

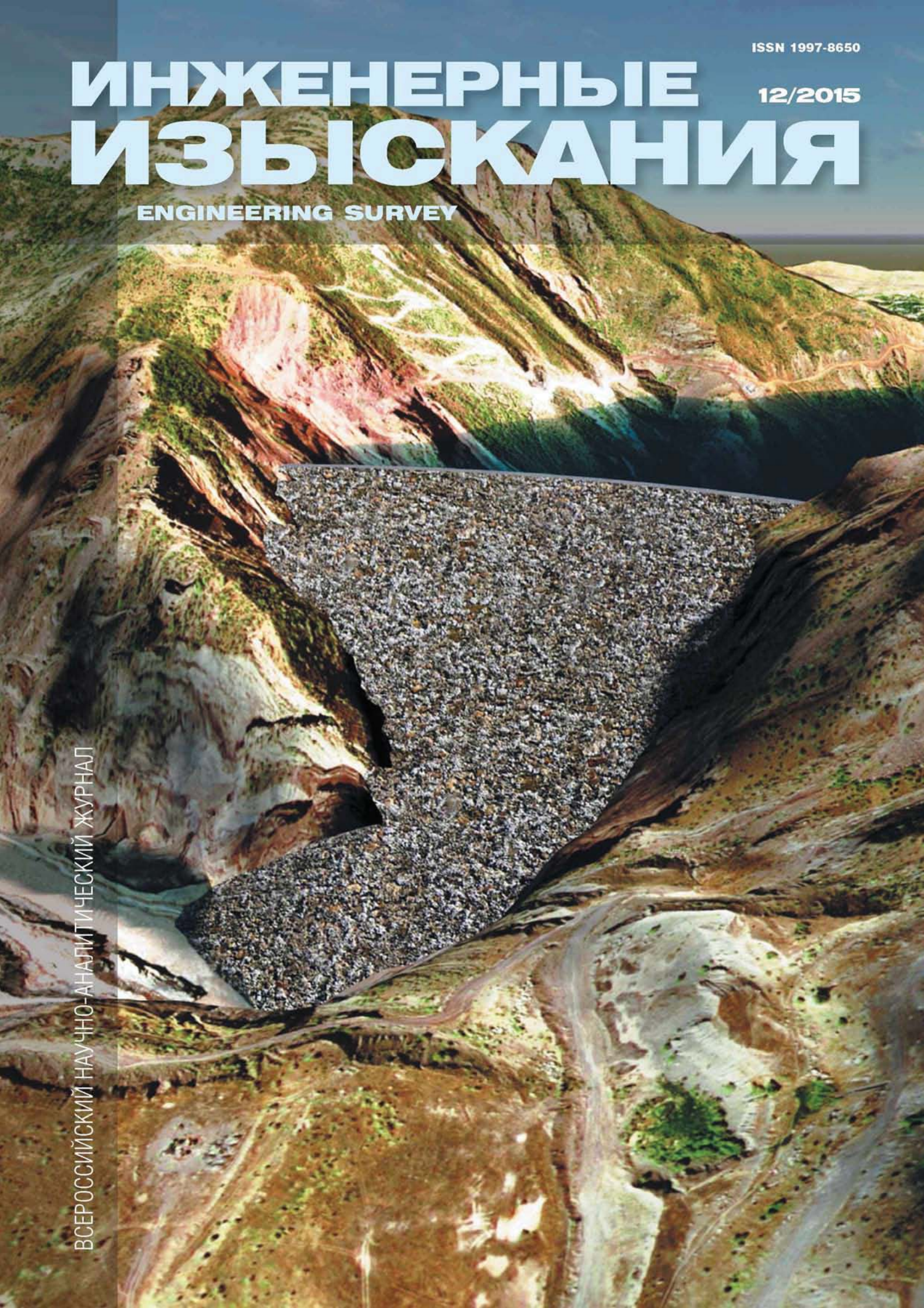
ISSN 1997-8650

ИНЖЕНЕРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ

12/2015

ENGINEERING SURVEY

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Кортаев В.Н., Римский-Корсаков Н.А., Бабич Д.Б.,
Иванов В.В., Калашник А.В., Пронин А.А., Сариева Д.Б.

**Дистанционные и наземные исследования геологического строения
дельты Волги 4**

Рыжков И.Б., Исаев О.Н.

Статическое зондирование грунтов: современная международная практика 12

Труфанов А.Н.

**Определение параметров консолидации грунта методом релаксации
напряжений 18**

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

Назришоев Х.А.

**Комплексный мониторинг основных гидротехнических сооружений Рогунского
гидроузла с применением закладной контрольно-измерительной аппаратуры 22**

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Баранчук К.И., Искаков К.Т., Кренке Н.А.,
Миргаликызы Т.М., Модин И.Н., Хабдулина М.К.

**Геофизические исследования курганов и межкурганного пространства
при инженерных изысканиях для строительства 34**

Подмогов Ю.Г., Каршаков Е.В., Керцман В.М., Мойланен Е.В.

**Применение современных аэрогеофизических технологий
для детальных инженерно-геологических изысканий 40**

Волынин А.Ф.

**Электротомографические измерения при поисках и картировании
подземных коммуникаций на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» 48**

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

Баясан Р.М., Голубин С.И., Аврамов А.В.

**Особенности применения технологии термостабилизации для защиты
от морозного пучения грунтов 56**

ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Москвина М.И., Илюшин Д.Г., Мошарова И.В., Ильинский В.В., Комарова Т.И.

**Микробиологические исследования в составе морских
инженерно-экологических изысканий 64**

РЕФЕРАТЫ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ 70

НАУЧНО-РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Богданов М.И. — председатель научно-редакционного совета
Генеральный директор ООО «ИГИИС»,
канд. геол.-минерал. наук

Алабян А.М.
Доцент кафедры гидрологии суши географического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова, канд. геогр. наук

Вознесенский Е.А.
Проф. каф. инженерной и экологической геологии
геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова,
д-р геол.-минерал. наук

Коваленко В.Г.
Эксперт Мосгосэкспертизы, д-р геол.-минерал. наук

Ланцова И.В.
Заместитель генерального директора ООО «Институт геотехники
и инженерных изысканий в строительстве (ООО «ИГИИС»),
д-р геогр. наук, чл.-корр. МАНЭБ, чл.-корр. РЭА

Лехов М.В.
Ведущий научный сотрудник геологического факультета МГУ
им. М.В. Ломоносова, федеральный эксперт Министерства
образования и науки РФ, канд. геол.-минерал. наук

Малинников В.А.
Первый проректор МИИГАиК, д-р технических наук

Модин И.В.
Проф. каф. геофизики геологического факультета МГУ
им. М.В. Ломоносова, д-р технических наук

Середин В.В.
Заведующий кафедрой инженерной геологии и охраны
недр Пермского государственного национального
исследовательского университета, генеральный директор
ООО «Недра», д-р геол.-минерал. наук, проф

Теличенко В.И.
Президент МГСУ, д-р технических наук, академик РААСН

Трофимов В.Т.
Зав. каф. инженерной и экологической геологии
геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова,
д-р геол.-минерал. наук

Яблонский Л.И.
Заместитель директора Федерального научно-технического
центра геодезии, картографии и инфраструктуры
пространственных данных, канд. технических наук

РЕДАКЦИЯ

107076, Москва, ул. Электрозаводская, дом 60
Тел.: +7 (495) 210-63-90, 210-63-06
E-mail: info@geomark.ru

Ананко Виктор
Главный редактор
info@geomark.ru
Аптикаева Галина
Литературный редактор

Крюков Павел
Отдел рекламы
kpp@geomark.ru

Быковских Максим
Сектор подписки и распространения
pr@geomark.ru

ООО «ПАИС-Т»
Допечатная подготовка, дизайн и верстка

**Редакция может не разделять точку зрения автора.
За содержание рекламных материалов редакция
ответственности не несет.**

Подписано в печать 03.11.2015. Тираж 1500 экз.
Свидетельство о регистрации средства массовой
информации ПИ № ФС77-49505 от 20 апреля 2012 г.

Подписной индекс ОАО Агентства «Роспечать» 71509
© ООО «Геомаркетинг»

Журнал включен в перечень ВАК
Фото на обложке: из архива М.И. Богданова

Цена свободная



По вопросам подписки обращайтесь в редакцию.
+7 (495) 210-63-90, www.geomark.ru



АППАРАТУРА "ERA-MULTIMAX"
ООО "НПП ЭРА", Санкт-Петербург

ЭЛЕКТРОТОМОГРАФИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПРИ ПОИСКАХ И КАРТИРОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ ГУП «ВОДОКАНАЛ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА»

ELECTROTOMOGRAPHY MEASURING FOR PROSPECTING
AND MAPPING OF UNDERGROUND UTILITIES AT OBJECTS
OF THE «SAINT PETERSBURG VODOKANAL» SUE

ВОЛЫНИН А.Ф.

Руководитель геофизической группы службы технической
диагностики ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»,
г. Санкт-Петербург, volynin_AF@vodokanal.spb.ru

Ключевые слова: ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»; подземные коммуникации; неметаллический трубопровод; электрическая томография (ЭТ); картирование трубопроводов.

Аннотация: приводятся результаты применения электротомографических измерений для поисков и прослеживания трасс отдельных типов подземных коммуникаций (пластиковых и бетонных трубопроводов), которые трудно или невозможно обнаружить с помощью трассоискателей и георадаров. В результате опытных работ установлена возможность уверенного выявления трасс трубопроводов любого типа с помощью электротомографических измерений.

VOLYNIN A.F.

Head of the geophysical group of the technical diagnostics service
of the «Saint Petersburg Vodokanal» SUE, St. Petersburg,
volynin_AF@vodokanal.spb.ru

Key words: «Saint Petersburg Vodokanal» SUE ; underground utilities; non-metal pipeline; electrical resistivity tomography (ERT); mapping of pipelines.

Abstract: the article presents results of application of electrical resistivity tomography (ERT) for search and tracing of certain types of underground utilities (plastic and concrete pipelines) that are difficult or impossible to find using line locators or ground penetrating radars. On the basis of these experimental works the possibility of reliable detection of any types of pipelines using ERT measurements is proved.

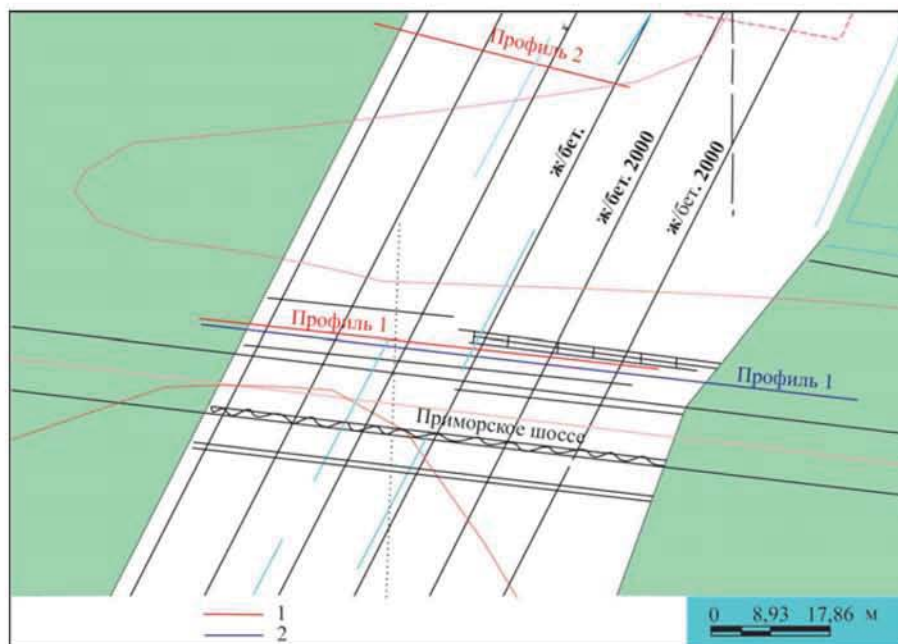


Рис. 1. План обследованного участка трубопроводов. Условные обозначения: 1 — профили электротомографических измерений; 2 — профиль георадиолокационной съемки; ж/бет. — железобетонные трубопроводы

Введение

ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» имеет протяженную сеть подземных трубопроводов, с помощью кото-

рых осуществляется водоснабжение и водоотведение в городе. При проведении ремонта, а также при передаче «Водоканалу» ранее не обслуживав-

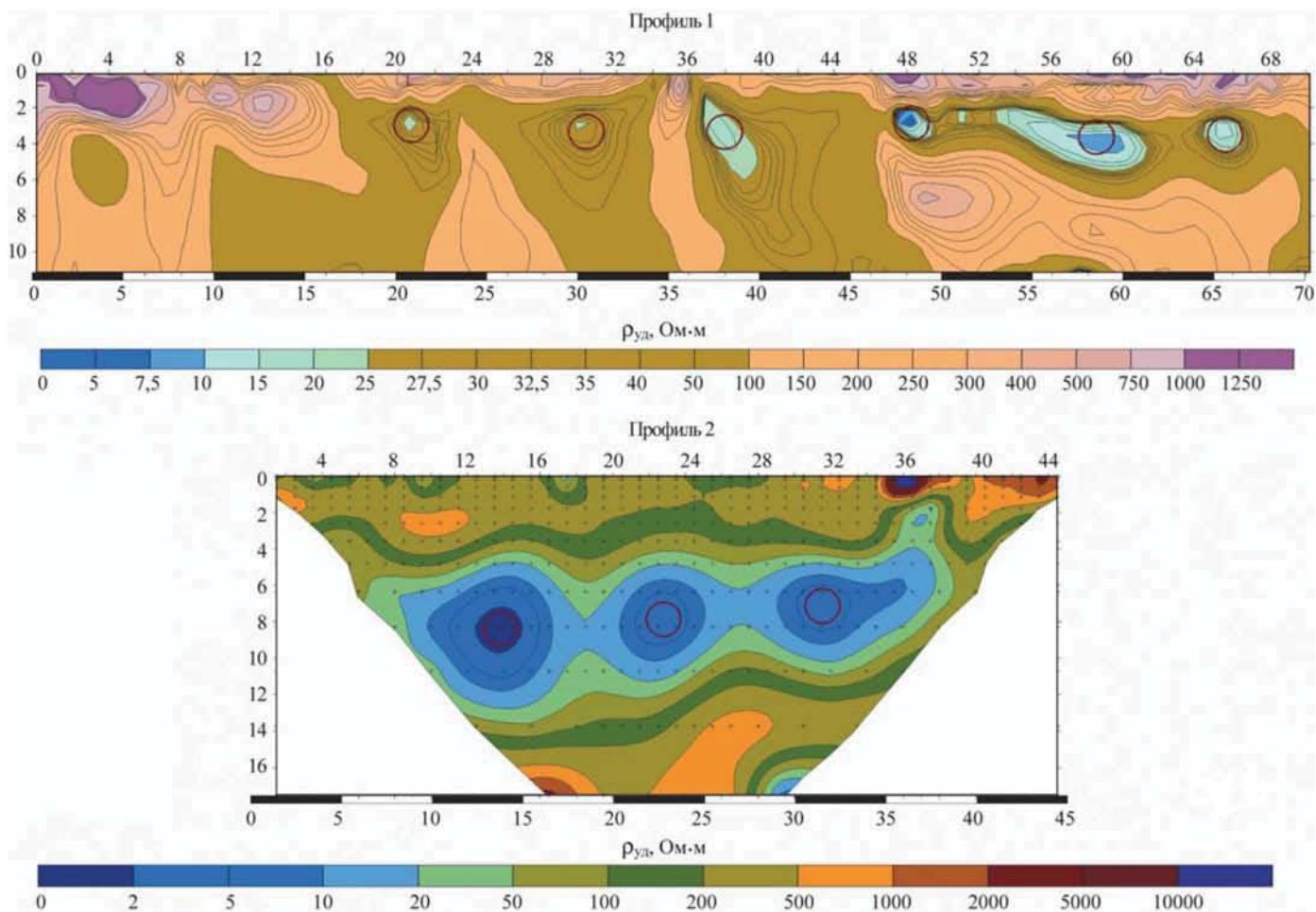


Рис. 2. Геоэлектрические разрезы по результатам электротомографических измерений по профилям 1 и 2. Вертикальные оси — глубина, м; горизонтальные оси — расстояние, м; $\rho_{уд}$ — удельное электрическое сопротивление, Ом·м; красные окружности — железобетонные трубопроводы

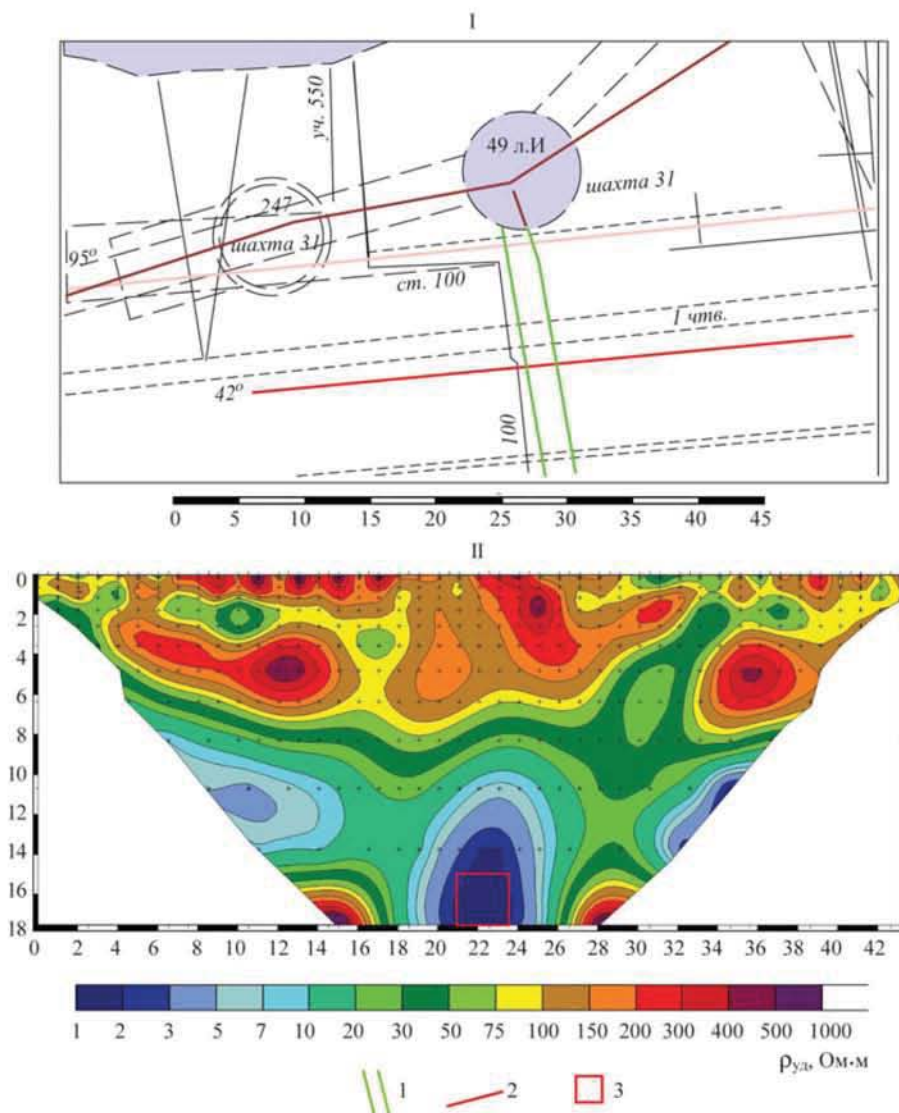


Рис. 3. План участка канализационного коллектора (I) и геоэлектрический разрез через него по результатам электротомографических измерений (II). Вертикальная ось — глубина, м; горизонтальная ось — расстояние, м; $\rho_{уд}$ — удельное электрическое сопротивление, Ом·м. Условные обозначения: 1 — канализационный коллектор; 2 — профиль электротомографических измерений; 3 — поперечный профиль канализационного коллектора на геоэлектрическом разрезе

шихся им коммуникаций появляются проблемы точного определения их пространственного положения. Наибольшие трудности возникают при поиске и трассировании неметаллических (бетонных, пластиковых) трубопроводов, которые трудно или невозможно обнаружить традиционными электромагнитными методами с использованием трассоискателей и георадаров. В связи с этим встала задача определения возможностей метода электротомографии при картировании любых типов подземных трубопроводов. Преимущества электротомографических измерений по сравнению с традиционным вертикальным электротомографическим измерением отмечаются в работах [1, 2].

Так как электротомографические измерения позволяют получить двумер-

ный геоэлектрический разрез путем выполнения двумерной инверсии [5] и выявить локальные объекты типа горизонтальных труб, о чем свидетельствует пример, приведенный в руководстве [3], в ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» с участием автора были проведены опытные профильные измерения при поисках и картировании различных типов трубопроводов, трассы которых ранее не определялись традиционными методами. Глубина заложения исследуемых объектов составляла от 1,5 м для канализационных и водопроводных сетей до 13 м для канализационных коллекторов.

Измерения проводились электроразведочной аппаратурой ERA-MULTI-MAX производства ООО «НПП ЭРА» с использованием электроразведоч-

ной косы с 24 приемными электродами при расстояниях между ними 0,5–2,0 м на частотах 4,88 и 9,76 Гц. Обработка данных выполнялась в программах x2ipi (разработчик — А.А. Бобачев) [1] и Res2Dinv (Geotomo Software Inc.) путем выполнения двумерной инверсии. При построении геоэлектрических разрезов была использована программа Surfer (Golden Software Inc.).

Рассмотрим результаты этих работ.

Картирование железобетонных трубопроводов и коллекторов

Картирование выпусков очищенных канализационных стоков из Северной станции аэрации в Финский залив

Шесть железобетонных трубопроводов диаметром 2,0 м были пересечены двумя профилями (рис. 1). На профиле 1 (рис. 2) были выявлены все шесть трубопроводов на глубине 2,0–2,7 м. Они выделяются по пониженным удельным электрическим сопротивлениям среди вмещающих их песков. Профилем 2 были пересечены три трубопровода на глубине 6,2–7,4 м. Они также характеризуются низкими удельными сопротивлениями. Различия в глубине заложения связаны с погружением трубопроводов на участке перехода через железную дорогу.

Отметим, что ранее вдоль профиля 1 была проведена георадиолокационная съемка. При этом на георадиолокационном разрезе на соответствующей глубине выделялся только один трубопровод.

Картирование канализационного коллектора

Над железобетонным канализационным коллектором прямоугольного сечения размером 2,7 м, расположенным рядом с домом 49 на Рижском проспекте, были проведены электротомографические измерения по одному профилю (рис. 3). В результате был получен геоэлектрический разрез, на котором на глубине 15 м выделяется канализационный коллектор по пониженным удельным сопротивлениям (менее 3 Ом·м). Глубина расположения коллектора на геоэлектрическом разрезе совпадает с реальной глубиной его заложения.

Картирование пластиковых трубопроводов

Поиск и трассировка пластиковых трубопроводов традиционными мето-

дами (электромагнитным и радиолокационным) практически невозможны в связи с тем, что они являются изоляторами.

Такие трубопроводы прокладываются бестраншейным методом с использованием горизонтально-направленного бурения по специальной технологии [4] с созданием канала для беспрепятственного протягивания в нем пластиковой трубы. При этом производится закачка в ствол горизонтальной скважины специального бурового раствора с низким удельным электрическим сопротивлением, который разрушает грунт, а также проникает в него. Кроме того, производится расширение ствола скважины так, чтобы его диаметр был больше диаметра трубы на 50–100%. При этом происходит внедрение бурового раствора в окружающий грунт. В результате вокруг пластикового трубопровода образуется зона нарушенных грунтов с низким удельным электрическим сопротивлением, диаметр кото-

рой в несколько раз превышает диаметр трубы. Таким образом, есть возможность картирования такой зоны с помощью электротомографических измерений.

ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» с участием автора были выполнены электротомографические измерения над пластиковыми трубопроводами разного диаметра на разной глубине заложения в различных типах грунтов. На рисунке 4 приведены результаты таких измерений над четырьмя пластиковыми трубопроводами, находящимися в грунтах разных типов. На участке I на геоэлектрическом разрезе выделяется находящийся в песках напорный канализационный пластиковый трубопровод диаметром 1000 мм, вокруг него — зона нарушенных грунтов с инъецированным буровым раствором. На участке II выделяются два расположенных в суглинках напорных пластиковых трубопровода диаметром 400 мм, вокруг них — зоны нарушенных инъецированием грунтов. На участке III — распо-

ложенный в песках пластиковый водопроводный трубопровод диаметром 200 мм, вокруг него — зона нарушенных инъецированием грунтов. На участке IV — расположенный в насыпных грунтах пластиковый водопроводный трубопровод диаметром 110 мм, вокруг него — мощная зона нарушенных грунтов с инъецированным буровым раствором. Глубины заложения трубопроводов на геоэлектрических разрезах совпадают с данными о них в геoinформационной системе (ГИС). Таким образом, все типы исследованных пластиковых трубопроводов четко отмечаются на геоэлектрических разрезах.

С учетом полученных результатов была проведена трассировка нескольких линий напорных трубопроводов диаметром 400 и 60 мм. Результаты этих работ приведены на рис. 5. На участке I необходимо было уточнить положение двух напорных трубопроводов при переходе через железную дорогу в районе станции Дачное. Глубина заложения

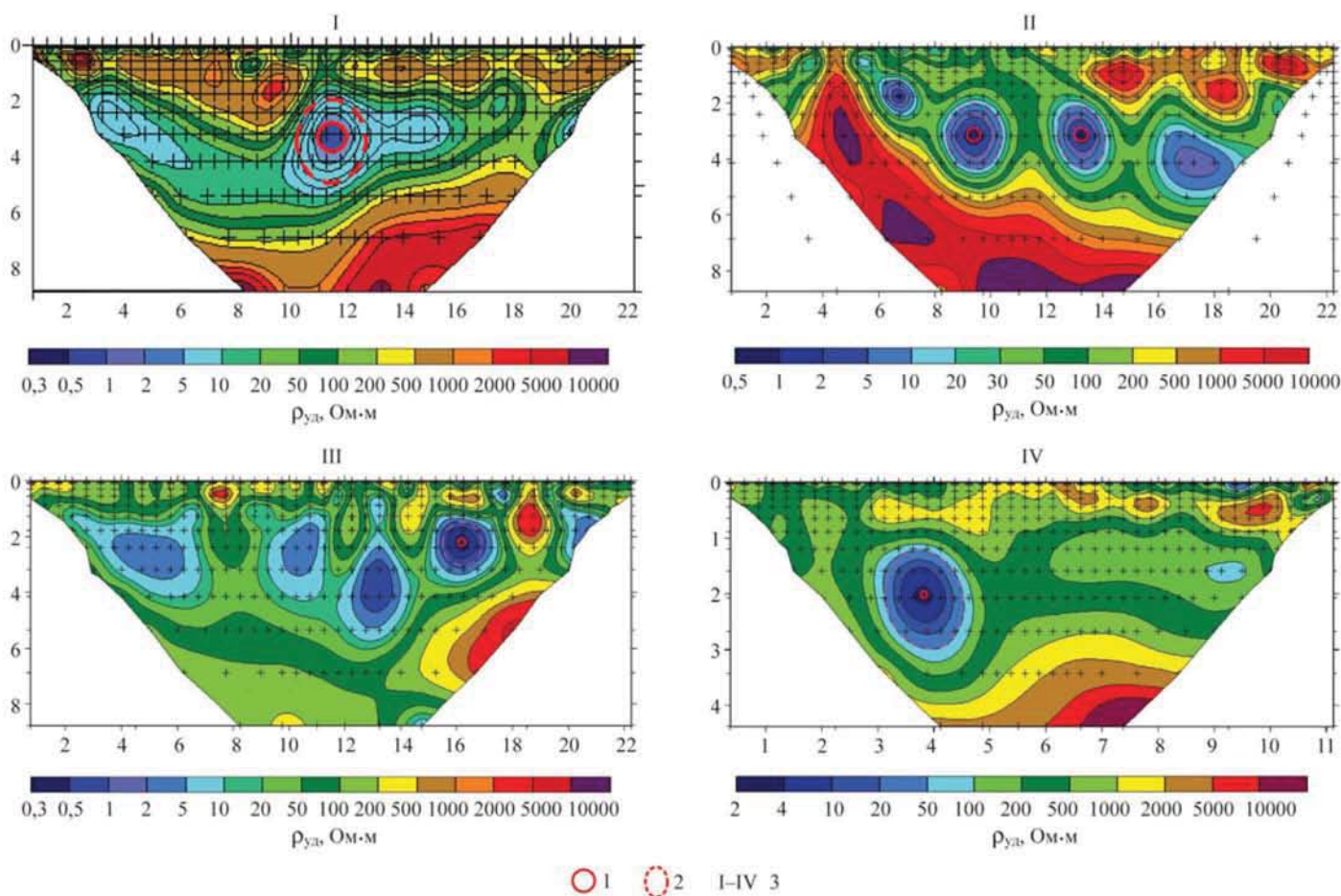


Рис. 4. Геоэлектрические разрезы над пластиковыми трубопроводами по результатам электротомографических измерений: I — пластиковый трубопровод диаметром 1000 мм в песках; II — два пластиковых трубопровода диаметром 400 мм в суглинках; III — пластиковый трубопровод диаметром 200 мм в песках; IV — пластиковый трубопровод диаметром 110 мм в насыпных грунтах. Вертикальные оси — глубина, м; горизонтальные оси — расстояние, м; $\rho_{уд}$ — удельное электрическое сопротивление. Условные обозначения: 1 — канализационный трубопровод на разрезе; 2 — зона нарушенных грунтов с инъецированным буровым раствором; 3 — тип обследованного трубопровода

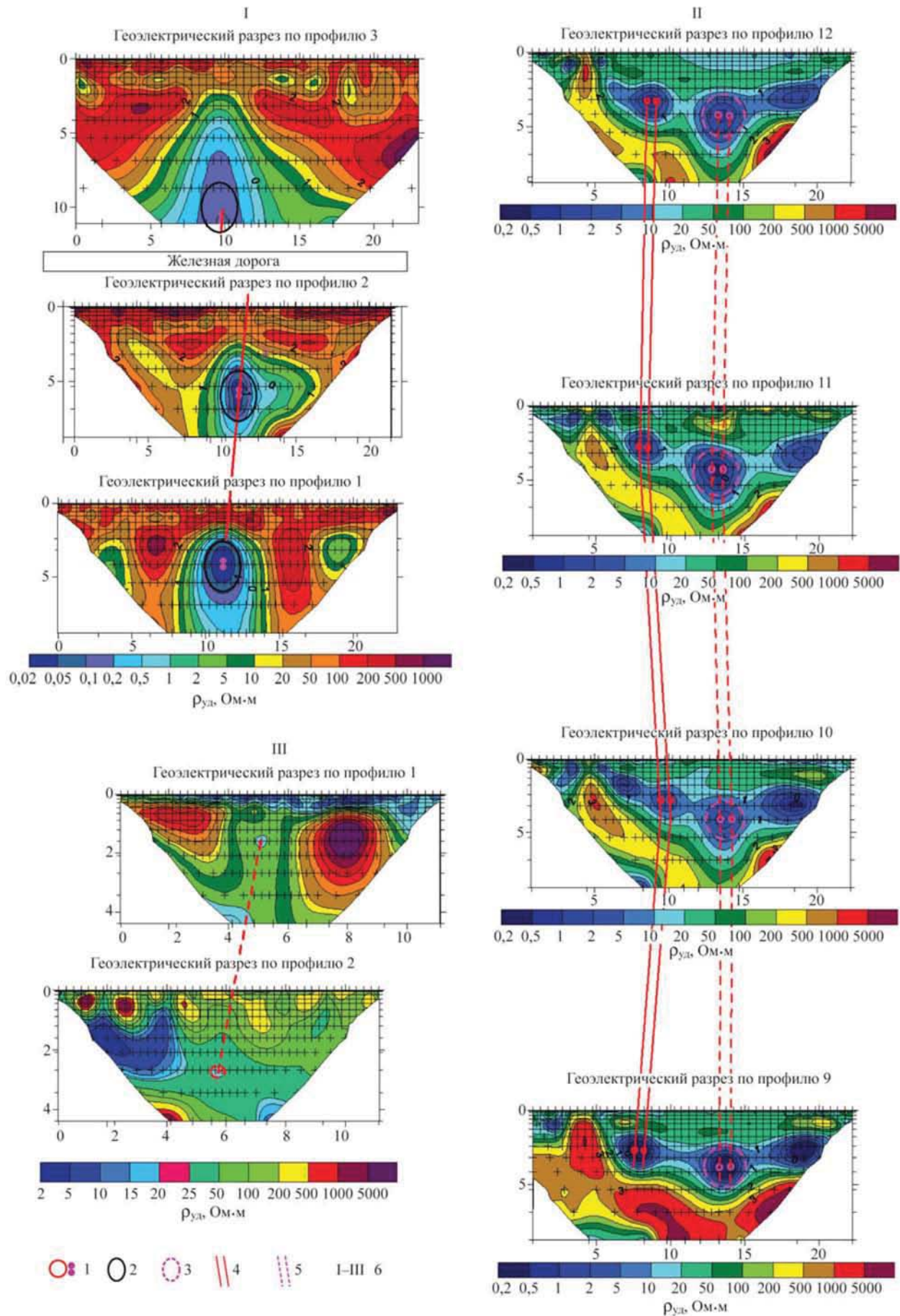


Рис. 5. Трассировка напорных канализационных трубопроводов с помощью электротомографических измерений: I — участок перехода через железную дорогу в районе станции Дачное; II — участок двух пластиковых трубопроводов в районе города Колпино; III — участок пластикового трубопровода на территории частного владения в поселке Александровская. Вертикальные оси — глубина, м; горизонтальные оси — расстояние, м; $\rho_{уд}$ — удельное электрическое сопротивление. Условные обозначения: 1 — канализационный трубопровод; 2 — футляр, вмещающий трубу; 3 — зоны нарушенных инъецированием грунтов; 4 — чугунный трубопровод; 5 — пластиковый трубопровод; 6 — участок трубопровода

трубопроводов достигает 10 м. При использовании георадара «Око-2» (ООО «Логис») положение коммуникаций на профилях 2 и 3 не отмечалось. На участке II требовалось проследить трассу напорных пластиковых трубопроводов, так как после ее проходки методом горизонтально-направленного бурения ее положение не было занесено в систему ГИС. В результате были установлены трассы двух чугунных и двух пластиковых трубопроводов. На участке III требовалось проследить трассу напорного

пластикового трубопровода, проходящего по территории частного владения, и найти точку его выхода за границы последнего. Этот трубопровод диаметром 60 мм был выявлен на глубине 1,8–2,6 м среди песков, и была указана точка его выхода за границы частного участка. Он был вскрыт в районе профиля 2 в указанной точке.

Заключение

В результате проведенных опытных работ над различными типами

подземных коммуникаций (канализационными выпусками, канализационным коллектором и пластиковыми трубопроводами) была установлена возможность их четкого выделения на геоэлектрических разрезах, полученных при электротомографических измерениях. Полученные результаты позволили в дальнейшем провести поиски и трассирование подземных коммуникаций методом электротомографии на нескольких участках.

Список литературы

1. Бобачев А.А., Марченко М.Н., Модин И.Н., Перваго Е.В., Урусова А.В., Шевнин В.А. Новые подходы к электрическим зондированиям горизонтально-неоднородных сред // Физика Земли. 1995. № 12. С. 79–90.
2. Бобачев А.А., Ерохин С.А., Власов В.В. Использование электротомографии в инженерной геофизике / Материалы 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации». 2010. С. 103–104.
3. Программа RES2DINV, версия 3.4 (или версия 3.49h) для Windows 95/98/Me/2000/NT/XP. Быстрая 2D инверсия данных метода сопротивлений и ВП с использованием метода наименьших квадратов. Для установок Веннера дипольной осевой, двухэлектродной, трехэлектродной, дипольной экваториальной, Шломберже и нестандартных установок. Для съемок на земле, под водой и между скважинами Для методики Geoelectrical Imaging 2D и 3D: руководство / Перевод В.А. Шевнина. М.: Изд-во МГУ, 2001. 56 с. URL: <http://www.twirpx.com/file/1289430/>.
4. Харитонов В.А., Бахарева Н.В. Организация и технология строительства трубопроводов методом горизонтально-направленного бурения: монография. М.: АСВ, 2011. 341 с.
5. Loke M.H., Barker R.D. Rapid least-squares inversion of apparent resistivity pseudosections by a quasi-Newton method // Geophysical Prospecting. 1996. V. 44. P. 131–152.