

## Лекция 8. Геофизические исследования на горных предприятиях

Геофизические исследования на горнодобывающих предприятиях проводятся при эксплуатационной разведке и в процессе эксплуатационных работ.

Геофизическими методами решаются следующие задачи:

- поиски рудных тел на флангах и глубоких горизонтах месторождений, в пространстве между выработками;
- определение мощности и контуров тел полезных ископаемых,
- условий их залегания и оценка качества руд;
- уточнение гидрогеологических и инженерно-геологических условий;
- оценка состояния массива горных пород и прогнозирование геодинамических процессов.

При помощи геофизических методов осуществляется контроль технического состояния стволов буровых скважин и определяется их положение в пространстве.

Применение геофизических методов в условиях действующих горнодобывающих предприятий характеризуется рядом специфических особенностей. Главная из них - влияние техногенных факторов, что связано с наличием искусственных подземных полостей горных выработок, оборудования, механизмов.

В зависимости от решаемых задач и условий проведения работ геофизические исследования выполняются в наземном, скважинном и подземном (шахтном) вариантах.

## Наземные геофизические работы в пределах горных отводов

Методы геофизических исследований основаны на различии в плотностных, магнитных, электрических и других свойствах горных пород и руд. Геофизические методы в зависимости от природы физических полей подразделяются на гравиметрические, магнитометрические, электрометрические, радиометрические, радиоволновые, сейсмические.

Гравиметрические методы на основании изучения гравитационных аномалий позволяют определить глубину залегания, форму и размеры тех полезных ископаемых; выявить карстовые структуры, блоки плотных пород, зоны тектонически нарушенных, трещиноватых и брекчированных пород. По положительным гравитационным аномалиям изучают рудные месторождения, а по отрицательным – месторождения каменной соли и угля.

Магнитометрические методы применяются для изучения магнитных аномалий, вызванных различной магнитной восприимчивостью горных пород и полезных ископаемых. Положительные результаты получены при применении магнитометрических методов для изучения бокситовых и магнетитовых руд, кимберлитовых алмазоносных трубок, золотоносных россыпей, а также зон трещиноватости и закарстованных пород.

Электрометрические методы (естественного электрического поля, вызванной поляризации и др.) используются для выявления и изучения аномалий в электромагнитных полях. С помощью этих методов изучают сульфидные и угольные месторождения, оконтуривают рудные тела, пласти антрацита и графита, выявляют разрывные нарушения, картируют трещиноватые и закарстованные зоны.

**Радиоволновые методы**, основанные на электромагнитных свойствах горных пород и полезных ископаемых, применяются для определения местоположения и размеров рудных тел, залежей угля и графита, обнаружения тектонических нарушений и обводненных зон.

**Сейсмические методы** используются при изучении строения и состояния массива горных пород, зон разломов, трещиноватости, карстовых полостей, а также при оценке параметров упругости и прочности горных пород.

**Радиоактивные методы**, фиксирующие естественные радиоактивные поля, применяются при разведке радиоактивных руд, а также для выявления разрывных нарушений, зон трещиноватости и массивов горных пород, обладающих радиоактивностью.

## Скважинные геофизические методы

Геофизические методы исследования скважин основаны на изучении различных физических полей. При проведении геофизических исследований скважин (ГИС) применяют те же методы, которые используются в полевой (наземной) геофизике, но существенно отличающиеся аппаратурой и приемами выполнения работ. Геофизические характеристики пород и руд измеряются приборами, опускаемыми в скважину и регистрируются на поверхности в виде кривых или цифровых данных.

К скважинным геофизическим методам относится каротаж и скважинная геофизика. В скважинах проводятся различные виды каротажа: электрический, магнитный, радиоактивный, термический и др.

При разведке рудных месторождений наибольшее значение имеет электрический, радиоактивный и магнитный каротаж. По данным каротажа проводится литологическое расчленение разреза по скважине, выявляют рудные тела, определяют физические свойства горных пород и руд.

При гидрогеологических исследованиях используются такие скважинные геофизические методы, как термометрия, резистивиметрия (измерение удельного электрического сопротивления промывочной жидкости), расходометрия (определение скорости перемещения жидкости по скважине), барометрия (определение давления по стволу скважины).

Под скважинной геофизикой понимаются геофизические методы исследования меж- и околоскважинного пространства. Эти геофизические исследования основаны на изучении естественных или искусственно созданных геофизических полей.

Наиболее часто применяются следующие методы: радиоволнового и акустического просвечивания, заряженного тела, переходных процессов, контактный метод поляризационных кривых, скважинная магниторазведка.

Методы скважинной геофизики позволяют обнаружить и оконтурить рудные тела, отличающиеся по физическим свойствам от вмещающих пород, установить морфологию, элементы залегания и размеры рудных тел.

Скважинные геофизические методы используются для контроля технического состояния скважин. К этим методам относятся инклинометрия и кавернометрия. **Инклинометрия** выполняется для измерения углов отклонения оси скважины от вертикали (зенитное искривление) и от плоскости разведочного разреза (азимутальное искривление). **Кавернометрия** проводится для определения фактического диаметра скважины.

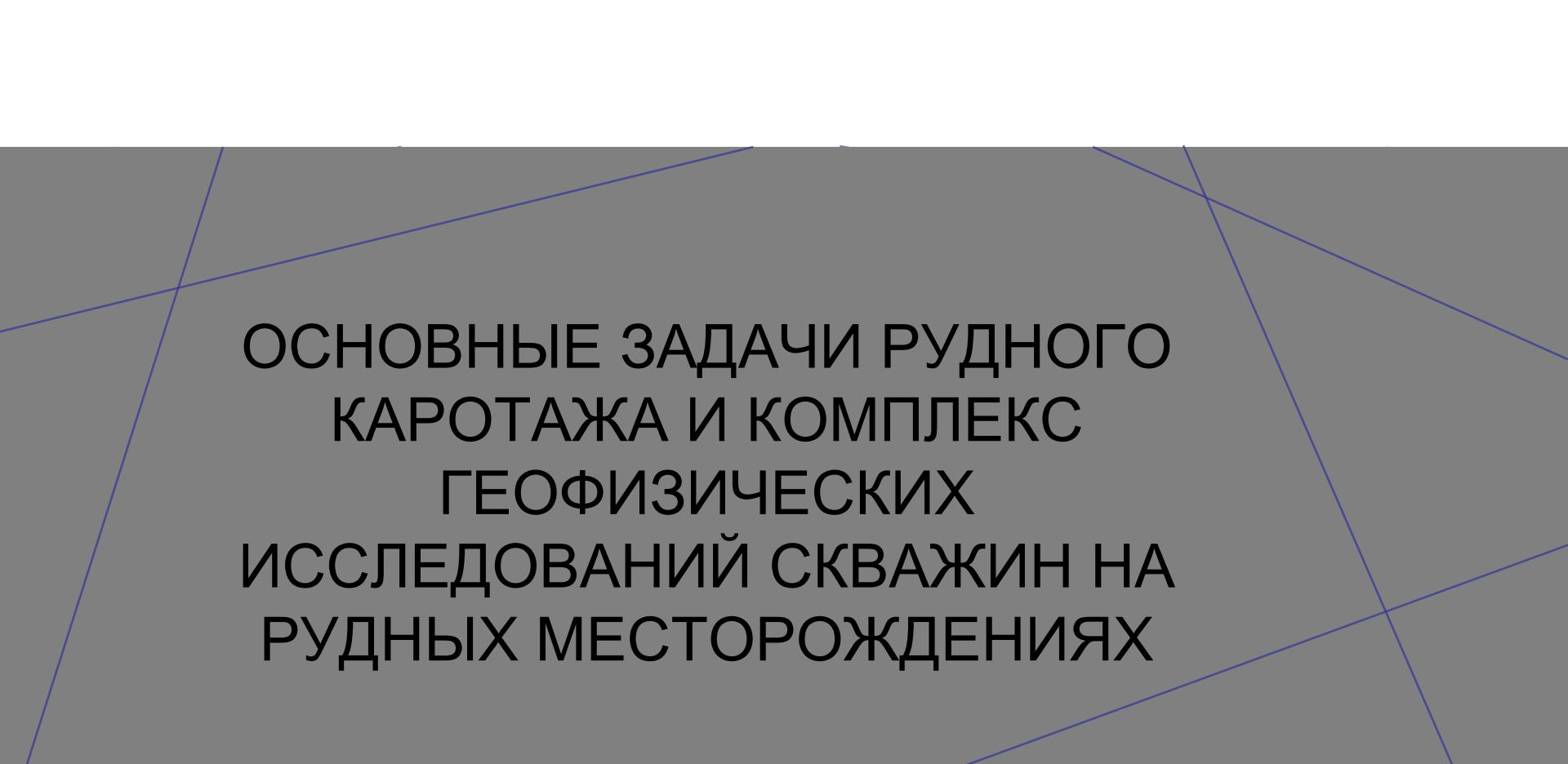
## Методы подземной (шахтной) геофизики

Методы подземной (шахтной) геофизики изучают подземное пространство с помощью источника и приемника, помещенных в горных выработках или в скважинах подземного бурения.

Подземная геофизика использует в основном обычные геофизические методы, реже методы или модификации, не имеющие аналогов в наземной геофизике. Основная задача этих методов – оперативное обеспечение геолого-геофизическими данными процесса разведочных работ и подготовки эксплуатационных блоков. Кроме того, решаются задачи по изучению гидрогеологических и инженерно-геологических условий, в том числе проявления геодинамических процессов.

Специфические особенности геофизических работ, проводимых на рудниках и на шахтах, следующие:

- 1) высокая детальность наблюдений, необходимая для определения контуров тел полезных ископаемых в плане и разрезе;
- 2) проявление горно-геологических явлений (разрывные нарушения, трещиноватость, карст и др.), осложняющих интерпретацию геофизических данных для решения основных задач;
- 3) ограниченность размеров площади для производства геофизических исследований в горных выработках;
- 4) небольшие размеры питающих и измерительных установок;
- 5) плохие условия для заземления питающих и приемных линий;
- 6) высокий уровень промышленных помех, влияющих на характеристики геофизических полей и проведение наблюдений;
- 7) повышенные требования к соблюдению правил техники безопасности при работе в горных выработках, опасных по пыли и газу.



# ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ РУДНОГО КАРОТАЖА И КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ СКВАЖИН НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Основными задачами каротажа скважин и опробования керна на рудных месторождениях являются:

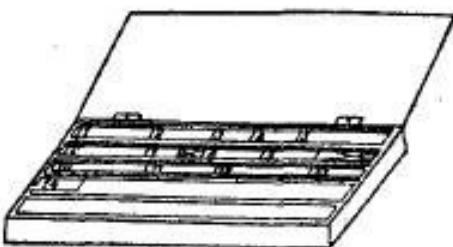
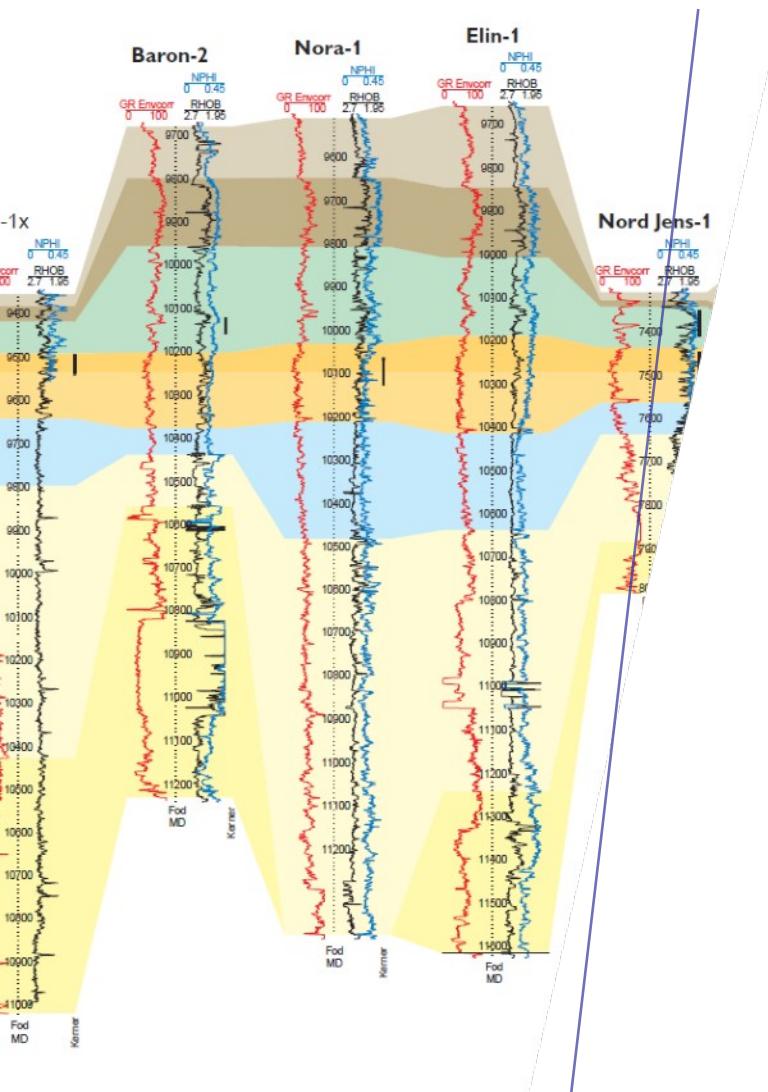


Рис. 143. Ящик для керна

- получение исходных данных для подсчета запасов - определение местоположения, границ и мощности рудных зон, среднего содержания в них полезного компонента и вредных примесей, плотности руд, выделение рудных тел в соответствии с установленными на месторождении кондициями;
- получение исходных данных для геолого-геохимических оценок оруденения и геолого-технологических прогнозов качества добываемых руд и продуктов их обогащения и переработки;
- уточнение геологического (литологического, стратиграфического) разреза скважин и установление природы геохимических и геофизических аномалий, выявленных на стадиях региональных и поисковых исследований;
- создание информационной основы для построения геолого-геофизических разрезов и моделей месторождений;
- горно-геологический, горно-технический и геоэкологический контроль за эксплуатацией месторождений.



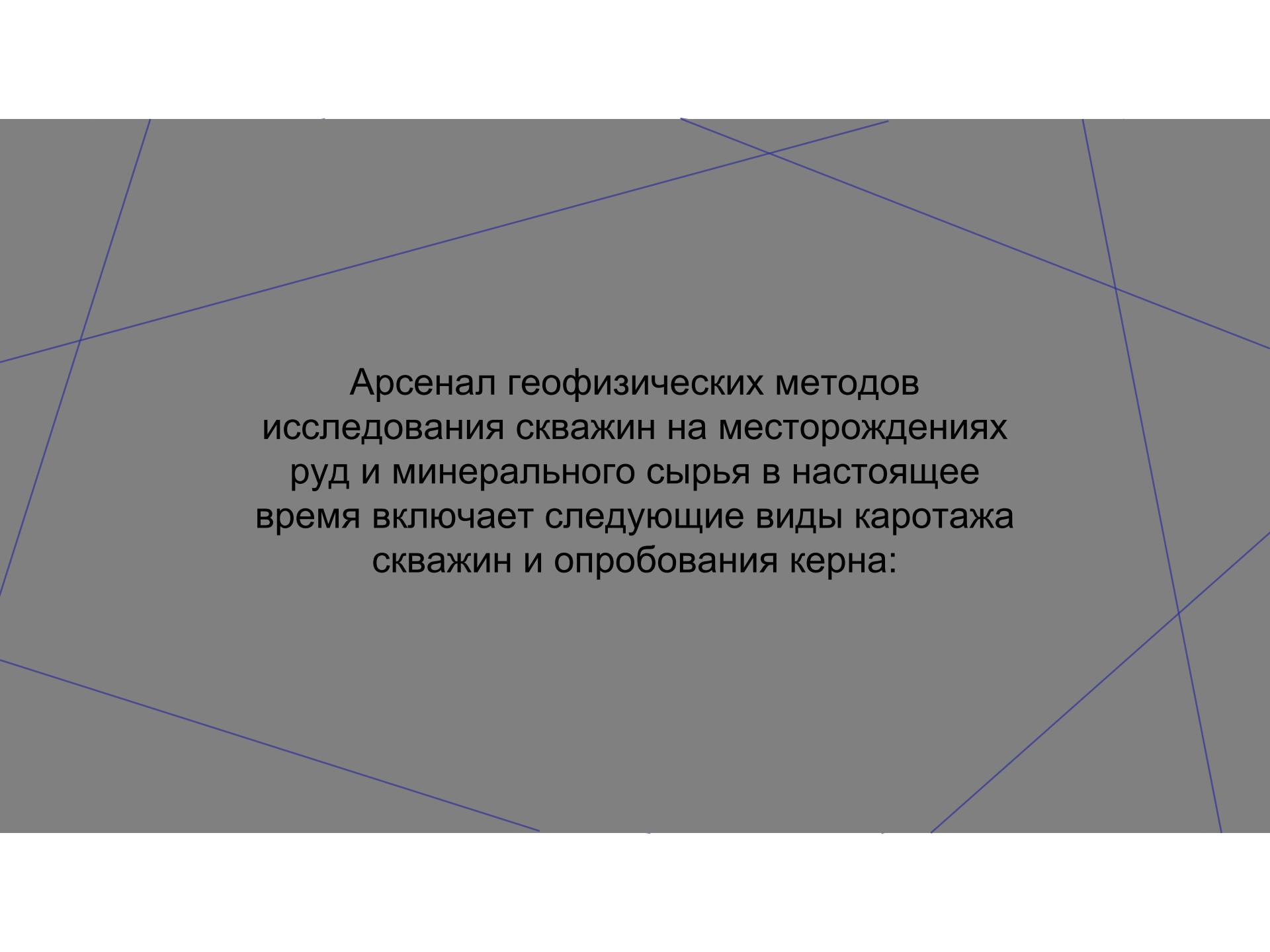
Комплексирование геофизических методов исследования скважин на месторождениях руд и минерального сырья

Производят с целью получения наиболее полной информации о геологическом разрезе скважины. Состав комплекса определяется назначением скважины, геологическими задачами, поставленными перед бурением, видом полезного ископаемого, геолого-геофизической характеристикой изучаемого разреза и условиями измерений.

# Геофизические методы исследования скважин применяются:

- На всех рудных месторождениях, включая металлические (железо, хром, марганец, никель, алюминий, медь, свинец, цинк, сурьма, олово, серебро, ртуть, бериллий, литий, редкоземельные элементы и др.)
- и неметаллические (барит, апатит, фосфорит, флюорит, магнезит, калийные соли, алмазы и другие самоцветы и т.п.) полезные ископаемые, на всех стадиях геологоразведочных работ, в том числе при поисках, оценке, разведке и эксплуатации месторождений.



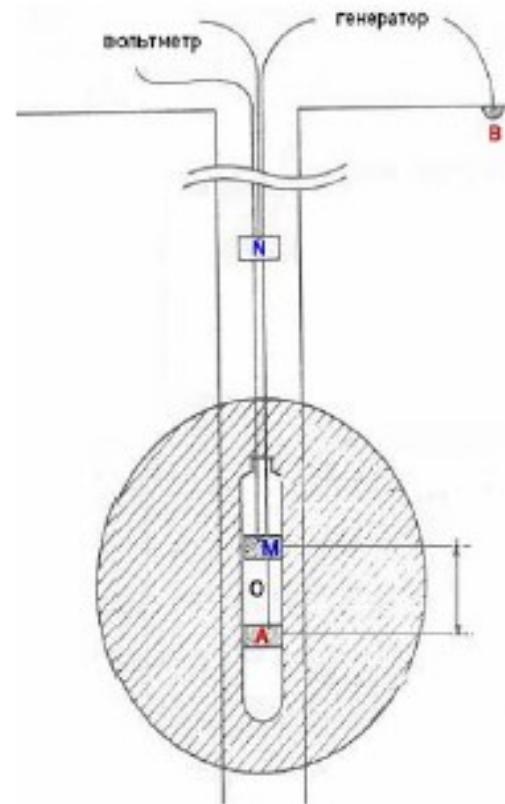


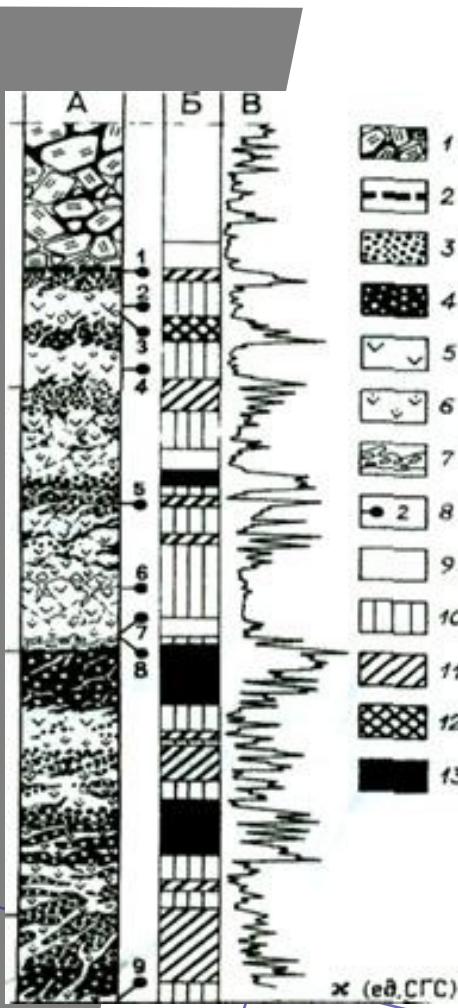
Арсенал геофизических методов  
исследования скважин на месторождениях  
руд и минерального сырья в настоящее  
время включает следующие виды каротажа  
скважин и опробования керна:

# Электрические:

- каротаж сопротивлений (КС)
- токовый каротаж (ТК) в модификации скользящих контактов (МСК)
- каротаж по методу самопроизвольной (спонтанной) поляризации (ПС)
- электродных потенциалов (МЭП)

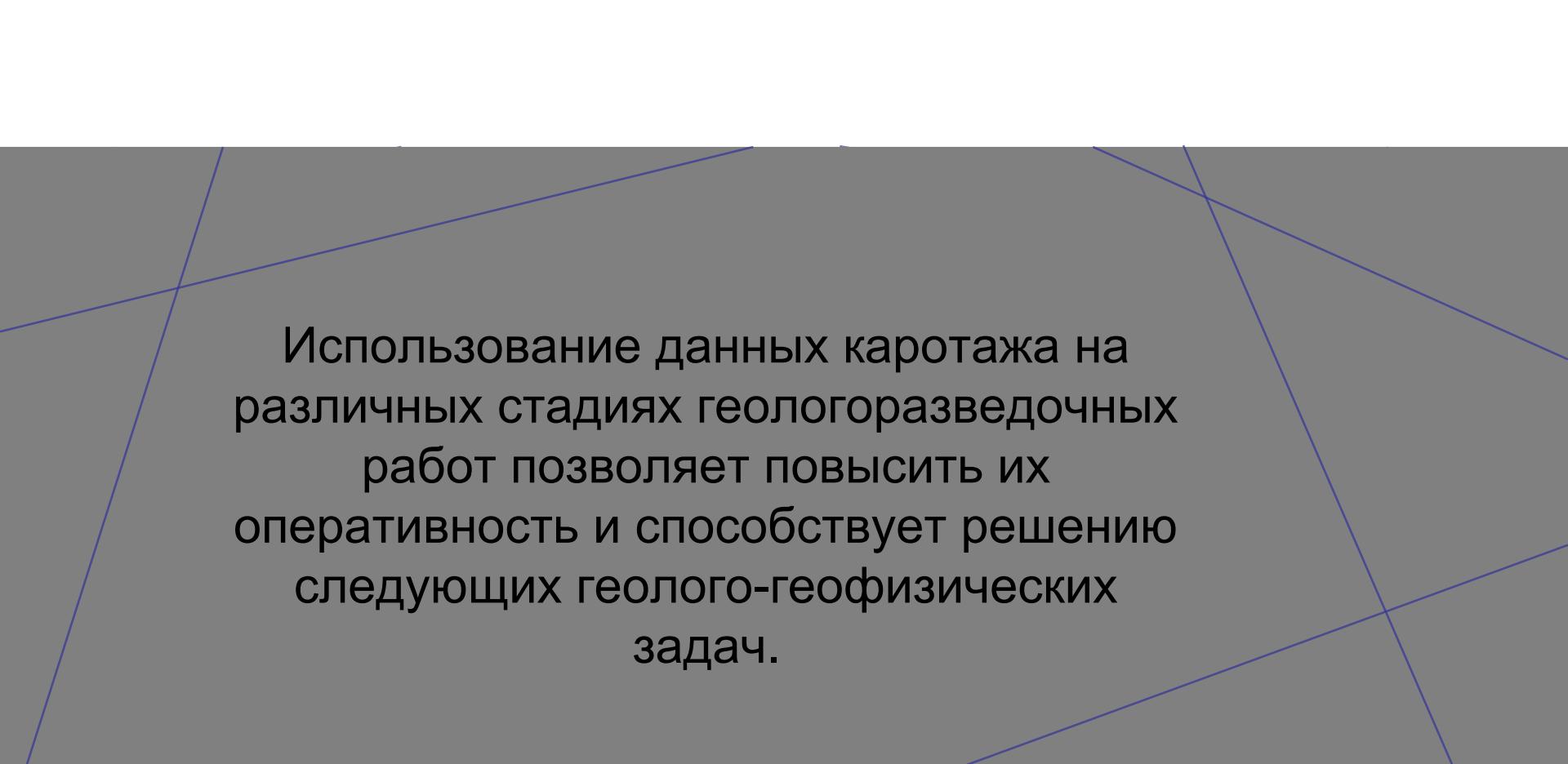
Потенциал-зонд A0.4M0.1N





## Электромагнитные и магнитные:

- каротаж магнитной восприимчивости (КМВ)
- магнитного поля (КМП)
- индукционный (ИК), вызванной поляризации (КВП)
- и совокупность ИК и КМВ - электромагнитный каротаж (ЭМК).



Использование данных каротажа на различных стадиях геологоразведочных работ позволяет повысить их оперативность и способствует решению следующих геолого-геофизических задач.

# Стадия поисковых работ:

- а) литологическое расчленение и корреляция разрезов;
- б) расшифровка природы и оценка перспективности геофизических аномалий, выявленных при аэрогеофизических, аэрогеологических, наземных геолого-геохимических и геофизических съемках или скважинных наблюдениях;
- в) выделение рудовмещающих пород и рудных интервалов с определением их мощности и глубины залегания;
- г) определение вещественного состава руд и концентраций полезного ископаемого.



# Стадия поисковых работ:

- Повышение достоверности геологоразведочных работ на этой стадии обеспечивается уточнением, а при некондиционном выходе керна составлением геологической документации по данным каротажа и возможностью исследования в естественном залегании объемов сырья, значительно превышающих объемы керна.

# Стадия оценки месторождений:

- а) определение геологического строения месторождения и его геолого-geoхимических характеристик (закон распределения оруденения, степень неравномерности, наличие и устойчивость корреляционных связей между элементами, генетические связи и т.п.);
- б) уточнение данных бурения и прослеживание рудных пересечений в геологических разрезах;
- в) определение соотношения рудных и безрудных прослоев в рудных подсечениях, изучение строения рудных залежей;



# Стадия оценки месторожд ений:

- Данные геофизических исследований скважин на этой стадии используются для подсчета запасов полезного ископаемого, предварительной геолого-технологической оценки руд и продуктов их обогащения и переработки, а также для уяснения геологического строения месторождения и получения сведений о его геолого-geoхимической характеристике, генезисе и других особенностях. Они также обеспечивают сокращение числа перебуриваний при некондиционном выходе керна.

# Стадия разведки месторождений:

- а) выявление рудных тел, пропущенных при оценке месторождений;
- б) уточнение морфологии рудных тел и их геометризация;
- в) определение параметров для подсчета запасов по категории (мощность, глубина, строение рудных залежей, содержание полезного ископаемого и вредных примесей) и геолого-технологической оценки руд и прогноза качества продуктов их обогащения и переработки.



## СТАДИЯ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ:

Данные каротажа скважин позволяют повысить достоверность разведки месторождений, используются при подсчете запасов полезного ископаемого и при прогнозной оценке технологических свойств руд и качества продуктов их обогащения и переработки.

Эти же данные могут быть положены в основу технико-экономических оценок и обоснований на проектирование систем отработки месторождений.

## Стадия эксплуатационной разведки месторождений:

- а) уточнение контуров рудных тел по глубоким горизонтам и флангам месторождения, уточнение промышленных категорий запасов, перевод запасов из более низких категорий в более высокие (например, из  $3_1$  в  $3_2$ , из  $3_2$  в  $3_3$ );
- б) решение задач с целью оперативного управления процессом добычи, составления так называемого горного календаря, определяющего порядок и очередность отработки эксплуатационных блоков на объекте добычи (на руднике, карьере, шахте) для получения товарной руды или шихты заданного качества для подачи ее на обогатительную фабрику.

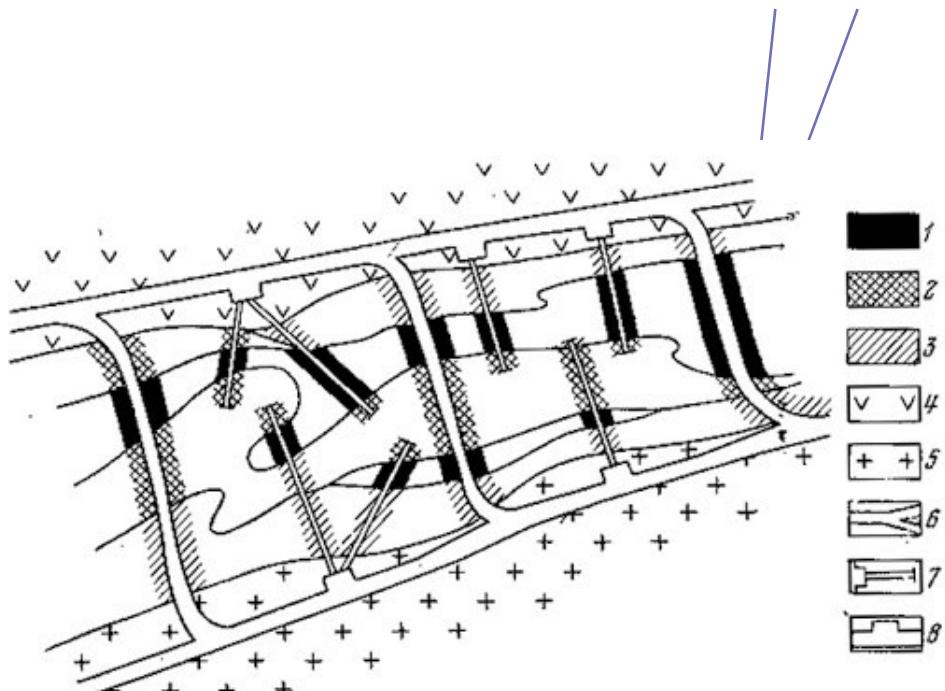


Рис. 30. Эксплуатационная разведка мощной рудной залежи ортами и горизонтальными скважинами с установлением распределения в ней отдельных сортов руд.

1, 2 и 3 — руды соответственно первого, второго и третьего сорта; 4 и 5 — вмещающие породы; 6 — горные выработки; 7 — скважины эксплуатационной разведки, 8 — пробуренные из подземных камер

Комбинат «КАРАГАНДАУГОЛЬ»

Трест «ЛЕНИНУГОЛЬ»

Координаты узлов:

x =    y =    z =   

Скв. № 14

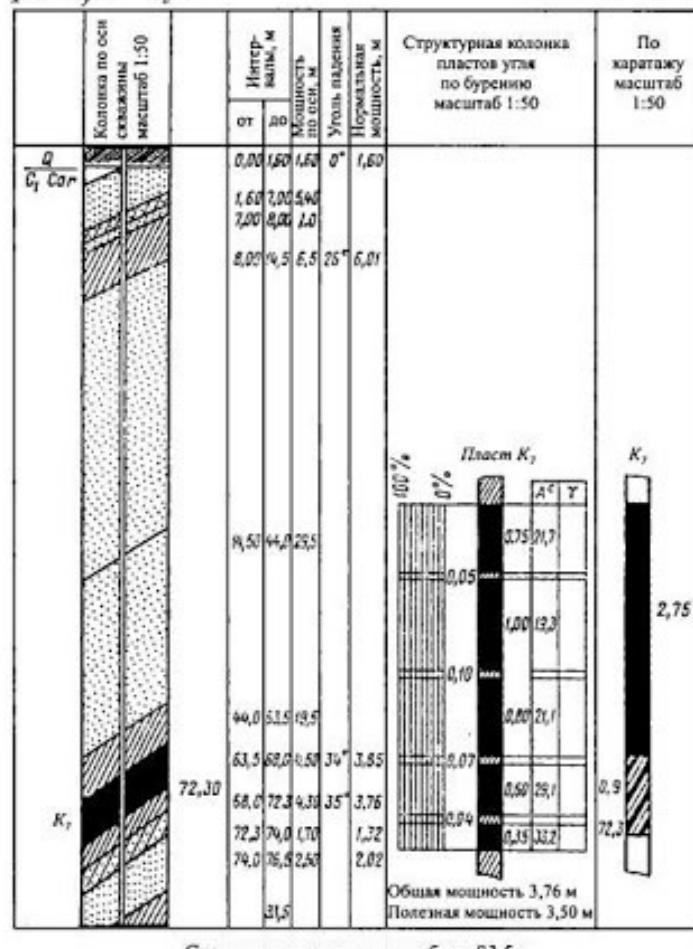
Шахта №   Начата   Окончена   

Рис. 5.4. Геологический разрез буровой скважины

Геофизические исследования скважин выполняются в два приема:

- вначале исследования проводят по всему разрезу скважины обычно в масштабе глубин 1:200 (реже в масштабах 1:500 или 1:1000),
- а затем на аномальных участках - детальные исследования в масштабе глубин 1:50 (иногда в масштабах 1:20 или 1:10).

Для уточнения литологической и минералого-петрографической характеристики пересеченных скважиной геологических образований, выделения рудовмещающих пород и зон оклорудного изменения применяют:

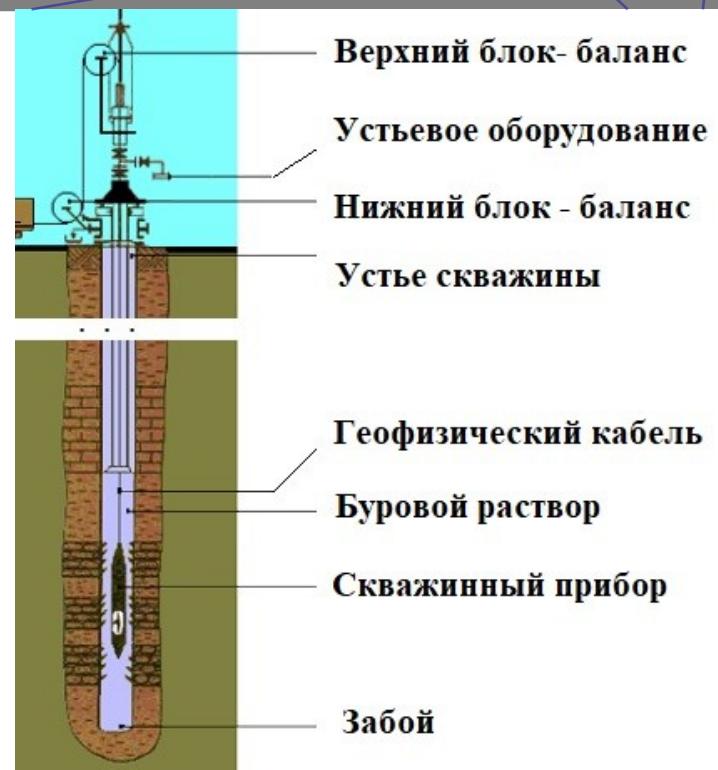
- гамма-каротаж (ГК);
- электрический каротаж (КС, ПС, ТК, МСК, МЭП);
- электромагнитный и магнитный каротаж (ЭМК, ИК, КМВ, КМП);
- плотностной гамма-гамма-каротаж (ГГК-П);
- акустический каротаж (АК) и межскважинное акустическое прозвучивание (МАП).

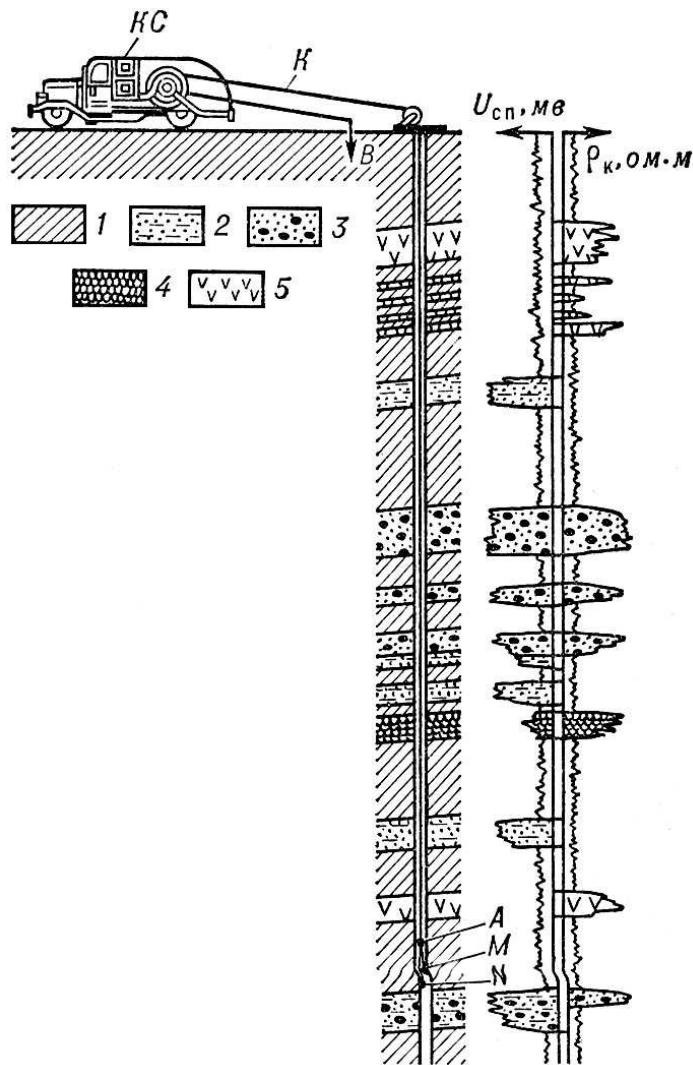
целью определения местоположения, границ, мощности и строения рудных интервалов, оценки вещественного и элементного состава руд в разрезах скважин проводят:

- гамма-каротаж (ГК, СГК);
  - гамма-гамма-каротаж (СГГК-С, СГГК-П);
  - нейтронный каротаж (ННК, СНГК, СНАК);
  - рентгенорадиометрический каротаж скважин или опробование керна (РРК, РРО);
  - электромагнитный и магнитный каротаж (ЭМК, ИК, КМВ, КМП);
  - акустический каротаж (АК) и межскважинное акустическое прозвучивание (МАП).

## Результативность и эффективность геофизических исследований скважин на рудных месторождениях:

В значительной мере определяется горно-техническими условиями применения методов (состоянием стенок скважин и их кавернозностью в зависимости от механической устойчивости пород, технологии бурения, заполнения скважины водой или буровым раствором, влиянием вечной мерзлоты и пр.), а также достоверностью геологических данных, используемых для построения корреляционных зависимостей и градуировочных графиков при количественной интерпретации геофизических материалов (выход керна, погрешность геологического опробования, избирательное истирание рудных минералов, минералого-петрографическая изученность пород и руд и другие факторы).





## рекомендуются

Для изучения месторождений различных полезных ископаемых (в том числе руд и минерального сырья) рекомендуются **ТИПОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ геофизических исследований скважин (ГИС)**.

Однако конкретный состав комплекса ГИС на каждом месторождении определяется конкретными геологическими, техническими и природными условиями ведения работ, т.е. типовые комплексы ГИС носят рекомендательный характер.