



Институт геологии и нефтегазового дела

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

Комплексные геофизические исследования при решении инженерных задач

* Лекция 15

Инженерная геофизика

- * Верхнюю оболочку земной коры (мощностью в первые тысячи метров), где в наибольшей степени проявляются природные, экзогенные геологические и антропогенно-техногенные процессы, геологи называют геологической средой, а геофизики – геофизической или геолого-геофизической средой (а также экзотехносферой).

Инженерная геофизика

- * Раздел прикладной геофизики, предназначенный для решения всех малоглубинных задач, связанных с выявлением в геологической среде естественных и искусственных неоднородностей по изменениям их физических свойств и аномалий физических полей, мы называем инженерной геофизикой.
- * подразделена на
 - * - гидрогеологическую,
 - * - почвенно-мелиоративную,
 - * - инженерно-геологическую,
 - * - мерзлотную,
 - * - гляциологическую,
 - * а также техническую и археологическую.

К малоглубинным геофизическим методам

- * , используемым для изучения геологической среды, предъявляют специфические требования:
- * высокая детальность изучения геологической среды на сравнительно небольших глубинах (от нескольких единиц до десятков, реже первых сотен метров) с изменяющимися в пространстве и во времени физическими свойствами, а значит, литологией, водно-физическими характеристиками, с широким проявлением природных процессов и инженерно-хозяйственной деятельности человека;
- * использование высокопроизводительных методов и облегченных измерительных установок для ускорения, удешевления геофизических работ и возможности проведения повторных наблюдений;
- * применение нескольких (до 3–4) геофизических методов разной физической природы для повышения точности получаемой информации;
- * широкое использование буровых скважин и горных выработок, проходка которых несложна при небольших глубинах разведки.

Геофизические методы гидрогеологические задачи

- * С успехом используют для решения следующих **гидрогеологических задач**:
 - гидрогеологических съемок разных масштабов;
 - поисков и разведки грунтовых, пластовых, трещинно-карстовых и артезианских вод;
 - изучения динамики подземных вод;
 - выяснения условий обводнения месторождений полезных ископаемых и объектов строительства или реконструкции;
 - определения минерализации грунтовых и подземных вод;
 - проведения гидромелиоративных и почвенно-мелиоративных исследований.
 - Методы решения этих и других задач исследований подземной гидросферы иногда объединяют в **гидрогеологическую геофизику**, выделяя в ней почвенно-мелиоративное направление.

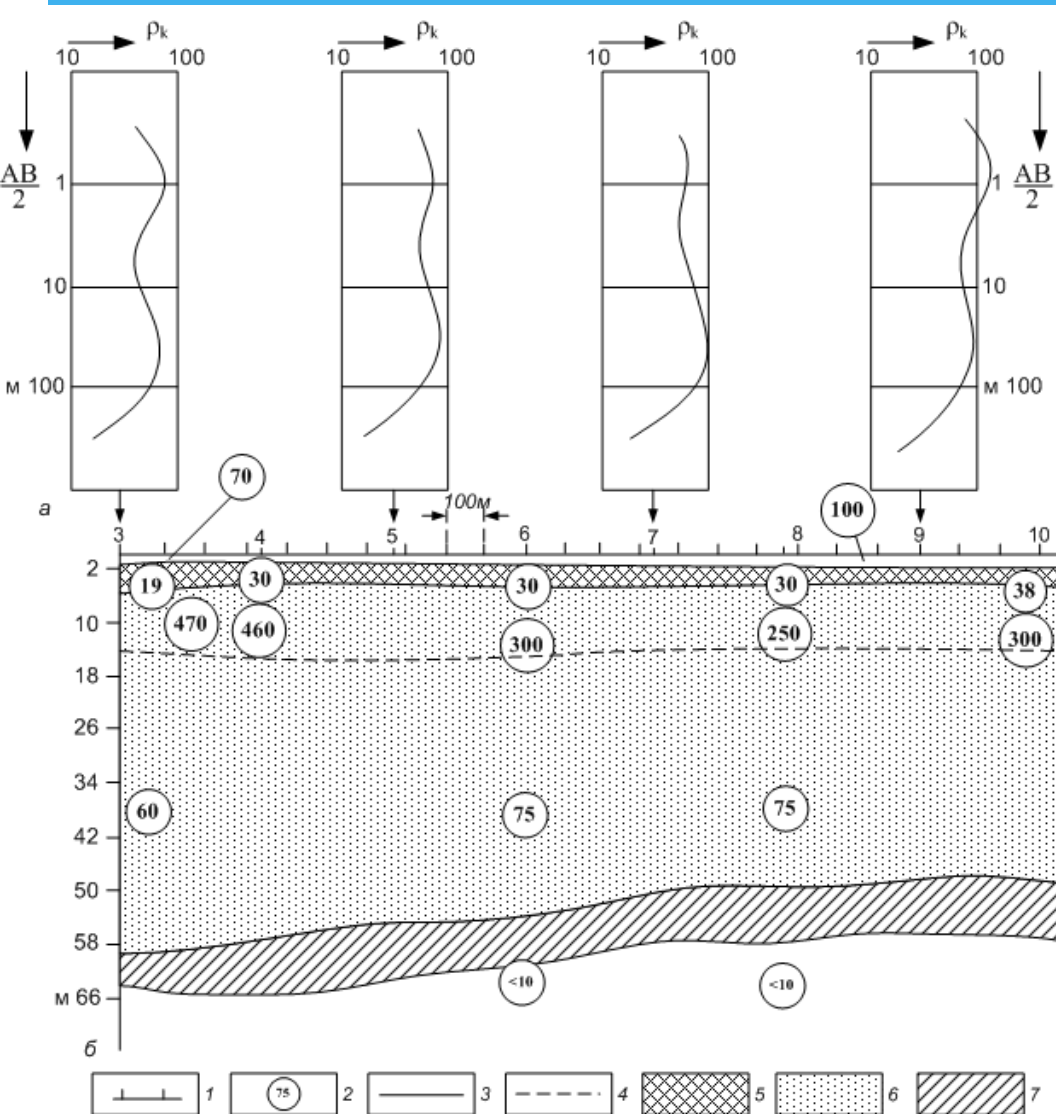
Поиски и разведка пресных подземных вод.

* Основными методами поисков и предварительной разведки месторождений пресных, пластовых и грунтовых подземных вод являются

- вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ, ВЭЗ-ВП) и
 - сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ),
- а при изучении глубоких артезианских бассейнов
- сейсморазведка методом отраженных волн (МОВ) и
 - электроразведка (ДЗ, ЗСБ).

С увеличением водонасыщенности горных пород увеличивается их электропроводность и скорости распространения упругих волн, меняются электрохимическая активность и поляризуемость, поэтому методы электроразведки и сейсморазведки давно используются при поисках и разведке подземных вод.

Использования метода ВЭЗ для определения уровня грунтовых вод и литологического расчленения верхней части геологического разреза



Кривые ВЭЗ (а) и геоэлектрический разрез (б), полученные в одном из районов Куйбышевской области:

- 1 – точки ВЭЗ; 2 – удельное электрическое сопротивление слоя в Омм;
- 3 – литологические границы; 4 – уровень грунтовых вод;
- 5 – суглинки; 6 – пески; 7 – глины

Поиски и разведка пресных подземных вод.

- * Трещиноватые обводненные зоны выявляют с помощью методов электромагнитного профилирования.
- * Детализацию выявленных зон с трещинно-карстовыми водами осуществляют методами кругового профилирования (КЭП) и кругового вертикального зондирования (КВЗ).
- * Сеть наблюдений зависит от масштаба съемок и сложности гидрогеофизических условий.
- * Геолого-гидрогеологическое истолкование геофизических данных осуществляется на основе вероятностно-статистических связей между геофизическими параметрами и геофильтрационными свойствами в массиве горных пород, определяемыми по данным опытно-фильтрационных работ и геофизических исследований в скважинах.

Инженерно-геологическая геофизика

- * *Инженерно-геологическая геофизика – это раздел прикладной (инженерной) геофизики, предназначенный для решения разнообразных инженерно-геологических задач.*
- * *Геофизические исследования выполняются при проведении средне- и крупномасштабной инженерно-геологических съемок, а также при детальных работах, связанных с проектированием, строительством и эксплуатацией различных сооружений*
- * *Они позволяют повышать детальность и точность изысканий, уменьшать затраты времени и средств на проведение инженерно-геологических работ.*
- * *Объектом этих исследований обычно является верхняя часть разреза (ВЧР), характеризующаяся значительной неоднородностью, изменчивостью литологического состава, строения и физических свойств горных пород.*

Инженерно-геологическая геофизика

- * Эффективность геофизических исследований при изучении
- * этого сложного объекта достигается применением методов различной физической природы, с повышенной детальностью наблюдений, получением интегральных характеристик, отражающих особенности строения и свойств массива пород в его естественном залегании, возможностью многократных повторных наблюдений без нарушения строения и состояния геологической среды.

Инженерно-геологические геофизические исследования

- * Выполняют на земной поверхности, в скважинах и горных выработках.
- * Используют также аэрокосмические и аэрогеофизические материалы.
- * Ведущими методами являются сейсмические:
 - метод преломленных волн (МПВ),
 - реже – отраженных волн (МОВ),
 - а также один-два из следующих:
- * -электропрофилирование методами естественного поля (ЕП),
- * - кажущихся сопротивлений (ЭП), радиоволновые (РВП) и зондирования:
- * -вертикальные электрические методом сопротивлений или вызванной поляризации (ВЭЗ или ВЭЗ-ВП),
- * -частотные зондирования (ЧЗ),
- * -становлением поля в ближней зоне (ЗСБ),
- * - радиоволновые (РВЗ),
- * -радиолокационные (РЛЗ),
- * а также гравимагнитные,
- * -ядерные и
- * - скважинные методы

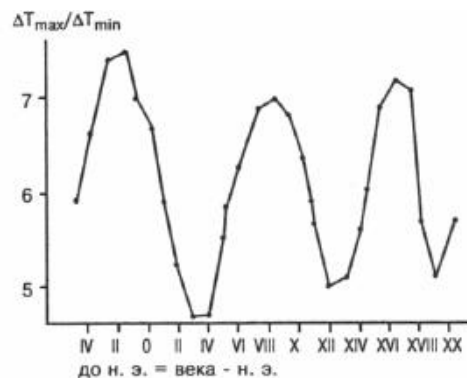


Рис. 10.15. Влияние вековых вариаций на соотношение экстремальных значений аномалии ΔT шара

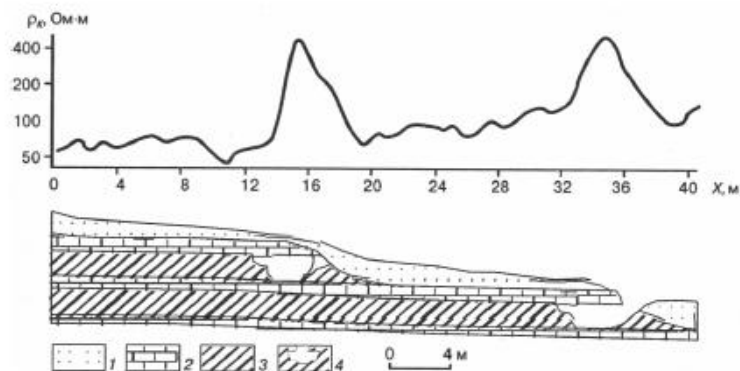


Рис. 10.16. Строение склона Песочной балки со склепами и график кажущегося сопротивления:

1 – культурный слой $\rho=30-70$ Ом·м; 2 – плотные известняки $\rho=300-600$ Ом·м; 3 – рыхлые обломочные известняки $\rho=20-50$ Ом·м; 4 – склепы $\rho=\infty$.

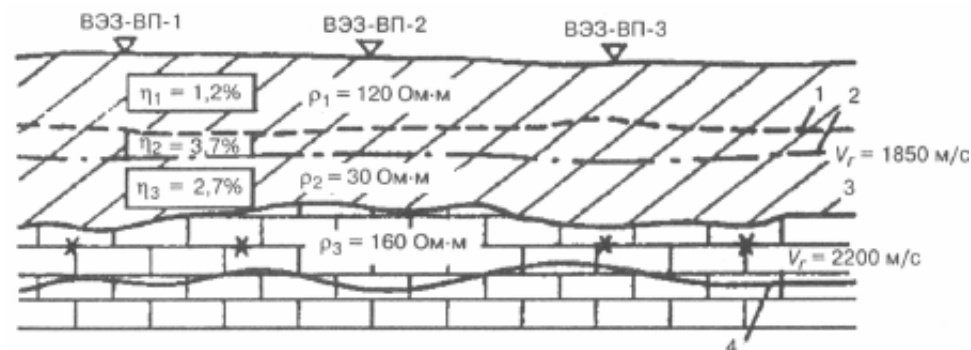


Рис. 10.6. Пример определения условий залегания скальных пород под рыхлыми образованиями по данным методов ВЭЗ, ВЭЗ-ВП и МПВ:

1 – уровень капиллярного поднятия по данным ВЭЗ-ВП; 2 – поверхность грунтовых вод по данным ВЭЗ, ВЭЗ-ВП и МПВ; 3 и 4 – кровля скальных пород по данным ВЭЗ, сохранных пород по данным МПВ (V_r – граничная скорость) (Геофизические методы 1988)

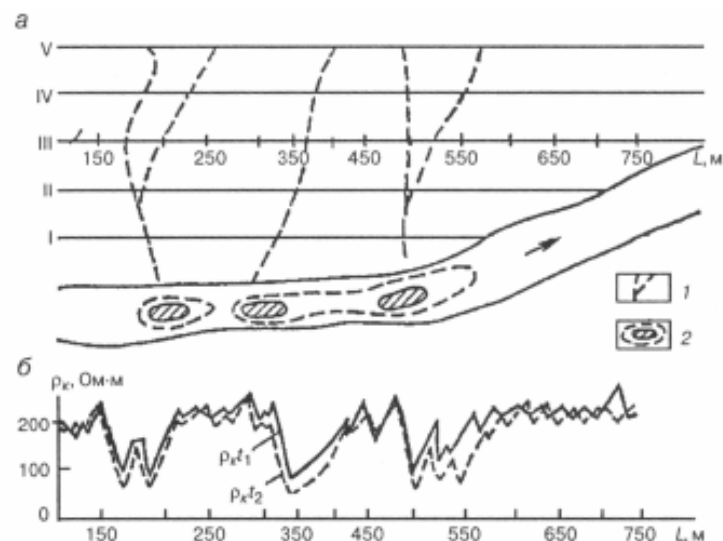


Рис. 10.7. Результаты наземного электропрофилирования и речной резистивиметрии для изучения техногенных карстовых явлений:

Комплексные геолого-геофизические исследования при решении задач в период строительства и эксплуатации сооружений

Различие:

- Специфика решаемых задач
- Условия проведения работ

Главное назначение :

- Изучение состава горных пород
- Изучение физ. полей с целью прогноза кратковременных и долговременных изменений геол. среды
- Контроль операций при строительстве



Расчленение поверхностных и коренных отложений и изучение оснований проектируемых наземных и подземных инженерных сооружений (промышленных, гражданских, гидротехнических, транспортных и др.) проводят для оценки несущей способности и устойчивости массивов горных пород на конкретных строительных площадках.

Эти работы характеризуются большой детальностью (масштаб исследований от 1 : 10 000 до 1 : 1000).

Геофизические методы используют для картирования рыхлых отложений и определения глубины залегания коренных скальных пород, детального расчленения верхней части разреза, оценки физико-механических и водно-физических свойств пород в их естественном залегании, изучения трещиноватости и нарушенности массива, определения уровня грунтовых вод и их динамики .

В задачи геофизических методов входит также изучение напряженного состояния коренных пород, выявление геодинамических явлений и сейсмичности (карст, суффозия, оползни, обвалы, просадки и др.), представляющих опасность для будущего строительства, проведение мониторинга за работой ответственных сооружений и изучение их влияния на геологическую среду.

Основные Направления Применения Методов:

1. Исследования для обоснования проектов строительства



2. Исследования для успешного проведения самого строительства



3. Наблюдения за работой законченных сооружений и наблюдения за взаимодействием их с окружающей средой



4. Анализ влияния антропогенной нагрузки на геологическую среду

Наиболее распространенные методы

Методы Электроразведки:

- Методы естественных электромагнитных полей (МТЗ, МТП, **ЕП**);
- Методы сопротивлений (**ВЭЗ**, **ДЗ**, **ЭП**, КЭП, КВЭЗ);
- Поляризационные методы (ВП, **ВЭЗ-ВП**);
- Методы искусственных низкочастотных полей (ЧЗ, ЗС, МПП);
- Высокочастотные и сверхвысокочастотные (РВЗ, РВП, РЛЗ, РТС).

Наиболее распространенные методы

Методы сейсморазведки, применяемые в инженерной геофизике в зависимости от частоты используемых упругих волн делятся на:

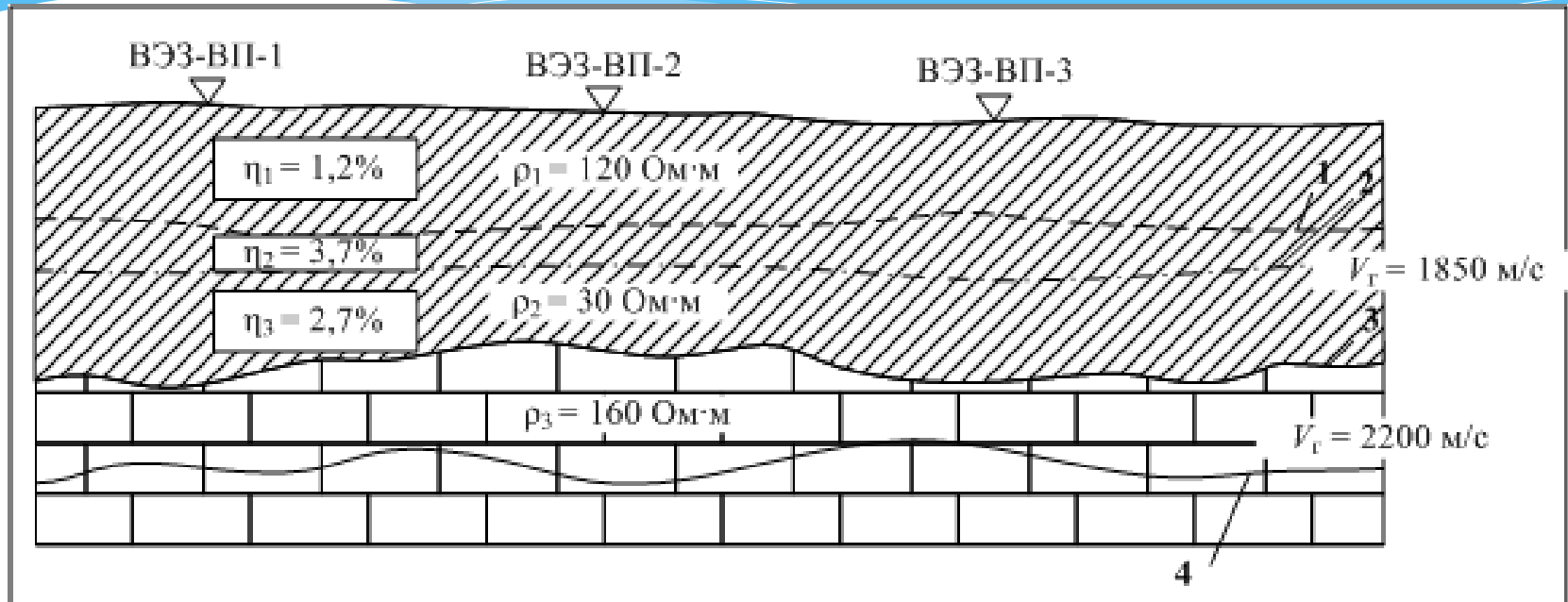
- Сейсмические методы (частоты 100 - 500 Гц)
- Геоакустические методы (частоты 600 - 3000 Гц)
- Ультразвуковые методы (частоты свыше 20000 Гц)

Гравиметрические, магнитометрические, термометрические и ядерно-физические методы имеют менее важное значение, хотя при решении определенного круга задач в благоприятных геологических условиях их применение оказывается весьма эффективным.

Комплексирование геофизических методов

- * Применяют комплекс методов, состав которого в значительной степени аналогичен используемому на ключевых участках, но ведущими в комплексе являются сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ), а также электромагнитные зондирования (ВЭЗ, ВЭЗ-ВП или ЗСБ), которые дополняются, по возможности, микромагнитной, эманацционной, гамма-съемками.
- * Применяют также сейсмоакустическое и электромагнитное межскважинные просвечивания.

*** Пример определения условий залегания скальных пород под рыхлыми образованиями по данным методов ВЭЗ, ВЭЗ-ВП и МПВ:**



- 1 – уровень капиллярного поднятия по данным ВЭЗ–ВП;
- 2 – поверхность грунтовых вод по данным ВЭЗ, ВЭЗ–ВП и МПВ;
- 3 и 4 – кровля скальных пород по данным ВЭЗ, сохранных пород по данным МПВ (V_r – граничная скорость)

Изучение физико-геологических явлений и процессов.

Из всех физико-геологических явлений и процессов геофизические методы чаще всего используют при изучении карста и оползней. Карст, т. е. наличие пустот и трещин в растворимых породах, активно изучается геофизическими методами, так как растворимые породы (карбонаты, соли) отличаются по физическим свойствам от нерастворимых (глины, песок, изверженные) горных пород.

Методика геофизических работ и состав методов определяются особенностями закарстованной территории. Например, при изучении поверхностных карстовых форм (воронок, впадин, понор), заполненных глинистым материалом и перекрытых рыхлыми отложениями небольшой мощности, используются методы электроразведки (ВЭЗ или ЕП, ЭП); можно применять тепловую съемку, высокоточную гравиразведку.

Изучение глубинных карстовых форм

представляет собой сложную задачу.

В этом случае, наряду с методами электроразведки (ВЭЗ, ЭП), можно использовать сейсморазведку (МПВ), гравиразведку, ядерно-физические и скважинные методы.

Для детального изучения зон закарстованности используются круговые установки зондирований и профилирований.

По ориентировке большой оси диаграмм КС можно определить направление трещиноватости, а по величине отношения больших осей диаграмм к малым – оценить ее интенсивность.

Предпосылки применения геофизических методов при изучении оползней

закljučаются в дифференциации физических свойств залегающих на склонах коренных пород и оползневых накоплений.

В теле оползня появляются дополнительные границы, связанные с поверхностью фильтрационного потока.

Оползневые накопления картируют методами электро- и сейсмопро-филирования (ЭП, ЕП, МПВ).

Детальное расчленение разреза оползневого склона проводят методами зондирования (ВЭЗ, ВЭЗ-ВП) и МПВ.

Изучение обводненности оползней имеет решающее значение для прогноза их устойчивости. При определении уровня грунтовых вод, степени увлажнения оползневых тел эффективны методы МПВ, ВЭЗ, ВЭЗ-ВП.

Изучение изменения физических свойств и состояния оползневых накоплений во времени осуществляется режимными геофизическими наблюдениями с использованием тех же полевых, а также скважинных методов.

Для изучения динамики оползневого процесса можно использовать магнитные реперы.

Микромагнитная съемка, выполняемая над участком заземления таких реперов в режиме мониторинга, позволяет оценить движение оползневого тела по смещению создаваемых реперами локальных магнитных аномалий.

Геофизические исследования на участке провала грунтов

Объект – приповерхностная часть свайного фундамента жилого дома

Цель - определение физических характеристик грунтов и локализация участков разуплотнения грунтов, мест разгрузки подземных и техногенных вод под пятном застройки.

Использованный комплекс:

- бесконтактное электропрофилирование (БЭП),
- электрозондирование (ВЭЗ)
- сейсморазведка МПВ

Получена информация

- Об удельных (кажущихся) электрических сопротивлениях грунтов (УЭС),
- О положении геоэлектрических контактов,
- Скоростные характеристики и положение первой жесткой границы,
- Спрогнозирован литологический состав и гидрогеологические характеристики грунтов в интервале ВЧР.

График кажущегося сопротивления по данным электроразведки БЭП фронтального профиля №4/7

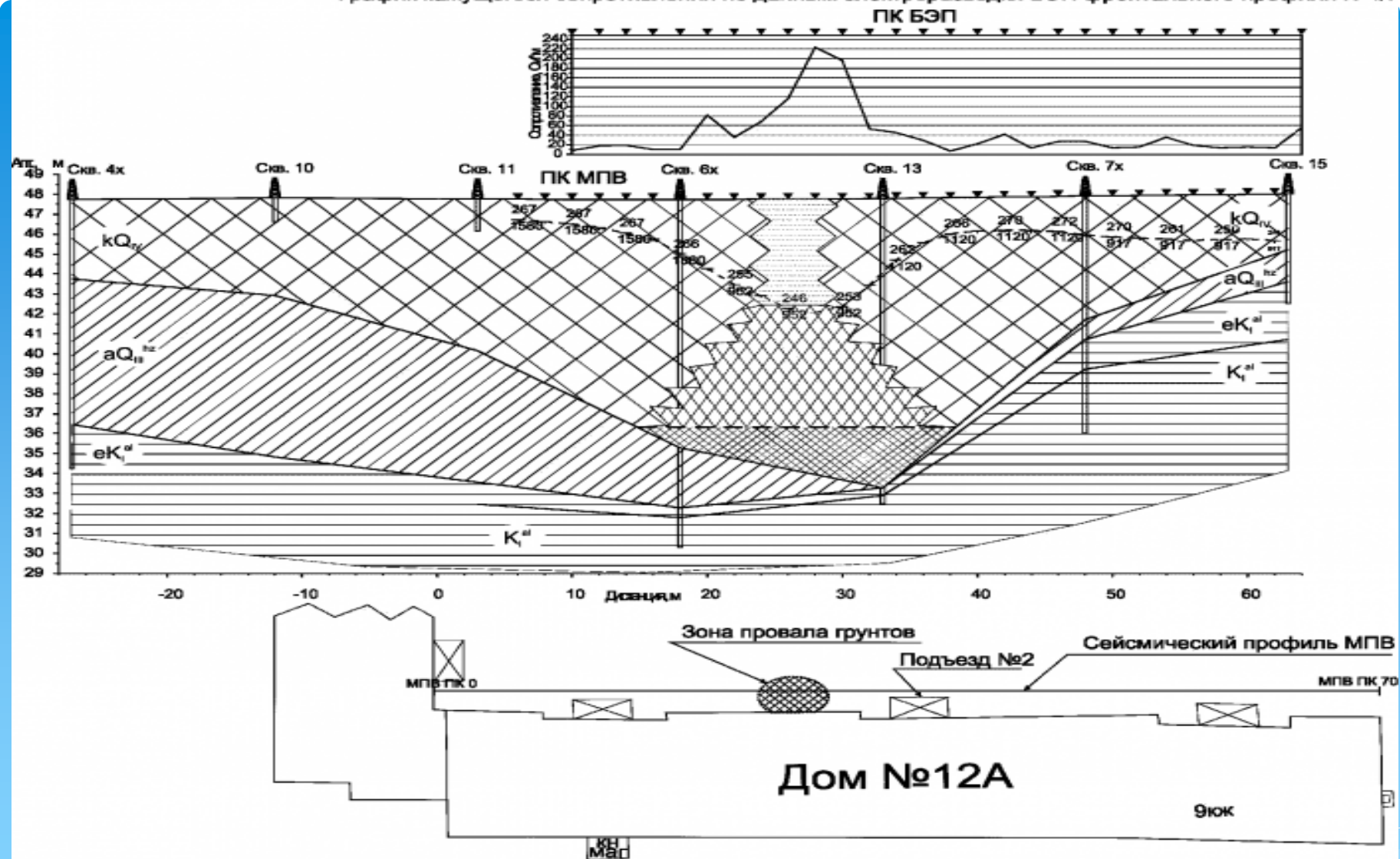
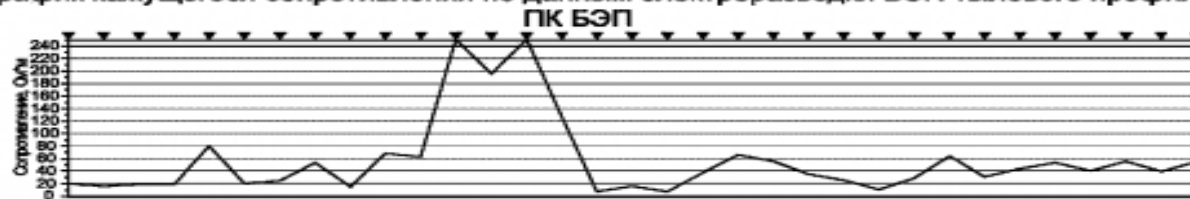


График кажущегося сопротивления по данным электроразведки БЭП тылового профиля № 9



Результаты работ

1. Установлено зональное распределение электрического сопротивления и скоростных характеристик.
2. Выделены аномальные зоны по электрическим сопротивлениям и скоростным параметрам насыпных грунтов.
3. Выявленная зона разгрузки грунтовых и техногенных вод представляет непосредственную угрозу дальнейшего развития провальных процессов в период весеннего паводка.

Техническая геофизика.

Развитая сеть подземных коммуникаций – один из признаков современной цивилизации.

Трубопроводы, силовые кабели и подземные провода связи являются системами жизнеобеспечения, без которых не может нормально функционировать высокоразвитое общество.

С начала века сотни тысяч километров различных труб и кабелей были уложены в землю на глубину до 5-6 метров.

Большая их часть концентрируется в городах и особенно на территории крупных промышленных предприятий.

По трубам на предприятия приходит нефть и нефтепродукты, питьевая и техническая вода, вода для отопления, отводятся бытовые и промышленные стоки. Большая часть труб погружена в землю.

При длительном взаимодействии труб с окружающим их грунтом возникает коррозия металла.

Просадки грунта вызывают напряжения и механические деформации труб, что приводит к образованию трещин в гидроизоляции.

Техническая геофизика.

геофизические методы могут помочь при решении многих задач контроля состояния труб.

Первая задача – это тщательное изучение трассы под строительство трубопровода, особенно в наиболее ответственных местах, например, на пересечениях рек.

В последнее время, в первую очередь с точки зрения экологии, укладка труб под рекой осуществляется с помощью скважин наклонного бурения, которые проходят в слое с наилучшими прочностными свойствами на глубинах 15-30 м.

При изысканиях в местах переходов трубопровода через реки можно использовать комплекс акваториальных и наземных геофизических методов:

- речная сейсмоакустика,
- вертикальные (ВЭЗ) и
- сплошные (СЭЗ) электрические зондирования,
- исследования с георадаром,
- бурение опорных скважин на суше и на акваториях.

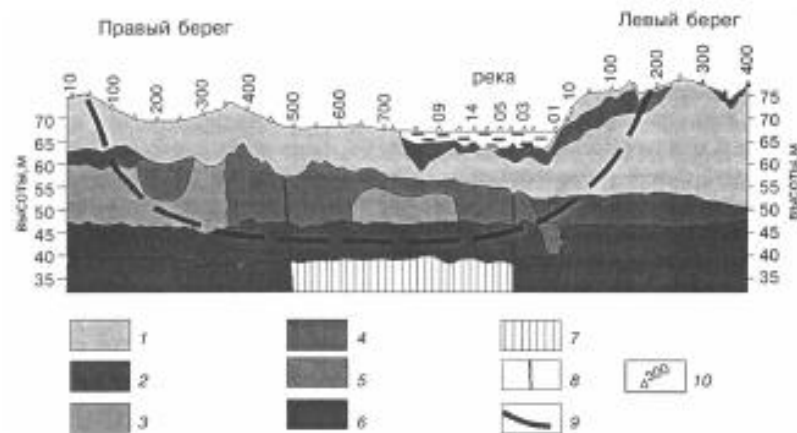


Рис. 10.20. Результаты геолого-геофизических исследований под проект наклонного бурения для прокладки трубы под рекой

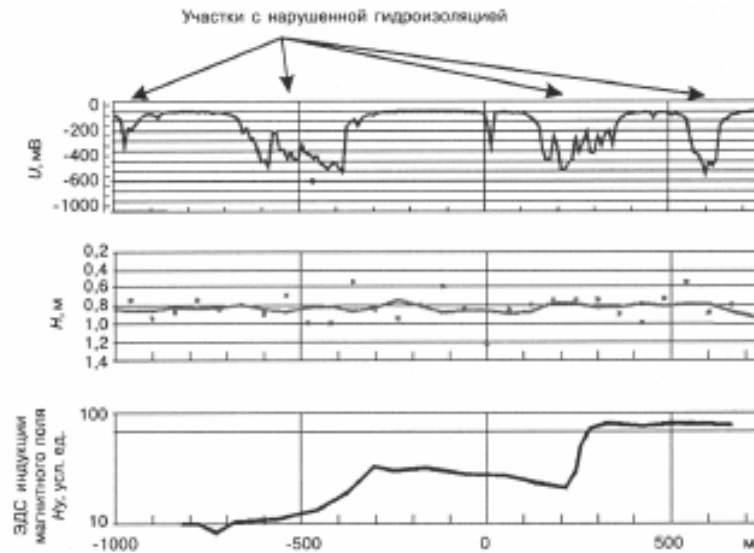


Рис. 10.21. Результаты измерения потенциалов коррозионной защиты, глубины трубы и амплитуды поперечной компоненты магнитного поля H_y на частоте 100 Гц

2 Сейсмотомографические исследования грунтов

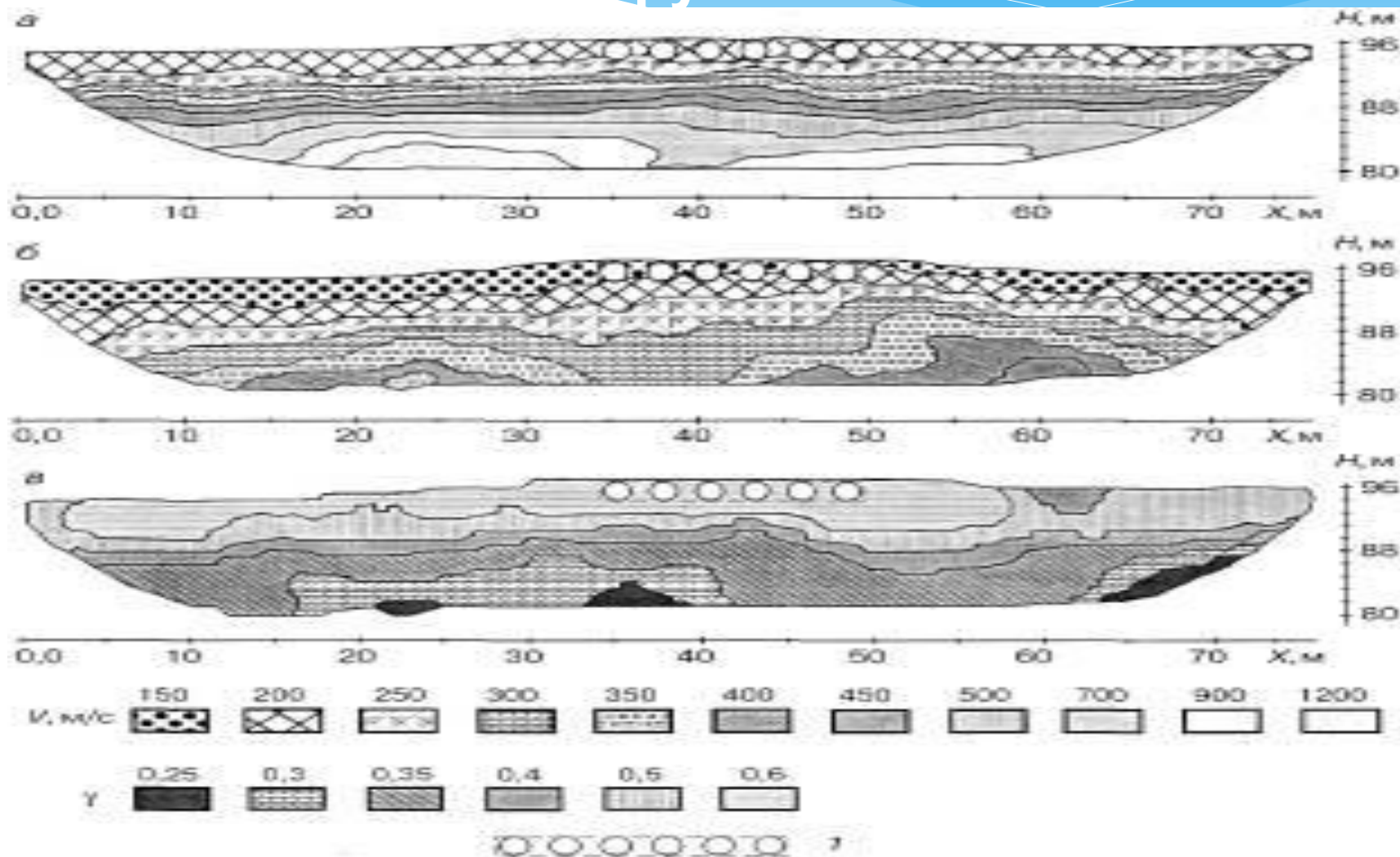
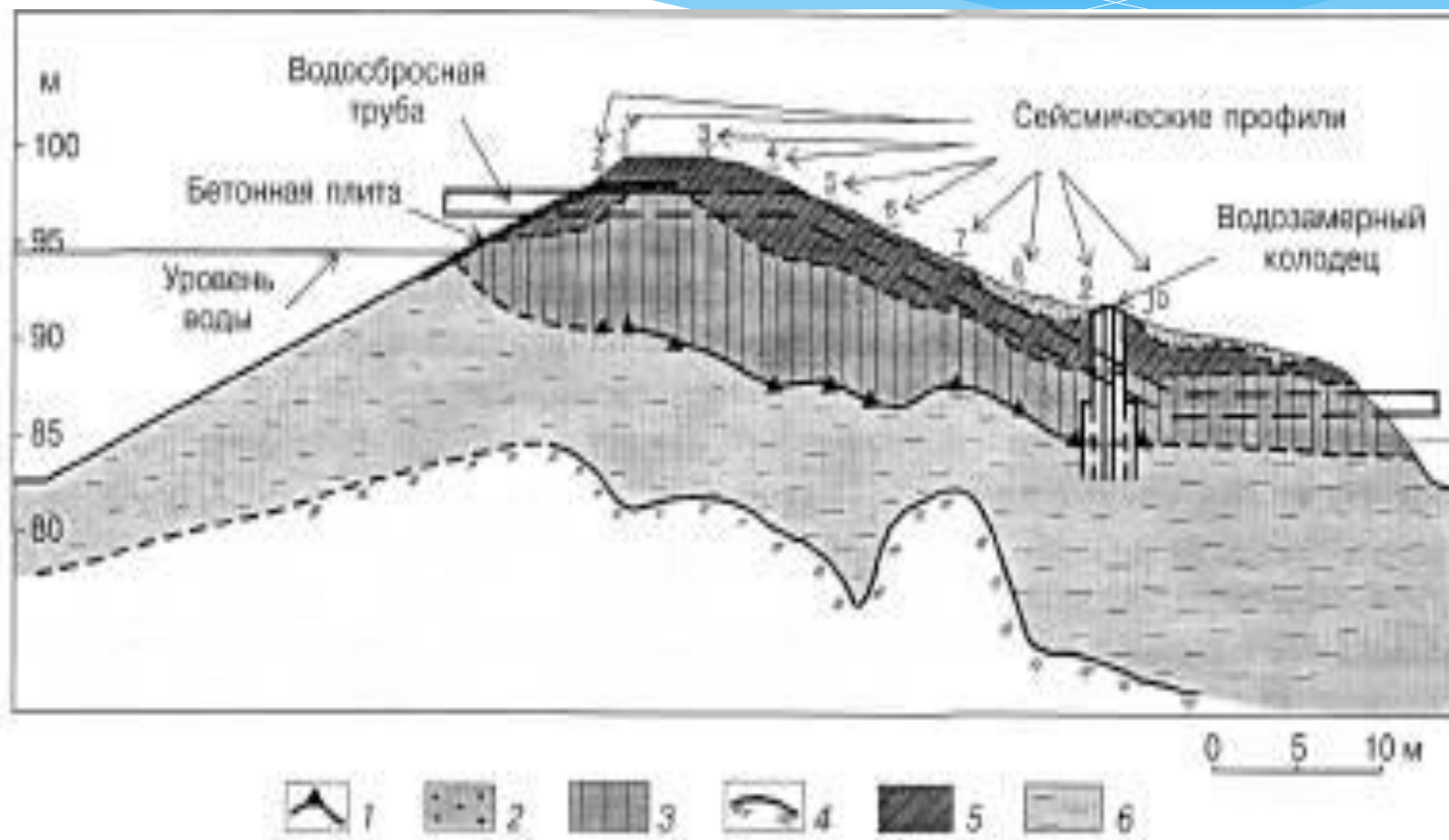


Рис. 1. Сейсмотомографические разрезы (профиль 5) дамбы Шигуновского водохранилища по скорости распространения продольных V_p (а); поперечных V_s (б) волн и отношению $\gamma = V_s/V_p$ (в); 7 - водосбросные трубки



Сейсмофизическая модель земляного полотна плотины Шипуновского водохранилища по профилю 12: 1 - граница уровня грунтовых вод; 2 - разуплотненные сухие грунты; 3 - плотные влажные грунты; 4 - коренные породы; 5 - умеренно плотные грунты; 6 - водоносные грунты

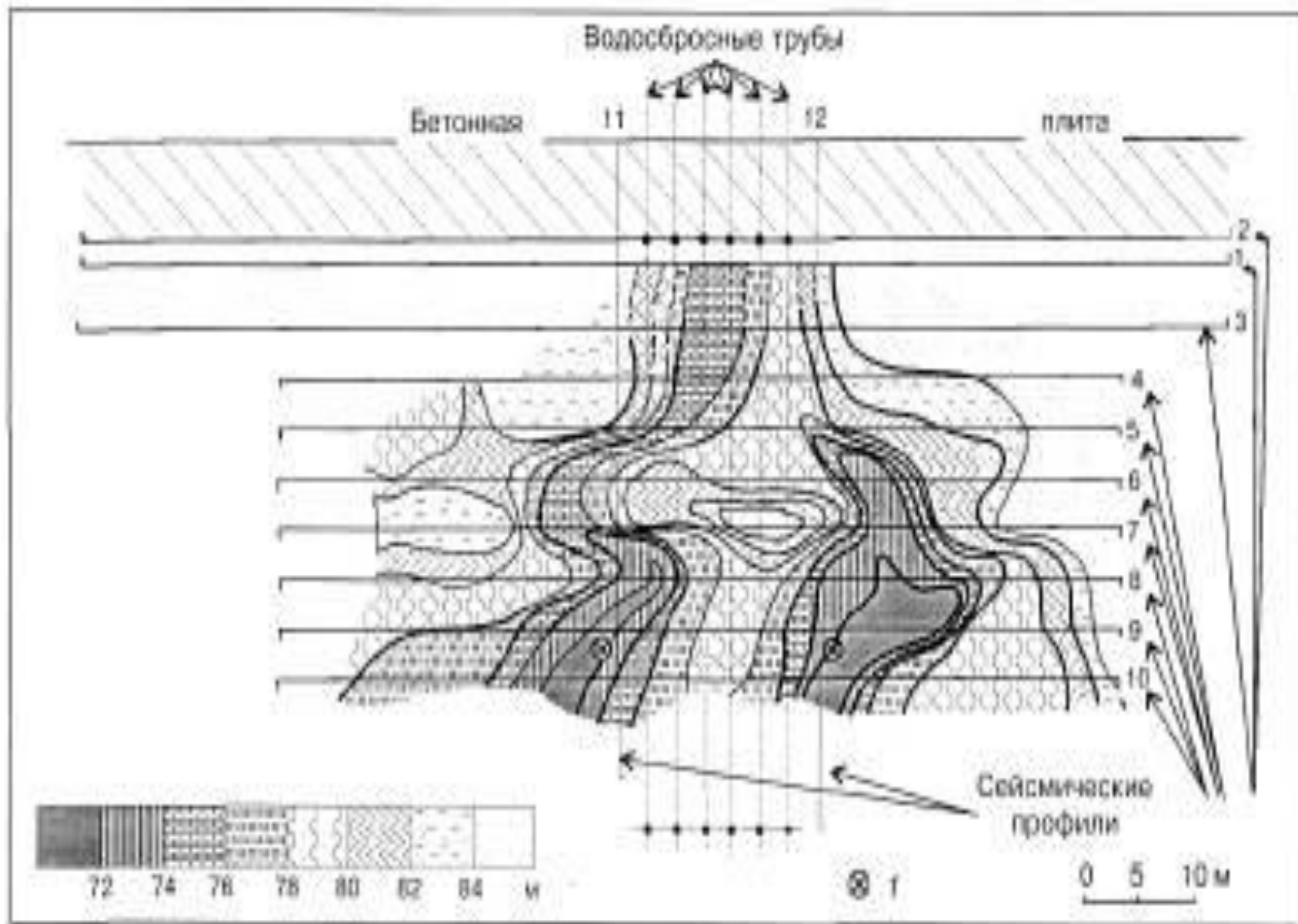
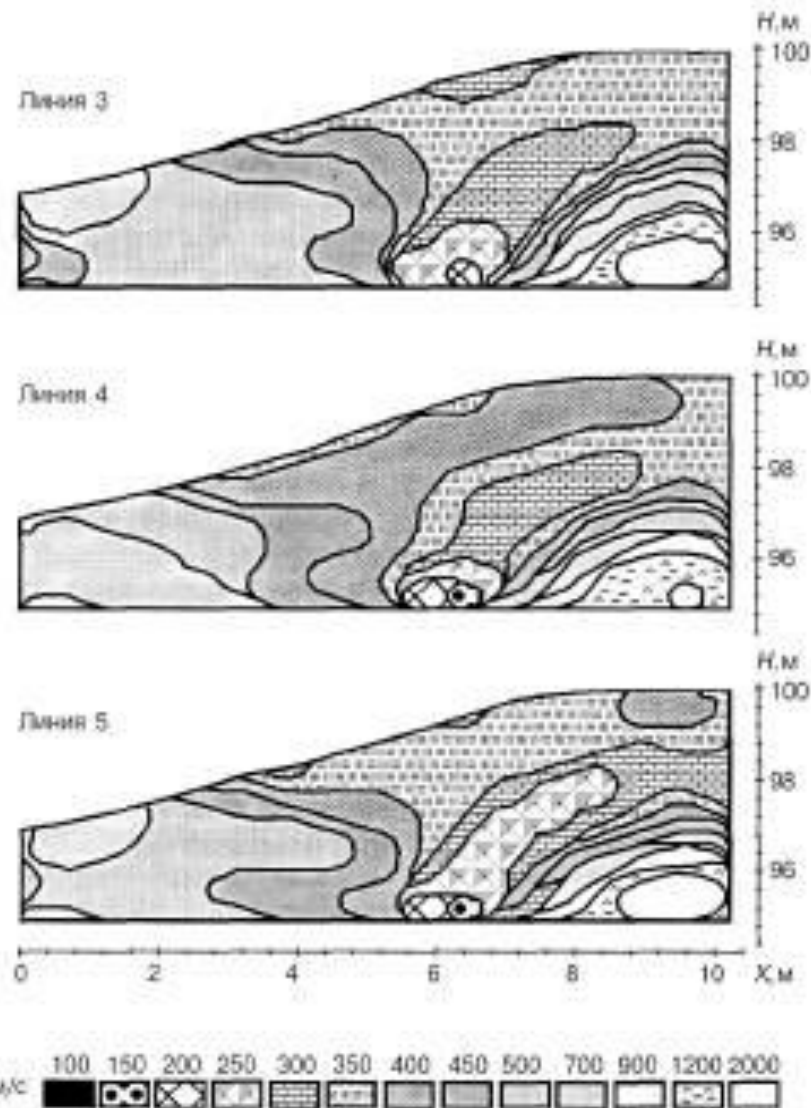
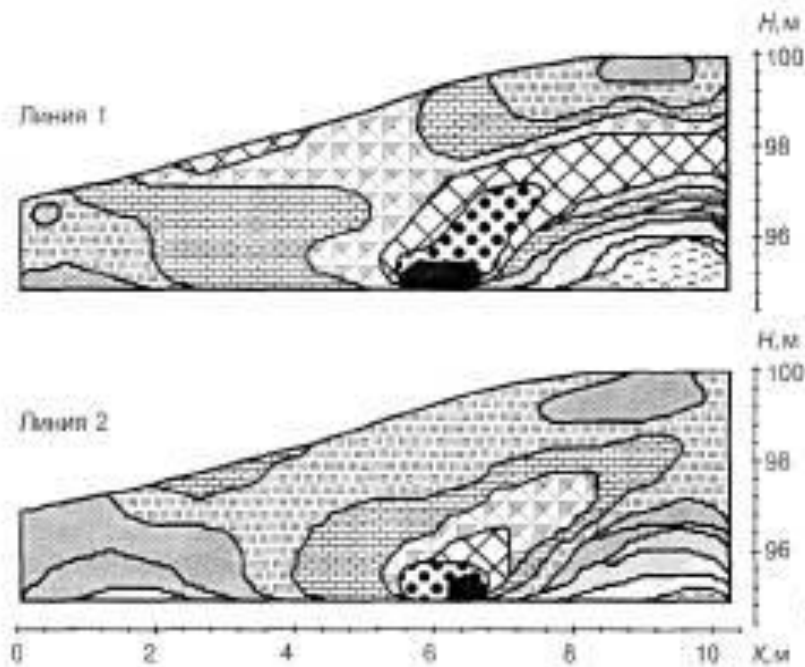
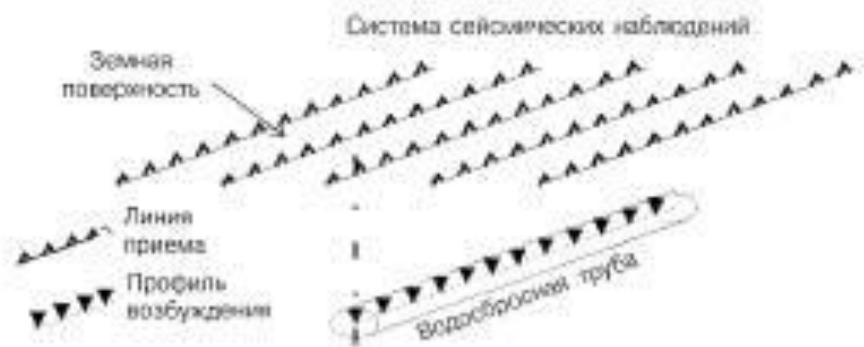


Схема рельефа поверхности коренных пород в районе плотины Шипуновского водохранилища, построенная по материалам сейсмотомографических исследований: 1 - водозамерный колодец

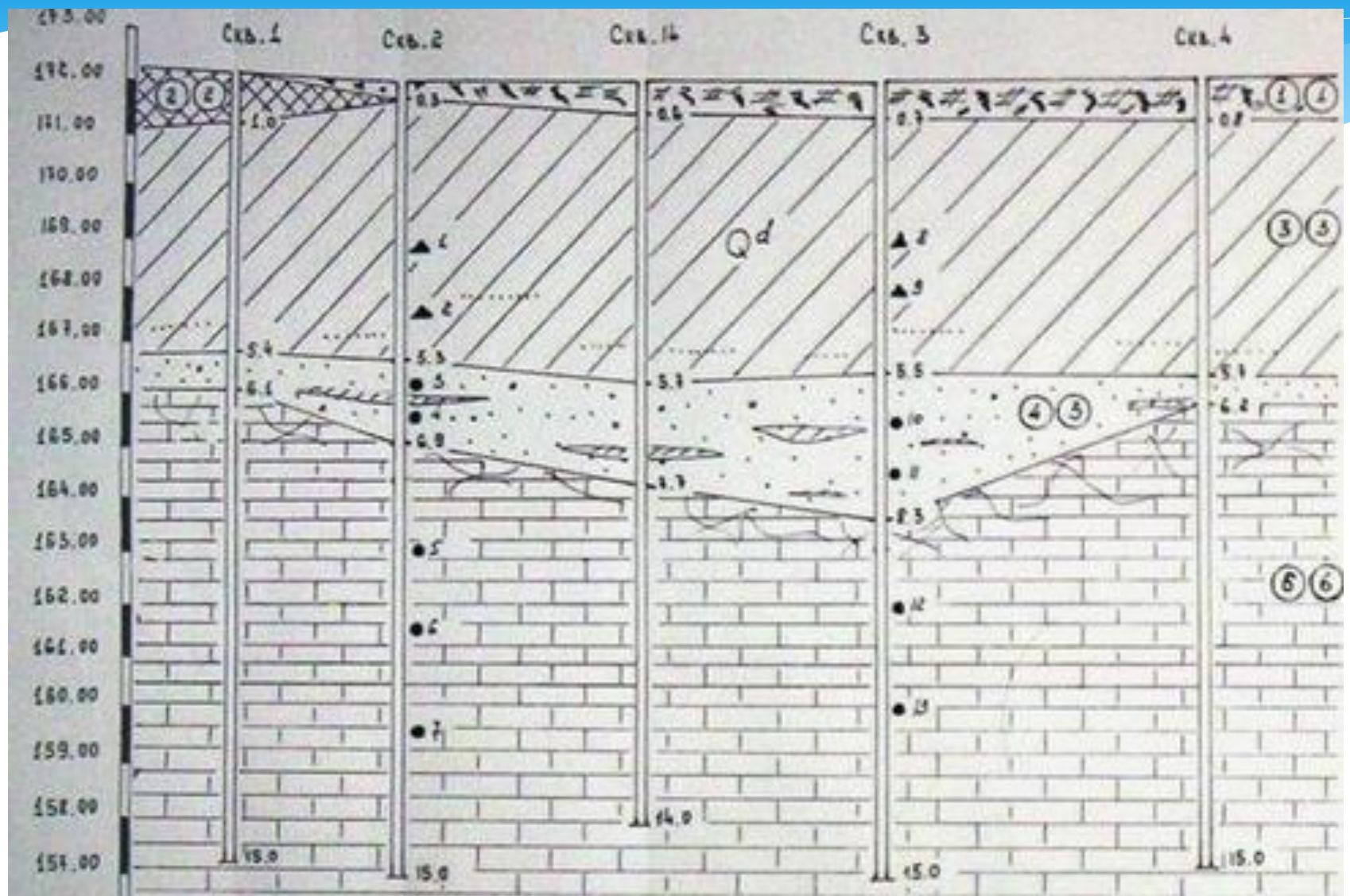


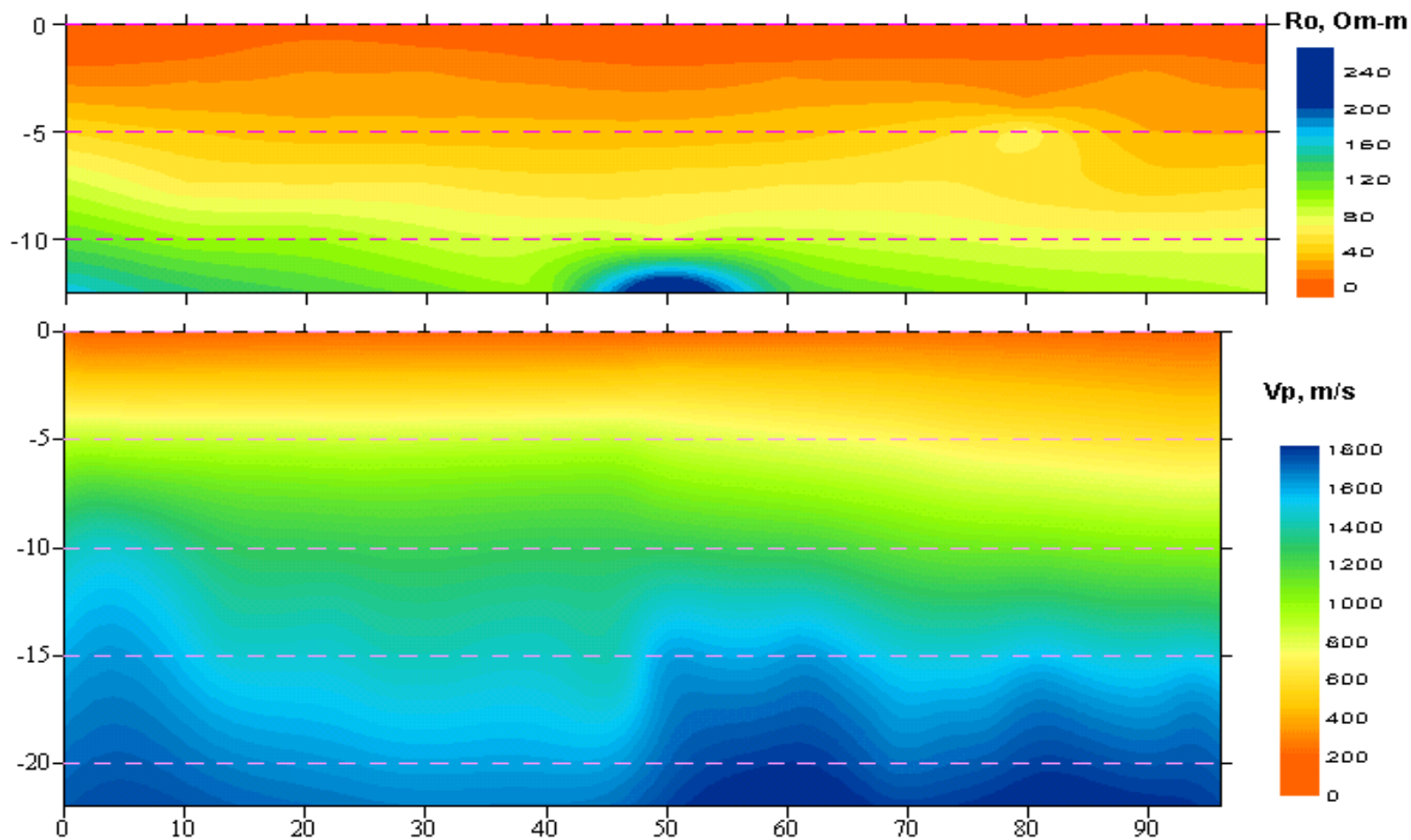
Сейсмотомографические разрезы околотрубного пространства на дамбе Карасевского водохранилища после укрепления ее цементным раствором

Цель - выявление возможных процессов карстообразования, наличия трещиноватости, а также определение условий залегания карстующихся и покрывающих пород, и их физических свойств.

Для решения поставленной задачи был выбран следующий **комплекс методов** :

1. Сейсморазведка методом преломленных волн (МПВ).
2. Электроразведка в виде электрических зондирований на постоянном токе (ВЭЗ) и индукционных зондирований (ДИЗ).





В геоэлектрических разрезах она отмечается пониженными значениями сопротивлений (R_k), а на скоростных разрезах – провалами скоростей распространения продольных волн (V_p)

Результаты работ

Параметрическими наблюдениями установлено, что представленные в геологическом разрезе породы характеризуются следующими физическими свойствами:

Индекс	Описание пород	Rк, Ом-м	Vp, м/с
1,2	Почвенно-растительный слой, насыпной грунт	150-300	180-280
3	Суглинок делювиальный	15-25	250-400
4	Песок аллювиальный с линзами суглинка	Не определяется	350-500
5	Супесь элювиальная	120-180	700-1000
6	Известняк	85-300	1000-2500

По результатам интерпретации построены геофизические разрезы и карта условной поверхности кровли известняков. Явных признаков развития карста на данной территории не выявлено, однако обнаружена погребенная палеодолина небольшой реки

Контрольные вопросы

1. Задачи и методы малоглубинной (инженерной) геофизики
2. Классификация методов инженерной геофизики по решаемым задачам
3. Основные задачи и методы гидрогеологической геофизики на разных этапах работ: съемки, поиски и разведка подземных вод разных типов.
4. Какие геофизические методы используются для изучения динамики подземных вод?
5. Какие методы геофизики применяются для изучения литологии (выявления коллекторов и водоупоров), обводненности и минерализации подземных вод?
6. Основные задачи и методы инженерно-геологической геофизики.
7. Какие комплексы геофизических методов используются при изучении карста и оползня?
8. В чем особенности изучения мерзлых горных пород геофизическими методами?
9. Как изучаются подземные коммуникации методами технической геофизики
10. Комплексные геолого-геофизические исследования при решении задач в период строительства и эксплуатации сооружений