

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

Комплексная интерпретация материалов ГИС

для специальности 7М07105
«Нефтегазовая и рудная геофизика»

АЛМАТЫ 2023

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

ЛИТЕРАТУРА

Вендельштейн Б.Ю. Резванов Р.А. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов. М.: Недра, 1978.	Элланский М.М. Петрофизические основы комплексной интерпретации данных геофизических исследований скважин. М.: РГУ нефти и газа им. ИМ. Губкина, 2001.
Латышова М.Г. Практическое руководство по интерпретации диаграмм геофизических методов исследования скважин. М.: Недра, 1981., 2007.	Итенберг С.С. Изучение нефтегазоносных толщ промыслово-геофизическими методами. М.: Недра, 1967
Истекова С.А., Борисенко Г.Т. «Интерпретация результатов геофизических исследований скважин на месторождениях нефти и газа. Учебное пособие (для магистрантов специальности 6М074700 «Геофизические методы поисков и разведки МПИ»)	Техническая инструкция по проведению геофизических исследований и работ на кабеле в нефтяных и газовых скважинах. М. : МЭРФ, 2001.
Борисенко Г.Т. « Комплексная интерпретация материалов ГИС». Методические указания к лабораторным работам (для магистрантов специальности 6М074700 «Геофизические методы поисков и разведки МПИ»).	Сковородников И.Г. Геофизические исследования скважин: Курс лекций. - Екатеринбург: УГГГА, 2003. - 294 с.



Физико-геологическая классификация геофизических исследований скважин

Лекция 3

Прямые и обратные задачи ГИС

- ▶ **Теоретические принципы решения прямые задачи ГИС**
 - *определение физических параметров поля по известному геофизическому разрезу*
- ▶ **Теоретические принципы решения обратных задач ГИС**
 - *определение геофизического разреза по наблюдаемым геофизическим параметрам*

**виды полей:*

*гравимагнитные,
электромагнитные,
сейсмоакустические,
ядерно-физические,
тепловые.*



Методы каротажа подразделяются

- ▶ по природе изучаемых в них физических полей на методы электрического каротажа, радиоактивного каротажа и прочие методы.
- ▶ Интерпретация результатов всех полевых геофизических методов производится на основании данных каротажа:

электроразведки - по данным об удельном электрическом сопротивлении УЭС пород,

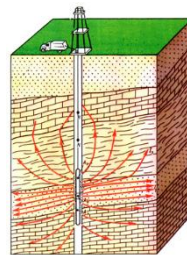
магниторазведки - по значениям магнитной восприимчивости пород,

гравиразведки - по плотности и т.д.

- ▶ В целом ряде случаев именно каротаж дает сведения, необходимые для подсчета запасов месторождений - данные о мощности залежей и содержании полезного компонента в них.

▶ Четыре основных направления геофизических исследований скважин.

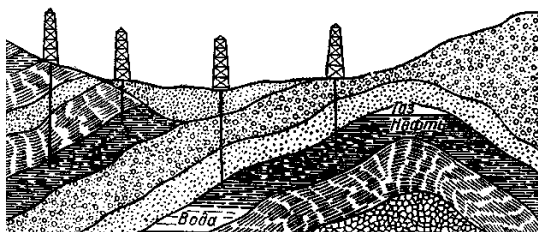
1. Изучение геологического разреза.



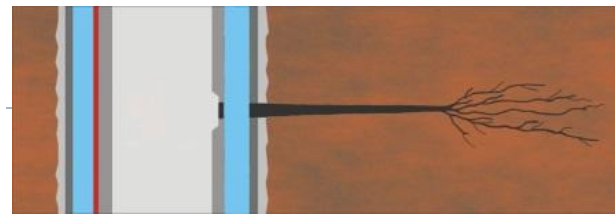
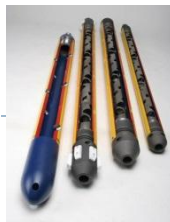
2. Изучение технического состояния скважин.



3. Контроль разработки месторождений.



4. Проведение прострелочно - взрывных работ и контроль за их проведением.



Задачи геофизических исследований в скважинах

1. *Геологические* – изучение состава и свойств пород в разрезах скважин (литологический состав пород, расчленение и корреляция разрезов, выделение и оценка продуктивных пластов, определение ФЕС, определение положения флюидоконтактов)
2. *Технические* – изучение технического состояния скважин (пространственное положение и профиль ствола, положение и целостность обсадной колонны, качество цементирования, герметичность затрубного пространства)

Геофизические исследование скважин

КРУГ ЗАДАЧ

- ▶ Литологическое расчленение разреза скважин
- ▶ Качественная и количественная оценка продуктивных интервалов
- ▶ Точные замеры пористости
- ▶ Выявление и описание трещин
- ▶ Геологическая оценка продуктивных горизонтов
- ▶ Механические свойства пород
- ▶ Испытание пластов на кабеле
- ▶ Оценка продуктивности через колонну
- ▶ Оптимизация добычи
- ▶ Техническое исследование скважин

Классификация методов ГИС

- ▶ 1) По решаемым задачам
- ▶ 2) По типу физических полей
- ▶ 3) По технологии проведения исследований

Классификация методов ГИС по решаемым задачам

В ГИС выделяют 4 больших раздела:

- ▶ ***каротаж,***
- ▶ ***операции в скважинах***
- ▶ ***скважинную геофизику***
- ▶ ***прострелочно-взрывные работы***

По технологии проведения ГИС может быть выполнен :

- ▶ в открытом (необсаженный) и
- ▶ закрытом (обсаженный трубами)
стволе скважины

1. Каротаж -

- ▶ *это геофизические методы изучения геологического строения разрезов скважин, выделения в них интервалов полезного ископаемого и определения физических свойств горных пород и полезных ископаемых.*
- ▶ *В каротаже исследуются очень небольшие объемы горных пород, прилегающие к стенкам самой скважины.*
- ▶ *Отличительная особенность каротажа -исключительно высокая детальность и точность исследований*
- ▶ Эта особенность связана с тем, что результаты каротажа фиксируются в виде непрерывных диаграмм при движении датчиков по ствол) скважины, либо в виде числовых значений с очень небольшим шагом дискретизации, орядка 10-20 см.
- ▶ Каротаж позволяет выполнять литологическое расчленение разрезов скважин, выделять в них интервалы полезного ископаемого и определять физические свойства горных пород и полезных ископаемых.

Open Hole Measurements

► 1) Традиционный каротаж на кабеле

Здесь инструменты спускаются в скважину на конце электрической линии. Измерение обычно делается на подъеме из скважины.

► 2) Каротаж при бурении

Инструменты встроены в бурильную трубу. Каротаж выполняется при бурении скважины и данных могут быть сохранены в памяти зонда и могут быть также передаваться из скважины.

► 3) Каротаж на бурильной трубе

Здесь стандартные кабельные зонды установлены в буровой трубе. Кабель используется для передачи данных. Каротаж выполняется и вверх и вниз.

2.Операции в скважинах

- ▶ В него включаются методы изучения технического состояния ствола скважины и некоторые операции, выполняемые внутри него.
- ▶ Исследование технического состояния скважин играет важную роль ввиду того, что буровые скважины являются довольно дорогостоящими сооружениями.
- ▶ Бурение глубоких скважин ведется на протяжении нескольких месяцев, а сверхглубоких - нескольких лет.
- ▶ Так, например, Кольская сверхглубокая скважина (более 12 км глубины) находилась в бурении свыше 20 лет.
- ▶ Контроль за техническим состоянием скважин позволяет, во-первых, предотвратить аварии при бурении и, во-вторых, учесть влияние скважины при количественной интерпретации данных ГИС.

Операции в скважинах

выполняются следующие методы и операции:

- ▶ **-кавернометрия** - измерение среднего диаметра буровой скважины;
- ▶ **профилеметрия** - измерение нескольких диаметров в одном поперечном сечении скважины;
- ▶ **инклинометрия** - измерение углов искривления скважины;
- ▶ **пластовая наклонometрия** - определение элементов залегания пластов, пересеченных скважиной;
- ▶ **потокометрия** — измерение скорости движения флюида по стволу скважины;
- ▶ **отбор проб пластовых флюидов;**
- ▶ **дефектометрия** - изучение состояния стальных обсадных колонн (ОК) в скважинах;
- ▶ **прострелочные (или взрывные) работы:**
 - **отбор "грунтов"**, т.е. проб грунта из стенок скважин;
 - **перфорация ОК;**
 - **торпедирование скважин.**

Операции в скважинах.

▶ *цементометрия* -определение высоты подъема, характера распределения и степени сцепления цемента в затрубном пространстве термическим, радиоактивным, акустическим методами ;

▶ *Притокометрия*- выявление мест притоков и затрубной циркуляции вод в скважинах электрическим, термическим и радиоактивным методами;

определение водопоглощающих горизонтов и
контролирование гидравлического разрыва пласта
термическим и радиоактивным методами;

определение уровней жидкости, местоположения башмаков
обсадных колонн и металлических предметов, оставленных в
скважинах при авариях, глубин расположения забоев скважин



Методы контроля технического состояния скважин

- ▶ Методы изучения технического состояния ствола скважины и некоторые операции, выполняемые внутри него позволяют
 - предотвратить аварии при бурении
 - учесть влияние скважины при количественной интерпретации данных ГИС
 - вести контроль за разработкой
- ▶ Инклинометрия - DEVI
- ▶ Кавернометрия – CALI (MCAL)
- ▶ Термометрия - TEMP
- ▶ Резистивиметрия - MRES

Контроль за разработкой месторождений

- ▶ предусматривает следующие определения:
- ▶ 1) динамики водонефтяных, водогазовых и газонефтяных контактов;
- ▶ 2) дебита и состава флюидов в скважинах;
- ▶ 3) профилей отдачи в приемистости пластов — дебитометрия и расходомерия;
- ▶ 4) интервалов прорыва нагнетаемых вод;
- ▶ 5) нефтеотдачи пластов.
- ▶ 6) Контроль за разработкой скважин на месторождениях урана
- ▶ 7) контроль за разработкой гидрогеологических скважин

3.Скважинная геофизика

- ▶ — это геофизические методы изучения геологического строения межскважинного, околоскважинного и призабойного пространства.
- ▶ Скважинная геофизика отличается от каротажа гораздо большими объемами исследуемых горных пород.
- ▶ Этот раздел ГИС сформировался в 50-60 годах нашего столетия, хотя отдельные методы этой группы существовали и ранее.
Например, метод "заряженного тела" (МЗТ) - с 1908 г.
- ▶ Скважинная геофизика позволяет, с одной стороны, значительно
- ▶ увеличить геологическую информативность буровых скважин; с другой стороны — повысить глубинность геофизических исследований, поскольку, благодаря скважинам, дает возможность приблизить источники и измерители различных физических полей к объектам исследований.
- ▶ Основная область применения - месторождения различных руд и ископаемых углей.
- ▶ Подразделяются по природе исследуемых физических полей.

Скважинная геофизика

- ▶ Решаются следующие задачи:
- ▶ 1) геофизическое расчленение разрезов и выявление геофизических коррелятивов (реперов);
- ▶ 2) определение пород, слагающих разрезы скважин;
- ▶ 3) выявление коллекторов и изучение их свойств (пористости, проницаемости, глинистости и др.);
- ▶ 4) выявление и определение местоположения различных полезных ископаемых (нефти, газа, каменного угля, каменной соли, руды, термальных, минеральных и пресных вод и др.);
- ▶ 5) количественная оценка нефтегазонасыщения, а в некоторых случаях угленасыщения, оруденения, а также минерализации пластовых вод.

Методы скважинной так же, как и полевой геофизики, подразделяются по природе исследуемых физических полей

- ▶ Скважинная электроразведка.

- ▶ На постоянном токе:

метод ЕП-С (естественного поля, скважинный вариант),

МЗТ — метод заряженного тела,

МЭК - метод электрической корреляции разрезов скважин.

- ▶ На переменном токе:

метод РВП - радиоволнового просвечивания,

ДЭМПС — дипольного электромагнитного профилирования скважин,

метод ННП-С - наземной незаземленной петли, скважинный вариант.

- ▶ На импульсном токе:

метод ВП-С - вызванной поляризации, скважинный вариант,

МПП-С - переходных процессов, скважинный вариант,

КСПК - контактный способ поляризационных кривых, реализующий метод
полярнографического анализа в скважинном варианте.

Методы скважинной геофизики

- ▶ Трехкомпонентная скважинная магниторазведка (ТСМ) - измерение составляющих вектора напряженности земного магнитного поля в скважинах.
- ▶ Скважинная гравиразведка - измерения силы тяжести в скважинах,
- ▶ Скважинная сейсморазведка (межскважинное акустическое прозвучивание - МАП, вертикальное сейсмическое профилирование – ВСП и др.).
- ▶ Скважинная термометрия - изучение объемной структуры тепловых полей в горных породах.
- ▶ Скважинная радиометрия. Поскольку большинство радиоактивных излучений обладает небольшой проникающей способностью, то здесь может идти речь только лишь о методе подземной регистрации космических излучений (ПРКИ).
- ▶ Скважинные геохимические методы - изучение первичных и вторичных ореолов рассеяния с привлечением электрических и ядерно- геофизических методов.

Скважинные сейсмические исследования

- ▶ **Повышают ценность разведочных и эксплуатационных работ.**
- ▶ **1. Предоставляют поверхностной сейсморазведке сведения о глубинах и скоростях , позволяют эффективно привязывать сейсмические горизонты к точным значениям глубин по скважинам и распространять скважинную информацию в межскважинное пространство**
- ▶ **2. Обеспечивают получение независимых детальных изображений и сведения об упругих свойствах пород для изучения среды в радиусе нескольких сотен метров от скважины и ниже достигнутой скважиной глубины.**

Скважинные сейсмические исследования

- ▶ **Первый способ – элементарный способ привязки к скважинам для преобразования временных сейсмических разрезов в глубинные.**
 - ▶ **Разработано множество способов привязки наблюдаемых данных по глубине.**
 - ▶ **Буровики наносят на сейсмические разрезы обновляемые данные о местонахождении бурового долота , пользуясь зависимостью времени от глубины, полученные с помощью приборов скважинной сейсморазведки, которые находятся в скважине во время бурения.**
 - ▶ **Можно использовать данные каротажа и скважинной сейсморазведки для прогнозирования характера сейсмической записи и проектирования поисковых сейсморазведочны работ.**
-



Скважинные сейсмические исследования

- ▶ Решение любой **геологической задачи** должно быть оформлено в виде карт, схем и других графических приложений, подтверждающих ту или иную геологическую гипотезу. Для скважинной сейсморазведки окончательная геологическая информация представляется в виде:
 - ▶ - карт: глубин, мощностей, разломов, литологических замещений, развития коллекторов;
 - ▶ - карты физических свойств коллекторов;
 - ▶ - карты или схемы преимущественного направления трещиноватости пласта коллектора;
 - ▶ - карты изменения во времени контура залежи.
-



Скважинный сейсмический материал

- ▶ дает возможность определить различные параметры волнового поля, что само по себе является ценной информацией.
- ▶ Полученная **геофизическая информация** может быть использована для интерпретации данных наземной сейсморазведки.
- ▶ Основные геофизические задачи, которые можно решить с помощью методики ВСП это:
 - ▶ - изучение сейсмического волнового поля;
 - ▶ - изучение формы сейсмического сигнала;
 - ▶ - определение скоростной модели среды;
 - ▶ - согласование каротажных и наземных сейсмических данных.

Качество решения геологических и геофизических задач в первую очередь зависит от технологии проведения полевых работ.



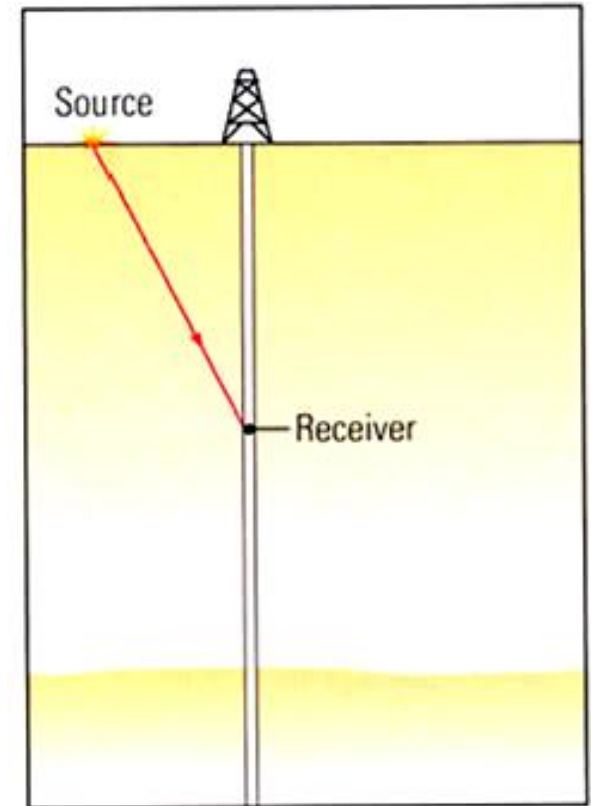
Скважинные сейсмические исследования

- ▶ В настоящее время существует много разновидностей скважинной сейсморазведки. К ним относятся :
- ▶ Сейсмокаротаж
- ▶ Вертикальное Сейсмическое Профилирование (ВСП) в Вертикальных Скважинах
- ▶ Вертикальное Сейсмическое Профилирование (ВСП) в Наклонных Скважинах
- ▶ Вертикальное Сейсмическое Профилирование с выносом пункта взрыва (непродольное)
- ▶ Волновое зондирование
- ▶ Межскважинное Сейсмическое Профилирование
- ▶ Многоскважинная Сейсморазведка
- ▶ Сейсмические Наблюдения в Процессе Бурения (SWD)



Вертикальное Сейсмическое Профилирование ВСП

- ▶ Классическим и самым простым методом скважинной сейсморазведки является *Вертикальное Сейсмическое Профилирование* или *ВСП*, позволяющий:
 - ▶ детализировать строение околоскважинного пространства,
 - ▶ идентифицировать характер вскрываемых геологических разрезов,
 - ▶ определять скоростную модель среды и степень нефтенасыщенности пластов.
-



Вертикальное Сейсмическое Профилирование ВСП

- ▶ осуществляется путем возбуждения волн на земной поверхности, их улавливания в скважине с помощью сейсмоприемников, расположенных на разных глубинах, и изучения их характеристик.

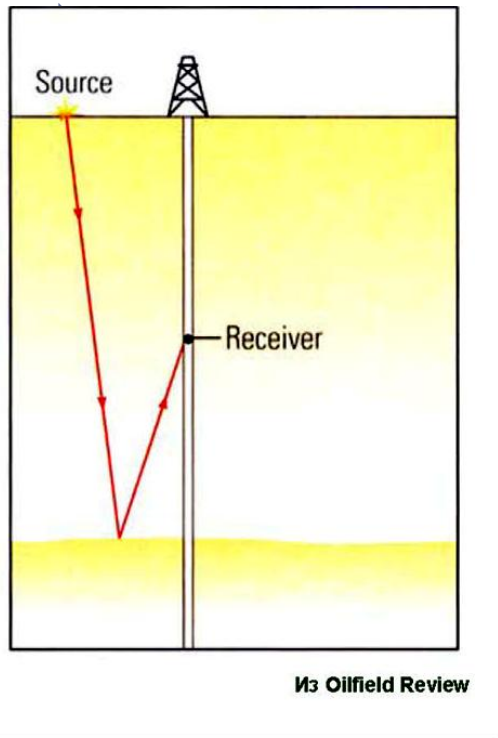
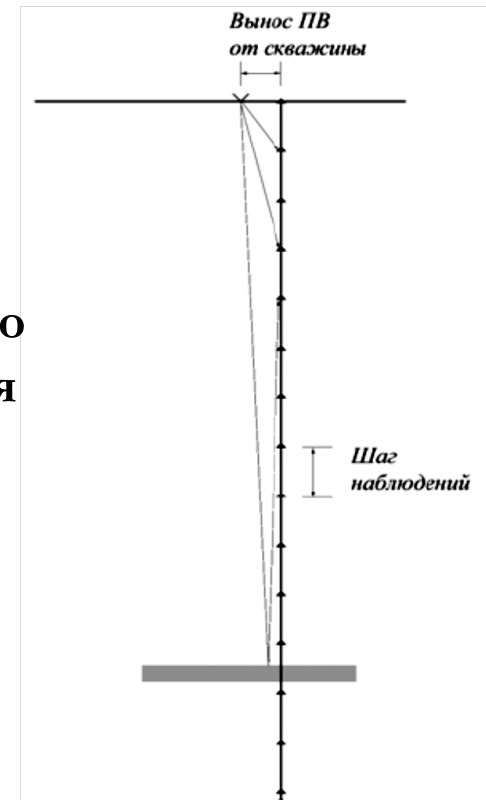


Схема проведения вертикального сейсмического профилирования (ВСП)



При выполнении вертикального сейсмического профилирования (ВСП) в скважине находится не один приемник, а группа вдоль большого участка ствола скважины (вдоль всего ствола). Поэтому получаемый результат - не единичные

- ▶ отсчеты прихода волны в виде некоторого значения, а полное волновое поле прямых и отраженных волн

Методики ВСП и ВСП-ОГТ

- ▶ Для того, чтобы определить, на каком расстоянии между собой должны находиться сейсмоприемники в скважине при проведении ВСП, можно воспользоваться следующими рассуждениями.
- ▶ Допустимое расстояние между принимающими точкам (сейсмоприемниками в ВСП) определяется минимальной скоростью распространения волн и их максимальной частотой

ВСП и РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ СЕЙСМОПРИЕМНИКАМИ В СКВАЖИНЕ

Допустимое расстояние между принимающими точками (сейсмоприемниками в ВСП) определяется минимальной скоростью распространения волн и их максимальной частотой:

$$\Delta Z_{\max} = V_{\min} / 2f_{\max}$$

$V_{\min} = 1500 \text{ м/сек}$
 $F_{\max} = 150 \text{ Гц}$  $\Delta Z_{\max} = 5 \text{ м}$

- ▶ Минимальную скорость мы можем принять как $V_{\min} = 1500 \text{ м/сек}$, а максимальную регистрируемую частоту как $F_{\max} = 150 \text{ Гц}$. Тогда
- ▶ расстояние между сейсмоприемниками должно составлять 5 м.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

- ▶ Расстояние между приборами в скважине может быть различным и определяется требуемой точностью и детальностью работ.
- ▶ Наиболее часто используется шаг 10 или 20 метров.
- ▶ Шаг между приборами может не быть постоянным.
- ▶ Например, при работе в интервалах глубин, где встречаются коллектора, шаг измерений может быть 10 метров, а верхней части скважины шаг увеличивается до 20 метров.
- ▶ Увеличение шага наблюдений по глубине может происходить по техническим причинам: при большом уровне помех, связанных со звоном колонны или при работе в открытом стволе скважины.
- ▶ Неравномерный шаг измерений по глубине вносит определенные трудности при обработке материала, но не приводит к существенному ухудшению качества работ.
- ▶ Расстояние между пунктом взрыва и устьем скважины, в которой проводятся работы ВСП, не должно быть большим по сравнению с глубиной залегания исследуемых геологических объектов.
- ▶ Обычно при глубинах исследований 2 – 3 км, вынос пункта взрыва выбирается в диапазоне 50 - 200 метров.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

- ▶ Неравномерность системы наблюдений часто связана с криволинейностью ствола скважины, в которой проводятся работы ВСП.
- ▶ Для криволинейной скважины вынос пункта взрыва и шаг по глубине между приемниками меняется с глубиной и зависит от геометрии ствола скважины.
- ▶ При небольших (по сравнению с глубиной исследования) смещениях забоя скважины методика обработки данных ВСП практически не отличается от стандартной.
- ▶ Смещение и удлинение скважины приводит к изменению наклонов годографов падающей и отраженных волн.
- ▶ Обычно набор кривизны в наклонной скважине происходит плавно, поэтому визуально по полю ВСП сложно определить вертикальная скважина или нет.
- ▶ Однако при обработке данных, кривизну ствола скважины необходимо учитывать как при расчете скоростной характеристики среды, так и при построении трассы коридорного суммирования.

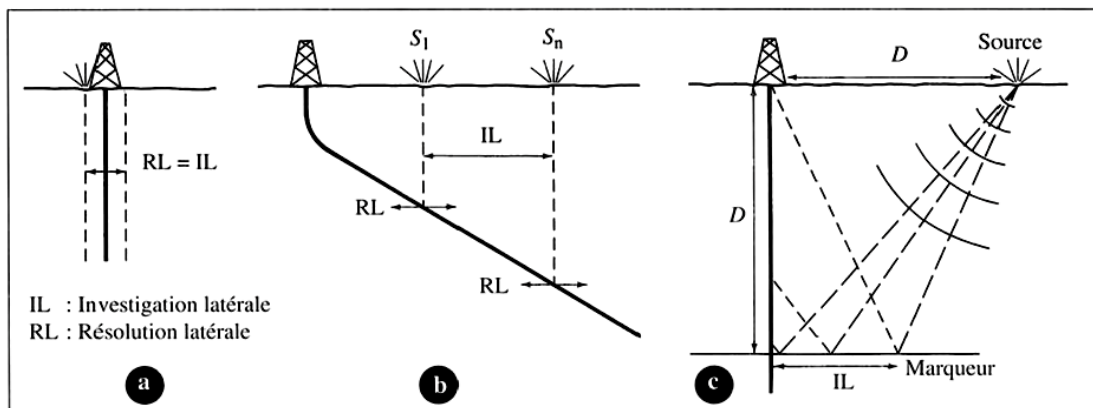


СРАВНЕНИЕ ГЛУБИННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ И ОБЛАСТИ ИЗУЧЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА ПРИ СК И ВСП

► При СК в оптимальном случае взрывная скважина располагается вблизи устья глубокой скважины, и волны проходят по области, близко прилегающей к стволу изучаемой скважины. Область изучения при этом совпадает с глубиной измерений (горизонтальной разрешенностью).

► При проведении съемки прямых (падающих) волн в наклонной скважине, горизонтальная разрешенность метода остается прежней, но область изучения расширяется до границ, обозначенных крайними в системе наблюдений пунктами взрывов.

СОПОСТАВЛЕНИЕ ВСП И СК ПО ОБЛАСТЯМ ИЗУЧЕНИЯ



Глубинность измерений и области изучения пространства

По S. BOYER, J.L. MARI, Sismique et Diagraphies, 1994, Technip

При ВСП область изучения определяется в пространстве так же, как и при ОГТ - на каждом отражающем горизонте до точки, расположенной посередине между точками возбуждения сигнала и приема.

Разрешающая способность при этом определяется так же, как и в наземной сейсморазведке - по длине доминирующей волны.

МОДИФИКАЦИИ ВСП

- ▶ *Обращенное ВСП или Система Обращенного Годографа (СОГ)*, отличается от методики ВСП взаимной заменой положения пунктов взрыва и пунктов приема.
- ▶ При работах СОГ источник сейсмических волн располагается в скважине, а регистрация на поверхности Земли проводится стандартной многоканальной сейсмической станцией.



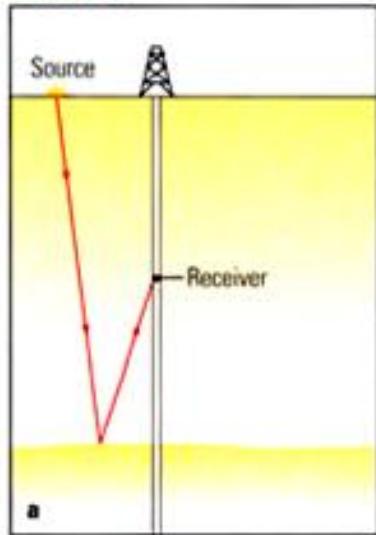
МОДИФИКАЦИИ ВСП

- ▶ ***ВСП-ОГТ, не продольное ВСП (или ВСП с выносом), - это все различные названия методики работ ВСП, при которой пункт взрыва на поверхности Земли располагается достаточно далеко от скважины с приемниками.***
 - ▶ **При такой методике точки отражения сейсмических волн от геологических пластов располагается в некоторой окрестности скважины, что позволяет преобразовать скважинные данные и построить по ним сейсмический разрез ОГТ.**
 - ▶ **Если регистрация сейсмических волн в скважине происходит одновременно с работами наземной сейсморазведки ЗД, то такую методику работ называют ЗД –ВСП.**
-



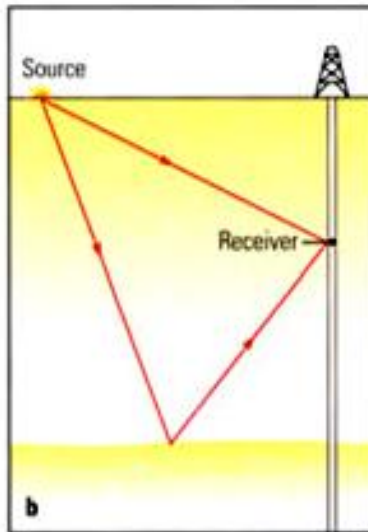
РАЗНОВИДНОСТИ СКВАЖИННОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

ВСП



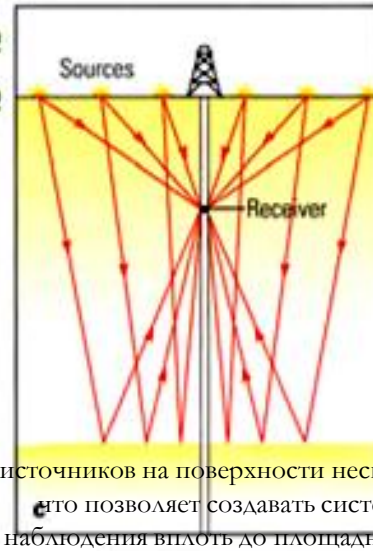
регистрация в скважине осуществляется одновременно многими приборами, что позволяет получить волновое поле, сходное с поверхностными наблюдениями (a).

Волновое зондирование

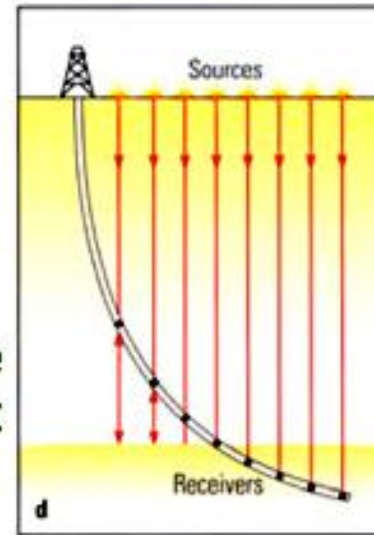


Непродольный ВСП
проводится с двумя или несколькими пунктами возбуждения от устья скважины, что позволяет получать пространственно большие поля как прямых (падающих) волн, так и волн отраженных (b).

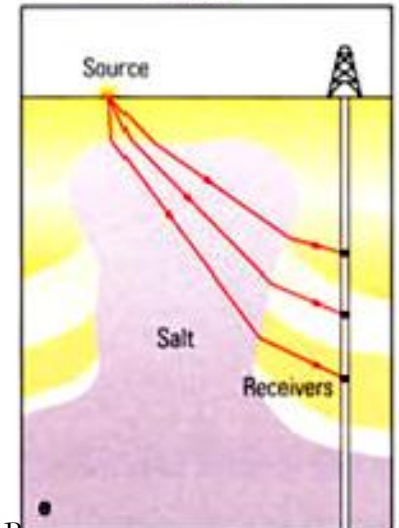
Волновое зондирование в наклонных скважинах



источников на поверхности несколько, что позволяет создавать системы наблюдения вплоть до площадных (c).



Специальные виды ВСП



В наклонных скважинах можно организовать специально спроектированную систему наблюдений, которая позволит получить уточненное поле прямых (падающих) волн (d).

Из Oilfield Review

В случаях особо сложного геологического строения с применением моделирования прохождения лучей можно спроектировать специальную систему приема ВСП, которая позволит оценить свойства и геометрию геологических тел там, где стандартные методы результата не дают (e).

МОДИФИКАЦИИ ВСП

- ▶ **Скважинная методика МПГС** предполагает проведение работ ВСП с различными выносами в группе скважин. Результатом работ является разрез ВСП-ОГТ, построенный по профилю, пересекающему ряд скважин.
- ▶ **Технология Totex**, была зарегистрирована компанией Western Geophysical-сейсмическое сопровождение бурения скважин или ВСП в процессе бурения . Идея метода состоит в использовании бурового долота в качестве источника сейсмического сигнала. Регистрация данных аналогична методике СОГ.
- ▶ **Межскважинное прозвучивание** – это технология одновременной работы на нескольких скважинах. Источники сейсмических колебаний и приемники располагаются в разных скважинах, расположенных достаточно близко друг от друга. Комбинация положений источников и приемников в скважинах позволяет собрать данные, достаточные для томографической реконструкции свойств геологического разреза между скважинами.
- ▶ **Поляризационное ВСП (ПМ ВСП)** –это технология изучения физических свойств пород, основанная на изучение поляризации поперечных сейсмических волн.
- ▶ Поперечные сейсмические волны различной поляризации возбуждаются на поверхности специальными источниками колебаний. Различие скорости распространения и поляризации различных типов поперечных волн позволяет выявлять и изучать закономерные изменения физических свойств коллекторских пластов.



4. Прострелочно-взрывные и другие работы в скважинах

- ▶ включают перфорацию обсадных труб для сообщения скважины с пластом,
- ▶ отбор образцов пород из стенок пробуренных скважин для уточнения геологического разреза
- ▶ торпедирование, производимое с разными целями.
- ▶ Эти работы выполняются с помощью
- ▶ стреляющих перфораторов,
- ▶ боковых грунтоносов торпед, спускаемых в скважины и действующих в комплекте с соответствующим геофизическим оборудованием.
- ▶ кавернометрия - измерение среднего диаметра буровой скважины;

Классификация методов ГИС по типу физических полей

► *Название пяти групп основных геофизических методов изучения геологических разрезов скважин.*

- электрические методы.
- ядерные методы.
- термические методы.
- сейсмоакустические методы.
- магнитные.

Электрический метод (ЭК) - измерение характеристик электрического поля, возникающего самопроизвольно или создаваемого искусственно. *Ядерный метод* - изучение естественных и искусственно вызванных полей ядерных излучений в горных породах. *Термические методы* - измерение температурного режима в скважине. *Сейсмоакустические методы* - измерение кинематических и динамических характеристик упругих волн ультразвукового и звукового диапазона в горных породах. Кинематические характеристики – скорость (м/с), время (мкс/м). Динамические – величины амплитуд (В, А).

В таблицах приведены группы методов ГИС
(в порядке объемов их применения)
и основные методы в них.

Здесь же даны физические свойства пород, на
которых основаны методы, измеряемые параметры,
а также решаемые геологические задачи.



Электрические методы

- ▶ Метод ПС - **SP**
- ▶ Метод КС – **conventional electric log (SN, LN, LAT)**
- ▶ Индукционный метод – **(ILD, ILM, DIL)**
- ▶ Боковой каротаж – **LLD, LLS, DLL**
- ▶ Электромагнитный каротаж - **EPT**
- ▶ Микрометоды
 - микробоковой каротаж – **MSFL, MLL, PL**
 - микрометоды КС - **ML**

Электрические методы ГИС

Название групп методов	Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Электрические	Метод естественной поляризации (ПС)	Электро-химическая активность	Естественные потенциалы	Геологическое расчленение разреза. Выделение сульфидных руд, углей, графитов, коллекторов и водоупоров
	Метод токового каротажа скользящих контактов (МКС)	Удельное электрическое сопротивление (УЭС)	Изменение тока в питательной цепи	Выделение хорошо проводящих горизонтов (углей, графитов)
	Метод кажущих сопротивлений (КС), боковое каротажное зондирование (БКЗ)	Теоретические принципы решения	Кажущееся сопротивление	Геологическое расчленение разреза, определение толщин слоев, выделение коллекторов, водоупоров



Продолжение таблицы

Название групп методов	Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
	Резистивиметрия	УЭС жидкости в скважине	УЭС жидкости в скважине	Определения сопротивления БПЖ
	Метод вызванных потенциалов (ВП)	Поляризуемость	вызванные потенциалы (ВП)	Геологическое расчленение разрезов скважин, выявление сульфидных руд, угля, графитов, сланцев
	Индуктивный метод (ИМ)	электропроводность	потенциалы	Расчленение низкоомных разрезов
	Диэлектрический метод (ДМ)	Диэлектрическая проницаемость	потенциалы	Расчленение водоносных разрезов



Радиоактивные методы

- ▶ Гамма каротаж - **GR**
- ▶ Спектральный гамма каротаж – **SGR, NGR**
- ▶ Гамма-гамма каротаж
 - плотностной гамма-гамма каротаж – **FDC**
 - селективный гамма-гамма каротаж – **LDT**
- ▶ Нейтронный каротаж
 - нейтронный гамма каротаж – **GNT, NEUT**
 - нейтрон-нейтронный по тепловым нейтронам – **CNL**
 - нейтрон-нейтронный каротаж по надтепловым нейтронам – **SNP**

Ядерные методы ГИС

Название групп методов	Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Ядерные	гамма-метод (ГМ) или гамма-каротаж (ГК)	естественная радиоактивность	интенсивность естеств. гамма-излучения	обнаружение радиоактивных руд, геологическое расчленение разрезов
	гамма-гамма-метод (ГГМ) или гамма-гамма-каротаж (ГГК)	плотность и хим. состав	интенсивность рассеянного гамма-излучения	изучение плотности горных пород и их хим. состава
	нейтронный гамма-метод (НГМ) или каротаж (НГК)	поглощение нейтронов с последующим гамма-излучением	интенсивность вторичного гамма-излучения	расчленение разреза по водородосодержанию, оценка пористости пород
	нейтрон-нейтронный метод (ННМ) или каротаж (ННК)	поглощение быстрых нейтронов и определение медленных нейтронов	интенсивность потока тепловых и надтепловых нейтронов	то же, что и в методе НГК, но более точное определение количества водорода в породах



Другие методы

- ▶ Комплекс геолого-технических исследований (+ газовый каротаж) - **MudLog**
- ▶ Акустический каротаж
 - по времени пробега волн – **BHC, LSS**
 - широкополосный – **Array Sonic - AST**
- ▶ Ядерно-магнитный резонанс – **NMR**
- ▶ Рентгено-радиометрический каротаж – **GLT**
- ▶ Телеметрические методы отображения скважины
 - (**FMI** – Full bore Formation Micro imager / **UBI** – Ultrasonic borehole imager)

Сейсмоакустические методы ГИС

Название групп методов	Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Сейсмоакустические	метод акустического каротажа	скорость распространения волн, амплитуда сигналов	время и скорость упругих волн, их затухание	геологическое расчленение разреза, оценка пористости, проницаемости, состава флюида
	сейсмический каротаж	то же	то же	определение пластовых и средних скоростей



Магнитные методы ГИС

Название групп методов	Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Магнитные	метод естественного магнитного поля	магнитная восприимчивость горных пород	напряженность магнитного поля Земли	геологическое расчленение разрезов и выявление железосодержащих руд
	метод искусственного магнитного поля	то же	напряженность поля магнита	то же



Гравитационные

Название групп методов	Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Гравитационные	гравиметровые	плотность	аномалии силы тяжести	геологическое расчленение разреза



Электрические методы ГИС

Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Метод естественной поляризации (ПС)	Электро-химическая активность	Естественные потенциалы	Геологическое расчленение разрезов в комплексе с методами КС, выявление сульфидных руд, углей, графитовых сланцев, коллекторов и водоупоров
Методы токового каротажа, скользящих контактов (МСК)	Удельное электрическое сопротивление (УЭС)	Изменение тока в питающей цепи	Выделение в разрезах хорошо проводящих горизонтов (сульфидов, углей, графитов и др.)
Метод кажущихся сопротивлений (КС), боковое каротажное зондирование (БКЗ) и др.	Удельное электрическое сопротивление (УЭС)	Кажущееся сопротивление	Геологическое расчленение разрезов, определение мощности слоев и истинного сопротивления пород, выделение коллекторов, водоупоров, рудных и нерудных пропластков
Резистивиметрия	УЭС жидкости в стволе скважины	УЭС жидкости в стволе скважины	Определение сопротивления воды и глинистого раствора в скважине
Метод вызванных потенциалов (ВП)	Поляризуемость	Вызванные потенциалы (ВП)	Геологическое расчленение разрезов скважин, выявление сульфидных руд, угля, графитов, сланцев
Индуктивный метод (ИМ)	Электропроводность	Потенциалы	Расчленение низкоомных разрезов
Диэлектрический метод (ДМ)	Диэлектрическая проницаемость	Потенциалы	Расчленение водоносных разрезов

Ядерные методы ГИС

Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Гамма-метод (ГМ) или гамма-каротаж (ГК)	Естественная радиоактивность	Интенсивность естественного гамма-излучения (I_γ)	Обнаружение радиоактивных руд, геологическое расчленение разрезов
Гамма-гамма-метод (ГГМ) или гамма-гамма-каротаж (ГГК)	Плотность и химический состав	Интенсивность рассеянного гамма-излучения ($I_{\gamma\gamma}$)	Изучение плотности горных пород и их химического состава
Нейтронный гамма-метод (НГМ) или каротаж (НГК)	Поглощение нейтронов с последующим гамма-излучением	Интенсивность вторичного гамма-излучения ($I_{n\gamma}$)	Расчленение разреза по водородосодержанию, оценка пористости пород
Нейтрон-нейтронный метод (ННМ) или каротаж (ННК)	Поглощение быстрых нейтронов и определение медленных нейтронов	Интенсивность потока тепловых и надтепловых нейтронов	То же, что и в методе НГК, но более точное определение количества водорода в породах

Акустические и сейсмические методы ГИС

Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Метод акустического каротажа	Скорость распространения волн, амплитуда сигналов	Время и скорость упругих волн, их затухание (t , V , b)	Геологическое расчленение разреза, оценка пористости, проницаемости, состава флюида
Сейсмический каротаж	Скорость распространения волн, амплитуда сигналов	Время и скорость упругих волн, их затухание (t , V , b)	Определение пластовых и средних скоростей

Термические методы ГИС

Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Метод естественного теплового поля (МЕТ)	Теплопроводность	Температура	Изучение геологического разреза скважин, определение наличия газа, нефти, сульфидов и др., определение технического состояние скважин
Метод искусственного теплового поля (МИТ)	Тепловое сопротивление, температуропроводность	Температура	Изучение геологического разреза скважин, определение наличия газа, нефти, сульфидов и др., определение технического состояние скважин



Гравитационные методы ГИС

Название методов	Изучаемые физические свойства пород	Измеряемые параметры	Решаемые геологические задачи
Гравиметрический каротаж	Плотность	Аномалии силы тяжести	Геологическое расчленение разреза



Контрольные вопросы

1. Какое место занимают ГИС среди других отраслей разведочной геофизики?
2. Какие основные разделы включают в себя геофизические исследования скважин?
3. Перечислите геологические задачи, которые решаются с помощью методов каротажа.
4. В чем заключаются отличия каротажа от методов полевой геофизики?
5. По какому признаку подразделяются методы каротажа?
6. Какие технические характеристики скважин изучаются с помощью ГИС?
7. Перечислите работы в скважинах, выполняемые геофизической службой
8. В чем заключаются отличия методов скважинной геофизики от каротажа?
9. Методы стандартного каротажа в открытом стволе
10. Методы стандартного каротажа в закрытом стволе

