



Обеспечение эксплуатационной надежности транспортных сооружений
в условиях Сибири и Крайнего Севера



Комплекс геофизических методов при оперативной оценке устойчивости мостов и инженерно-геокриологических условий в криолитозоне

к.г.-м.н., в.н.с. Оленченко Владимир Владимирович

к.т.н., с.н.с. Федин Константин Владимирович

м.н.с. Осипова Полина Сергеевна

Новосибирск, 2023

Актуальность

- В процессе эксплуатации транспортных сооружений в условиях криолитозоны по различным причинам происходит деградация многолетнемерзлых грунтов, что приводит к уменьшению их несущей способности и деформациям конструкций. Для планирования эффективных мероприятий по обеспечению устойчивости сооружений необходимо иметь целостное представление о геокриологических условиях и процессах, приводящих к деформациям.



<https://thumbs.dreamstime.com/z/же-езно-орожный-мост-и-еформация-же-езно-орожного-пути-построенные-75739660.jpg>

- **Цель исследования** – оценка технического состояния фундаментов и грунтовых оснований объектов инфраструктуры, эксплуатируемых Ямальским филиалом ООО «Газпромтранс»
- **Задачей** исследований является оценка информативности комплекса геофизических методов при обследовании грунтов основания опор моста, подходов мостового перехода и железнодорожного полотна.

Методы и методика исследований

Пассивная сейсморазведка на стоячих волнах

- Определение устойчивости опор моста
- Оценка напряжённо-деформированное состояние конструкций моста
 - Локализация места скрытых дефектов.



Электротомография

- Определение границ талых и мерзлых грунтов, контуров растепления, литологических границ.



Пассивная сейсморазведка

Регистрация вертикальных и горизонтальных данных на сваях

Регистратор



Датчики GS-20DX



Процесс регистрации сигнала на сваях под мостом



Процесс регистрации на основании моста

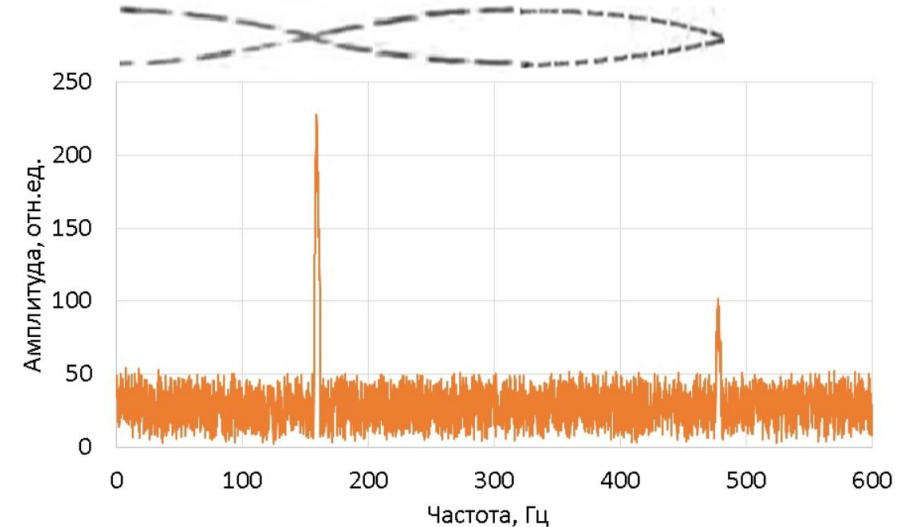
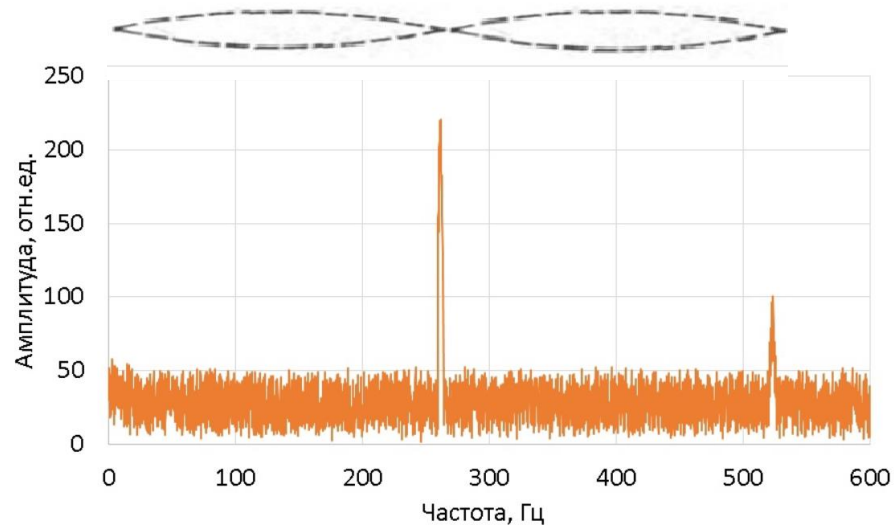
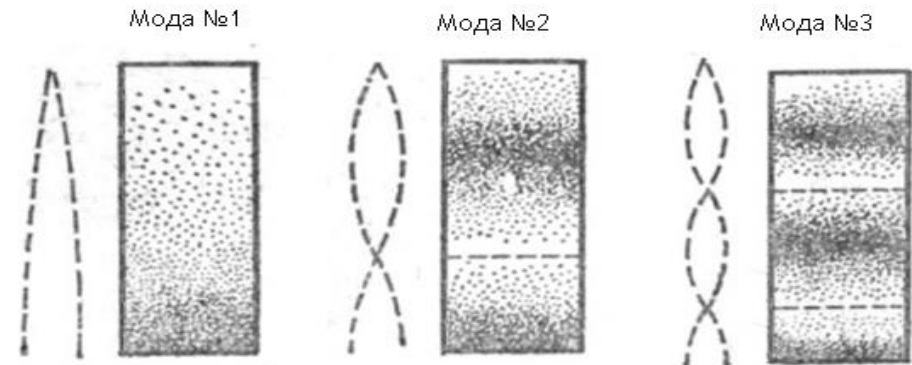
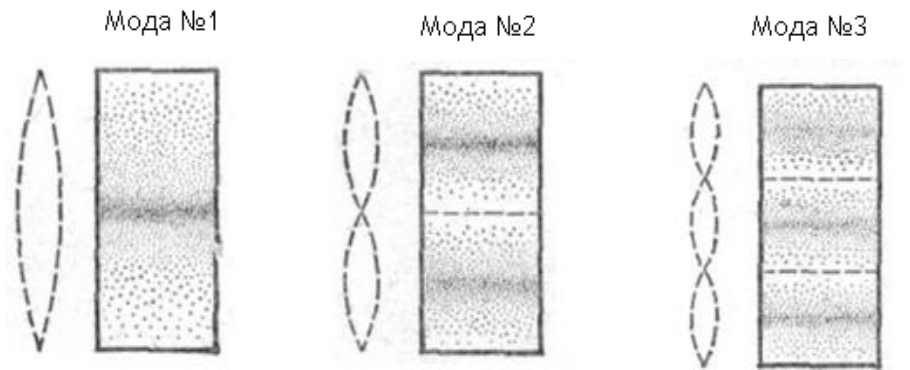
Распределение амплитуд в стоячих волнах в вертикальных компонентах

Торцы свай жестко закреплены

$$f_n = \frac{nV}{2h}$$

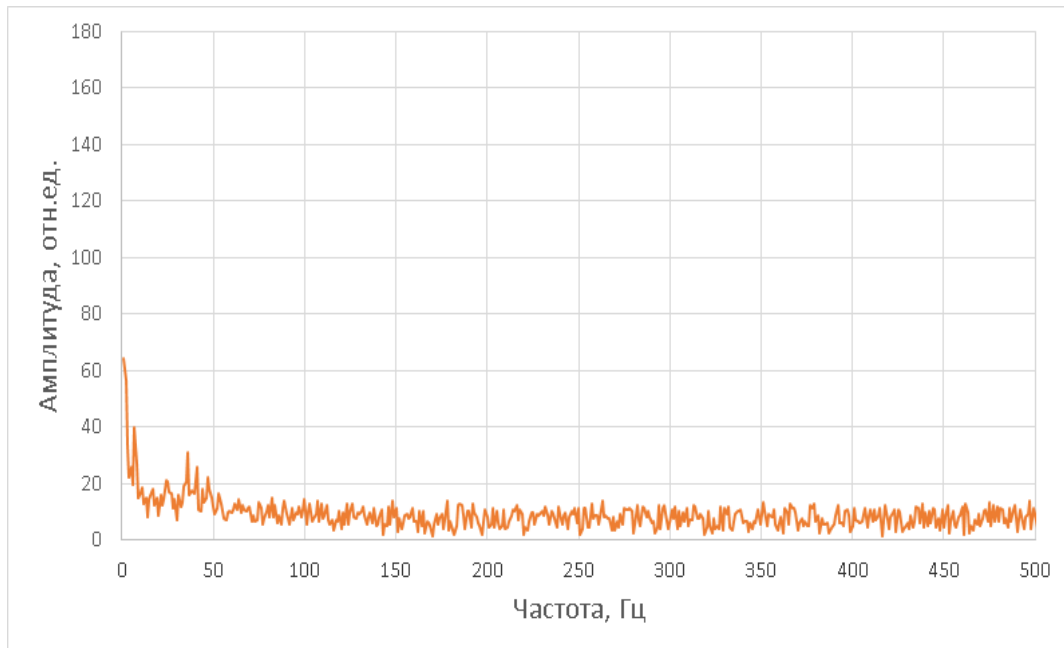
Один торец свай закреплен

$$f_n = \frac{(2n - 1)V}{4h}$$

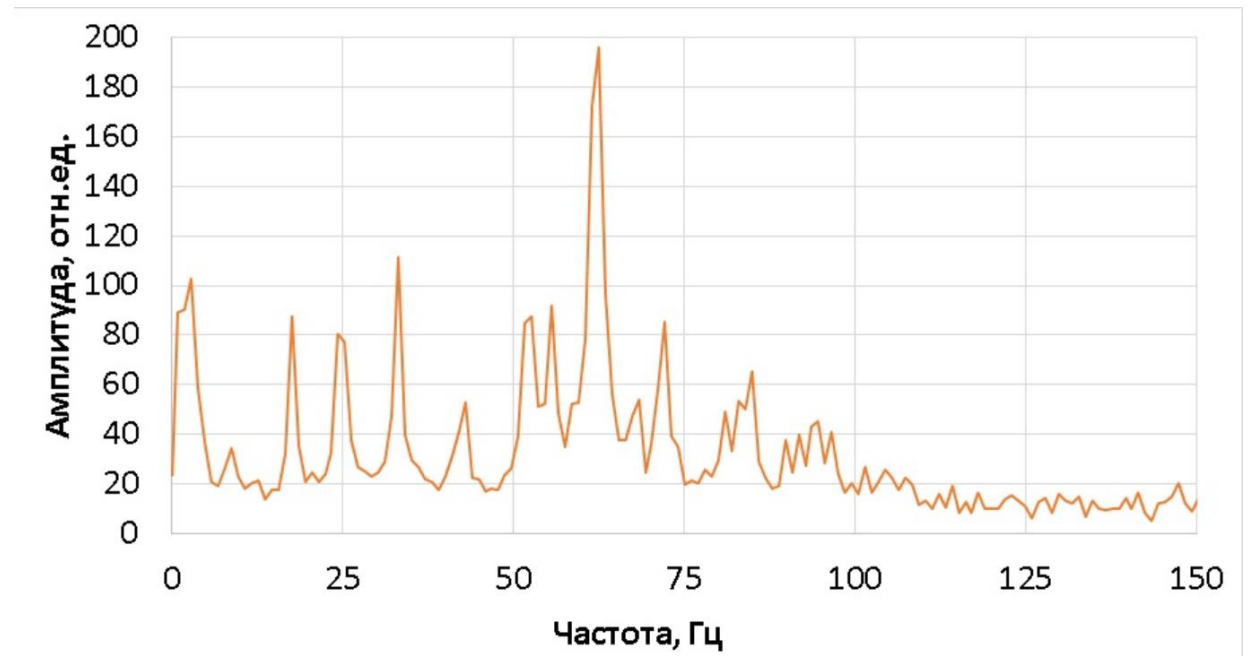


Распределение амплитуд горизонтальных компонент стоячих волн в сваях

Торцы сваи жестко закреплены



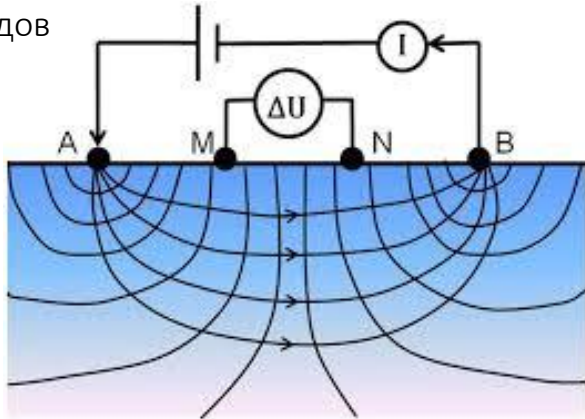
Один торец сваи закреплен



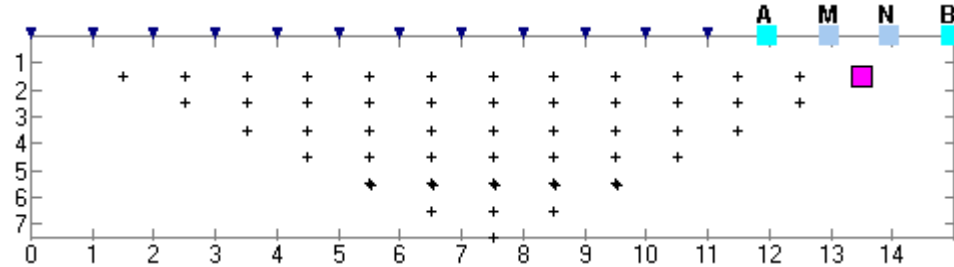
Электротомография (ЭТ)

ЭТ основана на различии горных пород по удельному электрическому сопротивлению

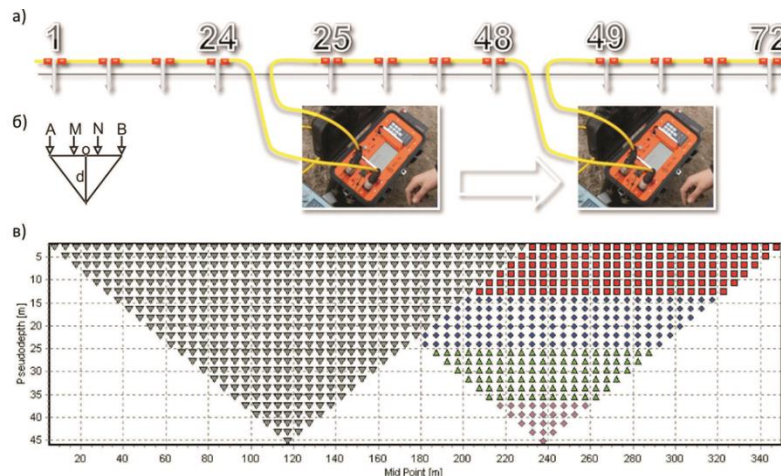
УЭС измеряется с помощью питающих и приёмных электродов



При увеличении расстояния между питающими электродами возрастает глубинность исследований (зондирование среды)

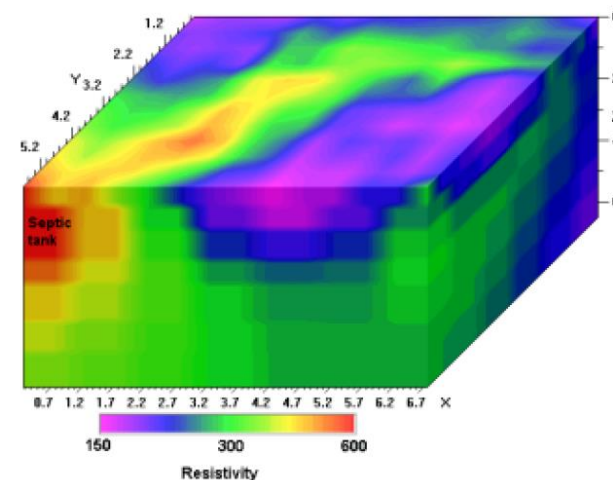
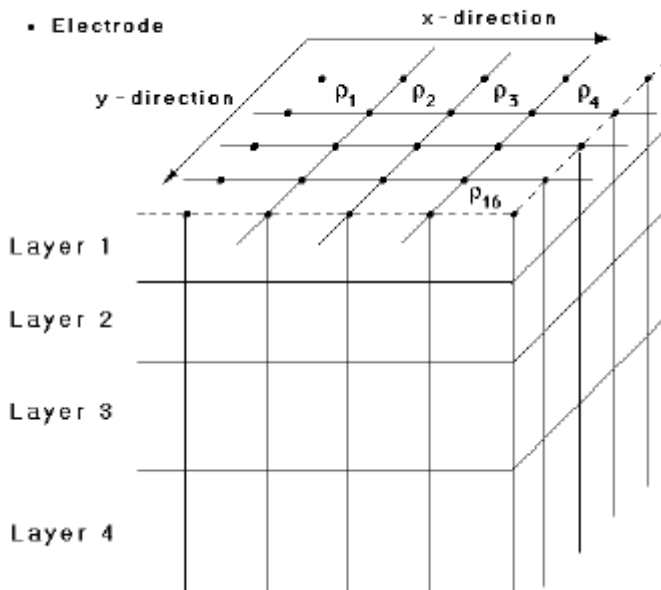
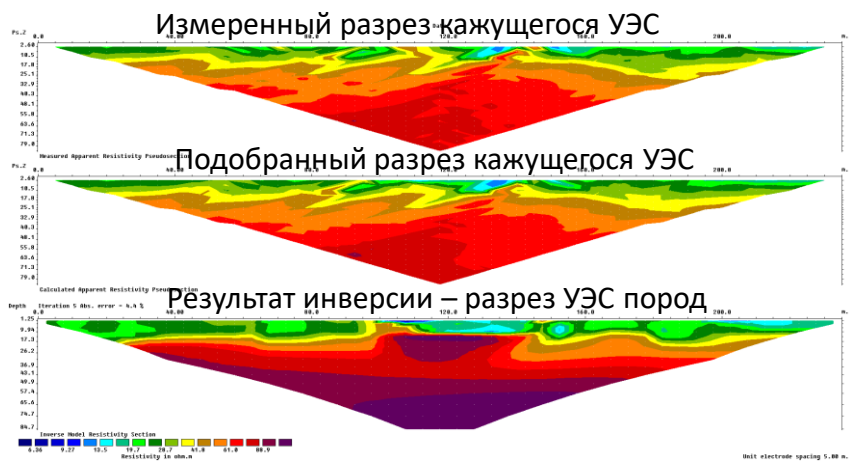
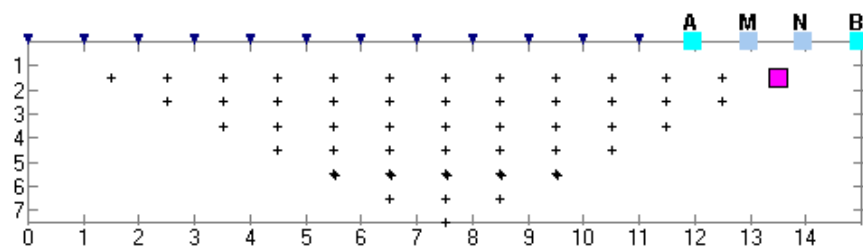


При ЭТ используются многоэлектродные установки и многоканальная аппаратура



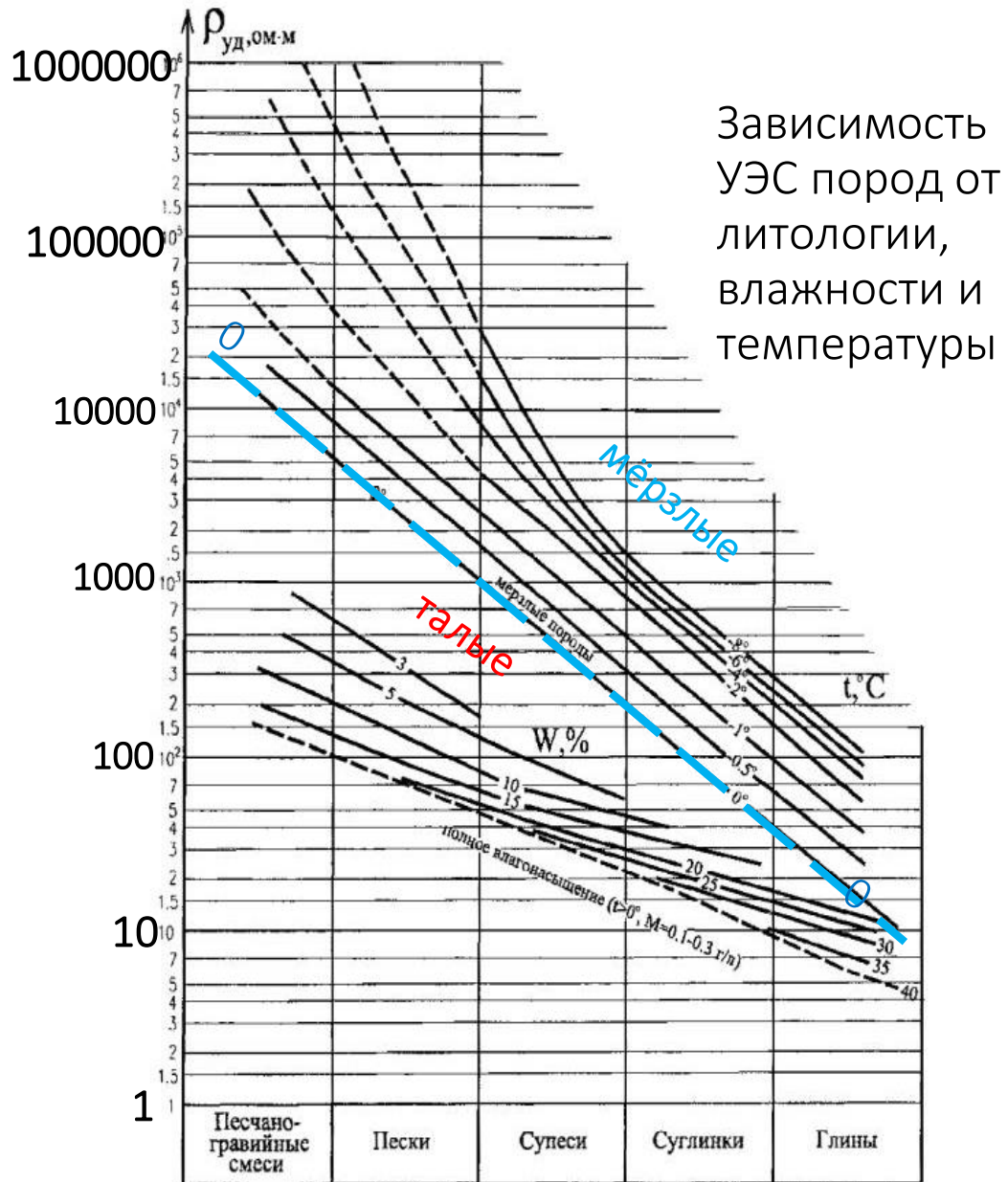
Принципы электротомографии

1. Многоэлектродные измерения
2. Автоматическая инверсия данных

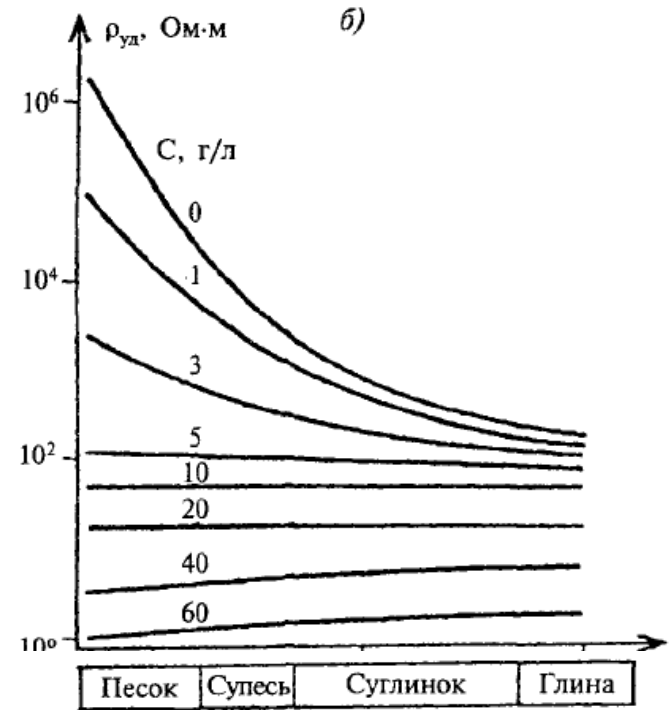




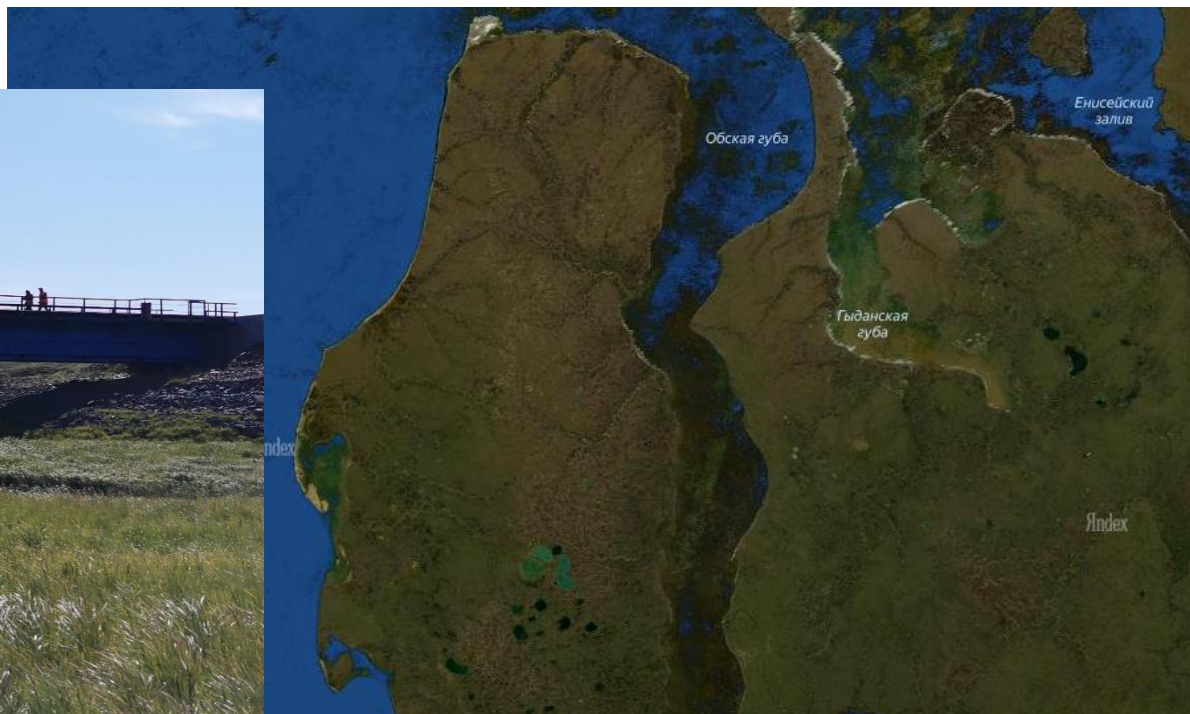
Электрические свойства грунтов – основа геологической интерпретации



Зависимость удельного электрического сопротивления грунтов от минерализации поровой влаги



Объекты исследований. Мост №1

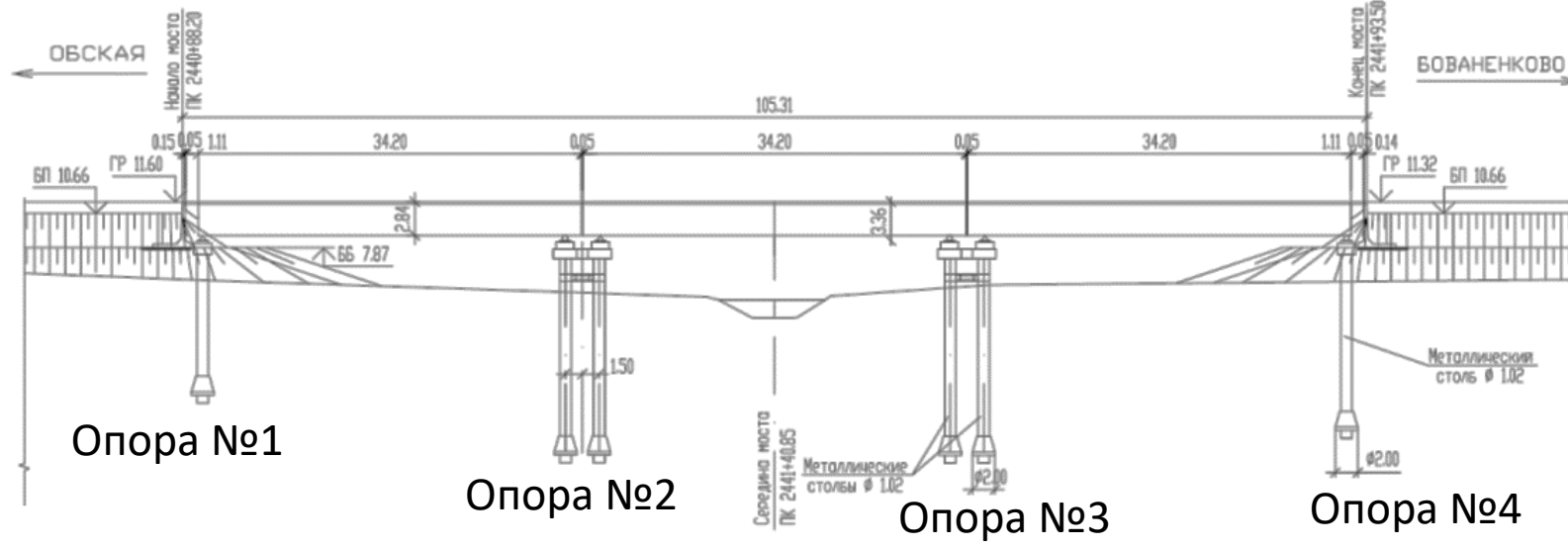


Объекты исследований. Мост №2

Объект без признаков деформаций

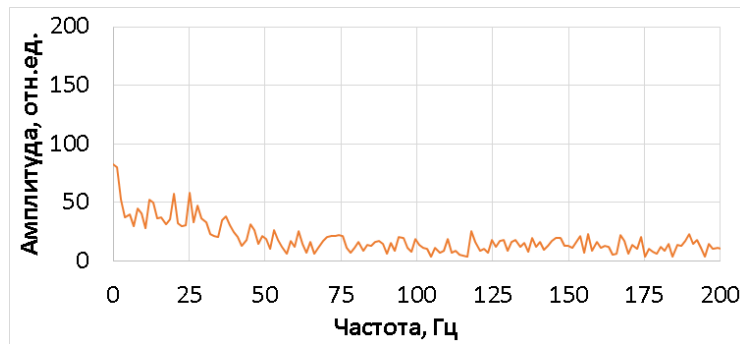


Схема моста №1

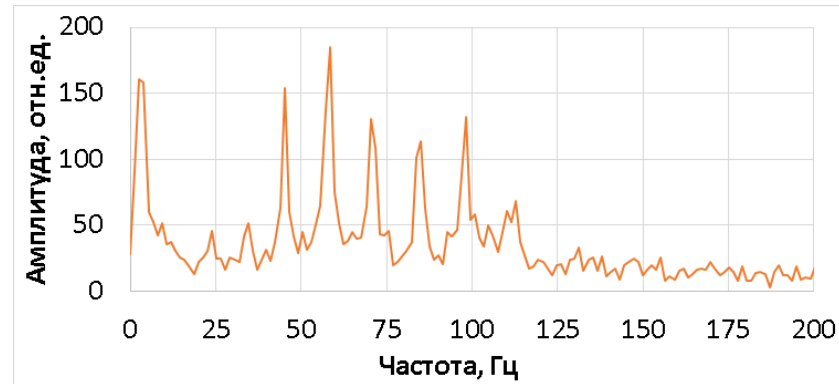


Спектры горизонтальных колебаний

Опора №1



Опора № 2, 3



Опора № 4

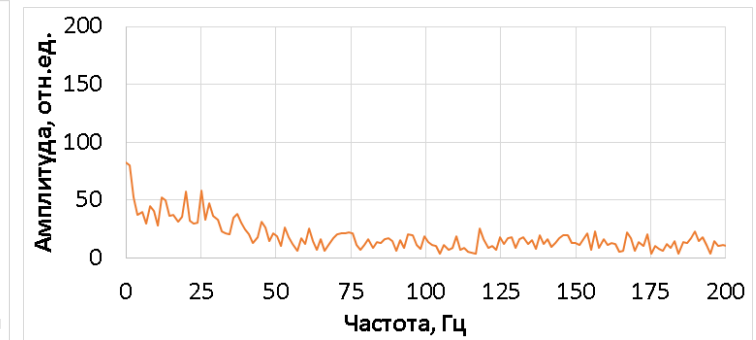
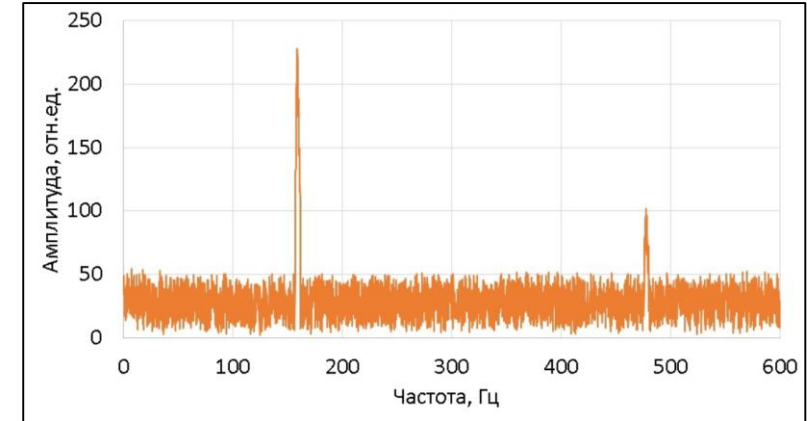
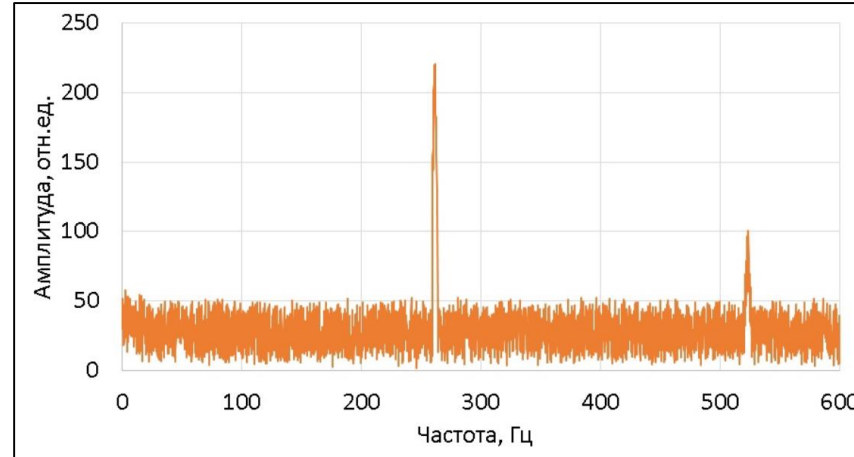
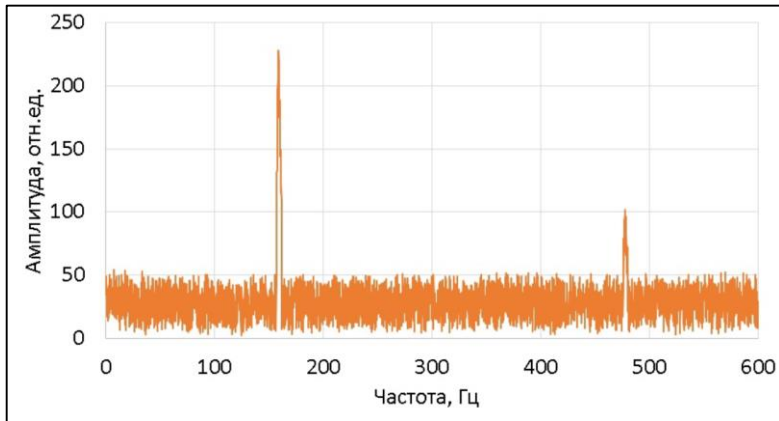
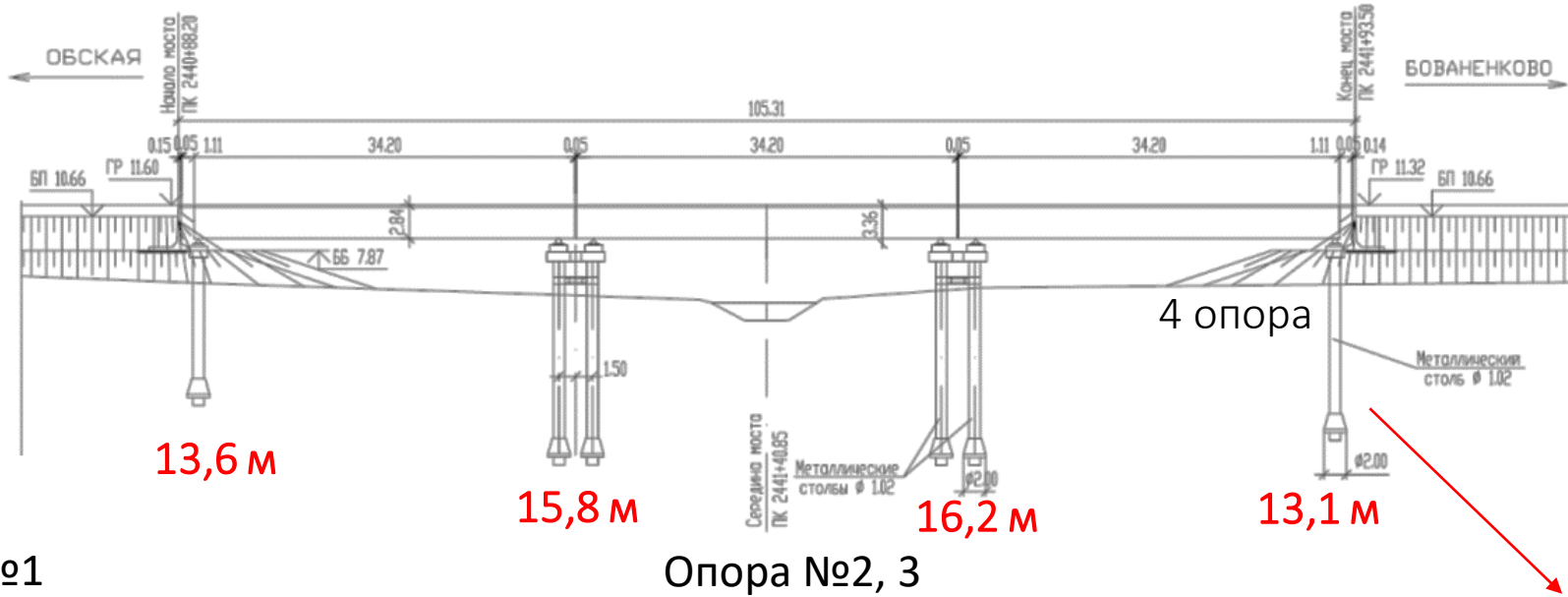
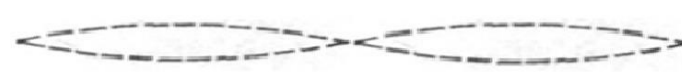


Схема моста №1 и амплитуда колебаний на разных частотах

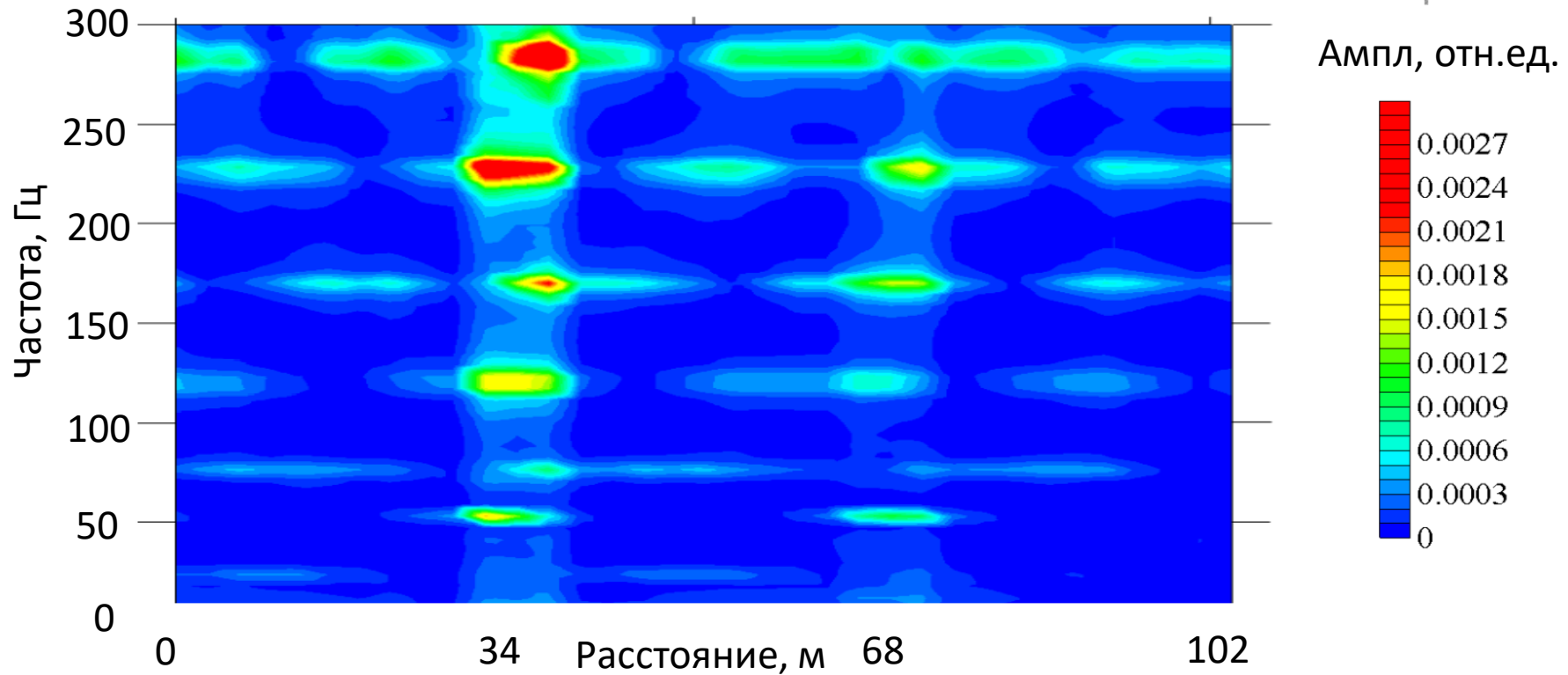
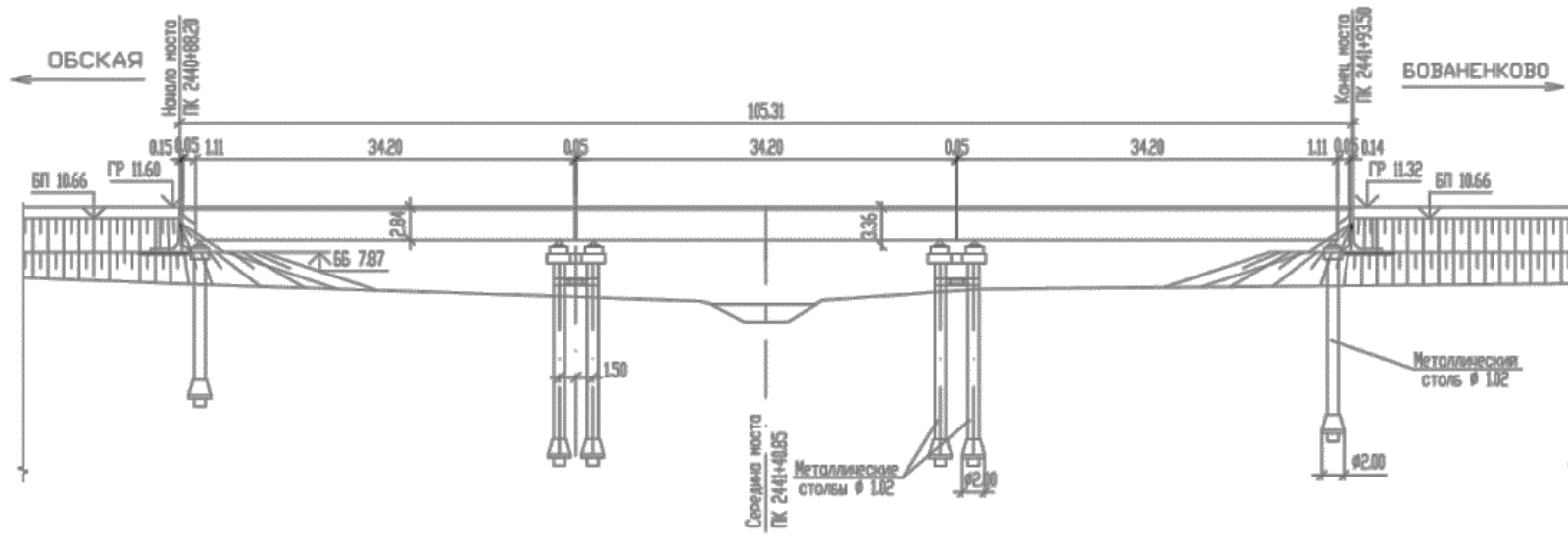


1 конец жёстко закреплён, а сверху не закреплён

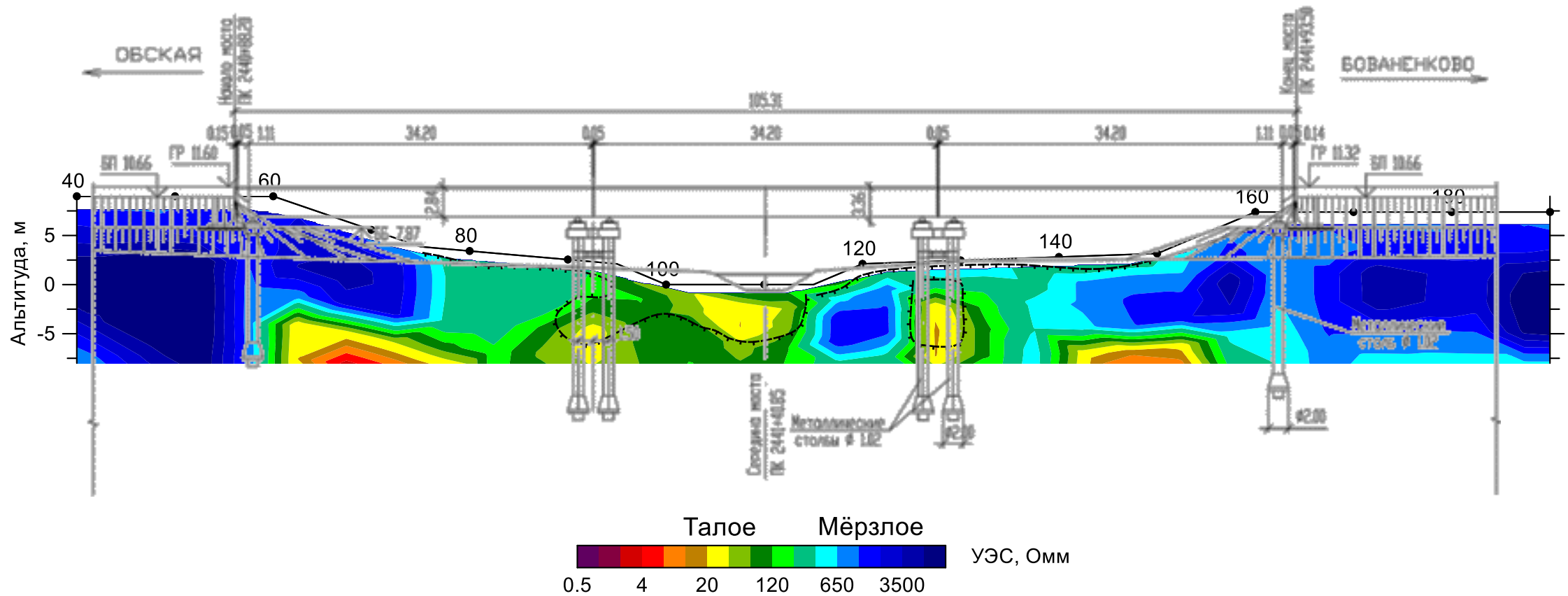


Опоры не закреплены

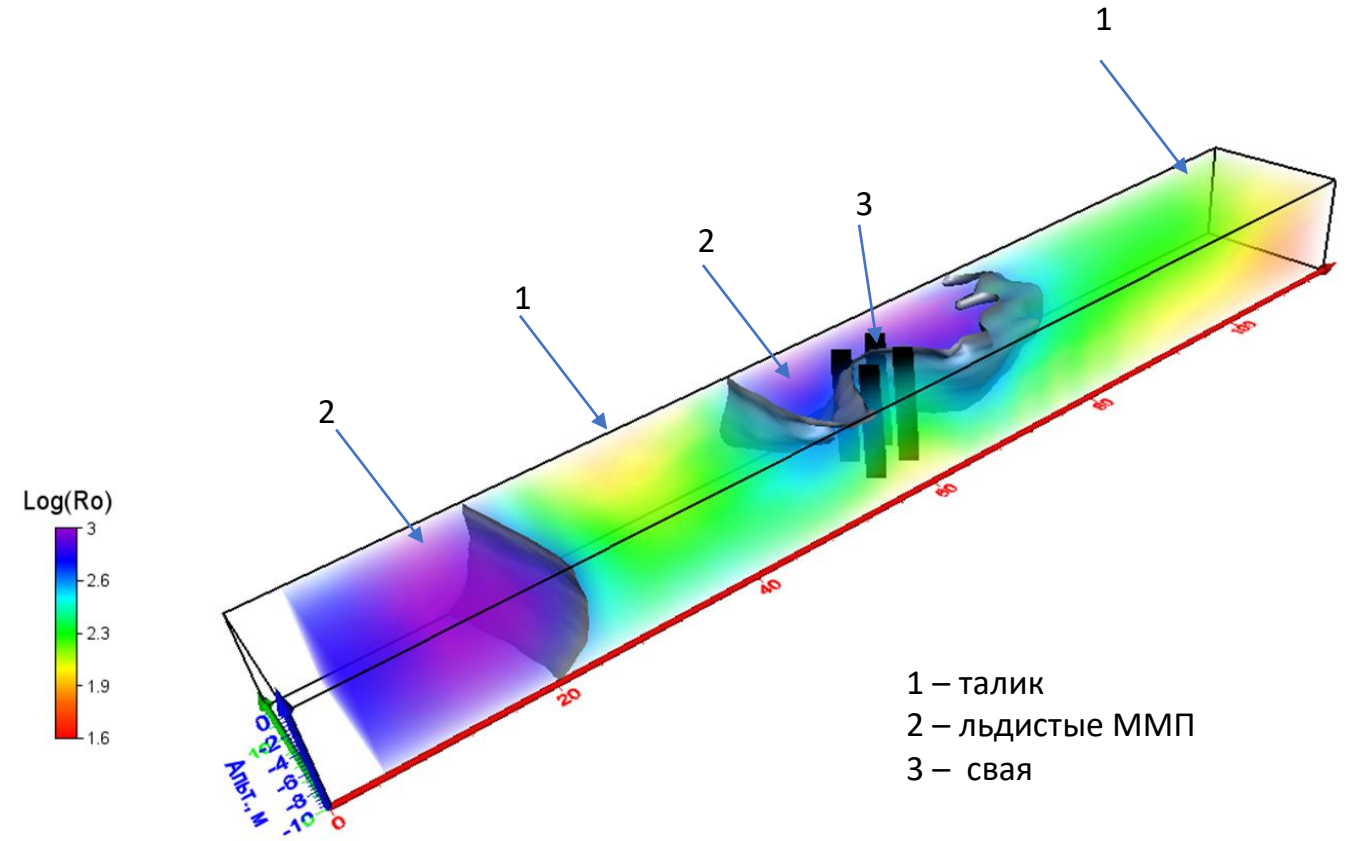
Схема моста №1 и частотно-амплитудное распределение колебаний вдоль моста



Геоэлектрический разрез вдоль моста №1 по результатам 2D инверсии



Объёмная геоэлектрическая модель по результатам 3-D инверсии



Сопоставление данных ЭТ и сейсмоакустики

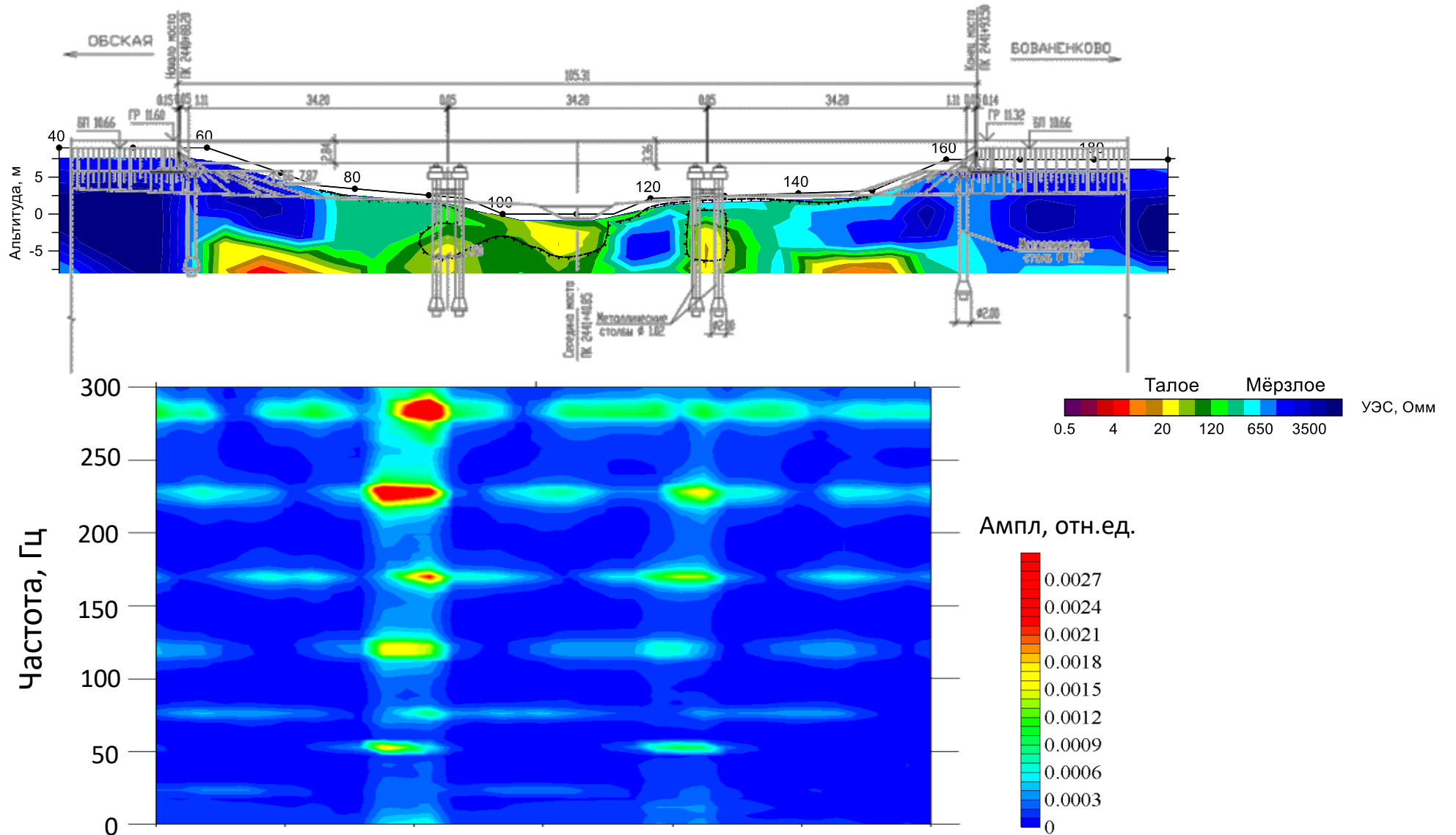


Схема моста № 2 и амплитудно-частотное распределение колебаний

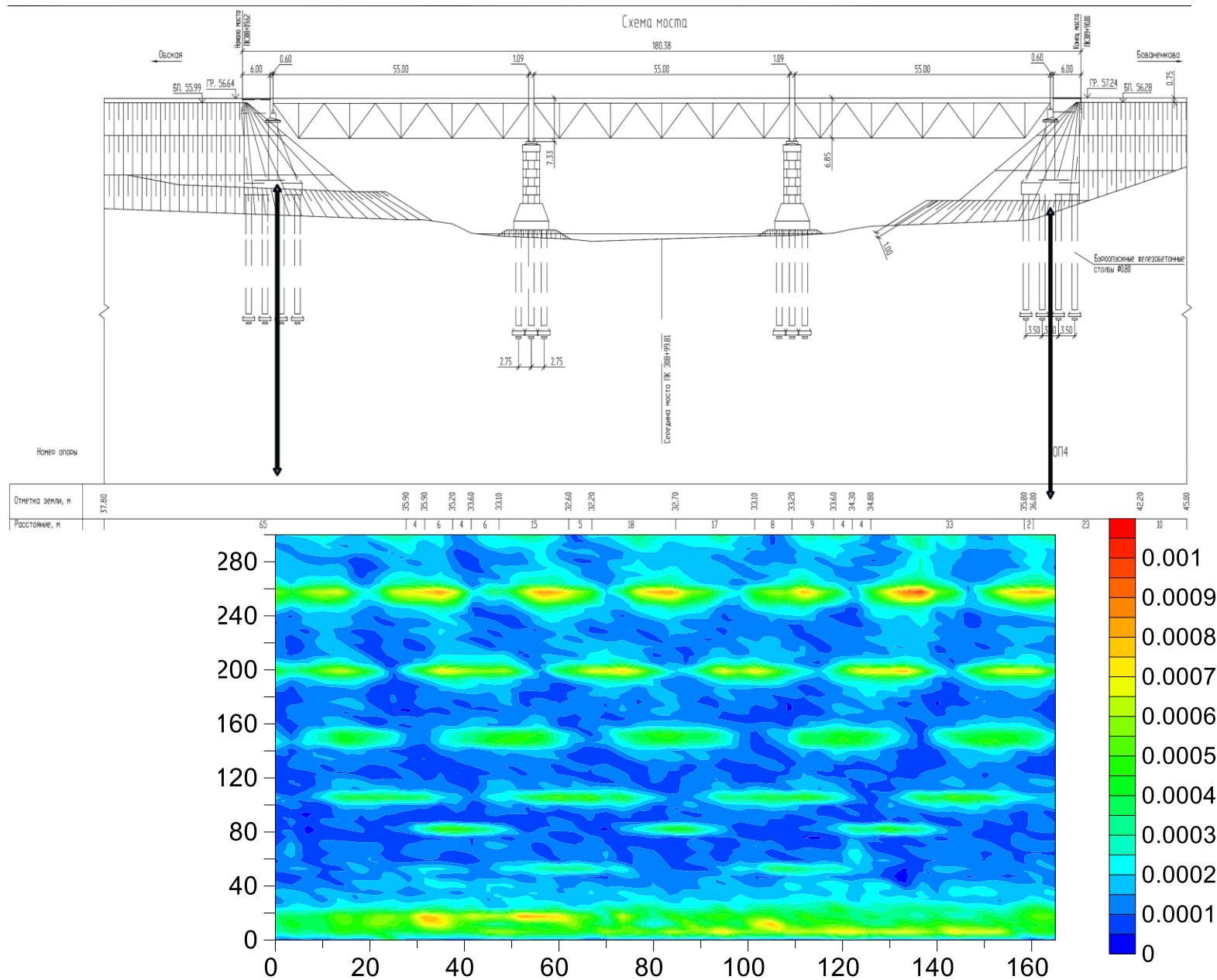
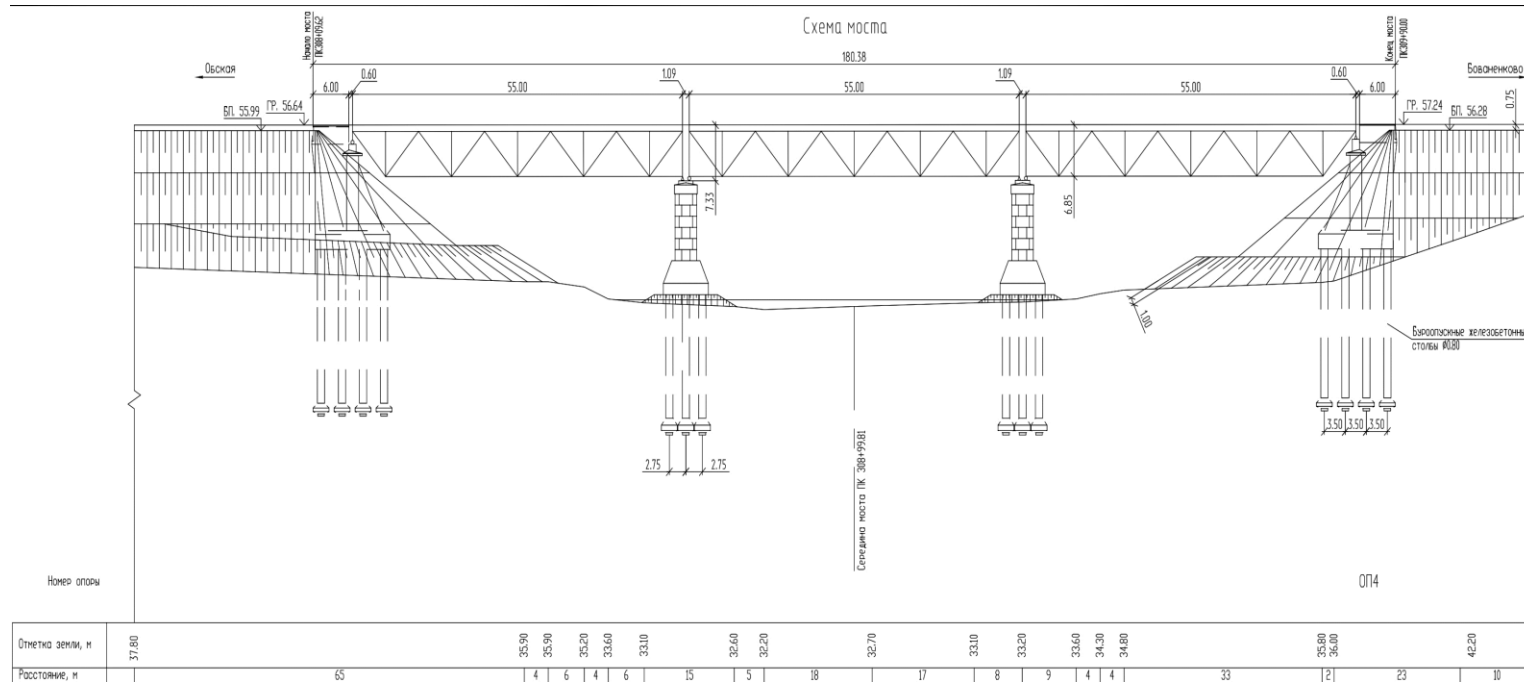
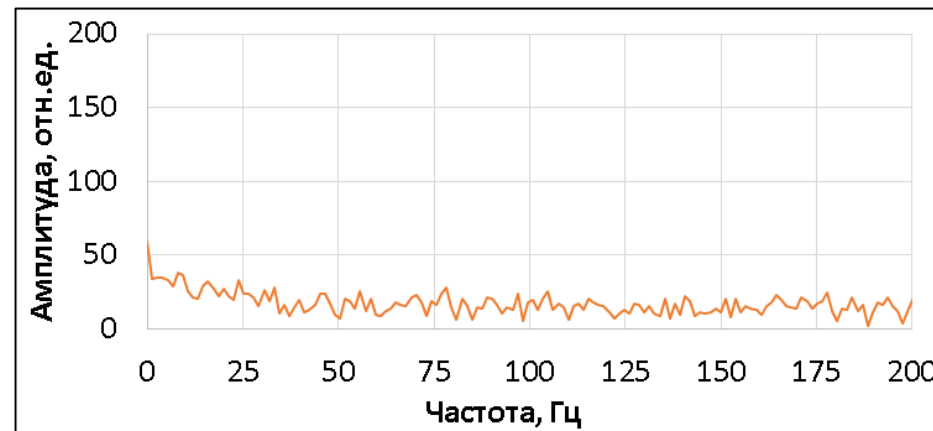


Схема моста №2 и амплитудно-частотная характеристика горизонтальных колебаний

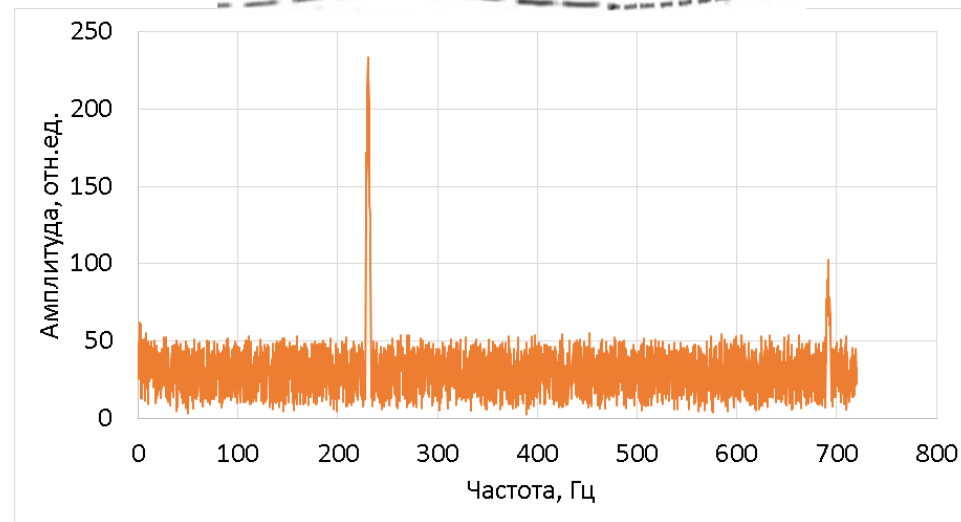
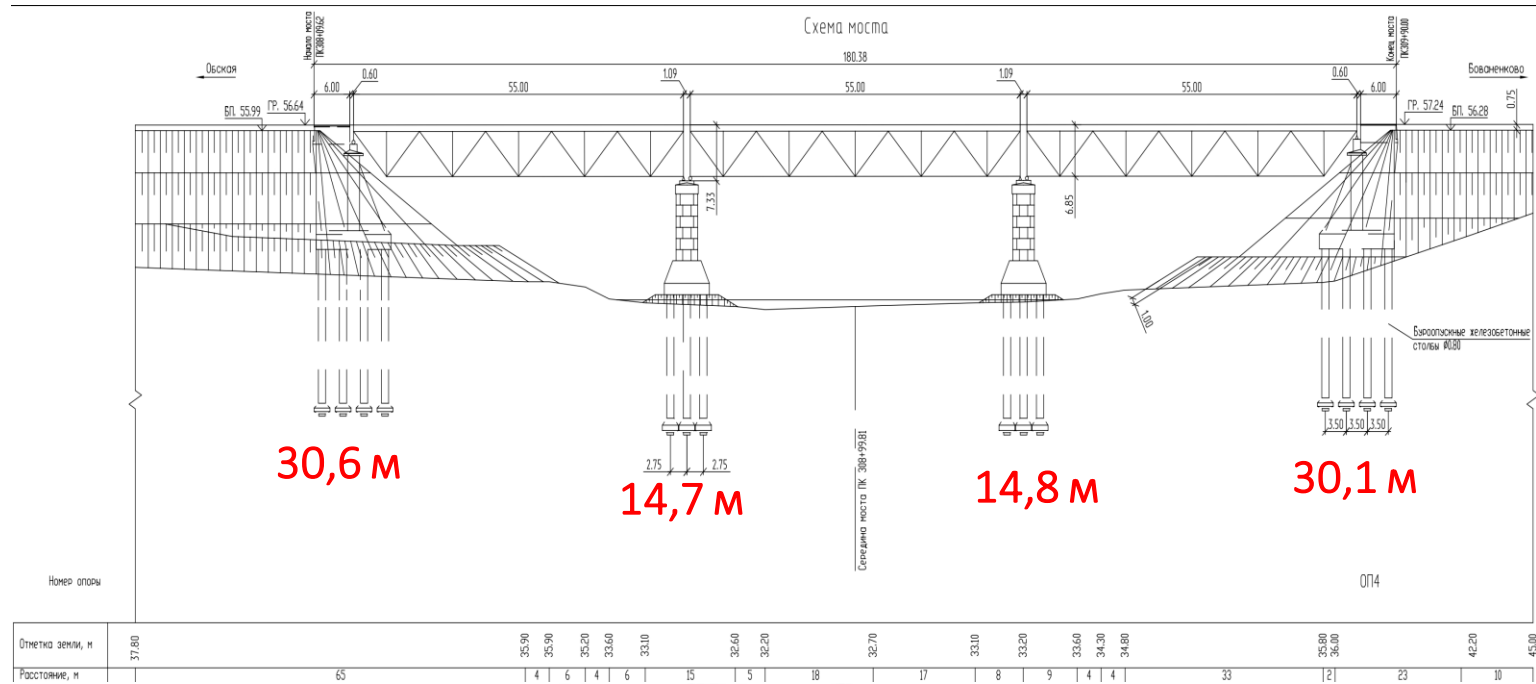


Спектр собственных колебаний



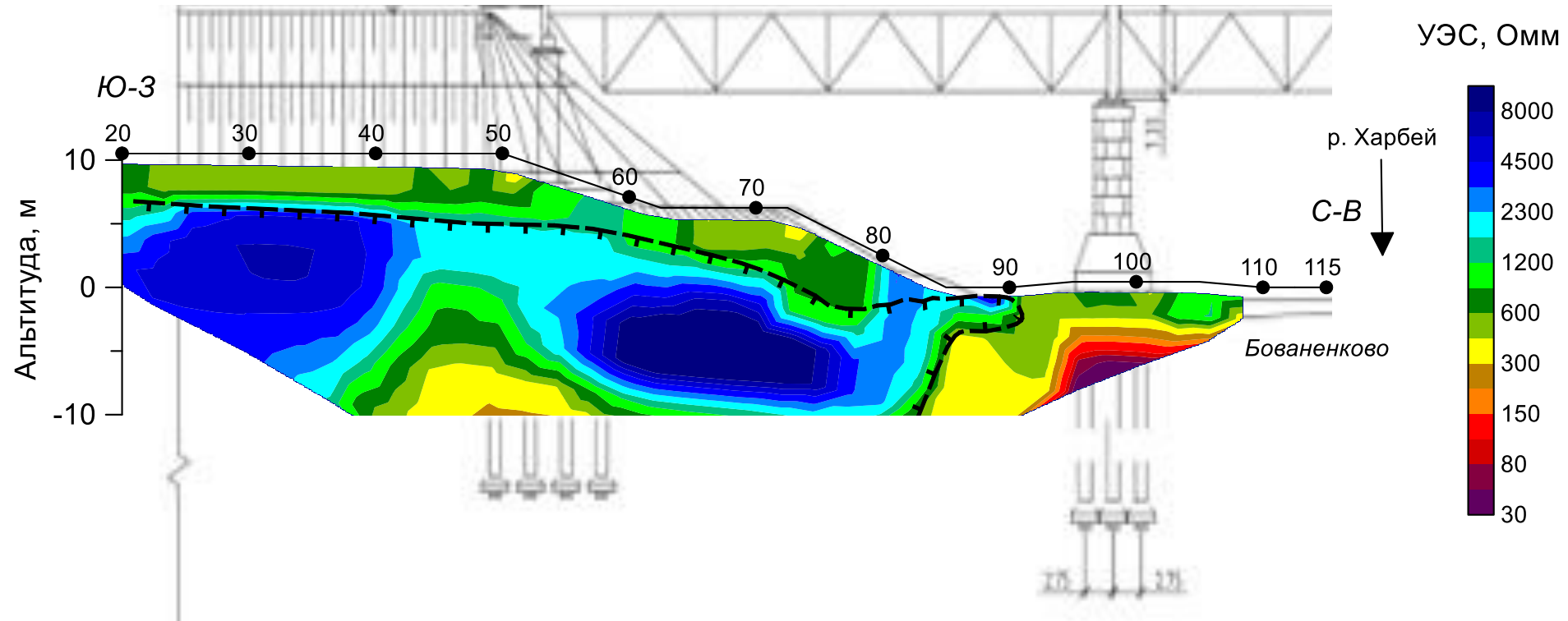
Итог:
Аномалий не
выявлено, с мостом
все хорошо

Схема моста № 2 и амплитудно-частотная характеристика вертикальных колебаний



Признаки закрепленной опоры снизу

Геоэлектрический разрез по результатам 2D инверсии у опор моста №2



Отмечается сохранение ММП в береговом примыкании без существенного развития подруслового талика

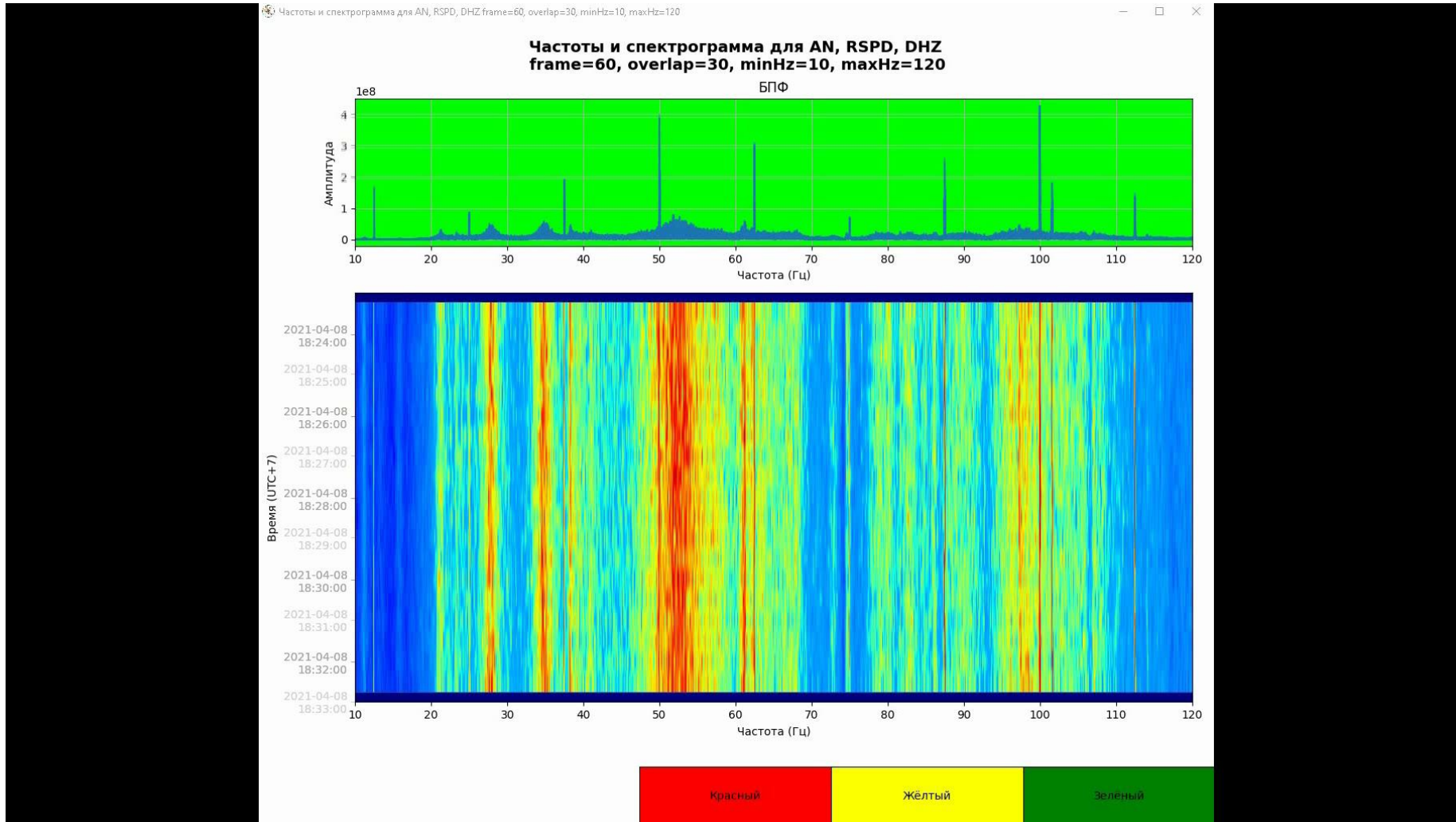
Выводы

- Комплекс сейсмоакустических и электроразведочных исследований позволяет оперативно оценить состояние устойчивости мостов и геокриологической обстановки в пределах опор.
- Электроразведка даёт возможность оконтурить льдистые грунты на участках образования термокарста, что необходимо для планирования инженерных мероприятий

Что мы можем

- Оценить границы распространения ММП, выделить талики и оконтурить льдистые грунты в пределах инженерных сооружений.
- Проверить пролеты мостов и опоры на устойчивость.
- Определить длины свай и характер их закрепления у основания (“висячая” или жестко закрепленная опора).
- Рассчитать время службы моста до момента катастрофы (создание математической модели моста и расчет конечно-разностными элементами срока службы предварительно выполнив 1 и 2 пункты).
- Поставить датчик предупреждения ЧС (при изменении собственных колебаний сооружения отправляется смс с оповещением).

Пример работы датчика ЧС



Три режима:

- 1) Зеленый цвет (частоты не меняются);
- 2) Желтый (не значительные изменения частот, например в следствии изменения погодных условий);
- 3) Красный (критическое изменение частот).

Благодарим за внимание!

