Изв. НАН РА, Науки о Земле, LI, #1-2, с. 114 -117
 5. Карапетян К.А., Чилингарян А.З.(1998) Применение самонастраивающейся фильтрации при обработке данных площадных геофизических наблюдений. Сб. Науч. трудов конф., посвящ. 90-летию акад. А.Назарова, Изд. НАН РА, Гюмри, с.433-436
 6. Чилингарян А.З., Карапетян К.А.(1998) Разработка методики поисков и разведки высокоомных пластообразных тел. Сб. Науч. трудов конф., посвящ. 90-летию акад. А.Назарова, Изд. НАН РА, Гюмри, с. 454-457
 7. Карапетян К.А., Чилингарян А.З., Геворкян К.В.(1999) Возможности метода главных компонент при интерпретации данных электроразведки. Сб. Науч. трудов конф., посвящ. памяти А.Г. Бабаджаняна, Изд. "Гитутюн" НАН РА, Гюмри, с. 164-169
 8. Карапетян К.А., Чилингарян А.З.(2001) Возможности метода главных компонент при фильтрации геофизических полей. Тез. докл. Межд. Геофиз. Конф. "Геологической службе России 300 лет". Санкт-Петерб., ООО "Издательство Welcome", 2001, 744 с.
 9. Карапетян К.А., Аветисян С.М.(2002) О временных изменениях кажущегося сопротивления. Сб. Науч. трудов конф., посвящ. 40-летию основания ИГИС НАН РА, Изд. "Гитутюн" НАН РА, Гюмри, 2002, с. 254-358
 10. Karapetyan K., Chilingaryan A., Avetisyan S.(2003) The time Variations of the apparent resistance parameter. XXIII IUGG 2003 Abstract, JSA06/02P/D-034/Poster, Sapporo, Japan, 2 July, 2003, 1 page
 11. Карапетян К.А.(2004) Оценка собственных значений при разложении геофизических полей по ортогональным составляющим. Сб. Науч. трудов конф., посвящ. 60-летию основания НАН РА, Изд. "Гитутюн" НАН РА, Гюмри, с. 89-93
 12. Чилингарян А.З., Карапетян К.А., Туманян Г.М.(2004) Естественное электрическое поле комплекса пластообразных рудных тел. Сб. Науч. трудов конф., посвящ. 60-летию основания НАН РА, Изд. "Гитутюн" НАН РА, Гюмри, с. 161-164
 13. Тамразян А.А., Карапетян К.А., Чилингарян А.З.(2006) Эффективность статистической обработки данных по методу электрической корреляции на Анкадзорском месторождении меди. Изв. НАН РА, Науки о Земле, Ереван, LIX, #3, с. 36-41

պետք է հաշվել S_k պարամետրը կորելյացիոն մատրիցի բոլոր սեփական արժեքների համար:

5. Հանքածորի հանքավայրի օրինակով երկրաֆիզիկական տարբեր պարամետրերի միջև վիճակագրական կապերի հետազոտման արդյունքում պարզվել է, որ η_k և ρ_k պարամետրերի միջև վիճակագրական կապը հիպերբոլական է, իսկ η_k և P -ի միջև՝ պարաբոլական: Հաշվարկվել են այդ պարամետրերի միջև կորելյացիայի գործակիցները, որոշվել են ռեգրեսիայի ֆունկցիաները: Դուրս են բերված ռեգրեսիայի հավասարումները: Այդ հավասարման գործակիցների համար որոշվել են վստահելիության միջակայքերը:

6. Թվացյալ էլեկտրական դիմադրության պարամետրի երկրաբաժամկետ դիտարկումների տվյալների վիճակագրական մշակման արդյունքում պարզվել է, որ նրա փոփոխությունն ունի պարբերական բնույթ: Այս պարամետրի դինամիկ շարքը նկարագրվում է Ֆուրյեի շարքի առաջին 4 հարմոնիկների գումարով, որով կարելի է կանխագուշակել նրա երկրաբաժամկետ փոփոխման դինամիկական ժամանակի ընթացքում:

Աշխատանքի գիտական նորոքությունն այն է, որ մշակված է երկրաֆիզիկական տվյալների մեկնաբանման համար վիճակագրական մեթոդների կիրառման մեթոդիկա, մասնավորապես էլեկտրահետախուզության դեպքում:

Գնահատվել են միաչափ և երկչափ էներգետիկ ֆիլտրերի տեղեկատվական հնարավորությունները երկրաֆիզիկական դիտարկումներից ստացված տվյալների մշակման և մեկնաբանման ժամանակ:

Մակերևույթային երկրաֆիզիկական հանույթի դեպքում որոշվել են ֆիլտրի պատուհանի օպտիմալ չափերը ինքնակարգավորվող ֆիլտրացիայի եղանակով բույլ անոմալիաների բացահայտման ու առանձնացման ժամանակ:

Ներկայացվել են Հայաստանի հանքավայրերում ստացված երկրաֆիզիկական տվյալների մշակման համար վիճակագրական մեթոդների կիրառման հնարավորություններն ու զարգացման հեռանկարները:

Աշխատանքի կիրառական արժեքը առաջարկված մեթոդիկայի հնարավորությունների օգտագործումն է ստացված երկրաֆիզիկական տվյալների վիճակագրական եղանակներով մշակման համար:



1969