



Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова

кафедра Геология и разведка МПИ

7М07202 «Геология и разведка месторождений  
полезных ископаемых»

Дисциплина МТРІК 7306

# Месторождения твердых полезных ископаемых Казахстана

Маусымбаева Алия Думановна

Ассоциированный профессор кафедры ГРМПИ: доктор PhD, к.т.н.



# Тема 6: Благородные металлы - Золото Серебро Металлы платиновой группы

- ▶ Цель: детально изучить сырьевую базу благородных металлов

## **Благородные металлы**

Это – золото (Au), серебро (Ag), платина (Pt) и металлы ее группам (PGM): палладий (Pd), иридий (Ir), родий (Rh), осмий (Os), рутений (Ru). Благородными они названы изза своей исключительной химической стойкости и привлекательного внешнего вида в изделиях.

К благородным металлам относятся золото, серебро, платина и тесно связанные с ней, объединяемые по своим свойствам в «металлы платиновой группы», платиноиды – осмий, иридий, палладий, рутений и родий.

Благородные металлы обладают химической стойкостью, тугоплавкостью (кроме золота и серебра), красивым внешним видом в изделиях (отсюда название).

Благородные металлы входят в две группы периодической системы Д.И.Менделеева. Две триады платиновых металлов: лёгкие (рутений, родий, палладий) и тяжелые (осмий, иридий, платина) – входит в восьмую группу системы вместе с железом, кобальтом и никелем. Золото, вместе с серебром и медью, принадлежит ко второй подгруппе первой группы.

### **Золото (Au)**

Кларк золота в земной коре составляет  $4.5 \cdot 10^{-7}\%$  (4.5 мг/т); области использования: обеспечение и валюта при международных платежах и расчетах, ювелирное дело и чеканка монет, электронная и др. промышленность, использующие его сплавы с медью (лигатуры), серебром, платиной и др. металлами, медицина.

### **Минералогия**

главный промышленный минерал – самородное золото; гонкодисперсное (до 10 мкм), мелкое (до 0,1 мм), среднее (до 1 мм), крупное (до 5 мм) и самородки (более 5 мм или более 10 г по массе); его качество определяется содержанием Au в 1000 единицах по массе как высокопробное (более 900 единиц), средней пробности (900-700) и низкопробное (менее 700); известны также интерметаллические соединения: электрум – Au<sub>3</sub>Ag; костелит – Ag(Au); аурокуприд – AuCu<sub>3</sub>; ауростигбит – AuSb<sub>2</sub>; родит – Au(Rh,Ir,Pd); теллуриды: калаверит – AuTe<sub>2</sub>; сильванит – (Au,Ag)Te<sub>2</sub>; креннерит – (Au,Ag)Te<sub>2</sub>; петцит – Ag<sub>3</sub>AuTe<sub>2</sub> и др.

### **Содержания «рудного» и «россыпного» золота**

в коренных золоторудных месторождениях в зависимости от масштаба и типа оруденения – 1-5 г/т и более; в золотосодержащих (Au – попутный компонент) оно может быть ниже; в россыпях минимальное содержание Au около 0,1 г/куб. м.

## **Серебро (Ag)**

Наряду с золотом, платиной, а также палладием, родием, осмием и рутением принадлежит к группе благородных металлов; области использования: ювелирное дело, чеканка монет и медалей, изготовление художественных изделий и посуды, электронная и др. технические отрасли промышленности (в том числе нанотехнологии и солнечная энергетика), производство фотоматериалов, инвестиции и др.

### **Минералогия серебра**

Известно около 60 минералов Ag – сульфидов, сульфосолей, теллуридов, селенидов и галоидов. Важнейшее промышленное значение имеют самородное серебро – Ag (80-100% металла; примеси Au, Cu, а также Fe, Sb, Bi, Hg; известны самородки массой до 20 т), аргентит –  $Ag_2S$ , пирагрип –  $Ag_3SbS_3$ , прустит -  $Ag_3AsS_3$ , полибазит –  $(Ag, Cu)_{16}Sb_2S_{11}$ , стефанит –  $Ag_5SbS_4$ , фрейбергит –  $(Ag, Cu, Fe)_{12}(Sb, As)_4S_{13}$  и др.

### **Содержание серебра в рудах**

Содержание серебра в рудах месторождений цветных металлов варьирует в пределах 10-100 г/т, в золотосеребряных месторождениях – 200-1000 г/т, в собственно серебряных – 900 -1000 г/т и более. Нижний предел содержания серебра в промышленных рудах составляет от 45-50 до 200 г/т.

### **Извлечение серебра**

Руда, содержащая Ag, дробится, измельчается и подвергается обогащению с получением шлама. Обычно проводят предварительное гравитационное отделение крупных частиц Ag, чтобы не допустить их переизмельчение.

При извлечении Ag из серебряных и золотых руд применяют метод цианирования (растворение Ag в щелочном растворе NaCN).

Из медных руд Ag выплавляют вместе с черновой Cu и затем выделяют его из анодного шлама, образующегося при электролитической очистке Cu.

При переработке свинцово-цинковых руд Ag концентрируется в черновом Pb, из которого его извлекают добавлением металлического Zn, образующего с Ag нерастворимое в Pb тугоплавкое соединение. Далее для отделения Ag от Zn последний

## **Металлы платиновой группы (МПГ, РГЕ) Pt, Pd, Ir, Rh, Os, Ru**

Благодаря сочетанию уникальных физико-химических свойств (тугоплавкости, химической стойкости, каталитической активности, электропроводности, пластичности, свариваемости и др.), МПГ используются как катализаторы (50%), в электротехнической, нефтехимической, автомобильной, медицинской отраслях промышленности (25%), при производстве химической аппаратуры и антикоррозионных покрытий (15%), в ювелирном деле (10%).

### **Минералогия МПГ**

Известно свыше 90 минералов платиноидов. Среди них:

**самородные МПГ и их природные сплавы** (твердые растворы) – самородная платина (поликсен) Pt, изоферроплатина Pt<sub>3</sub>Fe, осмирид IrOs и иридосмин (невьянскит) OsIr, рутениридосмин RuOsIr;

**интерметаллические соединения** МПГ с Sn, Pb, Bi, As, Sb и Te – рустенбургит Pt<sub>3</sub>Sn, паоловит Pt<sub>2</sub>Sn, плюмбопалладинит Pd<sub>3</sub>Pb<sub>2</sub>, соболевскит PdBi, мончейт PbTe<sub>2</sub>;

**сульфиды, арсениды и сульфоарсениды** МПГ – куперит (Pt,Pd,Ni)S, брэггит (Pt,Pd,Ni)S, высокит (Pd,Ni)S, лаурит Ru<sub>2</sub>S, сперрилит PtAs<sub>2</sub>, холингвортит RhAsS, паларстанид Pd<sub>8</sub>(Sn,As)<sub>3</sub>, купроирдоит CuIr<sub>2</sub>S<sub>4</sub>.

### **Руды МПГ**

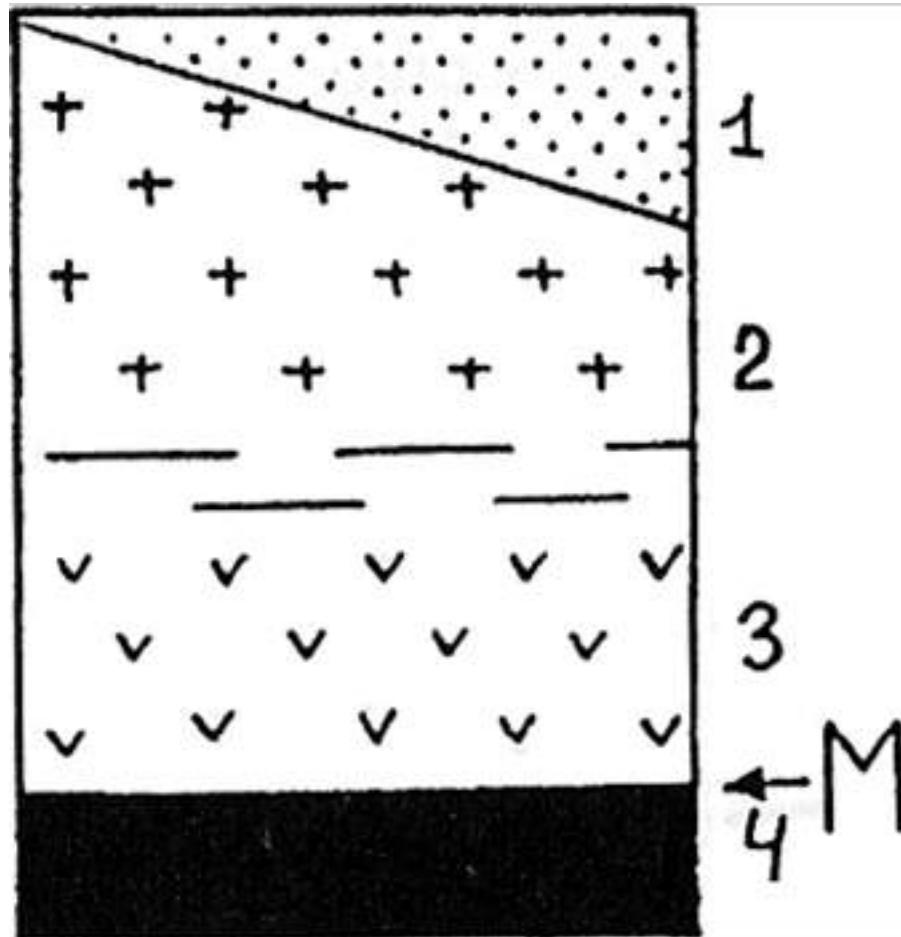
Промышленными считаются коренные руды с содержанием платиноидов от 3-5 г/т и более. Руды с содержаниями платиноидов 10-15 г/т являются богатыми. Содержание платиноидов в аллювиальных россыпях изменяется от единиц миллиграммов до сотен граммов на 1 м<sup>3</sup>

### **Месторождения МПГ по величине разведанных запасов**

Крупные м-ния – разведанные запасы платиноидов более 100 т;

Средние м-ния - разведанные запасы платиноидов от 10 до 100 т;

# Кора континентального типа



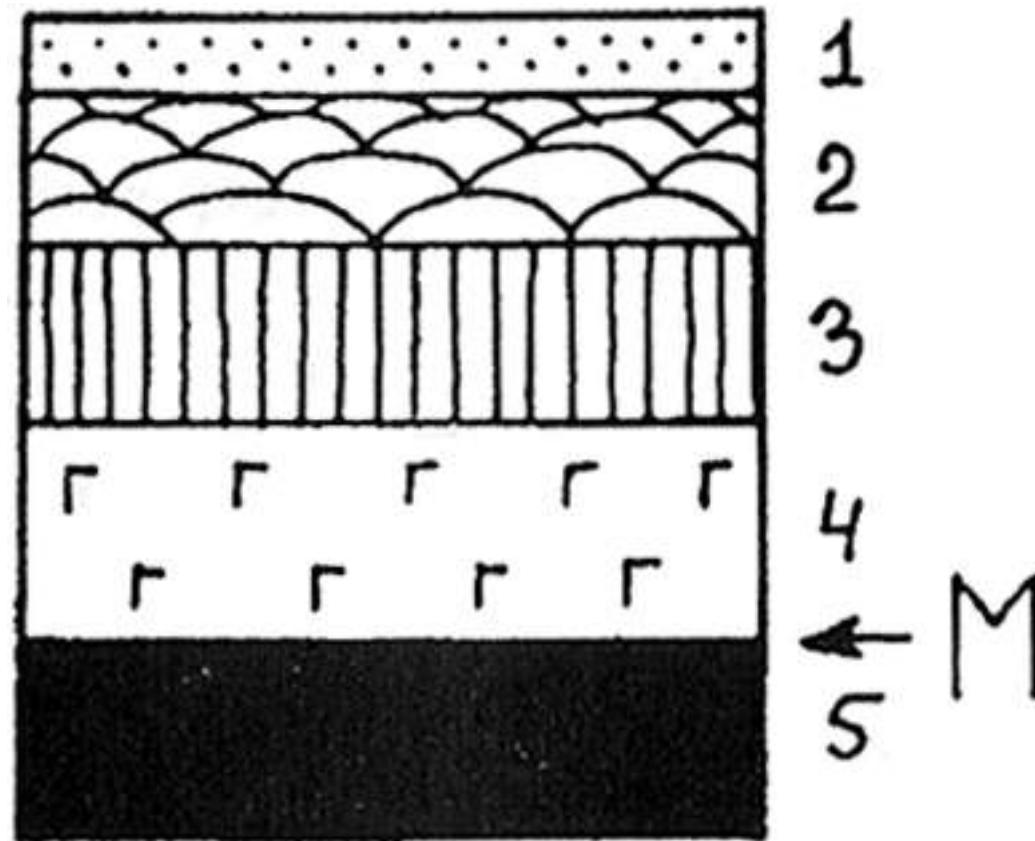
1 - осадочный слой

3 - гранулито-базитовый

2 - гранитно-метаморфический

4 - перидотиты верхней мантии

# Кора океанического типа



- 1 - осадочный, 2 - слой базальтовых подушечных лав  
3- комплекс параллельных даек  
4- габбро      5- перидотиты верхней мантии

# Магматические горные породы

*Эффузивные*

*Интрузивные*

По содержанию  $\text{SiO}_2$ :

Ультроосновные (менее 45% )

Основные (45% - 52% )

Средние (52% - 64%)

Кислые (больше 64%)

# Осадочные горные породы

Обломочные или терригенные (щебень, песок, песчаник, алевролиты и др.)

Глинистые (глины)

Хемогенные (известняки, каменная и калийная соли и др.)

Органогенные (известняки, опока и др.)

# Метаморфические породы

*Ортопороды*

*Парапороды*

**По текстурным особенностям**

Сланцеватые

Гнейсовые

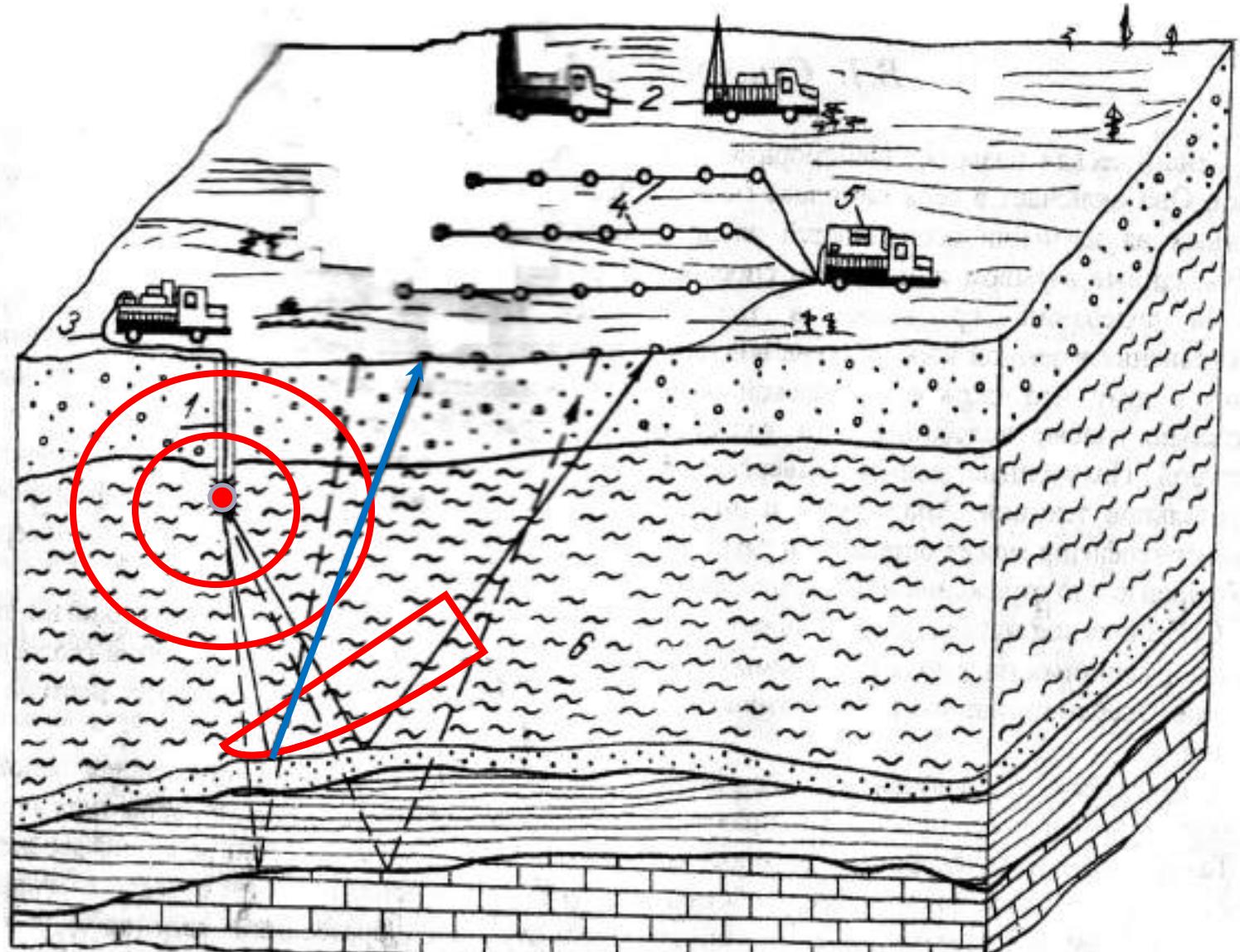
Массивные

Сейсмическая разведка (сейсморазведка) включает в себя комплекс методов исследования геологического строения земной коры, основанных на **изучении особенностей распространения в ней искусственно возбужденных упругих волн.**

Вызванные взрывом или другим способом (ударом, вибрацией) упругие волны распространяются во все стороны от источника колебаний, проникают в толщу земной коры на большие глубины.

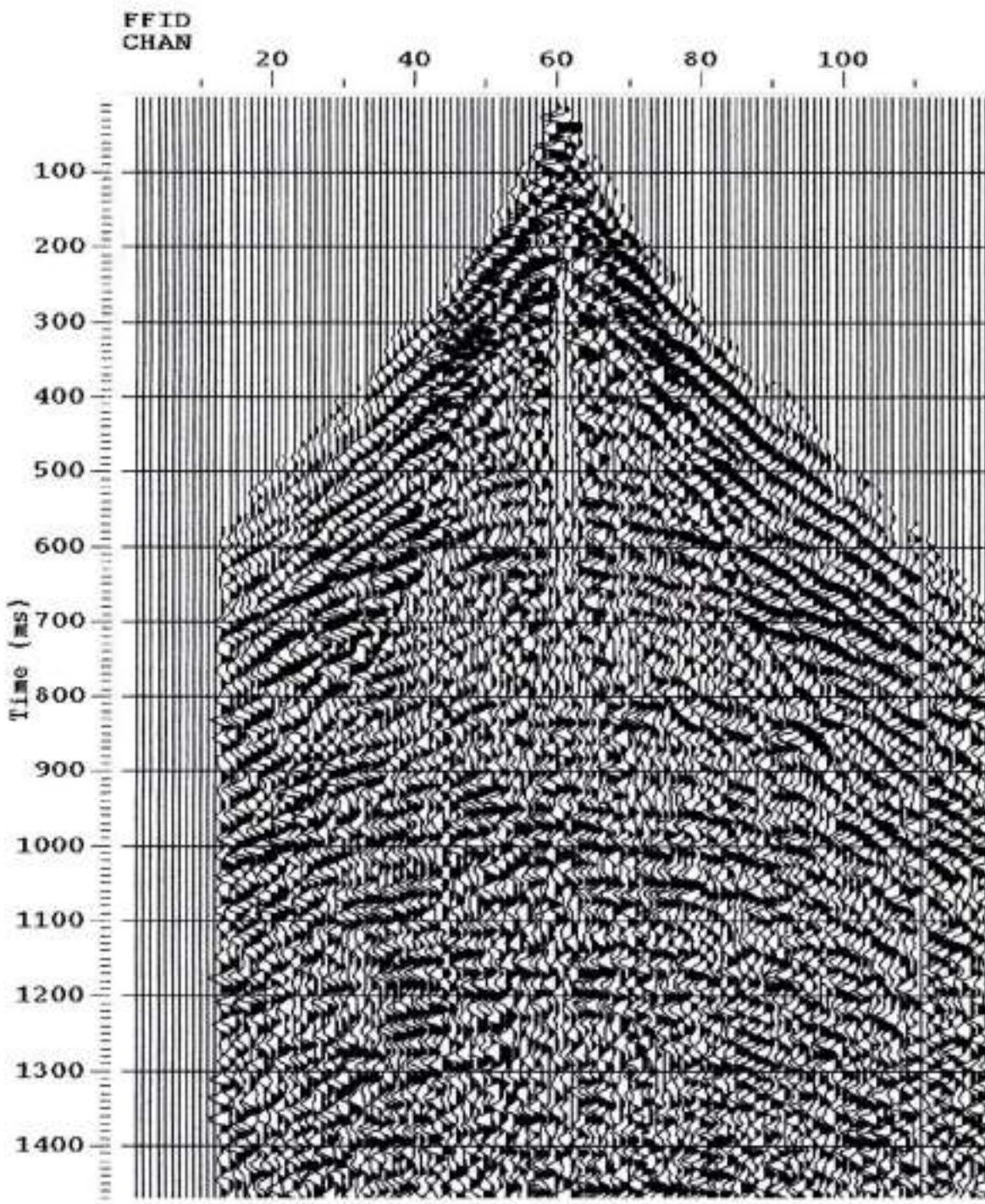
В процессе распространения в земной коре упругие волны претерпевают процесс отражения и преломления.

**Часть** сейсмической **энергии** возвращается к поверхности Земли, где вызывает слабые колебания. Эти колебания регистрируются специальной аппаратурой.



- 1 – скважина с источником возбуждения упругих колебаний,  
2 – буровые установки,  
3 – взрывная установка,  
4 – сейсмические приемники, подключенные к сейсмическим косам,  
5 – установка с регистрирующей аппаратурой,  
6 – схематический разрез горных пород

Схематическое представление процесса проведения сейсмических исследований



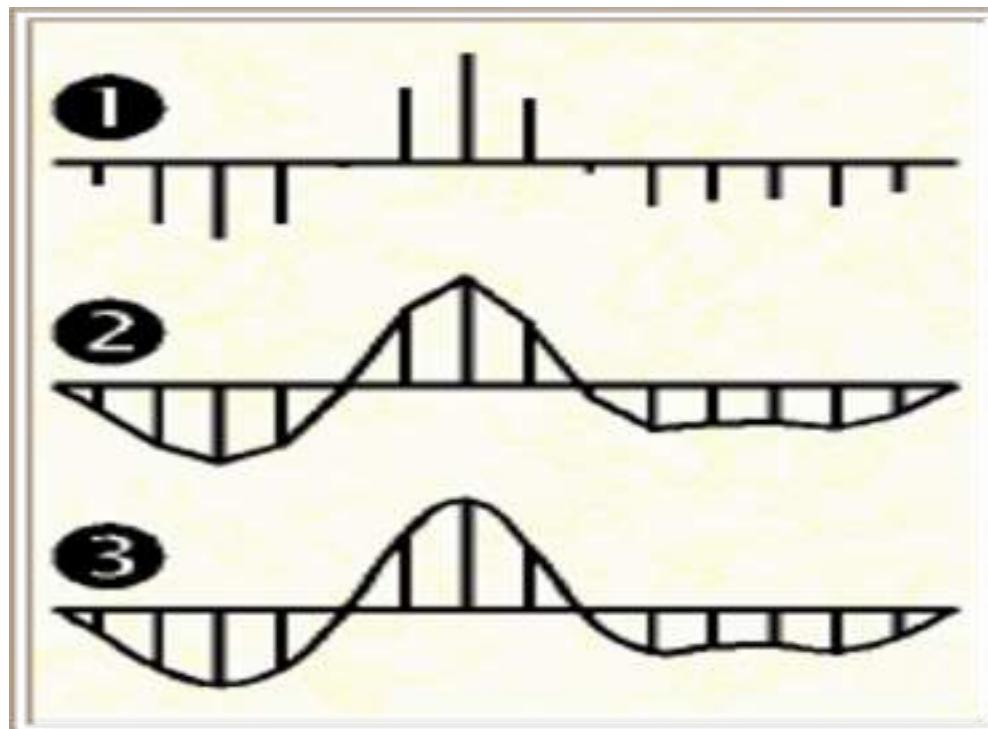
Пример типичной  
сейсмограммы

Данные, записанные от одного «взрыва» (одна детонация взрывного или невзрывного источника энергии) на одну точку приема, именуются **сейсмической трассой**, и записываются как функция времени (время с момента взрыва).

Т.к. это время представляет собой время, которое потребовалось энергии, чтобы пройти сквозь землю, отразиться и затем вернуться к поверхности, его было бы правильнее назвать «временем в оба конца».

Для изображения сейсмических трасс есть очень много способов. Когда имеют дело с коротким участком трассы и хотят проверить числа, которые создают цифровое представление о трассе, то

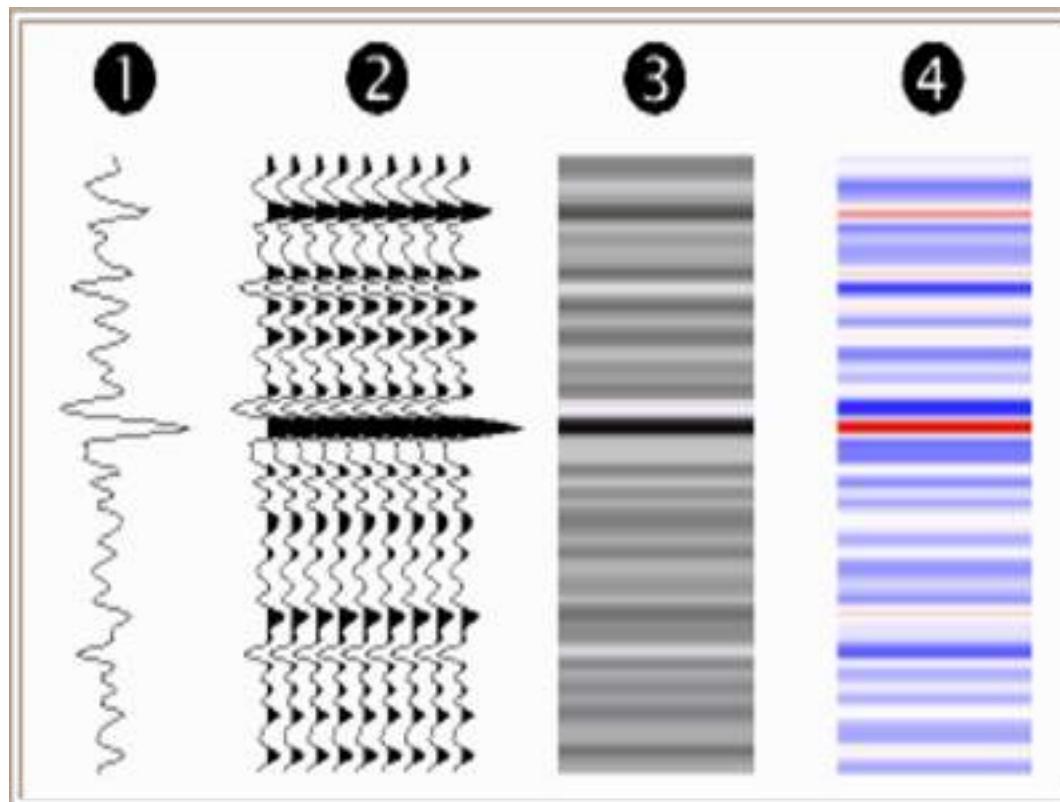
- 1) ее показывают как серию «пиков», представляющих числовое значение трассы в каждом дисcrete.
- 2) показывают ту же серию, но с применением непрерывной вписанной линии.
- 3) показывают непрерывную сглаженную форму волны.



При этом предполагают, что значения выше линии нуля представляют положительные числа, тогда как значения ниже линии – отрицательные

Когда рассматривают набор трасс, переходят к более условным изображениям. Например,

- 1) показывают «трассу с не закрашенной положительной областью»,
- 2) показывают «трассы с закрашенной положительной областью»
- 3) показывают типы «меняющейся плотности»
- 4) показывают цветное изображение.



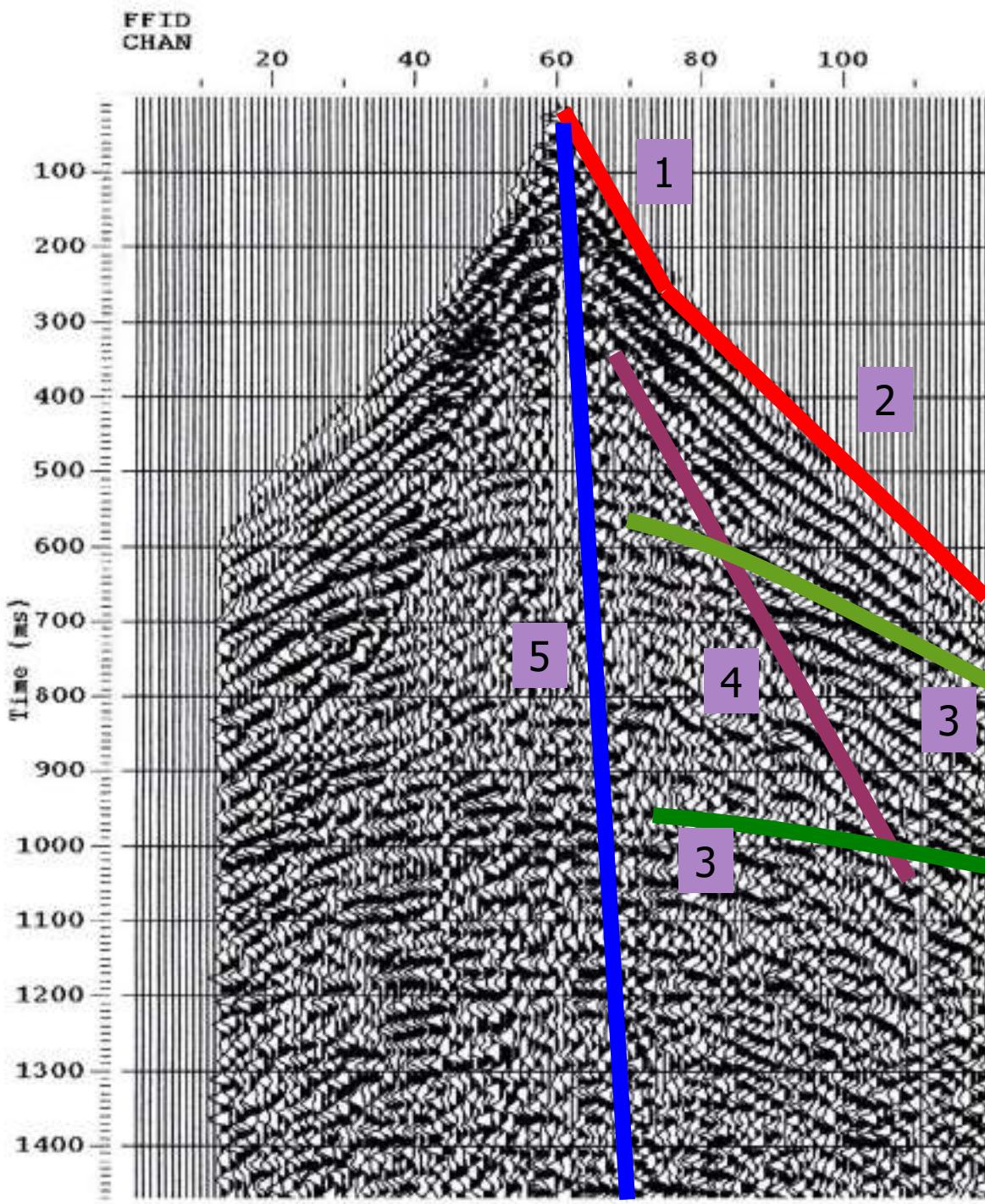
Для этих изображений  
положительные  
значения будут  
смещаться вправо, или  
будут изображаться  
черными или красными  
«пиками» на  
изображениях с  
меняющейся  
плотностью.

Изображения «трассы с  
закрашенной  
положительной  
областью» обычно  
имеют положительные  
пики черного цвета.

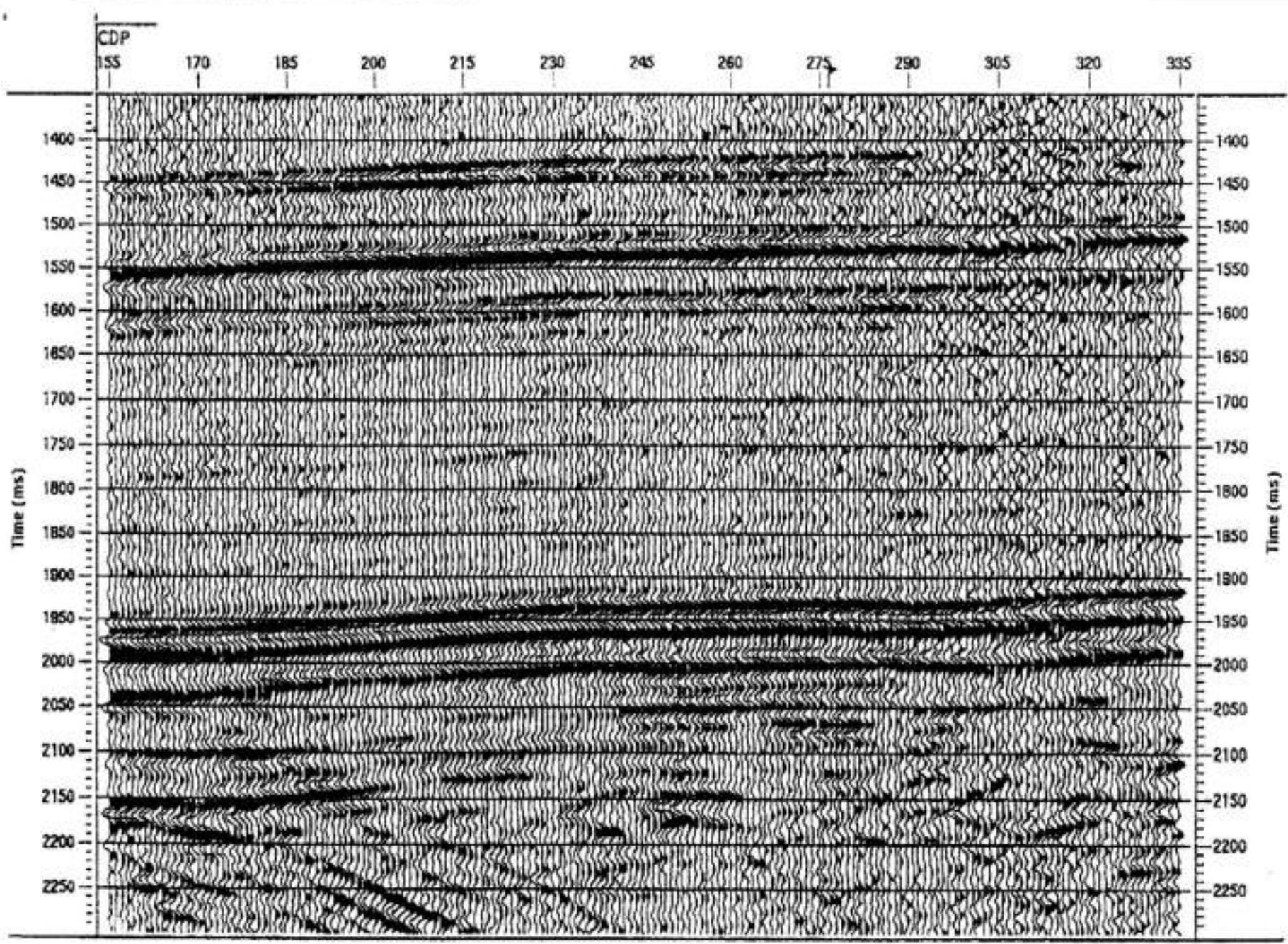
Во время обработки эти трассы комбинируются вместе различными способами, и изменяются с помощью достаточно сложных математических операций, но они всегда остаются «трассами».

Набор нескольких сейсмических трасс, принято называть **сейсмограммой**. Именно сейсмограммы обычно являются исходными данными для обработки.

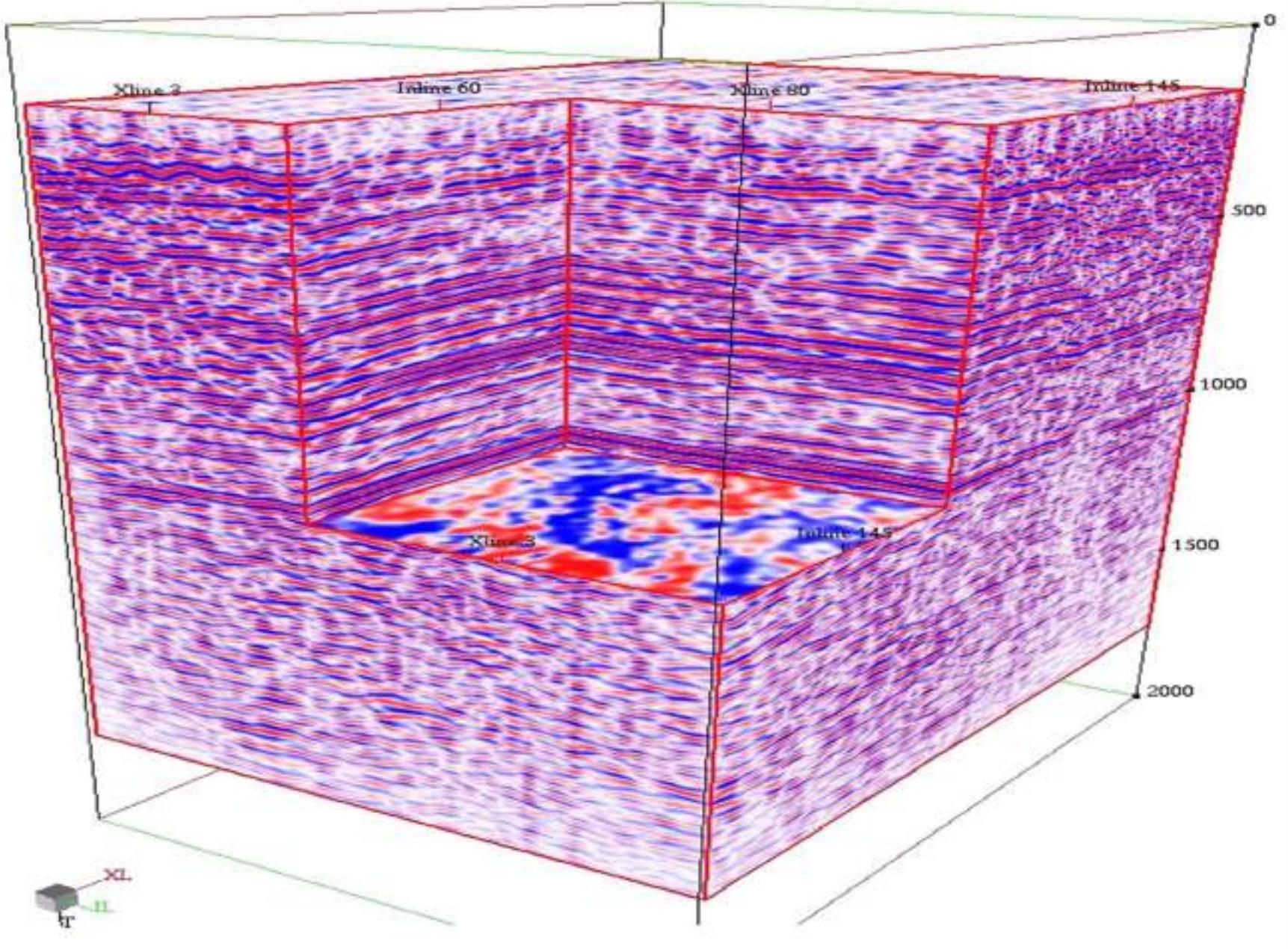
Полученные в результате обработки материалы анализируются и интерпретируются. В итоге можно определить глубину залегания, форму и свойства тех слоев, на границах между которыми произошло отражение или преломление упругих волн, скорости в различных толщах пород ...



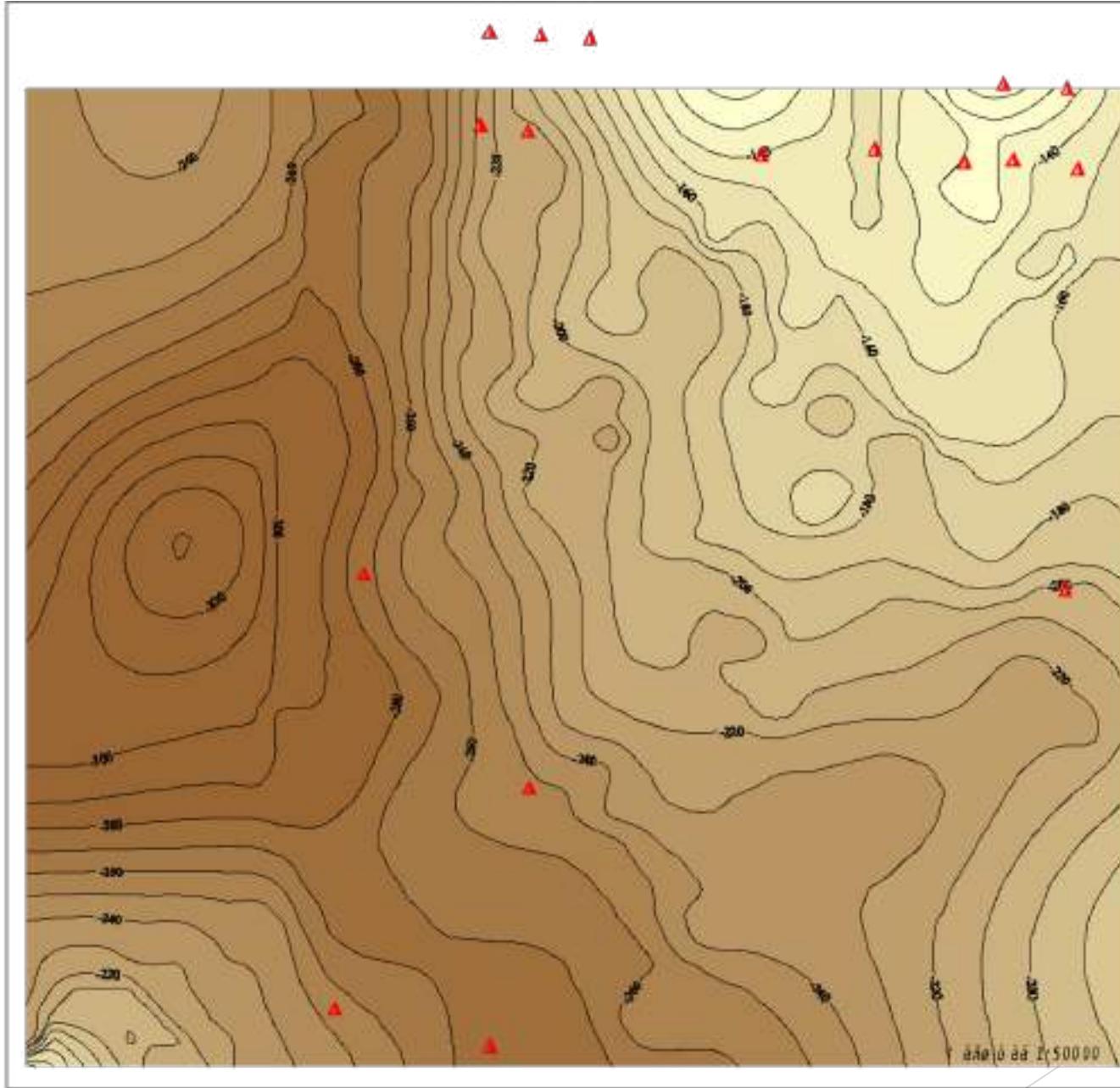
Пример типичной сейсмограммы



Пример суммарного временного разреза, полученного в результате обработки данных



Пример временного куба, полученного в результате обработки данных



Пример структурной схемы, полученной в результате обработки и интерпретации

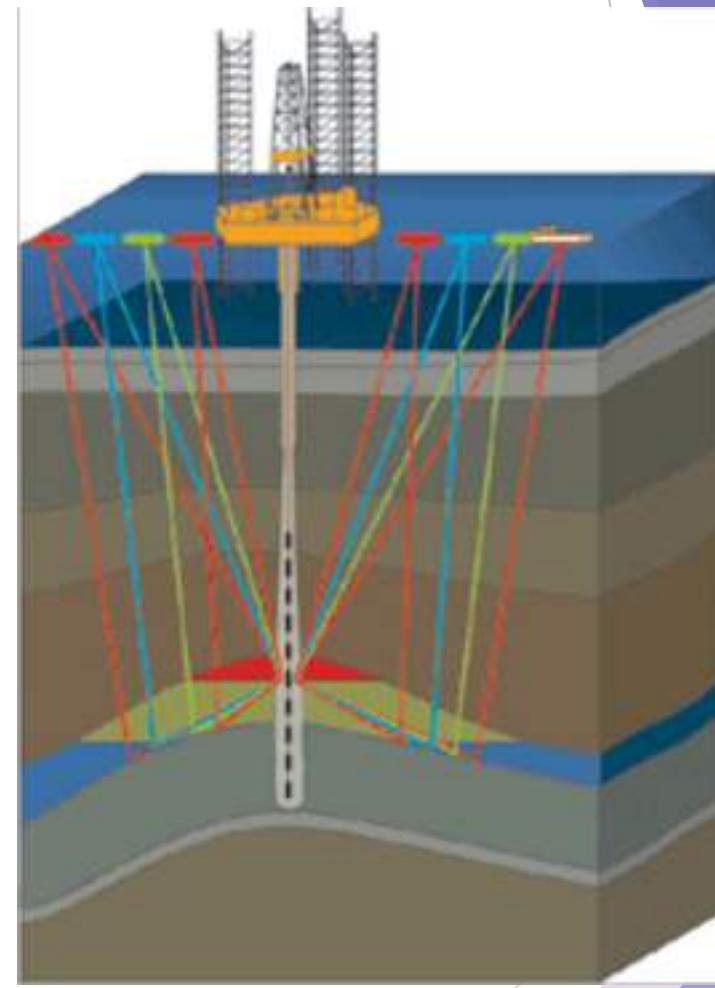
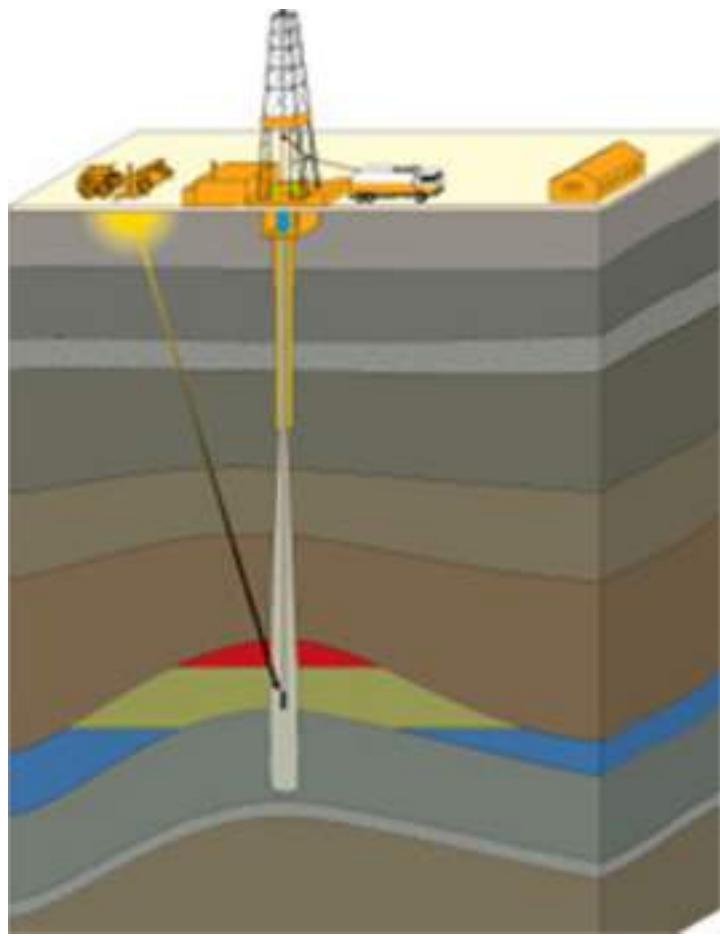
Метод сейсморазведки основан на изучении **кинематики** (**времени пробега**) различных волн от пункта их возбуждения до сейсмоприемников и их **динамики (интенсивности)**.

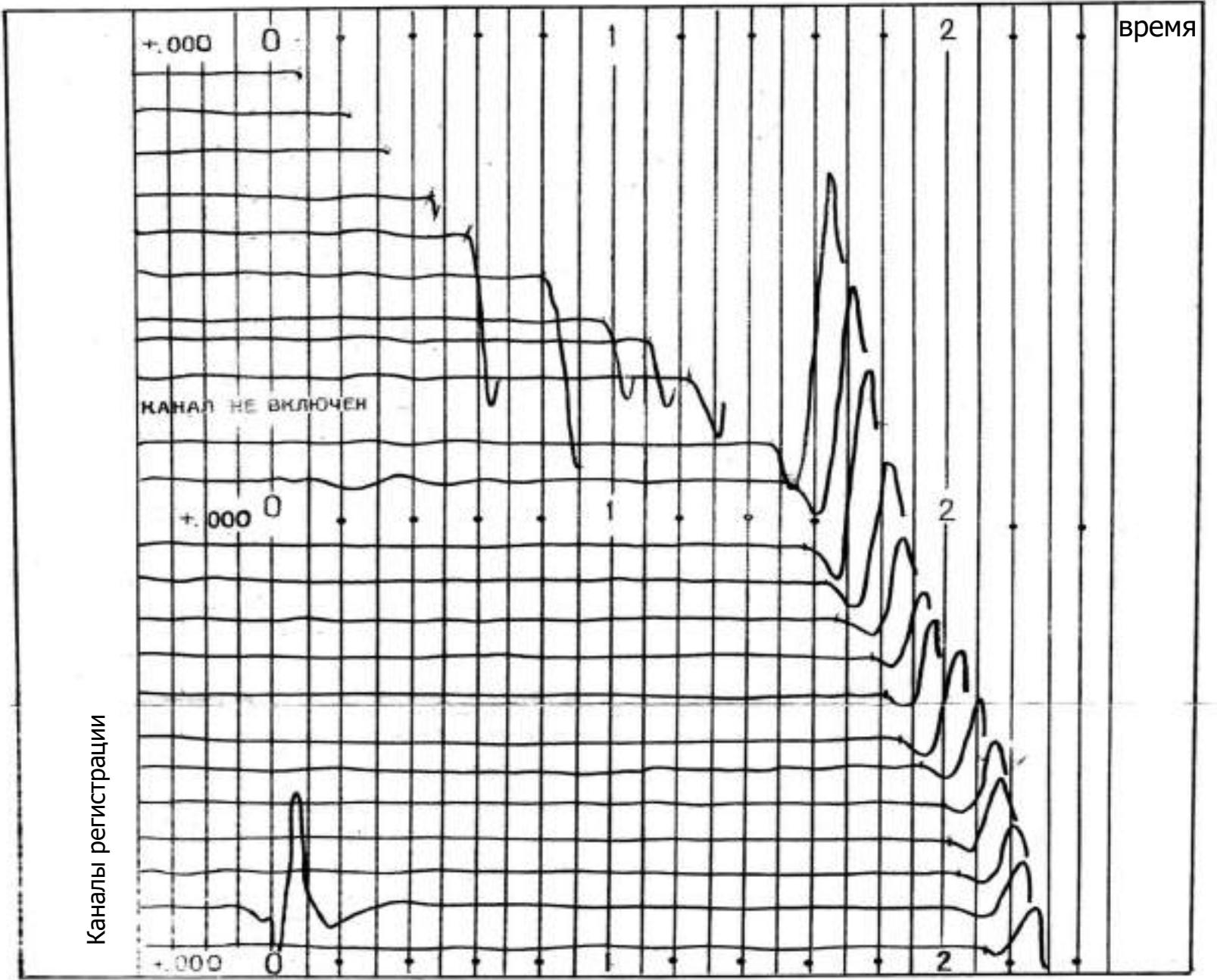
**Возможность использования сейсморазведки для решения разнообразных задач основана на том, что различные горные породы имеют различные скорости распространения упругих волн.**

В результате создаются предпосылки для возникновения на границах геологических образований **явления** отражения и преломления упругих волн.

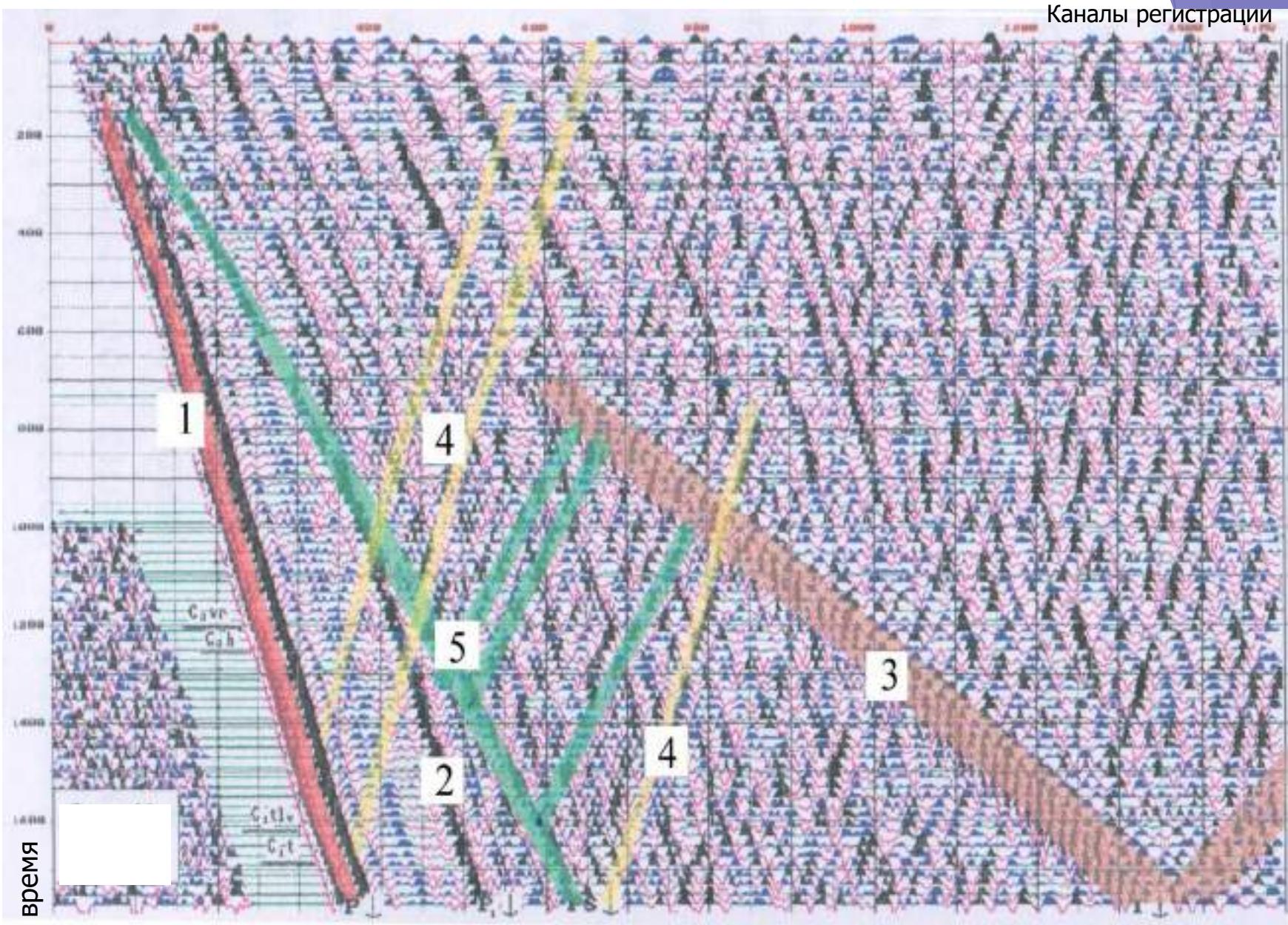
В соответствии с этим явлением в сейсморазведке существуют 2 основных метода – метод отраженных волн (МОВ) и метод преломленных волн (МПВ).

Используют также сейсмокаротаж (СК) – наблюдения прямых (проходящих) волн в скважинах и вертикальное сейсмическое профилирование (ВСП) – изучение прямых, отраженных, и др. волны в скважинах





Пример типичной сейсмограммы СК



- ▶ Контрольные вопросы:
  1. Классификация месторождений по ПИ
  2. Металлические месторождения
  3. Неметаллические месторождения
- ▶ Защита работ: на основании подготовленного отчета по усвоенному материалу по теме 6.

► Основной список литературы

- 1. Антипин В.Н., Васильева В.П., Вахромеев С.А. и др. Краткий курс месторождений полезных ископаемых. М.:Изд."Высшая школа".1967. - 472с.
- 2. Авдонин В.В. Геология полезных ископаемых: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.В. Авдонин, В.И. Старостин. М.: Издательский центр «Академия», 2010. - 384 с.
- 3. Большой Алтай; (геология и металлогения). В 3 кн Кн. I. Геологическое строение / Щерба Г.Н., Дьячков Б.А., Стучевский Н.И. и др. Алматы: Гылым, 1998. - 304с.
- 4. Бетехтин А.Г., Голиков А.С.. Дыбков В.Ф и др. Курс месторождений полезных ископаемых. М.: Недра, 1964. - 590с.
- 5. Вахромеев С.А. Месторождения полезных ископаемых, их классификация и условия образования. М.: Недра, 1979. - 288 с.
- 6. Вольфсон Ф.И., Дружинин А.В. Главнейшие типы рудных месторождений. М.: Недра, 1975. - 392 с.
- 7. Геология СССР. Т. 41 (Полезные ископаемые). М.: Недра, 1974. - 395 с.
- 8. Дьячков Б.А., Интрузивный магматизм и металлогения Восточной Калбы. М.: Звука. 1972. - 212с.
- 9. Дьячков Б.А., Майорова Н.П., Щерба Г.Н., Абдрахманов К.А. Гранитоидные и рудные формации Калба-Нарыннского пояса (Рудный Алтай). Алматы; Гылым, 1994. - 208с.
- 10. Металлогения Казахстана / Под ред. А.А.Абдулина, А.К.Каюпова, В.Г.Ли я др. Алма-Ата: Наука Каз.ССР, 1977-1983.
- 11. Милютин А.Г. Геология: Учебник. М.: Высшая школа, 2004. - 413 с.
- 12. Смирнов В.К. Геология полезных ископаемых. М.; Недра, 1982.
- 13. Смирнов В.И., Гинзбург А.И.» Григорьев В., Яковлев Г.Ф. Курс рудных месторождений: Учебник для ВУЗов / Ред. Академик В.И.Смирнов. - 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1986. - 360с.
- 14. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. Учеб. для ВУЗов.М.; Недра, 1989. - 326с.
- 15. Щерба Г.Н. Колчеданно-полиметаллические месторождения Рудного Алтая / Колчеданные месторождения СССР. М.: Наука, 1983. с. 87.-148.
- 16. Щерба Г.П., Дьячков Б.А., Нахтигаль Г.П. Металлогения Рудного Алтая и Калбы. Алма-Ата: Наука, 1984. - 240с.