

РАЦИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ГЕОФИЗИЧЕСКИХ  
МЕТОДОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОГО  
МИКРОРАЙОНИРОВАНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
ВОДОСНАБЖЕНИЯ НАСЕЛЁННОГО ПУНКТА НА  
ПРИМЕРЕ ГОРОДСКОГО ОКРУГА Г. СОЧИ

Выполнил: Бабуркин И.А.

Научный руководитель: Кауркин М.Д.

# Введение

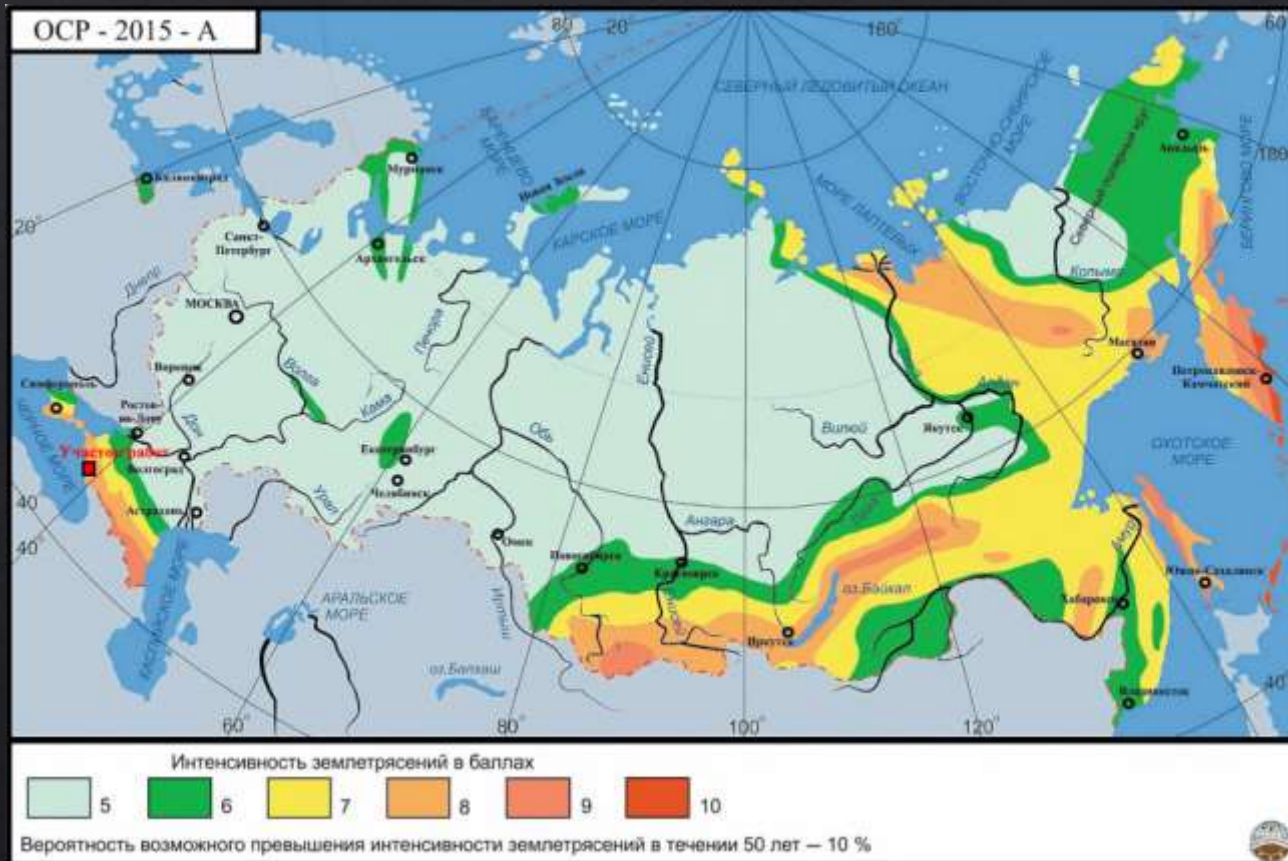


**Местоположение г. Сочи на карте**

Объект изысканий находится на территории Краснодарского края, муниципального образования городского округа города-курорта Сочи.

На объекте предусматривается строительство сети водоснабжения и канализации, а также площадки очистных сооружений, что в свою очередь требует выполнения комплекса геофизических методов для проведения сейсмического микрорайонирования с целью обеспечения процесса проектирования информацией о сейсмических воздействиях на площадке строительства.

# Задачи инженерно-геофизических исследований



Карта ОСР-2015-А

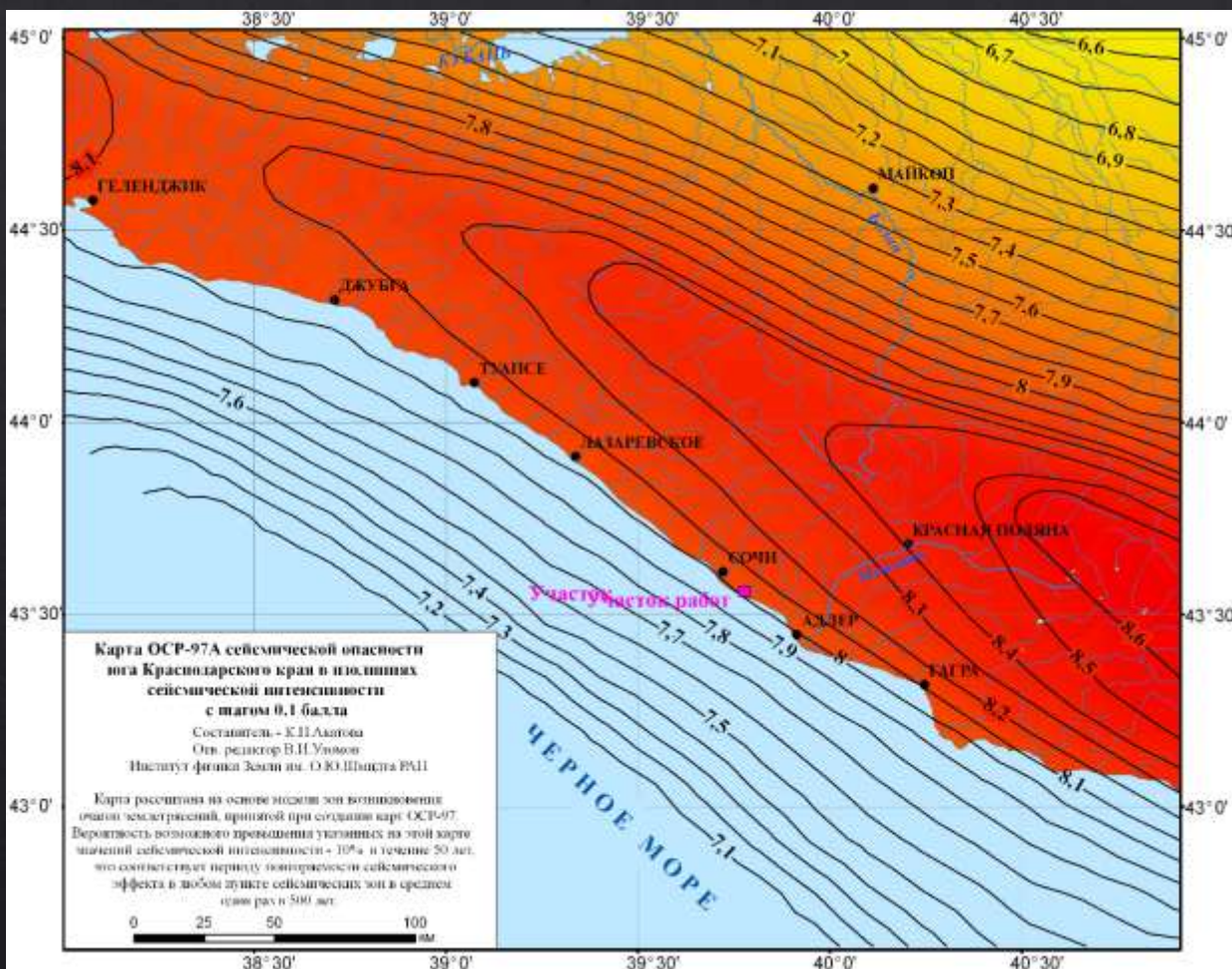
Задачей сейсмического микрорайонирования является оценка влияния местных условий на ожидаемое сейсмическое воздействие.

Инженерно-геофизические исследования проводились для целей СМР, в частности для получения скоростных характеристик грунтов, необходимых для расчетов. В свою очередь, геофизические методы являются одним из видов исследований при инженерно-геологических изысканиях на этапах проектирования и строительства.

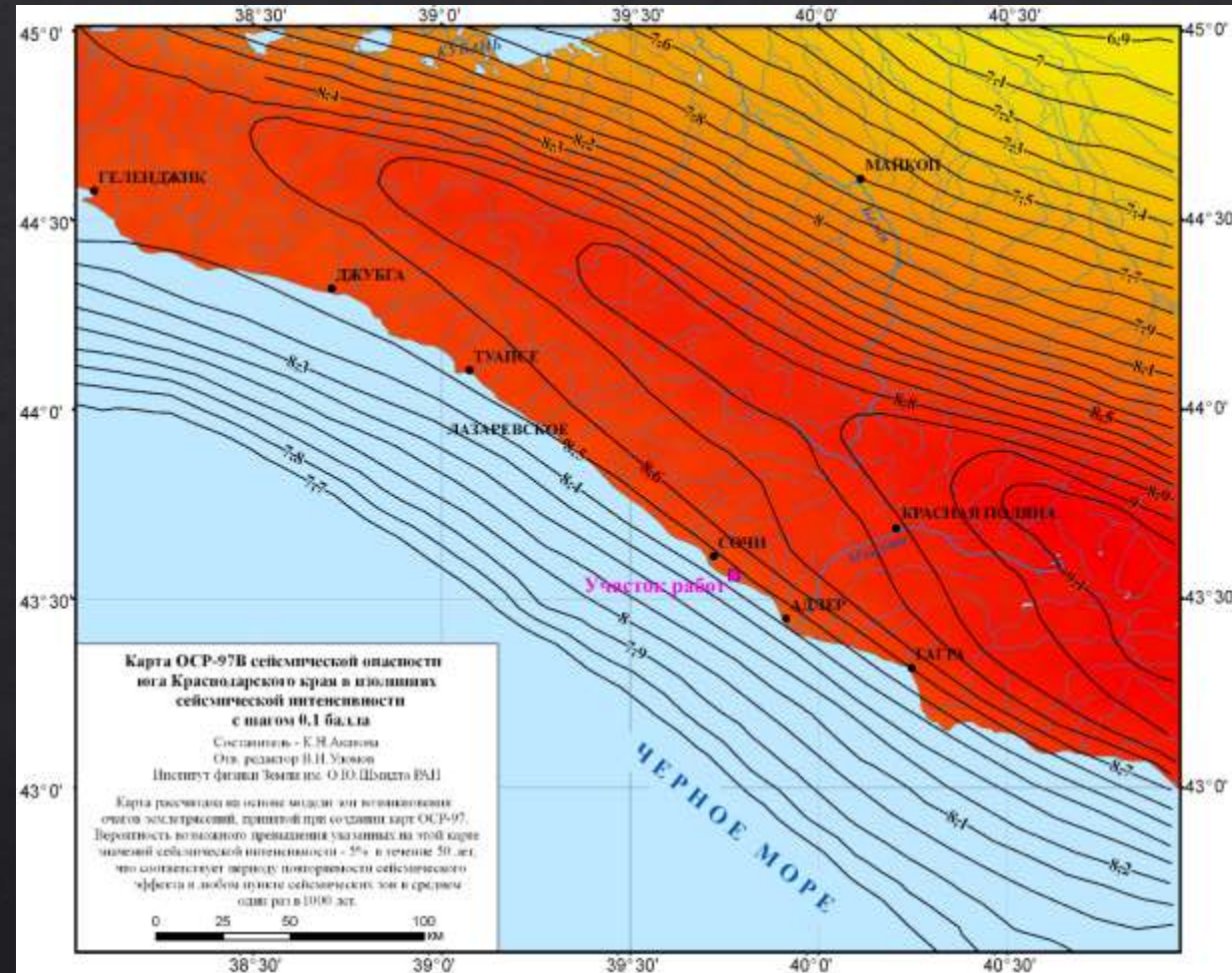
Для уточнения исходной сейсмичности перед началом работ использовались комплекты карт ОСР-2015, ОСР-97 и ДСР Северо-Западного Кавказа.



# Уточнение исходной сейсмичности



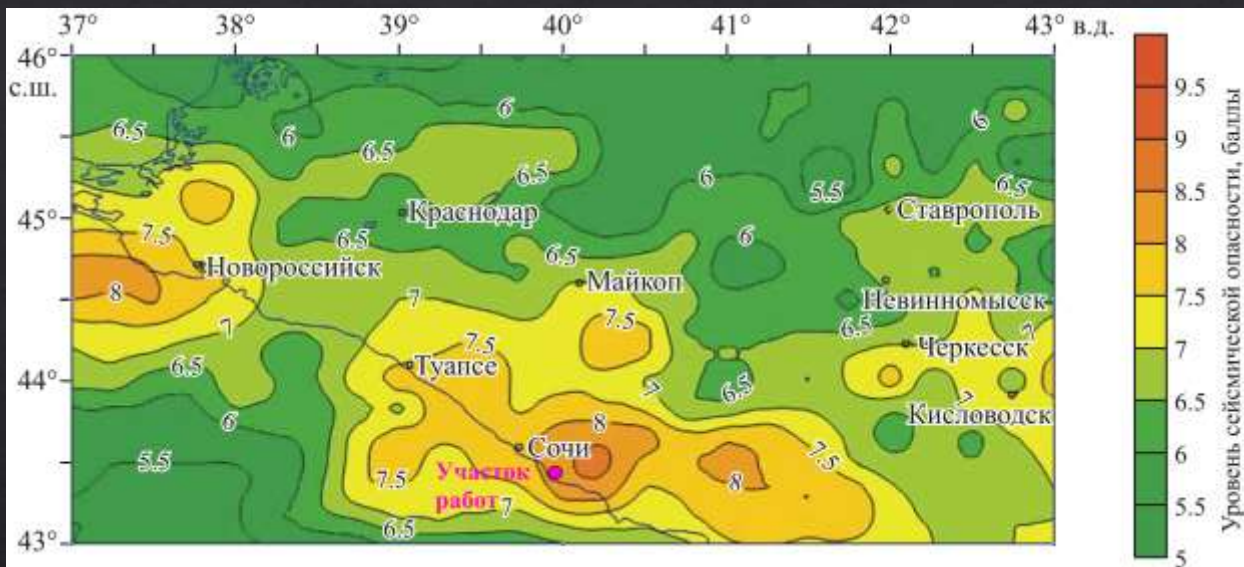
Карта ОСР-97-А



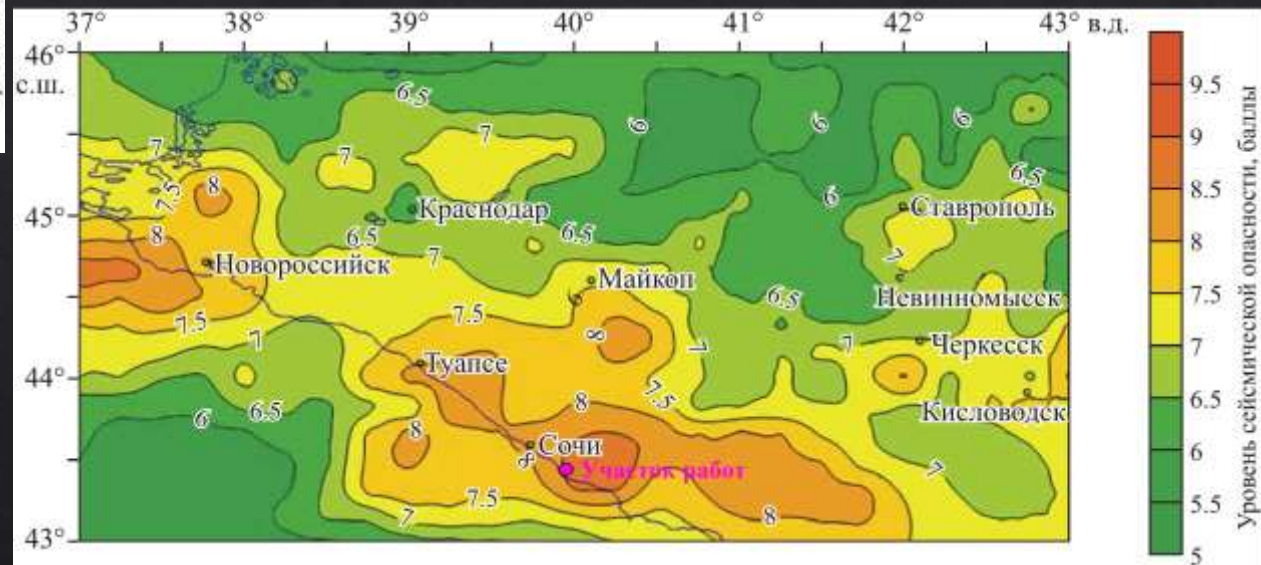
Карта ОСР-97-В



# Уточнение исходной сейсмичности

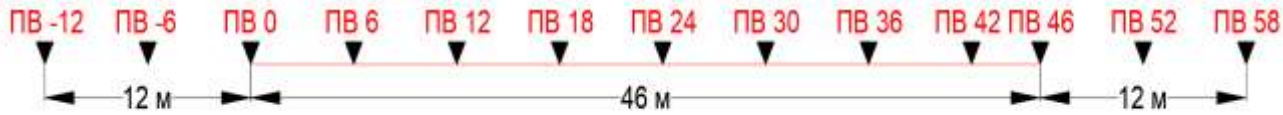


Карта ДСР-А



Карта ДСР-В

# Методика сейсморазведки методом МПВ-ОГП



**Схема системы наблюдений**

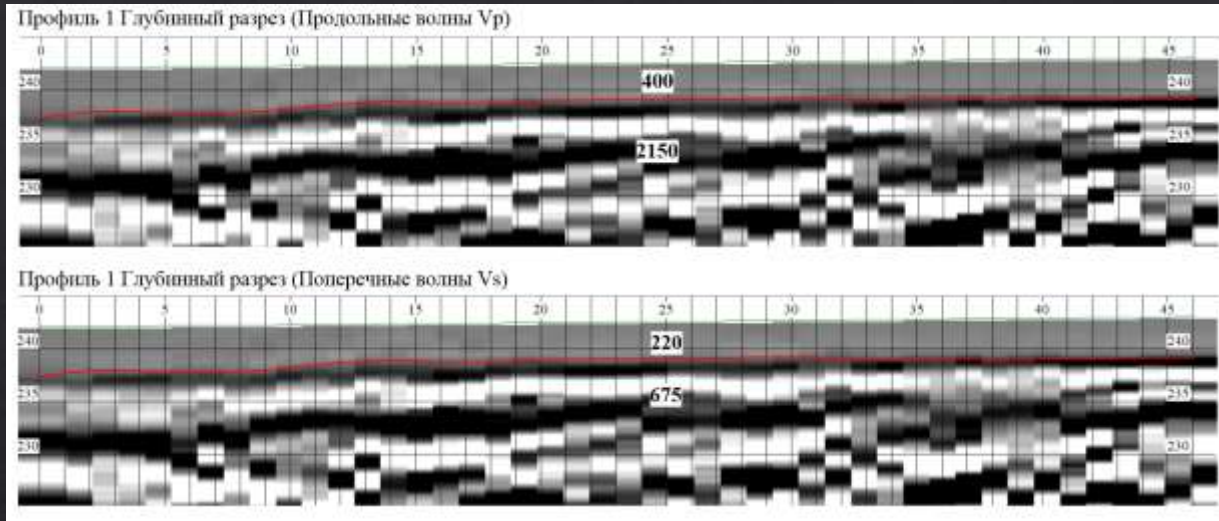


**Проведение сейсморазведочных работ**

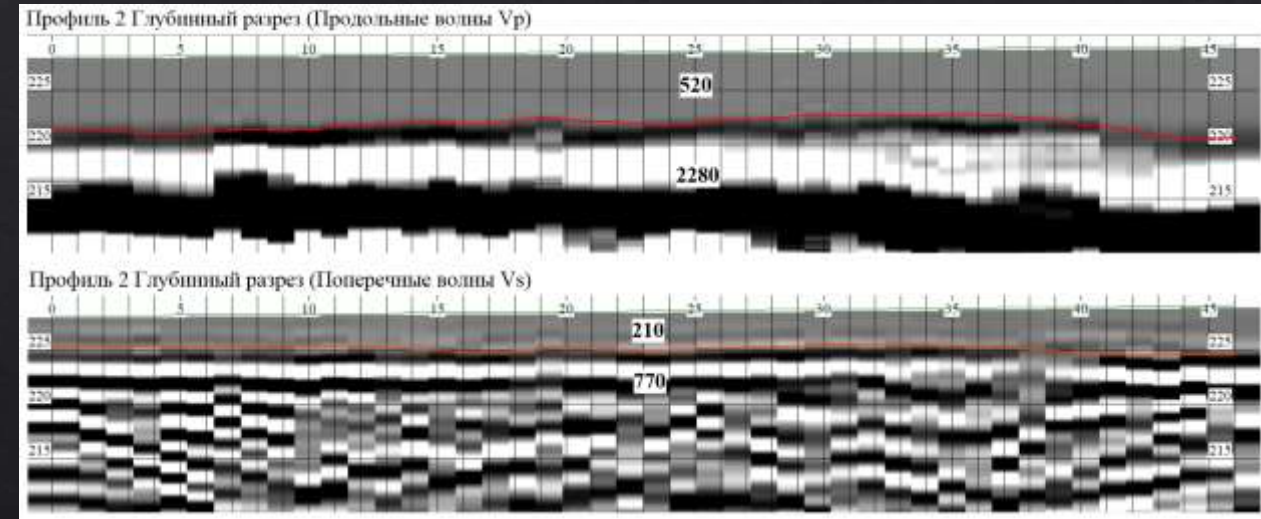
Сейсморазведочные исследования проводились методом преломленных волн МПВ-ОГП на поперечных горизонтально-поляризованных и продольных волнах. Регистрация колебаний производилась сейсмической косой длиной 46 м, общая протяженность одного сейсмозондирования равнялась 46 м. Шаг приёма составлял 2 метра. Пункты возбуждения упругих колебаний располагались на косе и были организованы выносные удары. Всего было выполнено 6 профилей СЗ.



# Результаты сейсморазведочных работ



Глубинные разрезы z-z, а также x-x и y-y для профиля  
1

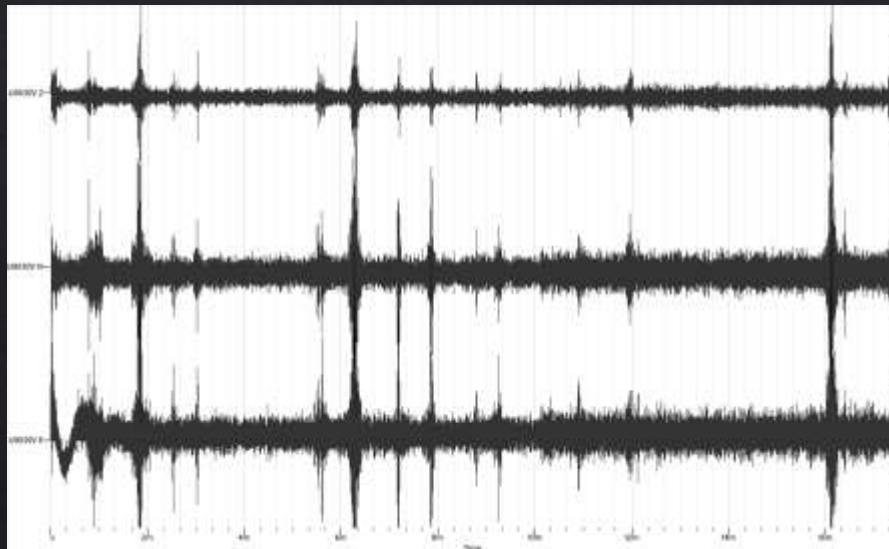


Глубинные разрезы z-z, а также x-x и y-y для профиля  
2

# Методика проведения сейсмологических наблюдений



**Проведение измерения микросейсм**



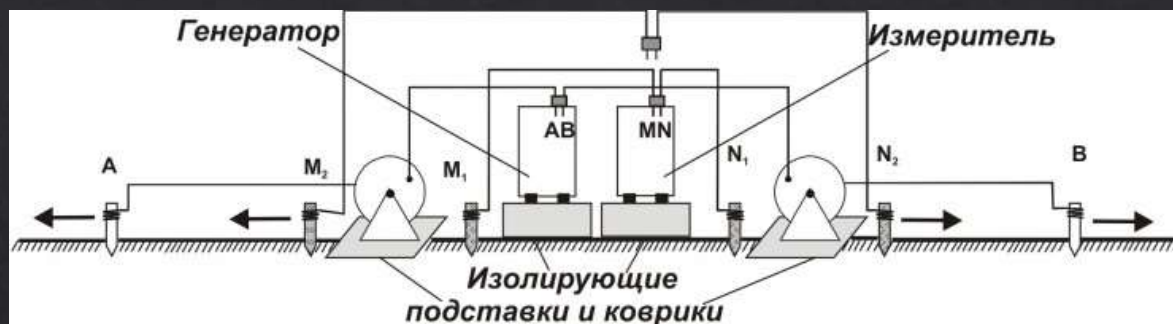
**Пример получаемых данных**

Методика полевых наблюдений за микросейсмами основывается на регистрации трех компонент колебаний. Комплект аппаратуры выставлялся на требуемую точку, при необходимости для снижения влияния помех акселерометр помещался в заранее подготовленную яму, глубиной порядка 10 см (либо устанавливался на поверхности грунта). После установки акселерометра к комплекту подключается источник питания (аккумуляторная батарея) и производилась запись.

На каждой точке наблюдения производилась запись в течении 10-15 минут. Всего было выполнено 6 точек измерения микросейсм.



# Методика проведения ВЭЗ



Схематичное изображение установки Шлюмберже



Проведение электроразведочных работ

В соответствии с ГОСТ 9.602-2016 были проведены электроразведочные работы для определения коррозионной агрессивности грунтов, включающие в себя ВЭЗ и измерение БТ.

Измерения выполнялись симметричной установкой Шлюмберже. Установка состоит из 2 питающих заземлений, через которые в землю пропускается постоянный ток, и 2 измерительных заземлений, между которыми измеряется разность потенциалов. Для измерения разности потенциалов и силы тока, пропускаемого через землю, применяются переносная измерительная аппаратура или специальные электроразведочные станции (состоящие из измерительной аппаратуры и источника тока). Величины разноса  $AB$  изменялись от 3,2 до 53,2 м. На каждом разноте измерялось значение тока в  $AB$  и напряжения в линии  $MN$ .

# Результаты электроразведочных работ по методу ВЭЗ

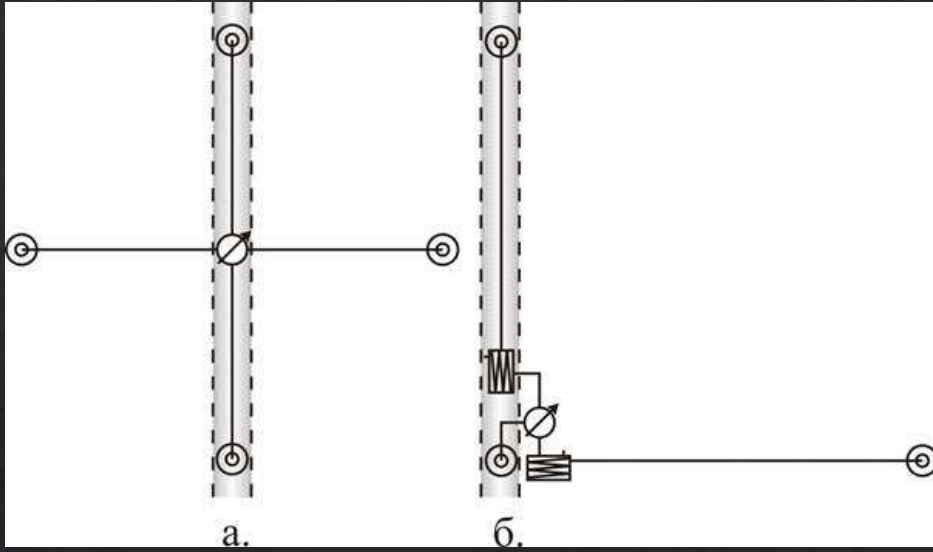
| Номер пункта измерения | Номер слоя | Мощность слоя, м | Глубина подошвы слоя, м | УЭС, Ом*м | Коррозионная агрессивность грунта |
|------------------------|------------|------------------|-------------------------|-----------|-----------------------------------|
| ВЭЗ-1                  | 1          | 2.2              | 2.2                     | 26        | Средняя                           |
|                        | 2          | 2.6              | 4.8                     | 11        | Высокая                           |
|                        | 3          |                  |                         | 21        | Средняя                           |
| ВЭЗ-2                  | 1          | 8                | 8                       | 24        | Средняя                           |
|                        | 2          |                  |                         | 12        | Высокая                           |
| ВЭЗ-3                  | 1          | 1.7              | 1.7                     | 199       | Низкая                            |
|                        | 2          | 12.8             | 14.5                    | 10        | Высокая                           |
|                        | 3          |                  |                         | 40        | Средняя                           |
| ВЭЗ-4                  | 1          | 1                | 1                       | 130       | Низкая                            |
|                        | 2          | 2.6              | 3.6                     | 10        | Высокая                           |
|                        | 3          |                  |                         | 20        | Высокая                           |
| ВЭЗ-5                  | 1          | 1                | 1                       | 48        | Средняя                           |
|                        | 2          | 2.5              | 3.5                     | 30        | Средняя                           |
| ВЭЗ-6                  | 1          | 1.8              | 1.8                     | 36        | Средняя                           |
|                        | 2          | 3.3              | 5.1                     | 12        | Высокая                           |
|                        | 3          |                  |                         | 24        | Средняя                           |
| ВЭЗ-7                  | 1          | 2                | 2                       | 30        | Средняя                           |
|                        | 2          | 2.9              | 4.9                     | 14        | Высокая                           |
|                        | 3          |                  |                         | 30        | Средняя                           |
| ВЭЗ-8                  | 1          | 2.3              | 2.3                     | 32        | Средняя                           |
|                        | 2          | 3                | 5.3                     | 13        | Высокая                           |
|                        | 3          |                  |                         | 42        | Средняя                           |

**Результаты, полученные по методу ВЭЗ**

Результаты электроразведочных работ хорошо коррелируются с инженерно-геологическими данными. Полученные данные электроразведочных работ позволили определить коррозионную агрессивность грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали на различной глубине. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что преобладающая коррозионная агрессивность грунта - средняя.



# Методика измерения блуждающих токов



Схемы измерений блуждающих токов



Проведение измерений блуждающих  
токов

Метод заключается в измерении разности потенциалов  $\Delta U$  между двумя электродами по двум взаимно перпендикулярным направлениям при разnose электродов на расстояние 100 м. В работе использовались неполяризующиеся электроды, измерения производились по двум схемам, схема измерений выбиралась в зависимости от препятствий (сооружений, ограждений, коммуникации и т.д.). Всего было выполнено 6 измерений блуждающих токов и 8 профилей ВЭЗ.

# Метод сейсмических жесткостей

$$\Delta I = \Delta I_{C.Ж.} + \Delta I_{УГВ} + \Delta I_{рез};$$

**Формула для расчёта приращения сейсмической интенсивности**

| Для карты ОСР-2015-А |                                 |                |                        |                  |                   |                   |
|----------------------|---------------------------------|----------------|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
|                      | $\rho_{ср}$ , г/см <sup>3</sup> | $V_{ср}$ , м/с | $\Delta I_{сж}$ , балл | $I_{исх}$ , балл | $I_{расч}$ , балл | $I_{прин}$ , балл |
| <b>СЗ - 1</b>        | 1.77                            | 369            | -0.16                  | 8.1              | 7.94              | 7.9               |
| <b>СЗ - 2</b>        | 1.77                            | 377            | -0.17                  | 8.1              | 7.93              | 7.9               |
| <b>СЗ - 3</b>        | 1.77                            | 328            | -0.07                  | 8.1              | 8.03              | 8.0               |
| <b>СЗ - 4</b>        | 1.77                            | 352            | -0.13                  | 8.1              | 7.97              | 8.0               |
| <b>СЗ - 5</b>        | 1.75                            | 280            | 0.05                   | 8.1              | 8.15              | 8.2               |
| <b>СЗ - 6</b>        | 1.77                            | 416            | -0.24                  | 8.1              | 7.86              | 7.9               |
| Для карты ОСР-2015-В |                                 |                |                        |                  |                   |                   |
|                      | $\rho_{ср}$ , г/см <sup>3</sup> | $V_{ср}$ , м/с | $\Delta I_{сж}$ , балл | $I_{исх}$ , балл | $I_{расч}$ , балл | $I_{прин}$ , балл |
| <b>СЗ - 1</b>        | 1.77                            | 369            | -0.16                  | 8.5              | 8.34              | 8.3               |
| <b>СЗ - 2</b>        | 1.77                            | 377            | -0.17                  | 8.5              | 8.33              | 8.3               |
| <b>СЗ - 3</b>        | 1.77                            | 328            | -0.07                  | 8.5              | 8.43              | 8.4               |
| <b>СЗ - 4</b>        | 1.77                            | 352            | -0.13                  | 8.5              | 8.37              | 8.4               |
| <b>СЗ - 5</b>        | 1.75                            | 280            | 0.05                   | 8.5              | 8.55              | 8.6               |
| <b>СЗ - 6</b>        | 1.77                            | 416            | -0.24                  | 8.5              | 8.26              | 8.3               |

**Результаты расчётов по методу сейсмических жесткостей**

Расчёт сейсмических жесткостей, является одним из обязательных методов при проведении сейсмического микрорайонирования площадок строительства и выполняется на основе данных инженерно-геологических изысканий и результатов сейсморазведочных работ.

Мощность расчетной толщи выбиралась исходя из назначения проектируемых сооружений и в соответствии с п. 3.1.2 РСН 60-86 составила 10 м.



# Метод регистрации микросейсм

$$R_{Hiú} = \frac{S_{Hi}}{S_{Hú}} \quad R_{Viú} = \frac{S_{Vi}}{S_{Vú}}$$

**Функция усиления исследуемых грунтов  
для спектров горизонтальных колебаний  
(слева) и вертикальных (справа)**

| № точки<br>наблюдения | f <sub>max</sub> ,<br>Гц | U(f) <sub>max</sub> | ΔI,<br>балл | ОСР-2015-А         |                     | ОСР-2015-В         |                     |
|-----------------------|--------------------------|---------------------|-------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
|                       |                          |                     |             | I <sub>исх</sub> , | I <sub>расч</sub> , | I <sub>исх</sub> , | I <sub>расч</sub> , |
|                       |                          |                     |             | балл               | балл                | балл               | балл                |
| МС - 1                | 9.2                      | 0.97                | -0.02       | 8.1                | 8.08                | 8.5                | 8.48                |
| МС - 2                | 8.8                      | 0.9                 | -0.07       | 8.1                | 8.03                | 8.5                | 8.43                |
| МС - 3                | 7.5                      | 1.05                | 0.03        | 8.1                | 8.13                | 8.5                | 8.53                |
| МС - 4                | 9                        | 0.94                | -0.04       | 8.1                | 8.06                | 8.5                | 8.46                |
| МС - 5                | 6.4                      | 1.2                 | 0.13        | 8.1                | 8.23                | 8.5                | 8.63                |
| МС - 6                | 8.4                      | 0.88                | -0.09       | 8.1                | 8.01                | 8.5                | 8.41                |

**Результаты расчётов по методу регистрации  
микросейсм**

Суть метода Накамуры заключается в расчете отношений спектральных амплитуд, полученных в горизонтальной плоскости, к соответствующим амплитудам на спектре вертикальных колебаний. Основой для таких оценок также служат обычные трехкомпонентные измерения микросейсмического фона. В расчетах могут использоваться как обычные амплитудные спектры, получаемые с помощью БПФ, так и другие спектральные оценки (плотность спектральной мощности).

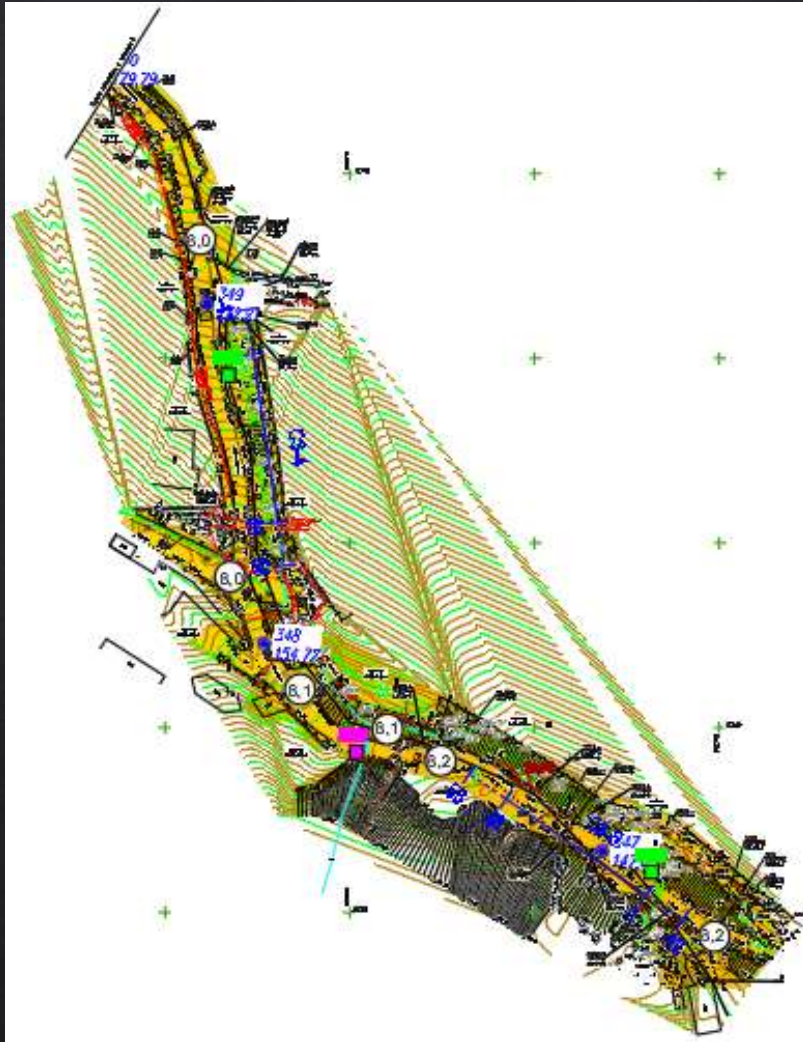
# Выводы

- На исследуемом участке был в полном объёме выполнен комплекс инженерно-геофизических исследований, состоящий из сейморазведочных и сейсмологических работ, входящих в комплекс СМР, и электроразведочных работ, включающих в себя вертикальные электрические зондирования и измерение блуждающих токов;
- По результатам проведённых измерений блуждающих токов можно сделать вывод, что на участке исследования они отсутствуют;
- Работы методом ВЭЗ позволили определить коррозионную агрессивность грунтов по отношению к углеродистой и низколегированной стали на различной глубине, превалирующая к.а. на участке работ – средняя;
- На основании фондовых и литературных данных было произведено уточнение исходной сейсмичности и получены следующие значения:
  - Для карты ОСР-2015-А с периодом повторяемости сейсмических воздействий  $T = 500$  лет сейсмичность для участка работ составляет 8,1 балла;
  - Для карты ОСР-2015-В с периодом повторяемости сейсмических воздействий  $T = 1000$  лет сейсмичность для участка работ составляет 8,5 баллов.
- По результатам метода сейсмических жесткостей приращение сейсмической интенсивности изменяется в диапазоне от -0,24 до 0,05 балла;
- По данным регистрации микросейсм приращение сейсмической интенсивности изменяется в диапазоне от -0,09 до 0,13 балла;
- Результаты, полученные по методу сейсмических жесткостей и результаты, полученные по методу регистрации микросейсм хорошо коррелируют между собой;
- По результатам расчетов, сейсмическая интенсивность для участка исследований составляет:
  - Для карты ОСР-2015-А с периодом повторяемости сейсмических воздействий  $T = 500$  лет изменяется в диапазоне от 7,9 до 8,2 балла;
  - Для карты ОСР-2015-В с периодом повторяемости сейсмических воздействий  $T = 1000$  лет изменяется в диапазона от 7,9 до 8,2 балла.

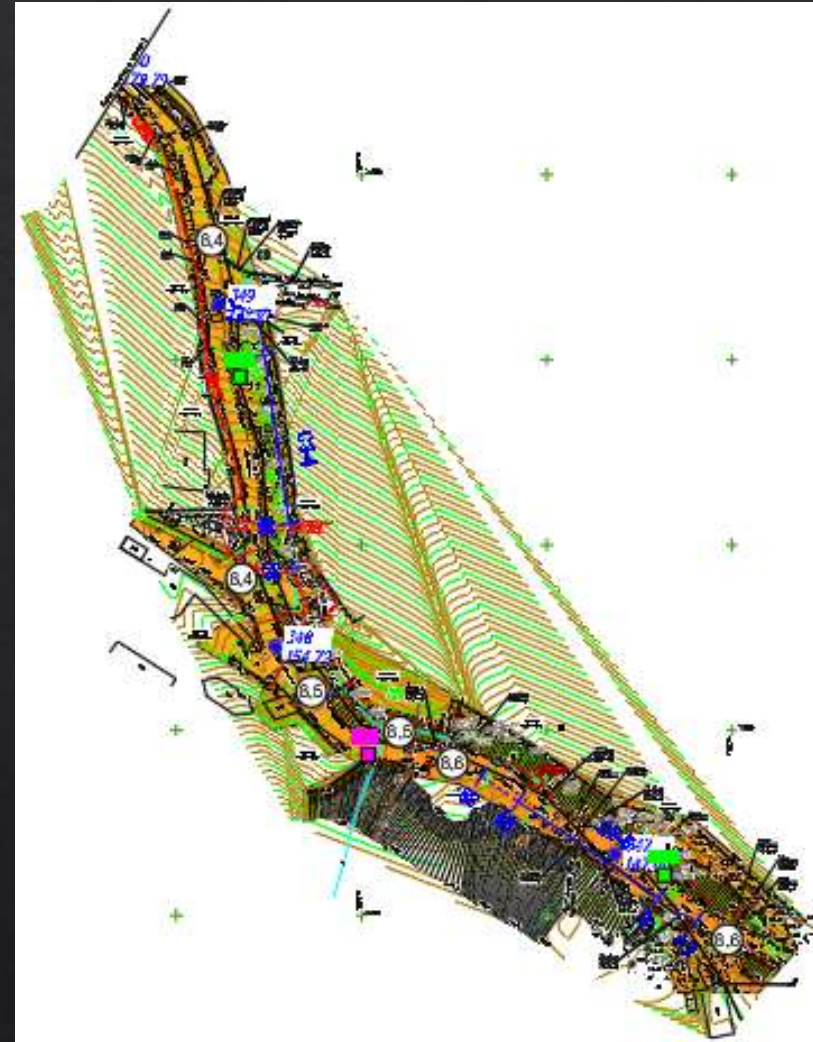


# Карты сейсмического микрорайонирования

Также по результатам работ были построены карты сейсмического микрорайонирования А и В:



Карта СМР-А



Карта СМР-В

Спасибо за внимание!