

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени К.И.САТПАЕВА



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

Комплексировании методов поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых

для специальности 7М07105 «Нефтегазовая и рудная геофизика»

Истекова С.А., докт. геол.-минерал. наук

АЛМАТЫ 2022

Лекция 10

Геофизические методы поисков твердых полезных ископаемых

- ▶ Физические методы исследований непосредственно связаны с измерением физических величин, характеризующих свойства изучаемого объекта или процесса.
 - ▶ Как правило, изучаемый процесс растянут во времени, а объект обладает пространственной протяженностью.
 - ▶ Поэтому для их детального изучения требуется измерить целые совокупности физических величин, называемые физическими полями.
 - ▶ **Физическое поле - это множество распределенных в пространстве точек, которые характеризуются конкретными (постоянными или переменными) значениями физических величин.**
-



Масштабы геофизических исследований

Два уровня геофизики:

Общая геофизика – изучает фундаментальные проблемы физики Земли.

Наука изучающая происхождение, строение, интенсивность физических полей Земли, а также явления и процессы в самой Земле.

- ▶ **Прикладная геофизика**, к которой относится и полевая - это раздел геофизики, ориентированный на решение практических задач.
- ▶ **Разведочная геофизика** (или геофизические методы исследований) - методы исследования земной коры, поисков и разведки МПИ, инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий, основанные на изучении различных физических полей, созданных искусственно или естественных.
- ▶ Наибольшие усилия специалистов в этой области сконцентрированы на разработке физических теорий и методов полевой и аэрогеофизической съемки и геофизической разведки, в том числе геофизического исследования скважин.
- ▶ **Объектом исследования** полевой геофизики, как и геофизики в целом, являются геологические процессы, геологические среды (массивы горных пород) и геологические объекты (месторождения полезных ископаемых) различного масштаба.
- ▶ **Цель геофизических исследований** состоит в получении максимально полной и достоверной информации об исследуемых геологических объектах и процессах, которая позволит решить поставленные практические задачи.



Геофизические методы исследования земной коры

- ▶ Геофизические методы исследования земной коры, поисков и разведки месторождений полезных ископаемых основаны на изучении **естественных или искусственно создаваемых физических полей**, в которых отражаются различия горных пород и руд по физическим свойствам.
- ▶ К естественным физическим полям Земли относятся магнитное, гравитационное, электромагнитное, электрическое, тепловое, естественной радиоактивности, упругих колебаний, возникающих при землетрясениях.
- ▶ При геофизических работах широко используют и искусственно создаваемые поля:
 - электромагнитное,
 - упругих колебаний,
 - ядерных реакций, протекающих в результате воздействия на горные породы и руды радиоактивного излучения специальных источников.



Геофизические методы поисков месторождений полезных ископаемых

- ▶ Раньше поиски руд и полезных ископаемых производились, главным образом, путем поверхностного геологического обследования разведываемой площади и с помощью шурфовых или буровых работ.
- ▶ Но простые поверхностные обследования площадей при разведках, очевидно, могут применяться только там, где не имеется мощных наносов, прикрывающих месторождения полезных ископаемых, т. е. где рудные тела месторождений или признаки наличия их имеют непосредственные обнажения и залегают на самой поверхности земли.
- ▶ Однако такие случаи в природе встречаются редко и месторождения чаще всего бывают скрыты в земле. Поэтому для поисков таких скрытых месторождений приходилось применять горные работы, например, шурфовку или бурение.



Геофизические методы поисков месторождений полезных ископаемых

- ▶ Шурфовая разведка и бурение хотя и дают хорошие результаты, но для своего выполнения требуют больших затрат и много времени.
- ▶ Кроме того, часто для выбора местоположения шурфов или буровых скважин не имеется обоснованных данных и они намечаются почти совершенно произвольно, например, по заранее установленной сетке. Такие поиски часто становятся нерациональными и нередко приводят даже к неправильным заключениям.
- ▶ Поэтому для поисков месторождений полезных ископаемых теперь широко применяются новые - геофизические методы разведки.



Роль и значение геофизических методов исследования

- ▶ Роль и значение геофизических методов исследования в геологоразведочном деле огромны.
- ▶ В настоящее время они получила весьма широкое применение, и являются необходимой составной частью различных геологических изысканий.
- ▶ Они с успехом применяются для непосредственных поисков и разведки многих рудных месторождений и для решения различных структурно-теологических вопросов.
- ▶ Но при использовании геофизических методов разведки всегда следует критически оценивать целесообразность их применения и ожидаемые от них результаты.
- ▶ Не следует уменьшать или увеличивать их значение для решения тех или иных практических задач.
- ▶ Отмеченные крайности, т. е. чрезмерное доверие или пренебрежение к геофизическим исследованиям часто наблюдаются у работников геологоразведочного дела, мало знаковых с основами геофизических разведок.



Комплексировании методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

- ▶ Следует различать комплексирование геологических методов, комплексирование геофизических методов и комплексирование геофизических и геологических методов.
- ▶ Выбор рационального комплекса геофизических методов представляет собой самостоятельную задачу, хотя она и решается в пределах более широкой задачи- выбора общего рационального комплекса геофизических и геологических методов.
- ▶ Рациональным комплексом геофизических методов называется их определенное сочетание во времени и в пространстве.
- ▶ Увеличение количества методов исследований, включаемых в комплекс, приводят к более полному решению поставленной задачи.
- ▶ Для комплекса требуется строгий отбор методов.



Комплексировании методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых

- ❖ Возможности отдельных геофизических методов при решении частных геологических задач определяется дифференциацией физических свойств (магнитных, электрических и других) пород и руд.
- ❖ Поэтому для выбора комплекса работ необходимо иметь достаточные сведения и физических свойства пород и руд будущего района исследований.
- ❖ Включая в комплекс геофизические методы, основывающиеся на использовании разных физических свойств, можно уменьшить, а иногда и полностью исключить неоднозначность геологического истолкования результатов геофизических наблюдений, когда по физическому полю нужно сделать заключение о форме, размерах и других свойствах объекта.
- ❖ Геофизические методы, применяющиеся в начале исследований, должны привести к уменьшению перспективной площади, на которой будут в дальнейшем поставлены более детальные и часто наиболее дорогие геофизические работы.
- ❖ Выбор комплекса геофизических методов проходит 2 этапа: на первом этапе оценивают возможности отдельных методов и их модификаций при решении поставленной задачи, а на втором-составляют варианты возможных комплексов геофизических методов, способных наиболее полно решить поставленную задачу.

Региональные и геолого-съёмочные работы на рудные полезные ископаемые.

- ▶ К рудным полезным ископаемым относят различные типы минерального сырья, из которого технологически возможно и экономически целесообразно извлекать в промышленных масштабах метал-лы или получать на их основе другие материалы, используемые в на-родном хозяйстве.
 - ▶ Геофизические методы при поисках и разведке мес-торождений рудных полезных ископаемых (*рудная геофизика*) применяются на всех стадиях геологоразведочных работ - от региональных исследований до обслуживания рудничной геологии во время эксплуатации месторождений.
-



Поиски рудных ископаемых

- ▶ начинаются с постановки специальных съемок анализа данных уже имеющихся среднемасштабных (1 : 200 000) геофизических съемок, а иногда с их целевой переинтерпретации.
 - ▶ *В результате*
 - аэрокосмических съемок в видимом и инфракрасном диапазонах частот,
 - аэромагнитных и аэрогамма-спектрометрических,
 - полевых гравимагнитных,
 - электромагнитных или
 - сейсмических исследований
- устанавливают основные закономерности в распределении месторождений полезных ископаемых, связи между положением рудных поясов, полей и месторождений, рудовмещающих и рудоконтролирующих структур с глубинным строением земной коры.
- ▶ Картировочно-поисковые крупномасштабные (1 : 500 000) геофизические исследования перечисленными выше методами обеспечивают уточнение и выделение перспективных на поиск полезных ископаемых площадей .



Поисково-разведочные геофизические работы

- ▶ Поисково-разведочные работы на рудных месторождениях *начинаются с поисков в первую очередь крупных или средних рудопро-явлений, приуроченных к рудоконтролирующим структурам.*
- ▶ *Из числа наземных геофизических методов для решения поисковых и особенно разведочных задач выбирают наиболее эффективные, но, как правило, трудоемкие методы:*
- ▶ -профилирование и зондирование ВП или
- ▶ - детализированные работы индуктивными методами с использованием широкого спектра частот: низкочастотными (НЧМ) или переходных процессов (МПП);
- ▶ -высокоточную гравirazведку;
- ▶ -иногда сейсморазведку методом преломленных волн (МПВ).
- ▶ В результате количественной интерпретации геофизических данных оценивают геометрические и физические параметры разведываемых объектов.
- ▶ Далее строят *физико-геологические модели (ФГМ)* исследуемого объекта, которые используются для интерпретации наблюдаемых аномалий в рамках этих ФГМ.
- ▶ Затем выявленные аномалии разбуривают контрольными разведочными скважинами, что необходимо не только для проверки достоверности полученной геофизической информации и уточнения методики дальнейших наземных работ, но и для проведения исследований методами *скважинной геофизики, оценки запасов полезных ископаемых.*
- ▶ Геофизические исследования в этих скважинах, позволяющие с достаточной степенью детальности расчленить геологи-ческий разрез и выявить рудные интервалы, проводят с использованием электрических, ядерных, магнитных, реже сейсмоакустических методов.



Детальная геофизическая разведка рудных месторождений.

- ▶ Если поданным поисково-оценочных работ и предварительной разведки прогнозные запасы полезного ископаемого на выявленном месторождении достаточны, а предполагаемые горно-технические условия его добычи благоприятны, *то разрабатывают технико-экономическое обоснование (ТЭО) на детальную разведку месторождений.*
 - ▶ *Целью детальной разведки является изучение особенностей морфологии и внутреннего строения отдельных рудных тел, что необходимо для подсчета запасов, оценки горнотехнических и гидрогеологических условий проведения эксплуатационных работ*
-



Детальную разведку

- ▶ **осуществляют главным образом с помощью скважин и горных выработок.**
- ▶ Из геофизических методов на этом этапе применяют *-исследования скважин и геоэлектрохимические и -подземные методы.*

В результате геологи и геофизики составляют геолого-геофизическую документацию в масштабе 1 : 5000; 1 : 2000;

1 : 1000 для подсчета запасов и представления материалов в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых.

- ▶ **При доразведке и эксплуатационной разведке месторождений,** сопровождающейся проходкой вертикальных и горизонтальных подземных горных выработок, а также в ходе непосредственной эксплуатации месторождений иногда применяют комплекс методов ***шахтно-рудничной геофизики*** (методы радиоволевого и сейсмоакустического просвечивания или ядерно-физические методы).



Поиски и разведка черных металлов.

- ▶ При поисках и разведке черных металлов используют комплекс геофизических методов, среди которых основными являются методы: **магнито- и гравиразведки**,
-а методы электро- и сейсморазведки носят вспомогательный характер.
Месторождения черных металлов по условиям образования весьма разнообразны, а слагающие их руды обладают различными физическими свойствами.
Например, магнетитовые рудные тела характеризуются высокими значениями магнитной восприимчивости, плотности и электропроводности.
Поэтому прежде всего для их поисков и разведки следует применять магниторазведку.
Эффективному применению гравиразведки способствует большая плотность железных руд ($3,2 - 4,7 \text{ г/см}^3$) по сравнению с рудовмещающими породами ($2,6 - 3 \text{ г/см}^3$).
Значение методов электроразведки существенно повышается при поисках слабомагнитных бурожелезистых месторождений в осадочных породах и коре выветривания.
Сейсморазведку при поисках и разведке черных металлов применяют, в основном, для изучения рельефа поверхности кристаллического фундамента и определения мощности покровных отложений над рудными залежами.



Поиски и разведка черных металлов.

- ▶ Результаты применения магнито- и электроразведки на контактово-метасоматическом месторождении в Горной Шории.
- ▶ Рудные тела столбообразной формы, содержащие магнетит, приурочены здесь к сланцевой толще, прорванной мелкими штоками порфиритов и сиенитов.
- ▶ На одном из профилей наблюдений рудное тело уверенно фиксируется повышенными значениями вертикальной составляющей аномального магнитного поля, кажущейся поляризуемости (ВП) и пониженными значениями кажущегося сопротивления (КС).

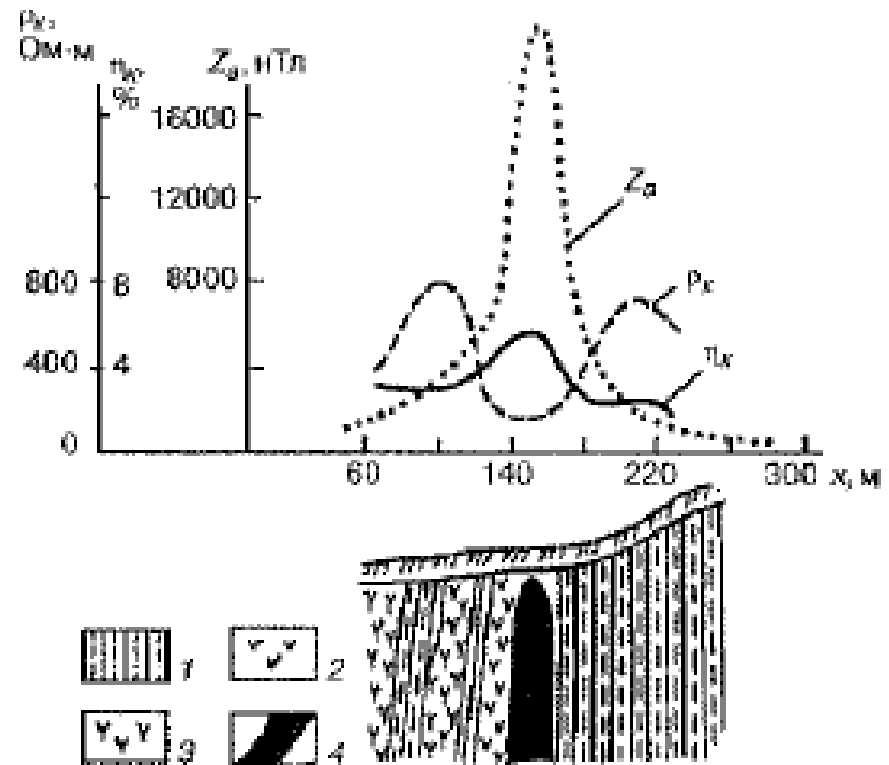


Рис. 9.1. Графики Z_a , P_k и T_{pk} на железорудном месторождении (по А. З. Горину):
1 - сланцевая толща, 2 - порфириты, 3 - сиениты, 4 - магнетитовая руда

Поиски и разведка цветных и редких металлов

- ▶ . *Поиски место-рождений цветных и особенно редких металлов* затруднены тем, что объекты исследований содержат малые концентрации полезных элементов с очень неравномерным их распределением в горных породах, отличаются небольшими по сравнению с глубиной залегания размерами рудных тел.
- ▶ Поэтому они слабо проявляются в физических полях на дневной поверхности.
- ▶ Однако применение геофизических методов значительно повышает эффективность поисково-разведочных работ на цветные и редкие металлы, позволяя вести разведку целенаправленно на заведомо перспективных площадях и на "слепых" месторождениях.



Поиски и разведка цветных и редких металлов

- ▶ В каждом конкретном случае исходя из геологических условий, выбирают тот или иной комплекс методов.
- ▶ *Как правило, геофизические методы дают не прямые, а косвенные указания на наличие месторождений, выявляя участки, наиболее благоприятные для залегания руд, в том числе на флангах известных месторождений. Поэтому в комплексе с геофизическими в качестве прямых поисковых применяют геохимические методы, чаще всего металлометрическую съемку.*



- ▶ **Для поисков цветных металлов**, как правило полиметаллических руд, используются
 - ▶ -электромагнитные профилирования естественными и вызванными потен-циалами (ЕП, ВП) и
 - ▶ -индуктивные методы: низкочастотные (НЧМ) или переходных процессов (МПП).
- ▶ *Детальная разведка* проводится методами ВЭЗ-ВП, МПП, геоэлектрохимическими методами с использованием скважин.
- ▶ ***Полезные ископаемые россыпных месторождений благородных металлов*** (золото, платина и др.) содержатся в рудах в ничтожных концентрациях, и их присутствие практически не изменяет физические свойства рудных залежей по сравнению с аналогичными безрудными участками.
- ▶ Поэтому геофизические методы при их поисках и разведке решают задачи геолого-геоморфологического картирования, по результатам которого изучают особенности современного и погребенного (древнего) рельефа, определяют характер формирования россыпей и возможное положение их в современных и древних долинах.



► **При поисках и разведке месторождений радиоактивного сырья,** разнообразных по генетическим признакам и условиям залегания, основными поисковыми методами являются ядерно - геофизические. При этом измеряется естественная радиоактивность горных пород и руд (пешеходная, автомобильная и аэрогамма-съемки, эманацционная съемка, гамма- каротаж).

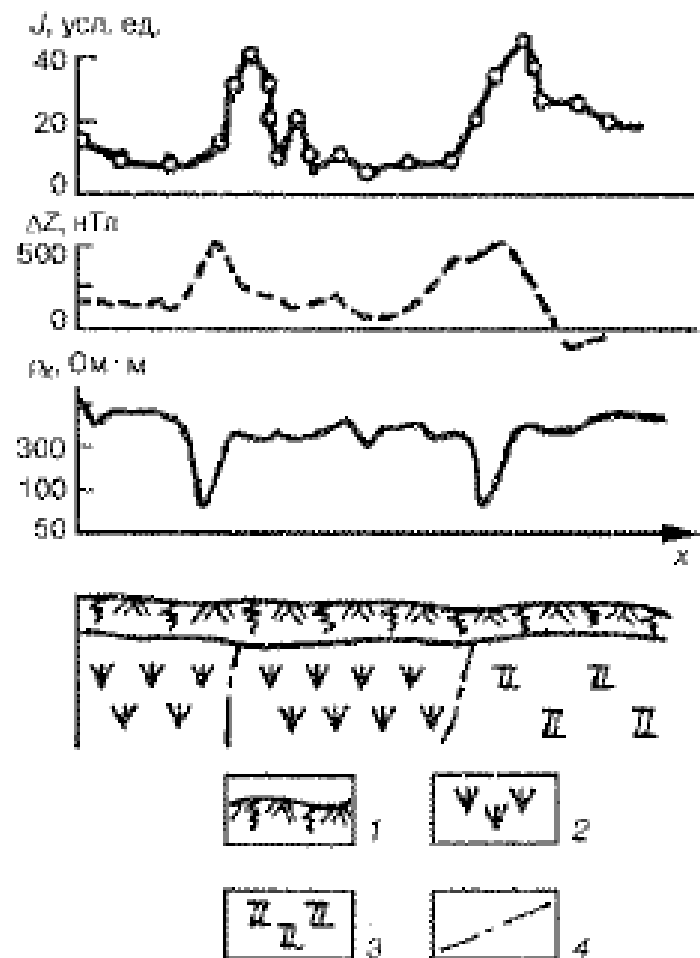


Рис. 9.2. Графики J , ΔZ и ρ_k над ура-ноносными тектоническими зонами дробления в эффузивах:

1 - элювий-делювий, 2 - трахилипариты, 3 - трахидацилы и их туфы, 4 - разрывные нарушения

Методы разведки никелевых руд

- При поисках и разведке никелевых руд, как правило, используются методы магниторазведки, гравиразведки, электроразведки (ВП и МПП), малоуглубинной сейсморазведки и скважинной геофизики.
- На региональном этапе поисковых работ чрезвычайно эффективно использовать комплексные аэрогеофизические наблюдения.
- Отличительные особенности комплекса являются:
 - - широкомасштабного применения магнитотеллурических (МТ) методов в самых современных модификациях для объемной характеристики геоэлектрической среды и эффективного выявления важнейших проводящих структур до глубин в первые км
 - - использования метода зондирования на постоянном токе в современной модификации электротомографии, обеспечивающей повышенную детальность изучения разреза;
 - - детального и тонкого приложения метода вызванной поляризации (ВП) в многоканальной модификации в широком диапазоне частот с целью выявления объектов аномальной поляризуемости, их детализации и классификации.
-

Поисковые работы

- ▶ ведутся в пределах поясов интрузий ультраосновных и основных пород, контролируемых глубинными разломами, выделенных в результате региональных работ.
- ▶ При крупномасштабном геокартировании и реализации задач общих поисков выделяются и оконтуриваются отдельные массивы гипербазитов и габброидов, которые в последующем являются объектами для ведения специализи-рованных поисков.
- ▶ В задачу последних входит выделение не только крупных, но и мелких интрузий (единицы квадратных километров), определение их контуров, выделение эродированной части, изучение морфологии и состава интрузий, их нарушенное тектоническими элементами, условий залегания, обнаружение зон сульфидной минерализации.



Комплекс представлен

- ▶ методами магниторазведки,
- ▶ гравиразведки и
- ▶ электроразведки,
- ▶ применяемыми на сравнительно открытой местности в сочетании с литогеохимической съемкой,
- ▶ а на закрытой площади - с методами сейсморазведки и скважинной геофизики.

Объектом изучения магниторазведки являются рудоносные интрузии (состав, контуры, границы) и тектонические нарушения, контролирующие или осложняющие их строение.

Магнитная съемка выполняется в аэро- (масштабы 1:25 000—1:10 000) или наземном варианте (масштабы 1:50000—1:25 000, сеть (500—250) x (100—50) м) (рис. 1).

Гравиразведка (масштаб 1:50000, сеть (1000—500) x (500—250) м) дополняет ее данные о морфологии интрузий, уточняет их состав и строение



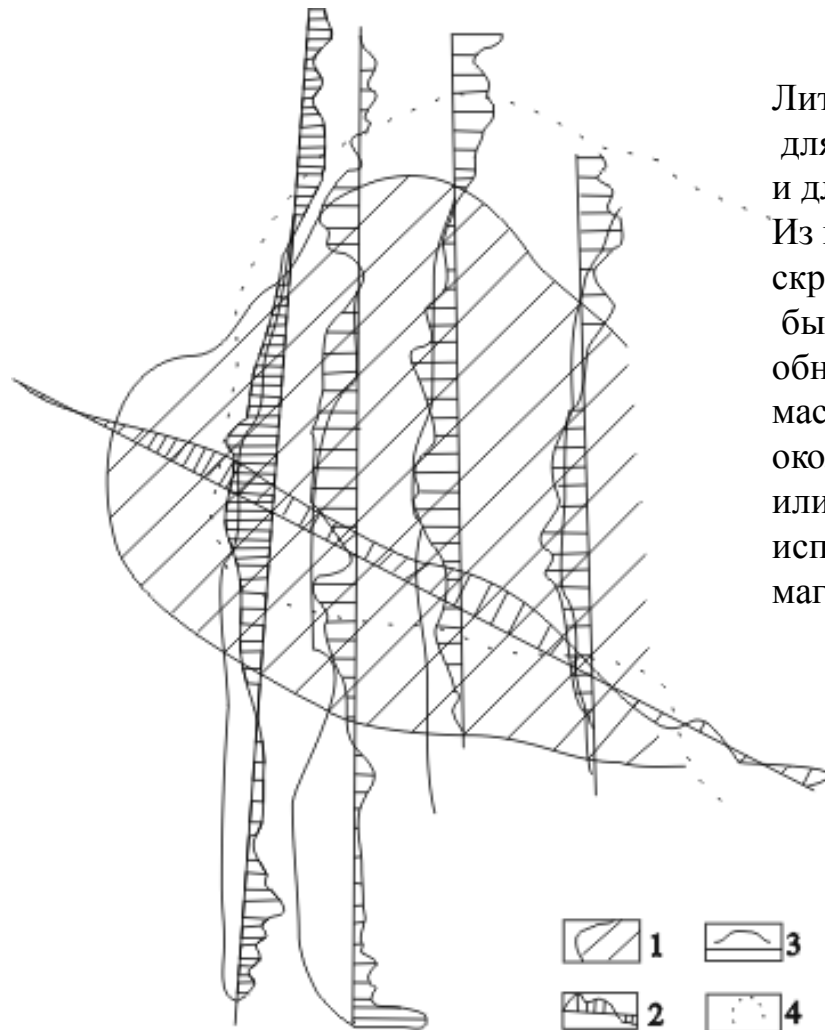
Электроразведка ВЭЗ

- ▶ в площадном варианте используется для уточнения условий залегания интрузий, определения мощности и состава рыхлых отложений, изучения рельефа поверхности коренных пород (в помощь гравиразведке), а на перспективных участках в профильном и притом более глубинном варианте — для определения мощности пластовых интрузий и перекрывающих их отложений.

Электропрофилирование используют в комплексе ограниченно и притом выборочно, на наиболее перспективных площадях с целью поисков зон сульфидной минерализации.



Результаты геофизических работ на месторождении никеля



Литогеохимические съемки используют, в первую очередь, для выявления зон сульфидной минерализации, а нередко и для классификации интрузией на рудоносные и безрудные. Из методов скважинной геофизики в комплексе при поисках скрытых и особенно глубокозалегающих месторождений могут быть применены скважинная магниторазведка (для обнаружения вблизи скважины нескрытого интрузивного массива) и скважинная электроразведка (для установления в околоскважинном пространстве сульфидной минерализации) или скважинным вариантом метода ВП. Из методов каротажа используется сочетание КС, ПС, ГК, КМВ для обнаружения магнетит-пирротиновой и сульфидной минерализации.

- ▶ 1-площадь распространения рудоносной интрузии по геофизическим данным; 2- графики ΔZ_d ; 3-графики Δg ;
- ▶ 4-контур рудоносной интрузии по данным бурения

Детальные поиски

- ▶
 - ▶ Детальные поиски направлены на детальное изучение интрузий, элементов разрывной тектоники, оценку рудоносности интрузий, поиски зон сульфидного оруденения с поверхности и в околоскважинном пространстве.
 - ▶ Комплекс включает:
 - ▶ а) детальную магниторазведку (наземный вариант, масштабы 1:10000—1:5000, сеть (100—50) x (20—10) м, точность 5—10 нТл) для выявления зон сульфидного оруденения с пирротиновой и магнетитовой минерализацией, для выявления и прослеживания в пределах интрузий разрывных нарушений, зон гидротермальной переработки, даек;
 - ▶ б) электроразведку методами МПП, ДИП, ВП, ЕП, КП; МПП или ДИП при поисках массивного сульфидного оруденения, ВП - вкрапленного оруденения, ЕП—сульфидного оруденения ;масштаб работ 1:10000, сеть 100 x (20—40) м;
 - ▶ в) гравиразведку (масштаб 1:10000, сеть (200—100) x (100—50) м, точность 0,03—0,01 мГал, сечение отчетных карт 0,1 мГал) для уточнения морфологии интрузий, изучения элементов тектоники, обнаружения рудных залежей сплошных и брекчиевидных руд;
 - ▶ г) литогеохимическую съемку по вторичным ореолам рассеяния (масштабы 1:10000—1:5000, сеть (100—50) x (20—10) м) для оценки рудоносности интрузий;
 - ▶ д) сейсморазведку методами МПВ, МОВ, МРВ (одним из методов) при поисках глубокозалегающих месторождений для установления положения подошвы рудоносной интрузии, выделения рудоносного горизонта в придонной части, трассирования на глубину нарушений;
 - ▶ е) скважинную геофизику методами вызванной поляризации и индуктивной электроразведки для оценки рудоносности околоскважинного пространства и выявления рудных тел, каротаж методами КС, ПС, МЭП, МСК, ГК, ГГК для выделения рудных интервалов, определения глубины залегания и мощности рудных тел.
-

Поисково-оценочные работы

- Поисково-оценочные работы проводятся на выявленных рудопроявлениях и месторождениях с целью обнаружения сульфидных рудных тел, сложенных как сплошными, так и вкрапленными рудами. Наземные работы представлены главным образом детализационными съемками в пределах аномальных зон теми же методами, что и при детальном поиске, но более детального масштаба (1:5000—1:2000).
 - В их комплекс могут входить и микрогеофизические съемки на отдельных элементах геологического строения.
 - Особый интерес представляют косвенные признаки скрытого оруденения.
 - Из методов скважинной геофизики наиболее эффективными в комплексе признаны: скважинная магниторазведка - для обнаружения вблизи скважины нескрытого интрузивного массива; скважинная электроразведка - для выделения среди рассеянной сульфидной вкрапленности сплошных сульфидов и сульфидной брекчии, методом ВП - для выявления вкрапленного оруденения, методом заряда - для установления нескрытых рудных залежей вблизи скважины.
-



Разведочные работы

- Наземные работы могут быть продолжены с целью получения более детальной геофизической основы разведываемой площади, уточнения геолого-структурной позиции месторождений и отдельных их тел, оценки рудоносности флангов и глубоких горизонтов месторождений.
- В их комплексе могут быть представлены магнитная (масштабов 1:5000—1:2000) и детализирующая ее результаты микромагнитная (масштабов 1:1000—1:500) съемки, гравиметрическая и микрогравиметрическая съемки (тех же масштабов), электрозондирования.
- Комплекс методов скважинной геофизики, используемый при поисково-оценочных работах, становится ведущим и усиливается методами РВП, МЭК, а в особо сложных условиях — скважинной сейсморазведкой. В случае изучения проводящих объектов в призабойном пространстве (до 150—200 м и ниже) может быть использована модификация межскважинного электромагнитного профилирования- МДЭМП.
- Метод электрической корреляции (МЭК) помогает устанавливать сплошность рудных залежей, наличие их выклиниваний и обеспечивает корреляцию рудных подсечений. С помощью метода РВП можно уточнить положение рудных тел в меж-скважинном пространстве, изучить их морфологию. Дальность просвечивания на этих месторождениях составляет 80—120 м.
- В комплексе методов каротажа ведущими становятся методы СНГК, ННК-Т и РРК, которые сочетаются с методами КС (или ТК), МЭП, ГК, КМВ (или ЭМК). Первая группа методов привлекается для определения в естественных условиях содержания полезных компонентов. Предел обнаружения по СНГК для Ni и Си — 0,5% (абс), по ННК-Т — 0,5 и 1%, по РРК — 0,1—0,3 и 0,5%.



Результаты исследований

- ▶ В регионе Сарыкулболдинского месторождения четко выделяются ультраосновные интрузии среди осадочных и эффузивных пород по высокой интенсивности и большим градиентам магнитного поля.
- ▶ В пределах интрузий участки развития нонтронитовых никеленосных глин отмечаются по данным симметричного профилирования понижением значений с 200-300 до 50-100 ом*м. сравнительно невысокие значения за областью развития нонтронитовых глин объясняются присутствием в верхней части интрузии сильно измененных змеевиков, имеющих невысокое удельное сопротивление.
- ▶ Чтобы среди участков, намеченных по данным магнито- и электроразведки, выделить наиболее перспективные на никель используют литогеохимическую съемку на никель, кобальт и хром.
- ▶ Геофизические методы Сарыкулболдинского месторождения используют для решения задач, связанных с поисками никелевых месторождений: картирование продуктивной филлитовой толщи, поиски интрузий ультраосновных пород в пределах филлитовой толщи и диабазов, поиски оруденения внутри интрузивных массивов и на их контакте с вмещающими породами, изучение глубинной структуры района.



Результаты исследований

- ▶ На первой стадии исследований в районе, перспективность которого предполагается по общегеологическим данным, проводят поиски и оконтуривание массивов ультраосновных пород. Обычно для этого используют магнитную съемку.
- ▶ Масштаб исследований обычно зависит от ожидаемых размеров ультраосновных массивов и колеблется от 1:25000 до 1:100000. В тех случаях, когда массивы плохо выделяются по данным магнитной съемки, следует привлекать гравиразведку.
- ▶ Наблюдения выполняют или по всей площади поисков или только на тех участках массивов, где их граница с вмещающими породами прослеживается магниторазведкой недостаточно уверенно.
- ▶ На втором этапе, после оконтуривания массивов гипербазитов, выполняют более детальные геофизические работы, чтобы установить перспективные участки на нахождение руд никеля. На этом этапе обычно проводят наземную магнитную съемку масштаба 1: 10000.
- ▶ Опыт магниторазведочных работ в этом районе показал, что благоприятными участками на нахождение руд никеля являются следующие: 1) участки сложного магнитного поля с резкими градиентами, 2) участки понижений интенсивности магнитного поля в пределах крупных массивов, соответствующие наличию мощной коры выветривания; 3) участки несколько повышенного магнитного поля над известняками, расположенными вблизи серпентинитовых массивов, где также происходит отложение гидросиликатов никеля.



Результаты исследований

- ▶ Однако использование только магниторазведки часто не дает достаточных оснований для постановки горнобуровых работ, так как изменение магнитного поля внутри массивов может происходить и из-за колебаний магнитных свойств слагающих их пород. Поэтому в комплекс методов целесообразно включать электроразведку. С ее помощью в пределах массивов выделяют участки с наиболее мощной корой выветривания, которые бывают приурочены к понижениям в рельефе коренных пород.
 - ▶ Для решения этой задачи лучше всего использовать сочетание ВЭЗ и электропрофилирования. Площадь всего массива или наиболее перспективной его части изучают симметричным профилированием с двумя разносами питающих электродов. Масштаб этих работ 1:10000.
 - ▶ Участки развития мощной коры выветривания (нонтронитовых глин) проявляются на графиках кажущихся сопротивлений пониженными значениями, так как сопротивление нонтронитовых глин значительно ниже, чем коренных неизмененных пород. Мощные зоны дробления в коренных породах отмечаются также пониженными значениями кажущегося сопротивления.
-



Результаты исследований

- ▶ В большинстве случаев интрузии ультраосновных пород можно выделить магниторазведкой, однако иногда четких результатов не получается, поэтому на перспективных по геологическим данным участках рекомендуется проводить высокоточную гравиметровую съемку.
- ▶ Избыточная плотность интрузий по отношению к толще филлитов небольшая (0,15—0,20 г/см³), аномалии составляют десятые и сотые доли миллигала, поэтому погрешность полевых наблюдений должна быть не более $\pm 0,05$ мгал.
- ▶ Поиски самого оруденения в пределах выявленных интрузий ультраосновных пород являются довольно сложной задачей. Если массив большой (сотни метров), то искать оруденелые зоны внутри массива можно разными методами электроразведки, пригодными для обнаружения хорошо проводящих объектов: комбинированным профилированием, ДИП, МПП.
- ▶ Если массивы невелики или оруденение предполагается на контакте интрузии с хорошо проводящей филлитовой толщей, возможности геофизических методов ограничены и основным поисковым методом выступает бурение.
- ▶ Если массивы ультраосновных пород располагаются среди покровов диабазов (и те и другие имеют высокое удельное электрическое сопротивление), то поиски оруденения среди массивов и на контакте их с диабазами решаются сравнительно просто многими методами электроразведки.
- ▶ Лучше всего использовать метод ДИП. Анализируя амплитудную и фазовую кривые, снятые на разных частотах, можно рассчитать удельное сопротивление объектов.
- ▶ Установив границы массива, начинают поиски никелевых жил. Для поисков пригодны почти все методы электроразведки, так как удельное сопротивление жил намного меньше вмещающих пород.

Результаты исследований

- ▶ Для поисков донных залежей, представленных обычно вкрапленными рудами, после оконтуривания массива наиболее целесообразно использовать метод ВП, проводя наблюдения в области контакта с вмещающей толщей.
- ▶ Чтобы выбрать разности установки электропрофилирования, облегчить расшифровку результатов и получить глубину залегания коренных пород, необходимо выполнить ряд ВЭЗ.
- ▶ Совпадение перспективных участков по данным магнито- и электро-разведки позволяет с большим основанием выделить площадь под горные и буровые работы. Особенно четкие результаты по данным ВЭЗ и электропрофилирования получают при наличии резкой границы сопротивлений между корой выветривания и коренными породами.
- ▶ Если же верхняя часть коренных пород выщелочена и трещиновата, то по удельному сопротивлению она почти не отличается от рыхлых образований коры выветривания, что затрудняет постановку электроразведки, а порой делает ее вообще нецелесообразной. В некоторых случаях ВЭЗ и электропрофилирование полезно сочетать с сейсморазведкой.
- ▶ На построенной по кривым ВЭЗ вертикальной карте изом впадины в массиве ультраосновных пород довольно хорошо фиксируются.



Поиски и разведка нерудных полезных ископаемых

- ▶ К нерудным (неметаллическим) полезным ископаемым относятся свыше 200 минералов и горных пород, которые могут служить сырьем: **индустриальным** (алмаз, пьезокварц, слюда, корунд, графит, барит, флюорит, боксит и др.);
 - ▶ **химическим и агрохимическим** (соли натрия, калия, апатит, фосфорит, боксит и др.);
 - ▶ **строительным минеральным**, в том числе керамическим (глина, полевошпат, кварцевый песок и др.), огнеупорным (магнезит, песчаники, кварциты и др.)
 - ▶ и **строительным** (известняк, песок, гравий, изверженные и метаморфические породы и др.)
-



Поиски и разведка нерудных полезных ископаемых

- ▶ Объемы и стоимость разработки нерудных полезных ископаемых больше, чем рудных, а удельные затраты на геофизические методы среди других геологоразведочных работ меньше.
- ▶ Объективно не способствуют развитию *нерудной геофизики* сравнительно небольшие глубины залегания продуктивных толщ и слабое отличие их по физическим свойствам от вмещающих пород.
- ▶ Вместе с тем рациональный комплекс из нескольких (двух-четырех) геофизических методов может, как показывает практика нерудной геофизики, более чем на треть сократить расходы на разведку этих полезных ископаемых с помощью только буровых скважин при повышении качества геологических результатов и сокращении сроков на изыскания.



Поиски и разведка нерудных полезных ископаемых

► Основными задачами нерудной геофизики являются:

- выявление особенностей геологического строения,
- установление прогнозно-поисковых признаков,
- выделение перспективных площадей и
- поиски и разведка сырья.

Решение первых трех задач можно проводить в ходе целенаправленной переинтерпретации материалов крупномасштабных картировочных работ с применением геофизических методов

На перспективных площадях следует применять более детальные комплексные поисково-разведочные геолого-геофизические исследования в масштабах 1 : 25 000 - 1 : 2000.

Площадная сеть геофизических наблюдений изменяется от 250 x 100 до 20 x 10 м.



Поиски и разведка нерудных полезных ископаемых

- ▶ *Выбор того или иного комплекса методов геофизики определяется контрастностью физических свойств объектов исследований и вмещающих пород и их геометрией, т. е. начинается с формирования физико-геологической модели (ФГМ) объекта.*
- ▶ Простейшими ФГМ в нерудной геофизике являются горизонтально-, полого- и крутослоистые тонкие (мощностью меньше глубины залегания верхней кромки) и толстые (мощностью больше глубины залегания) пласты конечного и бесконечного простираения, столбообразные, изометрические и другие объекты с петрофизическими характеристиками, отличающимися от вмещающей среды.
- ▶ ФГМ используются для математического моделирования прямых и обратных задач, необходимого для интерпретации полевых материалов.
- ▶ В ходе поисково-разведочных работ ФГМ уточняют, а в результате проверки горно-геологическими работами получают точные сведения о положении и запасах выявляемого сырья или материалов