

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени К.И.САТБАЕВА**



**Институт геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова
Кафедра: Геофизика**

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОД

**для специальности 7М07105
«Нефтегазовая и рудная геофизика»**

**Истекова С.А.,
докт. геол.-минерал. наук,
проф. каф. Геофизики**

АЛМАТЫ 2022

Лекция 6

Условия эффективного применения геофизических методов

Условия эффективного применения геофизических методов

- Условиями, определяющими успех применения конкретного геофизического метода для решения геологической задачи, являются:
- **контрастность физических** свойств искомых геологических объектов и вмещающей среды, относительные геометрические размеры вызывающих аномалии объектов и уровень помех геологического и негеологического происхождения.
- В простейшем случае представления о физических свойствах объекта и вмещающей среды сводятся к значению их средних значений.
- Более полную характеристику дают как средние значения, так и их дисперсия. С этой целью по результатам массовых измерений свойств определенных комплексов пород строят вариационные кривые

• **1 Понятия о дифференциации (контрастности) физических свойств изменяются в зависимости от метода и решаемых геологических задач.**

- Например, для гравиразведки контрастность свойств оценивают значением избыточной плотности, а для электроразведки — отношением удельных сопротивлений.
- Для поисков рудных тел гравиразведкой необходимы перепады плотности около 0,3—0,4 г/см³, а для решения структурных задач достаточны 0,1 г/см³, что связано с размерами разведываемых объектов. Для структурной электроразведки методом ВЭЗ достаточно отношения удельных сопротивлений порядка 2—5, а для поисков рудных тел методом индуктивного профилирования перепад сопротивлений должен составлять 2 — 3 порядка и более.
- Кроме контрастности средних значений свойств, важное значение имеет дисперсия. При одинаковой разнице средних значений породы на рис. (а) разделяются более надежно, чем на рис. (б)

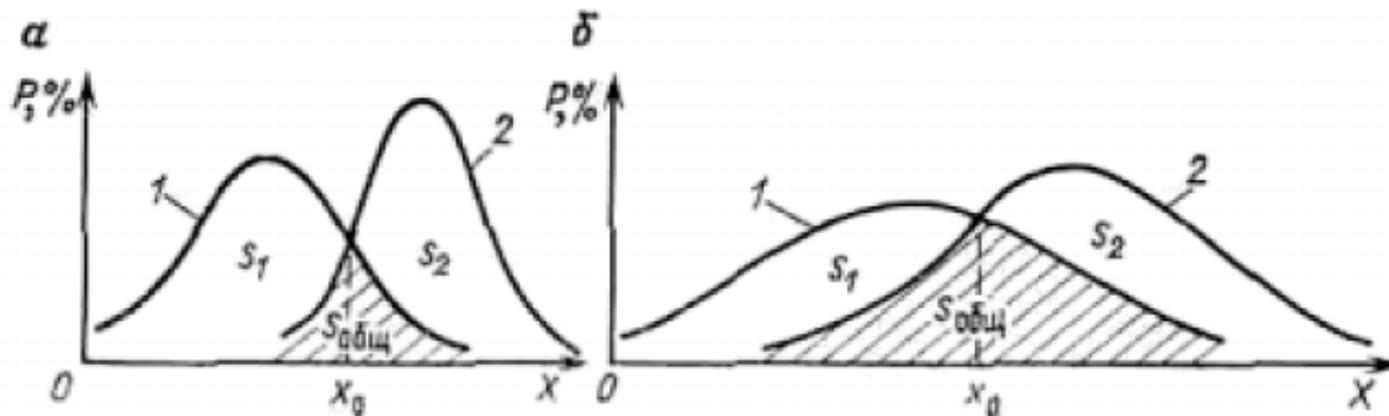


Рис.8.3 Вариационные кривые физических свойств пород двух типов (1, 2) при разной дисперсии свойств (а, б)

Удобной количественной мерой различия свойств является надежность разделения $\gamma = 1 - q$, где q — отношение площади перекрытия вариационных кривых к сумме полных площадей под вариационными кривыми. Надежными для различия свойств считают значения γ от 75 до 100%.

Величины аномалий от объектов, кроме контрастностей физических свойств, определяются геометрическими соотношениями размеров объекта и глубины его залегания. Например, в электроразведке методом ВЭЗ надежное определение слоя возможно, если отношение его мощности h к глубине залегания H удовлетворяет условию $h/H > 2-10$. Слой практически не выделяется, если $h/H < 0,1$. Предельная глубина залегания изометричных тел, определяемая разными методами геофизики, зависит от отношения радиуса тела R к глубине H . Например, величины аномалий над сферой пропорциональны для $\Delta g \sim R^3/H^2$, для $\Delta Z \sim R^3/H^3$, для $U_{EP} \sim R^2/H^2$, поэтому скорость убывания поля с удалением от источника, а следовательно, и глубина исследования этими методами будут различными.

- **2.Еще одним важным условием применимости геофизических методов является уровень помех.**

- Различают помехи геологического и негеологического происхождения.
- К первым относят влияние перекрывающих и подстилающих пород, рельефа местности, неоднородности свойств вмещающих пород и т. д.
- Для электроразведки наибольшее значение имеют рыхлые проводящие отложения в верхней части разреза и слои высокого сопротивления (каменная соль, ангидрит, межпластовые интрузии) на глубине, так называемые экраны. Экраны высокого сопротивления являются препятствием для методов постоянного тока, но проницаемы для переменного тока.
- Подстилающие породы оказывают заметное влияние на данные грави- и магниторазведки. Рельеф влияет на результаты электроразведки и очень сильно усложняет анализ данных гравиразведки.
- Толщи многолетнемерзлых пород, распространенные во многих районах мира, создают трудности при проведении электро- и сейсморазведки (устройство заземлений, возбуждение взрывами).

- К помехам негеологического происхождения относят временные вариации геофизических полей. В гравиразведке такие вариации вызываются относительными перемещениями Солнца и Луны и относятся к предсказуемым; в магниторазведке — солнечной активностью и ее воздействием на ионосферу Земли, они непредсказуемы и требуют учета.
- Электромагнитные поля характеризуются вариациями теллурических
- токов, связанных с солнечной активностью, и блуждающих токов техногенного происхождения, а также вариациями полей грозových разрядов.
- Для большинства методов электроразведки это поля-помехи, требующие средств для их подавления или учета.
- Однако в некоторых методах электроразведки используют физические поля помех с целью получения полезной геологической информации. Приведенные факты подчеркивают относительность понятия помехи.

В геофизике все более заметными становятся помехи, порождаемые деятельностью человека. Сейсмическая вибрация, блуждающие электрические токи, железные предметы в земле и на ее поверхности, подземные горные выработки, техногенные температурные аномалии нередко оказывают заметное влияние на качество геофизических измерений, а в некоторых случаях делают такие работы невозможными.

Борьбу с помехами ведут либо методическими приемами, либо аппаратурными средствами.

К помехам также относят и погрешности измерений. Их делят на три категории: систематические, случайные и грубые (промахи).

Систематические погрешности обусловлены недостатками конструкции прибора или несовершенной методикой измерений и могут быть выявлены путем периодических проверок и устранены введением поправок (например, поправкой за сползание нуля-пункта прибора в грави- и магниторазведке).

На случайные погрешности влияет множество причин, учесть и устранить которые не представляется возможным. Но влияние случайных погрешностей можно уменьшить статистическими приемами обработки. Грубые погрешности возникают при нарушении условий измерений или ошибок оператора (например, взятие отсчета не по той шкале прибора).

Для борьбы с такими погрешностями необходимо на месте анализировать измеряемые значения и при наличии резкого разброса в показаниях проводить повторные замеры.

3. Погрешности съемок

- Общая погрешность геофизической съемки зависит от точности измерений и природной дисперсии измеряемых полей. Аппаратурно-методическую точность съемки оценивают с помощью контрольных измерений по формуле средней квадратической погрешности:

$$\sigma_c = \sqrt{\sum (A_i - A_{cp})^2 / n} ,$$

где $A_{cp} = (A_i + A_{i \text{ контр}}) / 2$. Квадрат этой величины называют дисперсией съемки σ_c^2 . Общую дисперсию геофизических полей можно определить по измерениям в фоновой области, где заведомо отсутствуют аномалии, по формуле

$$\sigma_{\text{общ}}^2 = \sum (A_i - A_{cp})^2 / n , \quad (8.2)$$

где $A_{cp} = \sum A_i / n$. Общая дисперсия съемки

$$\sigma_{\text{общ}}^2 = \sigma_c^2 + \sigma_{\text{геол}}^2 . \quad (8.3)$$

Погрешности съемок

Путем решения прямых задач для физико-геологической модели объекта при наиболее неблагоприятных значениях свойств и размеров определяют минимальную интенсивность аномалий. Ее можно определить по измеренным полям на хорошо изученном участке. Оцененные таким образом полезные аномалии должны в 1—3 раза и более превышать *стандарт общей дисперсии поля* $\sigma^2_{общ}$. Если отношение аномалия/помеха $\mu_1 = A_{max}/\sigma > 3$, то объект выделяется надежно. При $1 < \mu_1 < 3$ аномалию называют слабой. Она может быть выявлена статистически, если методика съемки позволяет пересечь объект несколькими профилями и несколькими точками на каждом профиле. В этом случае удобнее использовать другой показатель — *энергетическое отношение аномалия/помеха* $\rho_{ан}$, которое для некоррелированной помехи

$$\rho_{ан} = \frac{\sum_{i=1}^m A_i^2}{\sigma^2} = \frac{\bar{A}^2 \cdot m}{\sigma^2}, \quad (8.4)$$

где \bar{A}^2 — средний квадрат амплитуды аномалии; m — число аномальных значений. Из сопоставления формул для μ_1 и $\rho_{ан}$ видно, что слабая по μ_1 аномалия может быть надежно выявлена по $\rho_{ан}$, если число точек съемочной сети m , попадающих в ее пределы, достаточно велико.

Соотношение σ^2_c и $\sigma^2_{геол}$ в формуле (8.3) представляет большой интерес для выбора точности съемки. Если основной вклад в $\sigma^2_{общ}$ вносят ошибки съемки, то повышение точности измерений повысит общую точность и информативность геофизических работ. Если же преобладающий вклад вносят геологические помехи ($\sigma^2_{геол} > \sigma^2_c$), то повышение точности измерений лишь увеличит ее стоимость, но не улучшит выявление аномалий.

Способы оценки эффективности геофизических методов

- Физико-геологическая модель, кроме оценки применимости отдельных методов, может быть использована для обоснования рационального комплекса методов, методики проведения работ и выбора поисковых критериев выделения объекта по каждому геофизическому методу.
- Обоснование рационального комплекса методов проводят путем оценки геологической и экономической (стоимость, производительность) эффективности каждого метода из числа тех, применимость которых для решения данной задачи не вызывает сомнений.
- Как правило, таких методов оказывается избыточное число.
- Одним из способов оценки эффективности методов является расчет нормированных аномалий, или показателей контрастности.
- Показатель контрастности характеризует отношение аномалия/помеха и, следовательно, надежность выявления аномалии.
- При равной контрастности двух сопоставляемых методов предпочтение следует отдать методу, дающему более широкие аномалии. Сопоставление методов можно проводить по величине произведения амплитуды
- на ширину аномалии. При равенстве этих величин для двух сопоставляемых методов приходится решать, что выгоднее — проводить более точные наблюдения по редкой сети или получать более контрастные аномалии, но обеспечивать большую детальность
- наблюдений.
- Универсальная оценка эффективности метода может быть получена на основе энергетического отношения сигнал/помеха. Существует и ряд других, более сложных способов оценки эффективности геофизических методов.

Поисковые критерии

- Поисковыми критериями называют характерные и устойчивые, т.е. обнаруживаемые во всех или в большинстве случаев, особенности геофизических полей над искомыми объектами. Для простой ФГМ (см. рис.) поисковыми критериями являются максимальные значения полей

ΔZ , Δg , η_k и минимумы ρ_k и U_{EP} .

- В более сложных условиях для поисковых критериев устанавливают один или два (нижний и верхний) пре-дела. Например, над промышленными скоплениями руд значения должны быть не менее 5 %, отрицательные аномалии η_k не менее -150 мВ и т.п. Более сложным поисковым критерием является совпадение нескольких аномалий

(η_k , U_{EP} , $|\Delta Z|$ и т.д.), причем каждая из аномалий должна превышать по амплитуде определенный уровень или попадать в установленные пределы.

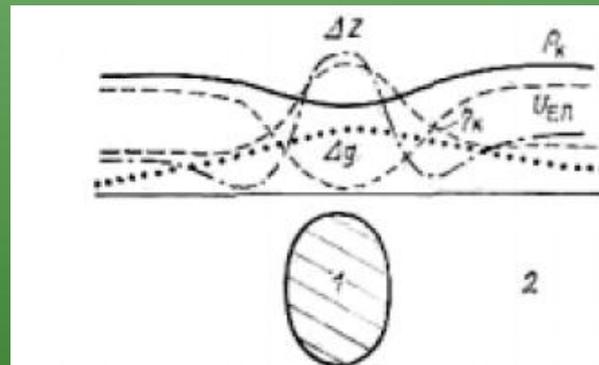


Рис.8.2. Физико-геологическая модель линзы сульфидных руд.

1 — рудное тело;
2 — вмещающие породы

Если на исследуемой территории имеется ряд известных рудных объектов и над ними зафиксированы аномалии геофизических полей, то появляется возможность оценить надежность поисковых критериев. Наиболее надежными из них считают те, которые отмечаются над всеми промышленными объектами и отсутствуют над непромышленными. Менее надежны те критерии, которые отмечаются лишь над частью объектов и над некоторыми непромышленными залежами. В рациональный комплекс включают методы, обладающие максимальной эффективностью и дающие надежные поисковые критерии.

Для выбранных методов планируют методику работ, т.е. последовательность их применения, сеть наблюдений, точность измерений, принципы обработки и интерпретации. Как правило, происходит разделение методов на основные и детализационные. Первые, более производительные и универсальные, применяют на всей площади, а вторые, более дорогостоящие и специализированные, — для проверки и разбраковки выявленных аномалий.

Выбор сети наблюдений осуществляют исходя из надежности съемки. Она должна быть такой, чтобы все представляющие промышленный интерес рудные тела, т.е. такие скопления полезных ископаемых, которые экономически целесообразно разрабатывать при достигнутом уровне технологии с учетом экономической освоенности конкретного района, могли быть выявлены съемкой с вероятностью 95—100 %.

На рис.8.4 приведена номограмма, составленная для оценки вероятности обнаружения произвольно ориентированной аномалии, имеющей форму эллипсоида с длиной L и шириной m , поисковой сетью с расстоянием между профилями a и шагом по профилю b . По осям номограммы отложены $L_a = L/a$ и $m_b = m/b$. Эта номограмма составлена для произвольной ориентации тела относительно сети наблюдений. При извест-

ном и выдержанном простирании тел сеть наблюдений может быть более редкой. Задавшись минимально допустимыми размерами тел и приемлемой вероятностью их обнаружения, можно оценить L_a и m_b , а по ним a и b . Наоборот, задавая несколько пар значений a и b , можно определить вероятности P обнаружения тел и выбрать оптимальную поисковую сеть. Малое значение P говорит о недостаточной надежности поисковой сети.

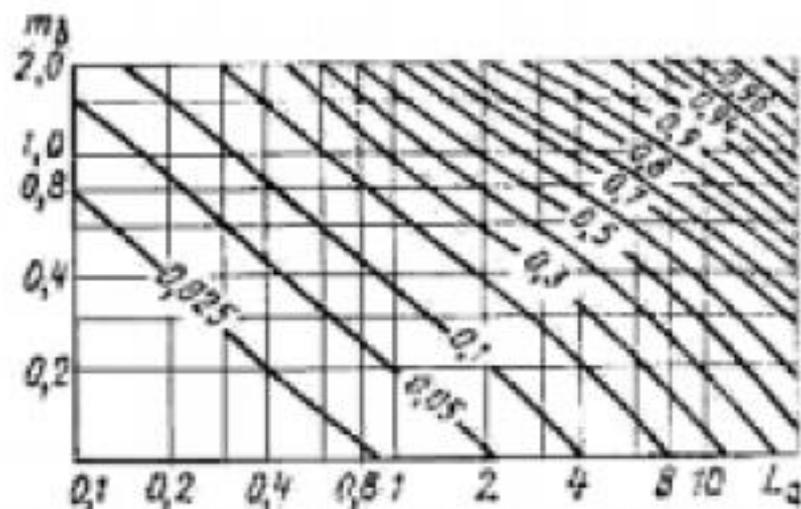


Рис.8.4 Номограмма для определения вероятности подсечения аномалии хотя бы двумя точками наблюдения при произвольном простирании объекта

Шифр кривых — вероятность подсечения

Контрольные вопросы

1. Основные условия эффективного применения геофизических методов
2. Контрастность физических свойств
3. Виды, учет и оценка уровня помех
4. Погрешности съемок
5. Способы оценки эффективности геофизических методов
6. Учет геологической эффективности
7. Учет экономической эффективности
8. Достоверность исследований
9. Поисковые критерии
10. Выявление продуктивных залежей