

# И Н Ф О Р М А Ц И О Н Н Ы Й   О Т Ч Е Т

по результатам проведения геофизических работ  
методом электротомографии в пределах стройплощадки

Новосибирск  
2011 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА	–
2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	4
3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ	5
4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ	6
5. СОСТАВ, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ РАБОТ	–
6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	9
ВЫВОДЫ	12
ЛИТЕРАТУРА	13

## **ВВЕДЕНИЕ**

Геофизические исследования методом электротомографии проведены с целью уточнения инженерно-геологического строения разреза вдоль главных осей строящегося здания. Необходимость уточнения строения разреза была вызвана неоднозначностью интерпретации геологических данных, полученных в ходе изысканий в 2007 г. Редкая буровая сеть не позволила достаточно точно установить вертикальные и латеральные границы распространения просадочных грунтов. Недоучет особенностей строения верхней части разреза может привести к нежелательным последствиям в ходе эксплуатации здания.

Основными задачами исследований являлись проведение электрических зондирований, определение электрических свойств грунтов по глубине и построение геоэлектрических разрезов по профилям с выделением границ просадочных грунтов.

Работы методом электротомографии выполнены сотрудниками ИНГГ СО РАН в начале апреля 2011 г. При измерениях применялась многоэлектродная мультисканальная электроразведочная станция SYSCAL-PRO (Франция). Зондирования выполнены по четырем профилям. Общий объем работ составил 690 погонных метров.

### **1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ УЧАСТКА**

Участок проектируемого строительства расположен в пределах IV надпойменной террасы р. Оби.

Непосредственно в контурах рассматриваемого участка в 2007 г. ООО «ГЕОПРОЕКТ» проведены инженерно-геологические изыскания. В результате изысканий установлено следующее [Отчет..., 2005].

Грунты сжимаемой зоны основания сооружений представлены переслаивающимися супесями и песками, в составе которых выделено 3 инженерно-геологических элемента (ИГЭ-2, 3, 4) с глубоким (свыше 20 м)

залеганием подземных вод. Грунты участка не содержат примесей органических веществ ненабухающие незаселенные. Супеси ИГЭ-2 при замачивании и дополнительном давлении проявляют просадочные свойства. Граница просадочной толщи проходит на глубине 3,0-8,5 м.

По степени агрессивного воздействия на бетонные и железобетонные конструкции грунты неагрессивные, к конструкциям из углеродистой стали слабоагрессивные.

Нормативная глубина сезонного промерзания грунтов согласно расчету составляет 2,37м. По степени морозной пучинистости естественные грунты в зоне сезонного промерзания непучинистые, так как значение природной влажности меньше критической, при замачивании будут пучинистыми.

## **2. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

Исследуемая площадка находится в Советском районе г. Новосибирска.

Вдоль восточной и южной границ за пределами участка проходят городские асфальтированные дороги с придорожными наземными и подземными коммуникациями (электрокабель, водовод и канализация).

Участок строительства свободен от застройки и леса. Часть участка занята строительным краном, в другой части начаты работы по закладке фундамента.

В пределах рассматриваемого участка и на близприлегающих территориях развития современных физико-геологических процессов визуально не прослеживается.

По климатическим характеристикам территория г. Новосибирска относится к I (первому) климатическому району с наименее суровыми условиями (СНиП 23-01-99).

Средняя годовая температура воздуха составляет (плюс) 0,2 °С. Температура самого холодного месяца (январь) составляет в среднем (минус) 18,8 С с абсолютным минимумом (минус) 50 °С. Средняя температура

наиболее теплого месяца (июль) составляет (плюс)19 °С с абсолютным максимумом (плюс) 38 С.

Количество осадков в холодный период года (ноябрь-март) составляет 104 мм, в теплый период года (апрель-октябрь) - 338 мм.

### **3. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ**

В геоморфологическом отношении участок изысканий расположен в пределах IV-ой надпойменной террасы р. Оби. Рельеф площадки относительно ровный с общим уклоном поверхности в северо-восточном направлении. Отметки поверхности в городской системе высот (ГС) снижаются от 142.00 до 147.00 м.

В тектоническом отношении район работ расположен в юго-западной части Колывань-Томской складчатой зоны.

В геологическом строении территории принимают участие рыхлые верхнечетвертичные аллювиальные образования р. Оби, со стратиграфическим несогласием залегающие на продуктах выветривания палеозойских гранитов. Общая мощность четвертичных отложений в районе работ составляет 30-40 м.

Аллювиальные четвертичные отложения террасы представлены (до глубины 10-20 м) супесями пылеватыми и песчанистыми, в нижней части разнозернистыми песками с различным содержанием гравийно-галечникового материала.

Вся территория участка строительства с поверхности задернована почвенно-растительным слоем мощностью до 0.1-0.3 м.

В сфере взаимодействия зданий с геологической средой (до глубины 10.0-20.0 м) в соответствии с номенклатурой ГОСТ 25100-95 "Грунты. Классификация" выделено 4 инженерно-геологических элемента (ИГЭ):

ИГЭ-1. Почвенно-растительный слой, мощностью 0.1 м;

ИГЭ-2. Супесь пылеватая малой степени водонасыщения твердая не набухающая просадочная незасоленная, залегает под почвенно-растительным в центральной части площадки до глубины 3.0-8.5 м, мощностью 2.0-8.4м;

ИГЭ-3. Супесь песчаная малой степени водонасыщения твердая ненабухающая непродачная незасоленная с прослоями песка и суглинка, вскрыта по всей площадке в интервалах глубин от 3.0-6.7 до 20.0 м, вскрытой мощностью 2.2-19.9м;

ИГЭ-4. Песок средней крупности неоднородный средней плотности малой степени водонасыщения с прослоями песка мелкого, пылеватого и супеси, залегает в интервалах от 0.1-7.5 до 20.0 м, вскрытой мощностью 1.0-19.9 м.

#### **4. ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ**

В гидрогеологическом отношении участок проектируемого строительства расположен на естественно дренированной территории, с уклонами поверхности, обеспечивающими хороший поверхностный сток.

В период изысканий ООО «ГЕОПРОЕКТ» (сентябрь 2007 г.) подземные воды в границах участка скважинами глубиной 10.0-20.0 м не вскрыты.

По литературным данным уровни подземных вод на территориях в пределах рассматриваемой территории располагаются на глубинах свыше 20 м.

Грунты активной зоны аэрированы и характеризуются малой степенью водонасыщения.

#### **5. СОСТАВ, МЕТОДИКА И ОБЪЕМ РАБОТ**

Электротомография это электроразведочный метод геофизики. Применение электроразведочных методов для решения инженерно-геологических задач основано на различии горных пород, грунтов по удельному электрическому сопротивлению.

Предшественником электротомографии является метод вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ), выполнявшийся по отдельным точкам или профилям из отдельных точек, расстояние между которыми определялось

масштабом съемки или видом решаемых геологических задач. Принцип зондирования заключается в увеличении расстояния между токовыми электродами, приводящему к росту глубинности исследований в точке зондирования (рис. 1 а). В результате зондирования методом ВЭЗ получаются графики кажущегося удельного электрического сопротивления от полуразноса питающей линии:

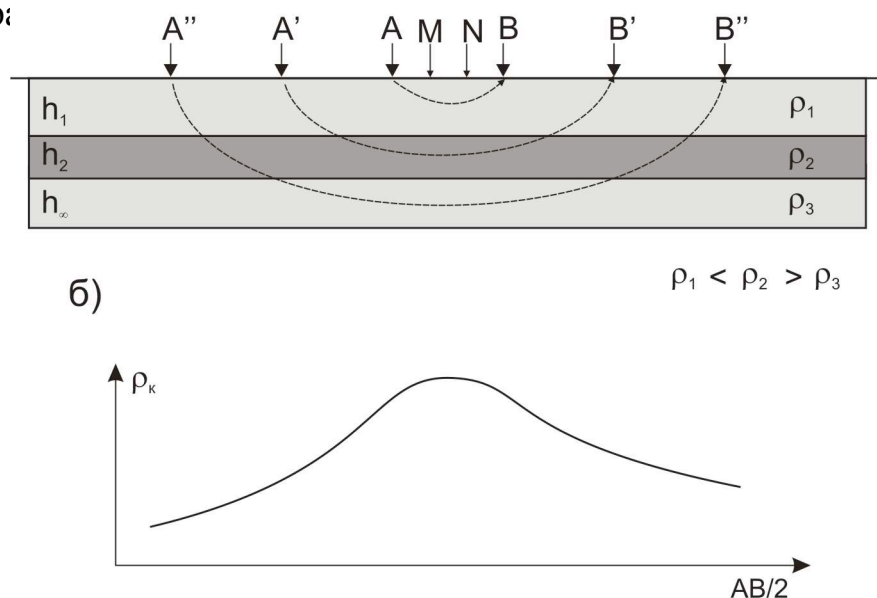


Рис. 1. Принцип вертикального электрического зондирования (а) и график зависимости кажущегося удельного электрического сопротивления от полуразноса питающей линии (б): АВ – питающие (токовые) электроды, MN – приемные (измерительные) электроды;  $\rho$  - удельное электрическое сопротивление слоев,  $h$  – мощность слоев

Полученная кривая ВЭЗ обрабатывается по специальным программам на ЭВМ, которые позволяют решать обратную задачу, то есть по кривой ВЭЗ определить сопротивление и мощность слоев для горизонтально-слоистой модели. По рассчитанным параметрам в нескольких точках зондирования строятся геоэлектрические разрезы, на которых отображаются сопротивление и мощность слоев.

Недостатком метода ВЭЗ является его одномерность, то есть решение обратной задачи проводится в предположении, что разрез горизонтально-

слоистый и однороден по латерали. В случае если в разрезе присутствуют крутопадающие ( $>15^\circ$ ) слои или вертикальные разделы сред, метод даёт большие погрешности при решении обратной задачи. Другим недостатком метода ВЭЗ является его малая пространственная дискретность. То есть, сгущение сети наблюдения для повышения разрешающей способности приводит к резкому росту трудозатрат и экономически невыгодно.

В отличие от метода ВЭЗ, электротомография основана на многократном использовании в качестве питающих и измерительных электродов одних и тех же фиксированных на профиле заземлений (рис. 2). Это приводит к существенному увеличению плотности измерений по сравнению с методом ВЭЗ.

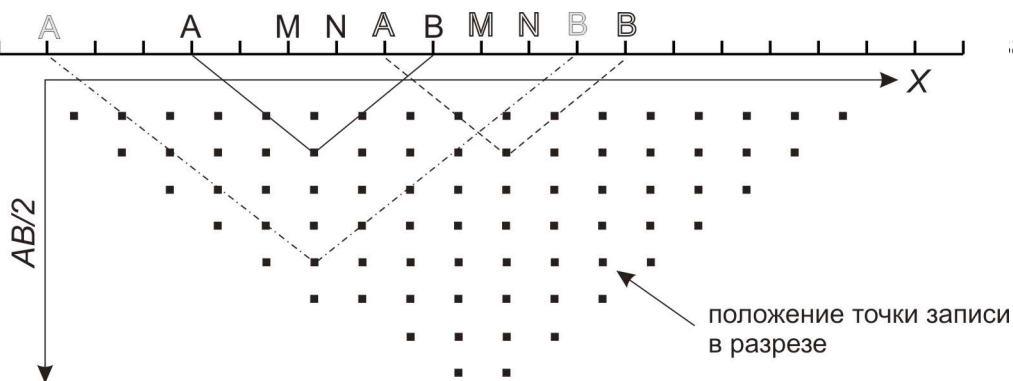


Рис. 2. Принцип электротомографии. В зависимости от подключения к прибору одни и те же электроды играют роль питающих или приемных электродов.

Специальная аппаратура поочередно коммутирует и опрашивает различные комбинации электродов. Таким образом, в результате измерений получают информацию о распределении кажущегося удельного электрического сопротивления по разрезу.

Технология электротомографии применяется не только для расчленения горизонтально-слоистого разреза, но и для изучения любых геологических сред двумерной или трехмерной структуры.



Решение обратной задачи (инверсия данных) проводится с помощью программы RES2DInv. Выходными данными являются разрезы удельного электрического сопротивления грунтов.

Сопоставляя данные электротомографии с априорной геологической информацией, проводят геологическую интерпретацию разрезов сопротивления и строят геоэлектрические разрезы.

В пределах строительной площадки были выполнены измерения по четырем профилям, расположенным вдоль буровых линий. Профиль №1 длиной 235 м располагался вдоль линии IX-IX, профиль № 2 (длина 235 м) по линии III-III, профиль № 3 (длина 115 м) параллельно линии IV-IV и профиль № 4 (длина 115 м) вдоль буровой линии I-I. Расстояние между электродами на профилях – 5 м. Общий объем работ составил 690 погонных метров. Схема расположения профилей показана в Приложении 1.

## **6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

На начальном этапе были проанализированы сведения об инженерно-геологическом строении участка работ. По данным бурения была построена карта мощности ИГЭ-2 (супесь просадочная), которая представлена в Приложении 2. Карта построена по данным редкой буровой сети, но её можно использовать как прогнозную. Распространение просадочной супеси по площади имеет сложный характер. Максимальная ее мощность (8.0-8.5 м) отмечается в северной и восточной частях участка. В направлении к северо-восточной и юго-западной частям участка слои супеси выклиниваются. Несложно заметить, что контуры всех проектируемых зданий попадают на границы изменения мощности просадочной супеси. Такое распределение грунтов с разными просадочными свойствами может привести к неравномерным осадкам зданий.

По результатам электротомографических измерений были построены разрезы удельного электрического сопротивления (УЭС) грунтов. Они приведены в Приложениях 3, 4. Общей тенденцией для всех разрезов

является уменьшение УЭС с глубиной, что связано с увеличением влажности грунтов на глубине около 20 м до 0.15-0.20 д.ед.

Обозначим *интерпретационные критерии* для выделения грунтов с просадочными свойствами. Из литературных источников известно [Грунтоведение, 2005], что к просадочным грунтам относятся лессы, лессовидные супеси, суглинки и глины, некоторые виды покровных суглинков и супесей, а также в отдельных случаях мелкие и пылеватые пески с повышенной структурной прочностью, насыпные глинистые грунты. В нашем случае просадочными грунтами являются супеси, характеризующиеся низкой влажностью (0.02-0.05 д.ед.) и высокой пористостью. За счет низкой влажности эти грунты будут характеризоваться аномально высоким удельным электрическим сопротивлением. Таким же высоким сопротивлением характеризуются сезонно-мерзлые грунты. По данным изысканий расчетная глубина промерзания составляет 2.37 м. Таким образом, горизонты грунтов с глубины 2.5 м с аномально высоким сопротивлением будем принимать за просадочные супеси.

Следует отметить, что граница просадочной толщи по данным бурения выделена при давлении на образец  $P=0.3$  МПа. Граница, выделяющаяся по удельному электрическому сопротивлению, будет отличаться от границы, выделенной по лабораторным испытаниям, предположительно, в сторону завышения мощности.

На профиле №1 (Приложение 3), проходящем вдоль буровой линии IX-IX мощность горизонта грунтов высокого сопротивления (230-500 Ом·м) варьирует от 3.0 до 12 м. Подтвержденное увеличение мощности просадочных супесей до 8.0 м вскрыто скважиной № 18. На разрезе сопротивлений видно, что проекции скважины № 18 на профиль соответствует и увеличение мощности высокоомных грунтов. И, наоборот, в направлении к проекции скв. 17 грунты высокого сопротивления выклиниваются. По данным бурения в скв. 17 просадочные грунты не вскрыты.

Таким образом, прослеживая подошву грунтов высокого сопротивления можно оценить характер распространения просадочных грунтов вдоль профиля. Локальные увеличения мощности наблюдается между скв. 18 и 19, в пределах проекции скв. 15.

Профиль №2 (Приложение 3) проходил в 12 метрах от фасадной оси здания, вдоль буровой линии III-III. Предполагаемая линза просадочных грунтов отмечаются в интервале 30-60 м (проекция скв. 17 на профиль). Далее в интервале 70-180 м сопротивление пород верхней части разреза достигает 500-1500 Ом·м, что, опираясь на данные бурения (скв. 12, 13), следует интерпретировать не как супеси, а как пески среднезернистые маловлажные.

В пределах проекции скв. 7, вскрывшей просадочные супеси до 6.5 м, толща высокоомных пород также залегает до глубины ~6.5 м. К сожалению, однозначно провести границу между песками и просадочными супесями в интервале профиля 160-220 м не представляется возможным.

Профиль №3 (Приложение 4) располагался в 10-15 метрах от буровой линии IV-IV. Скважинами № 7 и № 6 вскрыты просадочные грунты на глубину до 6,5 метров. На разрезе сопротивлений подошву этих грунтов можно проследить по изолинии сопротивления 341 Ом·м. Между скважинами мощность этих грунтов уменьшается до ~5 м, а в направлении к северо-востоку по профилю предполагается небольшое увеличение мощности просадочных грунтов, что так же отмечается и на карте мощности ИГЭ-2 (Приложение 2).

Скважиной № 6 с глубины 6.5 метров до 20 м вскрыты пески. Однако, разрез сопротивлений вдоль буровой линии IV-IV крайне неоднороден, что говорит о неоднородности песка по гранулометрическому составу и влажности.

Профиль № 4 (Приложение 4) проходил по буровой линии I-I через скважины № 5 и № 2. Скважинами просадочные грунты вскрыты на глубину 4.5 (скв. 5) и 8.5 (скв. 2) метров. На разрезе сопротивлений видно, что скв. 2 попала в локальную линзу высокоомных грунтов и откартировала их

повышенную мощность. Еще одна линза, не вскрытая бурением, выделяется на разрезе в интервале профиля 60-70 м.

В результате геологической интерпретации электроразведочных данных в сопоставлении с данными бурения были построены геоэлектрические разрезы (Приложение 5). На разрезах отображены геоэлектрические границы, ассоциирующиеся с литологическими границами.

## **ВЫВОДЫ**

В результате исследований установлено:

1. Распространение просадочной супеси по площади имеет сложный характер. Максимальная ее мощность по данным бурения (8.0-8.5 м) отмечается в северной и восточной частях участка. В направлении к северо-восточной и юго-западной частям участка слои супеси выклиниваются.

2. Просадочные супеси характеризуются аномально высоким удельным электрическим сопротивлением. Прослеживая подошву грунтов высокого сопротивления на разрезах, можно оценить характер распространения просадочных грунтов вдоль геофизических профилей и выделить локальные участки увеличения их мощности.

3. Повышенная мощность просадочных грунтов не вскрытая скважинами отмечается:

Профиль 1: ПК 20-40, 50-70, 150-180

Профиль 2: ПК 30-60, 200-220

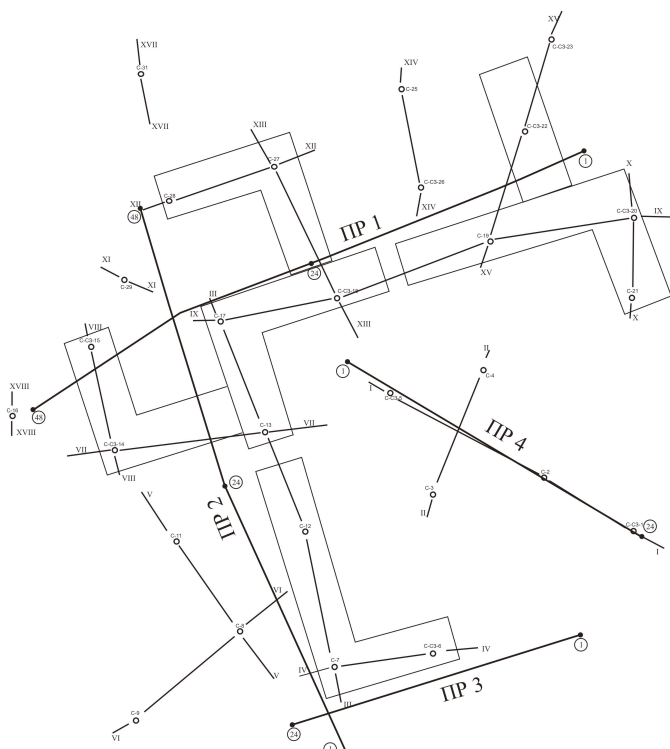
Профиль 4: ПК 60-70

4. В пределах выделенных интервалов повышенной мощности грунтов высокого сопротивления необходимо пробурить контрольные скважины глубиной до 12 м.




## Литература

1. Отчет об инженерно-геологических изысканиях на площадке строительства в Советском районе г. Новосибирска. Главный учебный корпус / Фонды ООО «Геопроект», инв. № \_\_\_\_\_. Новосибирск, 2007 г.
2. Грунтоведение / Под. ред. В.Т. Трофимова. – 6-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.

Схема расположения геофизических профилей на площадке строительства  
М 1:1000

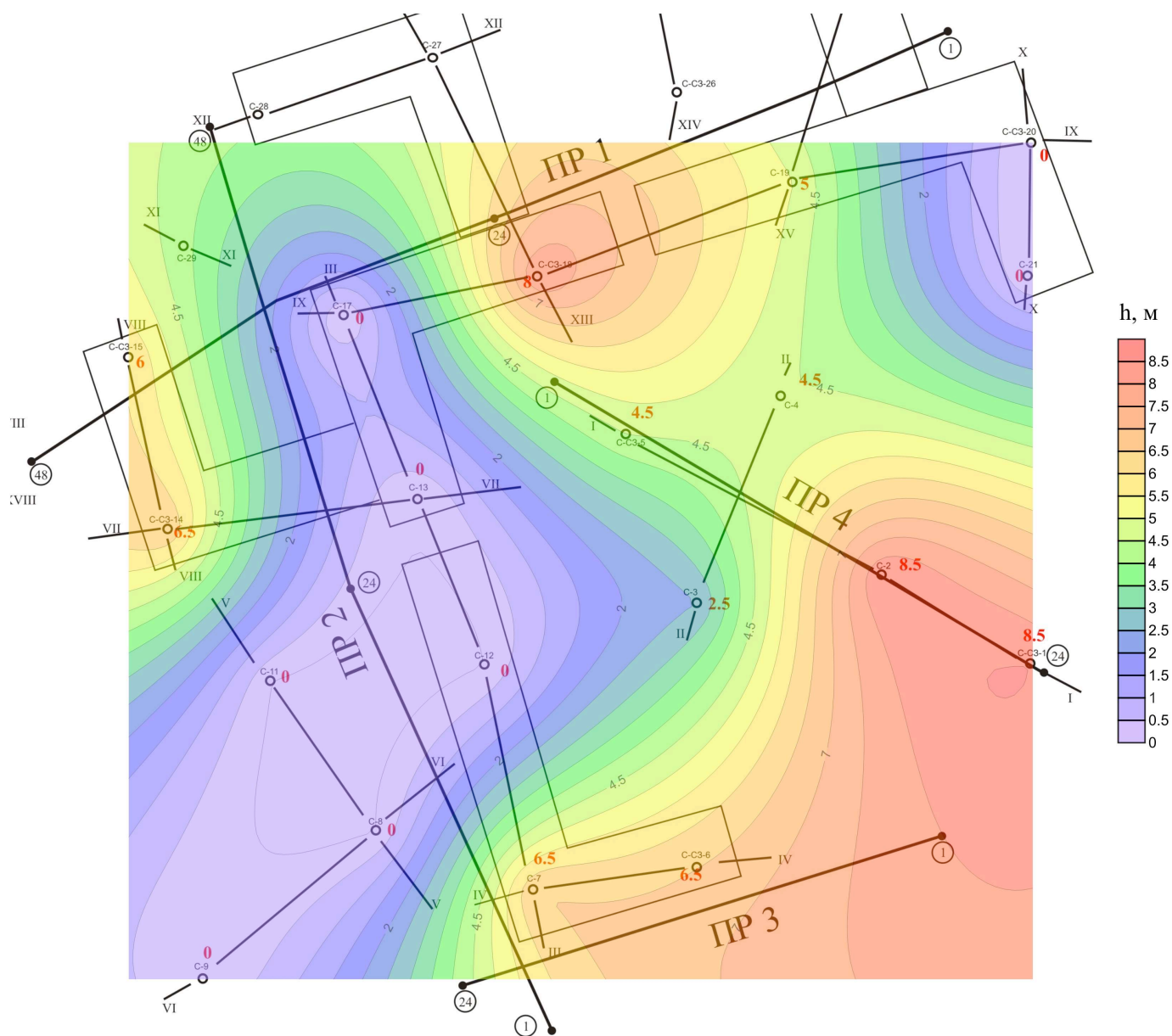


УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

-  Скважина и её номер
-  Линия разреза и её номер
-  Геофизический профиль и его номер

ИНТ СО РАН ОСК "КБ Электронстриг" ОАО "СУ №9"	Выполнение геофизических работ методом электромиграции	2011
Приложение	1	План расположения геофизических профилей
Лист	1	
Масштаб	1000	
Составил:	В.В. Озерченко	

# Карта мощности ИГЭ 2 по данным бурения М 1:1000



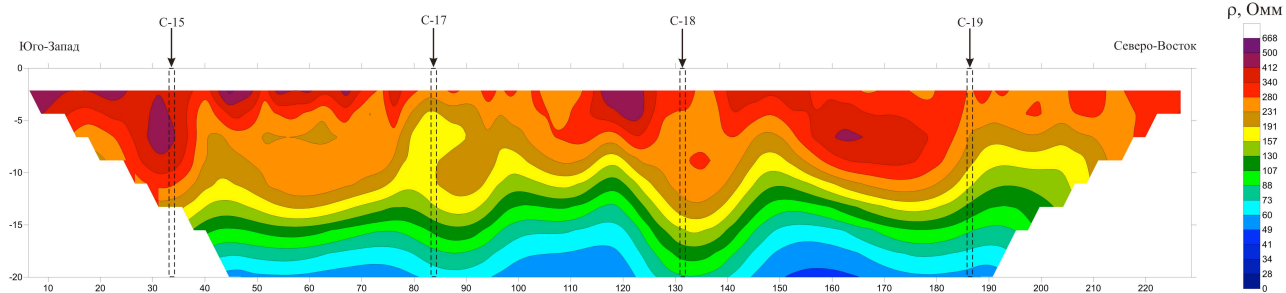
## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- C-21 Скважина и её номер
- VII VII Линия разреза и её номер
- ① ПР 1 Геофизический профиль и его номер
- 6.5 Мощность ИГЭ-2

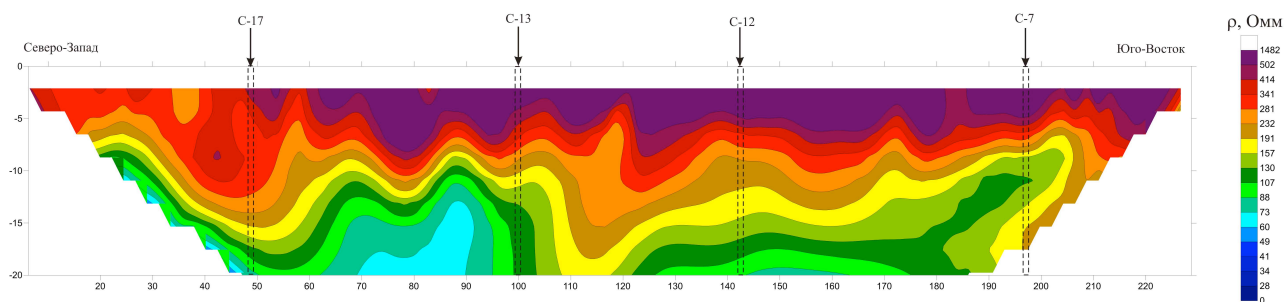
ИНГ СО РАН ООО "КБ Электротри" ОАО "СУ №9"	Выполнение геофизических работ методом электротомографии	
	Отв. исполнитель: к.г.-м.н. В.В. Оленченко	2011
Приложение	2	Карта мощности ИГЭ-2 по данным бурения
Лист	1	
Масштаб	1:1000	
Составил:	В.В. Оленченко	

## Разрезы удельного электрического сопротивления грунтов

### Профиль 1, проекция линии IX-IX



### Профиль 2, проекция линии III-III



 - изолинии удельного электрического сопротивления грунтов

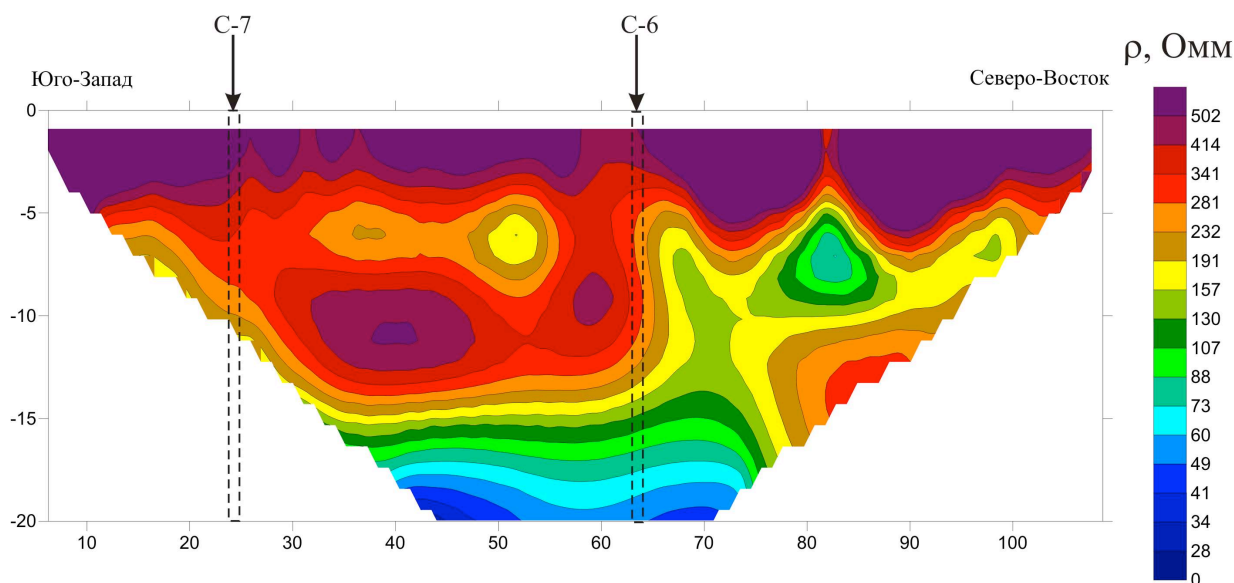
 - проекции скважин на геофизический профиль

ИНГТ СО РАН ООО "КБ Электротрим" ОАО "СУ Нефть"	Выполнение геофизических работ методом электротомографии	2011
Приложение	3	Разрезы удельного электрического сопротивления грунтов по ПР 1, 2
Лист	1	
Масштаб	г 1:500 в 1:250	
Составил:		В.В. Озгененов

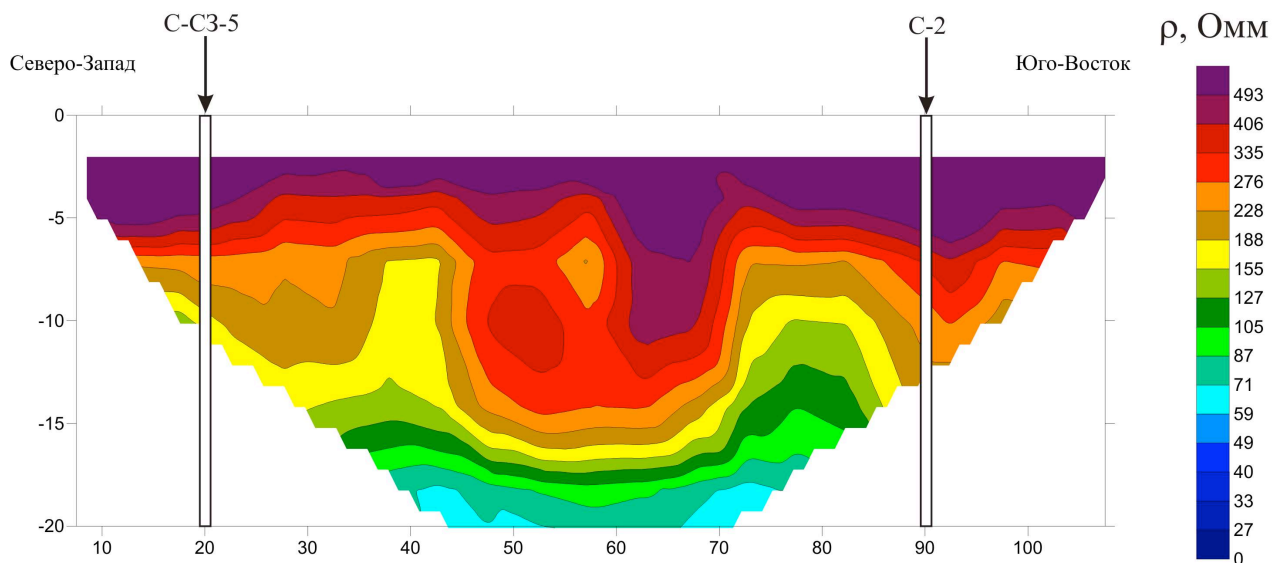


# Разрезы удельного электрического сопротивления грунтов

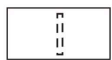
## Профиль 3, проекция линии IV-IV



## Профиль 4, Линия I-I



- изолинии удельного электрического сопротивления грунтов



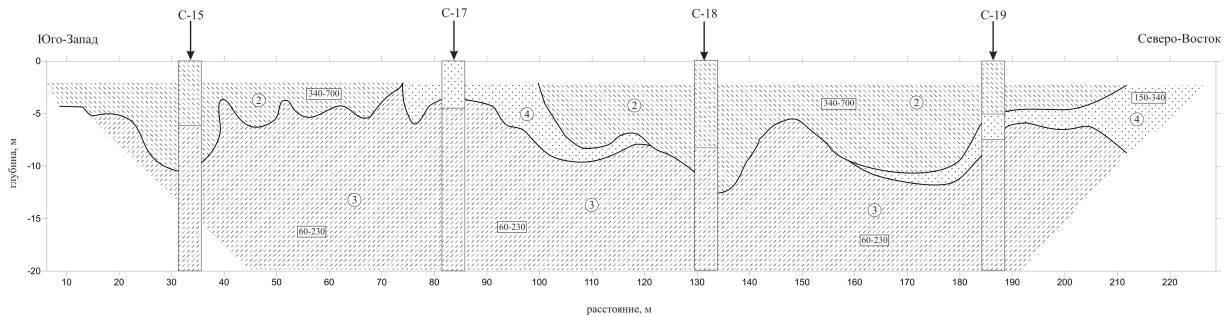
- проекции скважин на геофизический профиль



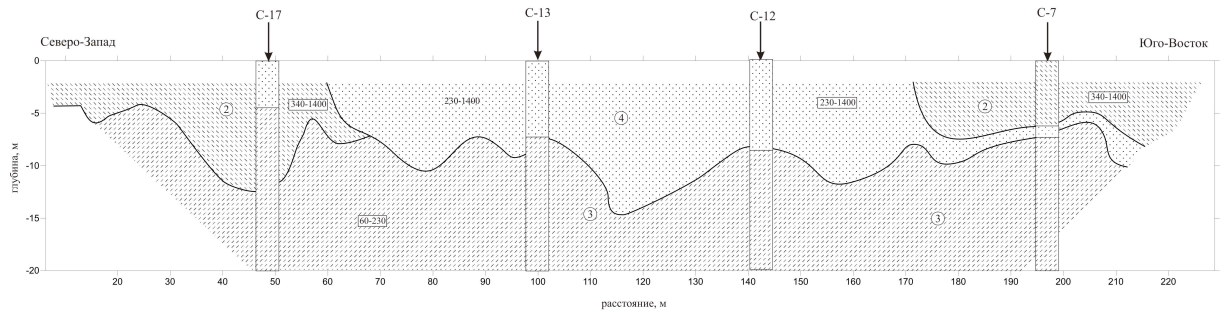
- скважины на геофизическом профиле

ИНГГ СО РАН ООО "КБ Электротриин" ОАО "СУ №9"	Выполнение геофизических работ методом электротомографии	
	Отв. исполнитель: к.г.-м.н. В.В. Оленченко	2011
Приложение 4	Разрезы удельного электрического сопротивления по ПР 3, 4	
Лист 1		
Масштаб г 1:100 в 1:250		
Составил:	В.В. Оленченко	

### Профиль 1, проекция линии IX-IX



### Профиль 2, проекция линии III-III

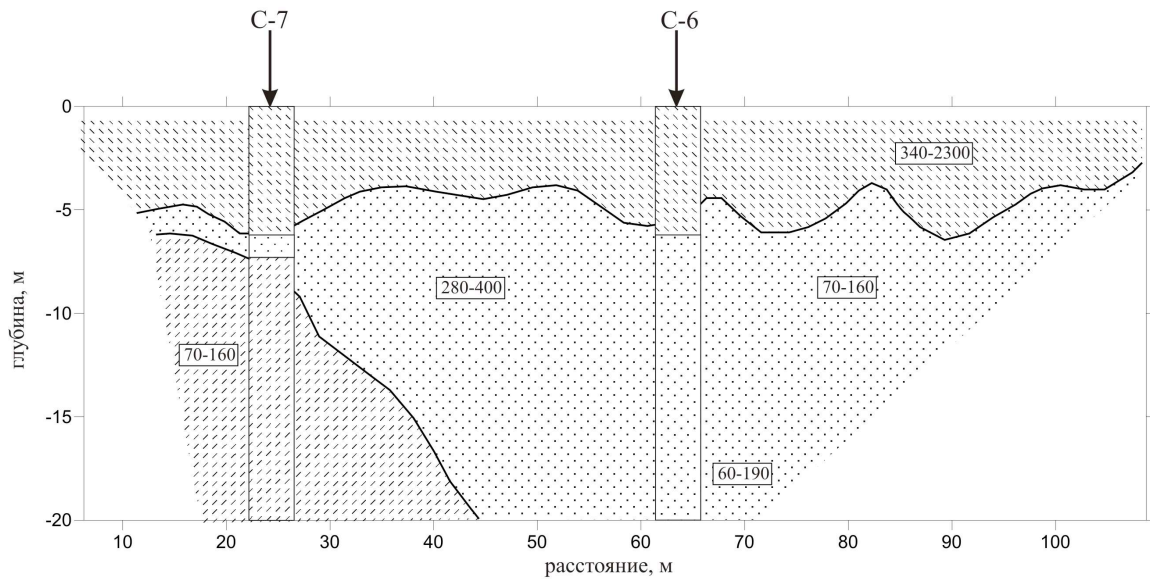


#### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

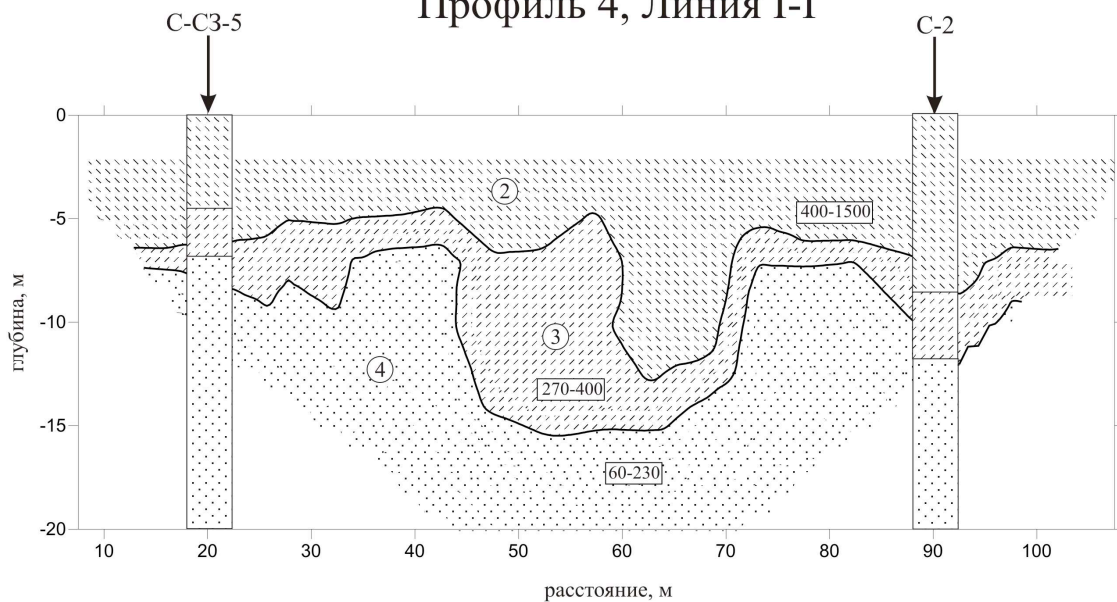
- супесь пылеватая малой степени водонасыщения твердая не набухающая просадочная незасоленная
- супесь песчанистая малой степени водонасыщения твердая небухающая непродачная незасоленная с прослоями песка и суглинки
- песок средней крупности неоднородный средней плотности малой степени водонасыщения с прослоями песка мелкого, пылеватого и супеси
- номер инженерно-геологического элемента
- значения удельного электрического сопротивления грунтов
- границы литологических разностей по геофизическим данным

ИНГТ СО РАН ООО "КБ Электротриг" ОАО "СУ №9"	Выполнение геофизических работ методом электротомографии
Приложение 5	Отв. исполнитель: к.г.-м.н. В.В. Озерецню
Лист 1	2011
Масштаб г 1:500 в 1:250	Геоэлектрические разрезы по ПР 1, 2
Составил:	В.В. Озерецню

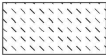
## Профиль 3, проекция линии IV-IV





## Профиль 4, Линия I-I



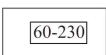
### УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ


 - супесь пылеватая малой степени водонасыщения твердая не набухающая просадочная незасоленная

 - супесь песчанистая малой степени водонасыщения твердая ненабухающая непросадочная незасоленная с прослоями песка и суглинка

 - песок средней крупности неоднородный средней плотности малой степени водонасыщения с прослоями песка мелкого, пылеватого и супеси

 - номер инженерно-геологического элемента

 - значения удельного электрического сопротивления грунтов

 - границы литологических разностей по геофизическим данным

ИНГТ СО РАН ООО "КБ Электротри" ОАО "СУ №9"	Выполнение геофизических работ методом электротомографии	
	Отв. исполнитель: к.г.-м.н. В.В. Оленченко	2011
Приложение 6	Геоэлектрические разрезы по ПР 3, 4	
Лист 1		
Масштаб г 1:100 в 1:250		
Составил:	В.В. Оленченко	