

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРИ РАЗВЕДКЕ НЕДР

Материалы
Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием, посвященной 70-летию основания
в Томском политехническом институте
кафедры «Геофизические методы поисков и разведки
месторождений полезных ископаемых»

20–23 апреля 2016 г.

Издательство
Томского политехнического университета
2016

УДК 550.83(063)
ББК 26.34:26.2л0
Г36

Геофизические методы при разведке недр: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 70-летию основания в Томском политехническом институте кафедры «Геофизические методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых» / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 315 с.

ISBN 978-5-4387-0636-6

В сборнике представлены доклады участников Всероссийской научно-практической конференции «Геофизические методы при изучении недр». Приведены результаты исследований оригинальными методами и технологиями, которые применяются для решения задач региональной геологии, рудной и нефтегазовой геологии, гидрогеологических и инженерно-геологических задач.

Публикуемые материалы полезны широкому кругу специалистов и научных работников, занимающихся разработкой и применением геофизических методов разведки недр.

УДК 550.83(063)
ББК 26.34:26.2л0

Организационный комитет

Председатель – д-р геол.-минерал. наук А.К. Мазуров (ТПУ, Томск)
Зам. председателя – канд. геол.-минерал. наук Ю.В. Колмаков (ТПУ, Томск)
Отв. секретарь – д.-р геол.-минерал. наук В.И. Исаев (ТПУ, Томск)

Консультативный комитет

д-р геол.-минерал. наук Р.М. Бембель (ТГНГУ, Тюмень)
д-р техн. наук Н.Н. Гриб (СВФУ, Нерюнгри)
д-р физ.-мат. наук А.С. Долгаль (ГИ УрО РАН, Пермь)
д-р геол.-минерал. наук Л.Я. Ерофеев (ТПУ, Томск)
Н.Н. Ильин (администрация Томской области, Томск)
П.В. Казанцев (ООО «Томскгазпромгеофизика, Томск)
А.В. Комаров (Департамент по недропользованию по ЦСО, Томск)
член-кор. РАН В.А. Конторович (ИНГГ СО РАН, Новосибирск)
канд. геол.-минерал. наук Ф.Д. Лазарев (Норильский филиал ВСЕГЕИ, Норильск)
канд. геол.-минерал. наук Э.Н. Линд (ГП КрасНИИГГиМС, Красноярск)
д-р геол.-минерал. наук А.М. Петрищевский (ИКАРП ДВО РАН, Биробиджан)
академик НАН Украины В.И. Старостенко (ИГ НАН Украины, Киев)

ISBN 978-5-4387-0636-6

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2016
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2016

ПРОГНОЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СПЕЦИАЛЬНЫХ АППАРАТУРНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ

¹ Фоменко Н.Е., ² Журбицкий Б.И., ³ Фоменко Л.Н.

¹ Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

² Всероссийский научно-исследовательский институт
угольных месторождений, г. Ростов-на-Дону

³ Ростовский государственный строительный университет, г. Ростов-на-Дону

В статье обсуждаются возможности изучения техногенного загрязнения городских территорий, включая зоны размещения подземных коммуникаций, по результатам эколого-геофизического картирования с применением специальной аппаратуры и программных средств. Для изучения электромагнитной загрязненности разработан и применен малогабаритный прибор электромагнитного излучения (ЭМИ). Измерения выполнены в Советском районе г. Ростова-на-Дону в местах размещения подземных коммуникаций. Обработка и представление геофизических материалов произведены посредством информационной технологии многофакторного моделирования-прогнозирования, основанной на использовании программных средств-комплексов ПК ОКАР и ПС Viewer (ВНИГРИуголь), и ПС общего назначения (MS Office, Surfer и др.).

Анализ проблемы

Электромагнитные поля (ЭМП) на территории городов и др. населенных пунктов, включают сигналы грозовой активности, ближних и дальних радиостанций, механоэлектрических преобразований и др. Измеряемые параметры поля носят устойчивый характер и зависят от состояния над- и приповерхностной части геосферы. Существенное значение имеют техногенные процессы, обусловленные действием наземных (линии электро-, телефонных и радиопередач) и подземных (электрические и телефонные кабели, трубопроводы, канализационные стоки и др.) коммуникаций, автомобильных и железных дорог, трамвайных путей, промышленных и гражданских объектов, а также электромагнитное переизлучение. При этом развитие городских и поселковых агломераций, как известно, сопровождается постоянным увеличением различных видов коммуникаций, в том числе подземных. Новые коммуникации в большинстве случаев конструируются на месте сооружений вышедших из эксплуатации, либо рядом с ними. Все это увеличивает техногенное загрязнение лито- и атмосферы [1].

Диапазон частот, в котором достигается наибольший уровень суммарной электромагнитной активности, занимает полосу от 2 до 45 кГц (рис. 1, а). В этом диапазоне для различных соотношений удельного электрического сопротивления (ρ) и диэлектрической проницаемости (ϵ) различаются волновая (диэлектрики), промежуточная (полупроводники) и индукционная (проводники) зоны. Этим зонам соответствуют определенные зависимости изменения длин волн (λ). Для частот 10 и 100 кГц длины волн изменяются от 3 до 300 м (рис. 1, б). Это значит, что возможно изучать локальные объекты, размер которых в каком-либо одном направлении превышает длину волны. Кроме того, в области расположения таких объектов могут проявляться эффекты, связанные с явлениями дифракции, интерференции, преломления, отражения, переизлучения и т. д.

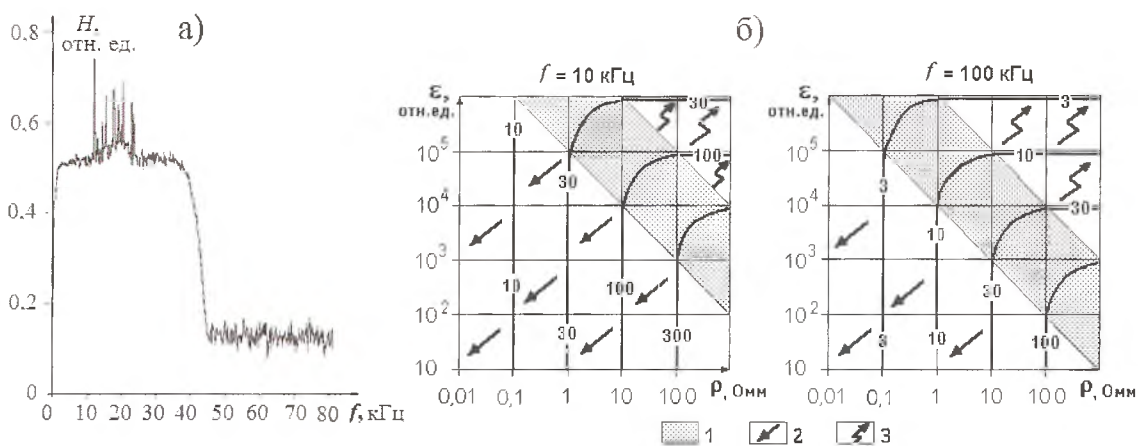


Рис. 1. Интенсивность ЕМП на различных частотах (а) и графики изменения длин волн (λ) в зависимости от удельного электрического сопротивления (ρ) и диэлектрической проницаемости (ϵ) в проводящей поляризующейся среде при различной частоте (f) электромагнитного поля (б). Шифр – длина волн в м. 1,2,3 – промежуточная, индукционная и волновая зоны.

Прибор электромагнитных измерений

Для регистрации ЕМП разработан и реализован в виде макета малогабаритный прибор электромагнитных измерений (ЭМИ). Аппаратура построена по модульному принципу из отдельных функционально и физически независимых блоков, включающих электронную записную книжку. Датчик поля трехкомпонентный, инвариантный, состоит из трех взаимно перпендикулярных магнитных антенн. Блок-схема измерителя изображена на рис. 2.

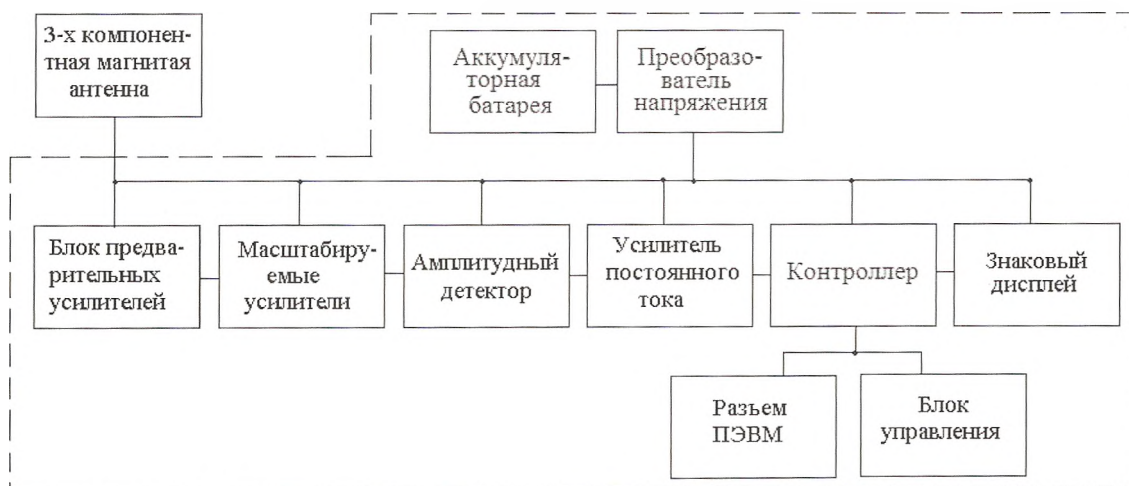


Рис. 2. Блок-схема ЭМИ

Работа ЭМИ осуществляется путем приема сигналов датчиками 3-х компонентной магнитной антенны H_x , H_y и H_z . Сигналы усиливаются с помощью предварительных усилителей и подаются на масштабируемые усилители. Последние сопряжены с амплитудным детектором и усилителем постоянного тока. Далее включается блок контроллера и производится вычисление параметра $H_{инв} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}$. Регистрация значений $H_{инв}$ производится в условных единицах (отсчетах автоматиче-

ского цифрового преобразователя – АЦП), а после ввода в персональный компьютер (ПК) при необходимости производится пересчет в абсолютные единицы (мкВ или А/м). Зарегистрированная информация сохраняется в запоминающем устройстве (ЗУ) независимо от повторных включений и выключений прибора. Режим стирания позволяет очистить ЗУ при начале новой серии измерений, а также при ошибках в нумерации точек или регистрации отсчетов. При пешеходных работах измерения и регистрация производятся по командам с пульта (нажатие кнопки) либо по командам от таймера через 1, 2...10 с. При работах в автомобильном варианте измерения и регистрация производятся по сигналам с датчика импульсов, связанного со спидометром автомобиля (примерно через 1 м пути).

Электромагнитное загрязнение в дворово-парковой и дорожно-тротуарной зонах

На рис. 3 выполнено сопоставление графиков $H_{инв}$ по профилям, ориентированным вдоль проспекта Стачки в г. Ростове-на-Дону. Попикетное рассмотрение графиков показывает, что интенсивность поля в дворово-парковой зоне характеризуется аномальными «всплесками», приуроченными к подъездам многоквартирных домов. Амплитуды аномалий устойчивы, с 90 % повторяемостью при повторных наблюдениях. Их интенсивность зависит от этажности зданий. Аномальные «всплески» осложняются в случае пересечением профиля линий наземных и подземных коммуникаций. В дорожно-тротуарной зоне (борт проезжей части) аномальное поле соответственно повышено вследствие скопления наземных и подземных линий электропередач и насыщенности транспортом. Наибольшие по интенсивности аномалии, которые на порядок выше аномальных значений в дорожно-тротуарной зоне, регистрируются в полосах прохождения высоковольтных линий электропередач (ЛЭП) и железных дорог. Радиус их действия распространяется на 0,5–0,7 км. Близкая к нулевой интенсивность ЭМП регистрируется вдоль русел ручьев и рек.

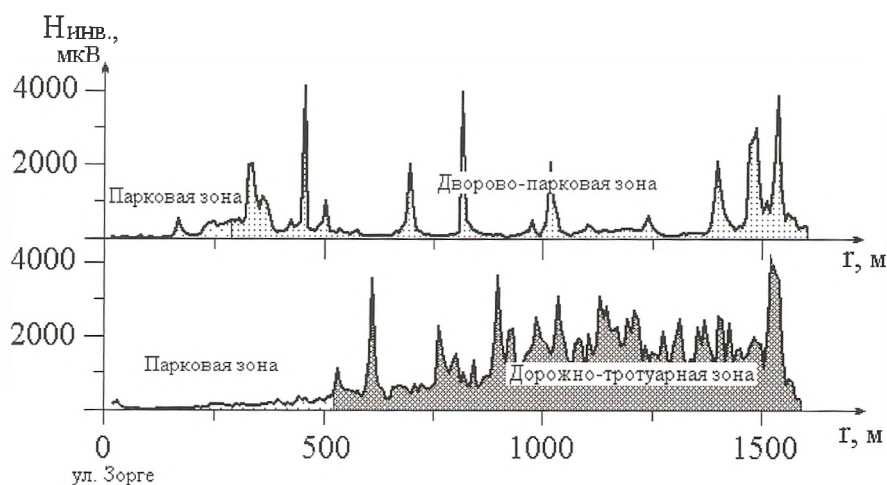


Рис. 3. Сопоставление графиков $H_{инв}$ по профилям, ориентированным вдоль проспекта Стачки в г. Ростове-на-Дону

Результатом профильных пешеходных и автомобильных съемок являются поквартирные, районные и, в целом, городские карты электромагнитной загрязненности, которые строятся с помощью программ типа Arcinfo (рис. 4).

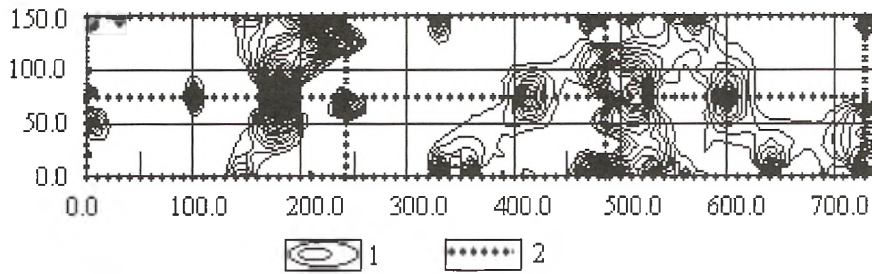


Рис. 4. Фрагмент карты электромагнитной загрязненности в квартале муниципальной застройки в Советском районе г. Ростове-на-Дону.
1 – изолинии $H_{инв}$, мкВ, 2 – профили и пункты наблюдений

Электромагнитное загрязнение трубопроводов

Малоизученным является вопрос электромагнитной загрязненности в местах размещения трубопроводов. Эти подземные коммуникации, в особенности магистральные, как известно, располагаются параллельно кабельным линиям, создающим электромагнитные поля различной степени интенсивности, имеют многочисленные врезки и в совокупности их можно рассматривать в качестве сопутствующих излучателей. На рис. 5-I и 5-II приведены графики $H_{инв}$, полученные посредством мониторинговых наблюдений на профиле секущим серию колодцев подводящих подземных коммуникаций возле здания института ВНИГРИуголь в г. Ростове-на-Дону (фрагмент а) и на профиле за чертой города (фрагмент б).

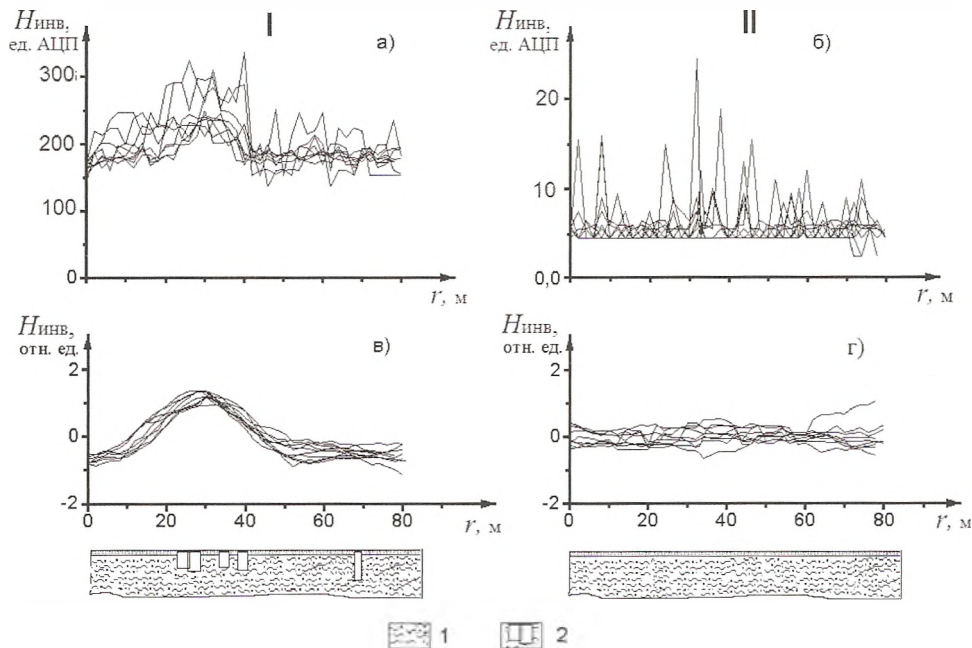


Рис. 5. Графики значений $H_{инв}$, полученные посредством многократных наблюдений в условиях городских агломераций (I) и за чертой города (II): а-г – форма графиков в абсолютных (а, б), и нормированных (в, г) значениях. 1 – покровные отложения, 2 – колодцы подземных коммуникаций

Нетрудно заметить, что поле в месте скопления колодцев «подводящих» коммуникаций отмечается значениями порядка 100–300 ед. АЦП, что на порядок ниже значений в тротуарно-дорожной зоне и на участках расположения магистральных

коммуникаций. За чертой города электромагнитная загрязненность не превышает 30 ед. АЦП. При этом нормирование кривых, то есть их приведение к относительным единицам, позволяет устранить разницу в значениях, вызванную аппаратурными причинами, погодными условиями и т. д. (фрагменты I–в и II–г).

Городские уличные (магистральные) подземные коммуникации, включающие трубы теплосети, водопровода, канализации, «ливневки», силовых и телефонных кабелей, изучались на газонной территории по ул. Зорге между корпусами института наук о Земле (ИНОЗ) и химического факультета (ХВ) Южного федерального университета (ЮФУ). Одновременно с измерениями ЭМП выполнялись магнито-разведочные и радиометрические наблюдения. Обработка и представление геофизических материалов произведены посредством информационной технологии многофакторного моделирования-прогнозирования, основанной на использовании программных средств-комплексов ПК ОКАР и ПС Viewer, и ПС общего назначения (MS Office, Surfer и др.) [2, 3]. Сущность технологии многофакторного моделирования-прогнозирования – в аппроксимации измеренных параметров геофизических полей в программе ОКАР_28_Large с возможностью анализа распределения этих параметров по любым произвольным направлениям как в пределах, так и за пределами участка исследований с последующим отображением деформации экогеофизических полей в программе Viewer_9.

На рис. 6, а и 7, а приведена схема участка геофизических работ размером 40×40 м, на котором проведены измерения на ортогонально расположенных по отношению к трассам подземных коммуникаций профилях.

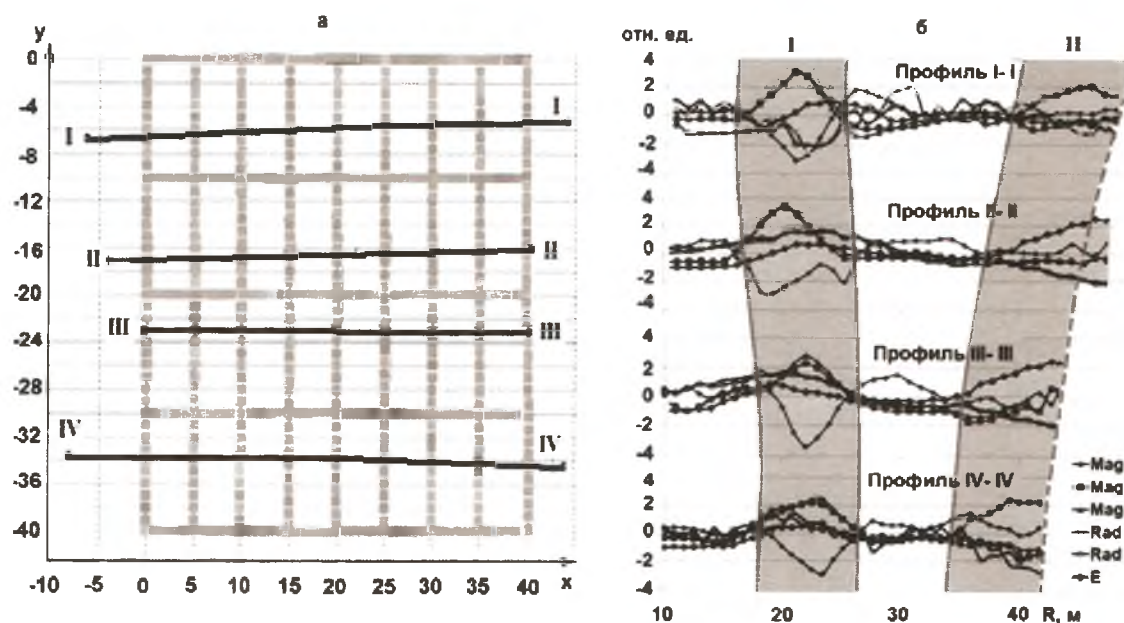


Рис. 6. Схема участка и положение произвольно заданных на ней профилей (а) и сопоставление совокупных графиков измеренных параметров экогеофизических полей (б).

Выполнено сеточное покрытие 5×10 м с регуляризацией сети. Сформированы трансформированные сеточные файлы: 1) магнито-разведочных данных (Mag, Mag 1 и Mag 2 – разность и значения поля при вертикальном положении датчика суммарного вектора магнитного поля T непосредственно у дневной поверхности и на высоте 1,5 м); 2) показателей естественной радиоактивности J_γ (Rad и Rad 1 – J_γ у дневной поверхности и на высоте 1,5 м); 3) значений ЭМП, зарегистрированных прибо-

ром ЭМИ. Выполнен анализ интенсивности и области распространения геофизических полей по произвольно заданным направлениям вкрест трасс подземных коммуникаций (рис. 6, а) и в диагональных направлениях к ним (рис. 7, а).

На профилях, ориентированных ортогонально трассам подземных коммуникаций, прослеживаются две зоны аномальных экогеофизических полей (рис. 7, б). Зона I выделяет полосу нахождения труб теплотрассы и характеризуется аномальными значениями магнитного и радиационного полей, а зона II – полосу местонахождения труб водопровода, канализации, силовых и телефонных кабелей и характеризуется высокими значениями ЭМП.

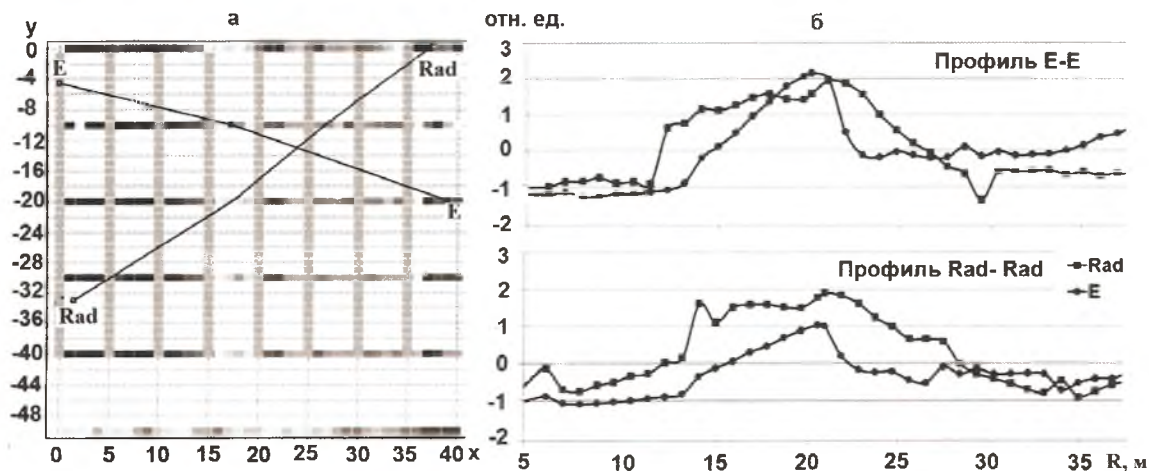


Рис. 7. Схема диагональных профилей (а) и сопоставление графиков электромагнитной Интв. и радиационной $J_{\text{у}}$ загрязненности на участке работ

Выводы

1. Разработаны и опробованы современные технологии бесконтактных геофизических методов изучения экогеофизических полей в режиме реального времени в местах нахождения подземных коммуникаций.
2. Показана возможность прогнозирования загрязненности окружающей среды на территориях городских и поселковых агломераций посредством применения матричной технологии комплексной интерпретации результатов геоэкологических и экогеофизических наблюдений.

Литература

1. Фоменко Н.Е. и др. Изучение электромагнитной загрязненности населенных пунктов для решения геоэкологических задач. Экологическая безопасность и рациональное природопользование // Сб. матер. межвед. науч.-прак. конф. по Югу России. – Ростов-на-Дону: Южно-Росс. Экспоцентр, 2004. – С. 92–97.
2. ПС ОКАР. Программный комплекс ПК ОКАР – «Обработка, корреляция, аппроксимация, распознавание» (Журбицкий Б. И., Жбанков Г.А., ВНИГРИуголь, свидетельство ФАИС №2013617557 от 20.08.2013 г.).
3. ПС Viewer. Программный комплекс «Экспресс – просмотр XYZ-файлов с коррекцией данных». (Журбицкий Б. И., Жбанков Г. А., ВНИГРИуголь, 2013 г.).