**Данильев, Сергей Михайлович. Обоснование методики георадиолокационных исследований зон деструкции инженерно-геологических объектов : диссертация ... кандидата геолого-минералогических наук : 25.00.10 / Данильев Сергей Михайлович; [Место защиты: С.-Петерб. гос. гор. ин-т им. Г.В. Плеханова].- Санкт-Петербург, 2011.- 133 с.: ил. РГБ ОД, 61 11-4/166**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

04201163015

***На правах рукописи***

C:\Users\Pavel\AppData\Local\AppData\Local\Temp\FineReader11.00\media\image1.png

ДАНИЛЬЕВ Сергей Михайлович

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИКИ ГЕОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗОН ДЕСТРУКЦИИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ

ОБЪЕКТОВ

Специальность

25.00.10 - Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых

ДИССЕРТАЦИЯ на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор В.В. Глазунов

Санкт-Петербург

2011

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

ВВЕДЕНИЕ 5

Глава 1. Зоны деструкции инженерно-геологических объектов и геофизические методы их исследований 10

1. Зоны деструкции инженерно-геологических объектов 11
2. Геофизические методы изучения зон деструкции инженерно-

' геологических объектов 22

1. [Метод георадиолокации 23](#bookmark0)
2. [Физические основы метода георадиолокации 24](#bookmark1)
3. [Распространение ЭМ волн в геологическое среде 35](#bookmark5)
4. Применение метода георадиолокации в инженерной геофизике 37

Выводы по главе 1 41

Глава 2. Моделирование основных типов зон деструкций,

формирующихся в инженерно-геологических объектах 43

1. Физико-геологические модели зон деструкций 43

*[* 2.2 Моделирование волновых ЭМ полей зон деструкций инженерно-

геологических объектов 47

1. Расчет теоретических моделей волновых ЭМ полей зон деструкций инженерно-геологических объектов 53
2. Расчет теоретических волновых ЭМ полей полостей 53

% 2.3.2 Расчет теоретических волновых ЭМ полей зон трещиноватости 65

1. Моделирование волновых ЭМ полей зон деструкции эксплуатируемых инженерно-геологических объектов 71

Выводы по Главе 2 74

Глава 3. Обработка и интерпретация данных георадиолокационных исследований зон деструкций инженерно-геологических объектов 75

1. Обработка данных георадиолокационных исследований зон деструкций 75

3.2 Интерпретация данных георадиолокационных исследований зон деструкций 80

1. [Кинематическая интерпретация 81](#bookmark12)
2. [Динамическая интерпретация 84](#bookmark13)
3. Математическое представление преобразования Гильберта 86
4. Применение преобразований Гильберта для изучения свойств зон деструкций 92
5. Применение преобразований Гильберта для интерпретации полостей инженерно-геологических объектов 93
6. Применение преобразований Гильберта для интерпретации трещиноватости скальных массивов 96

[Выводы по Главе 3 98](#bookmark17)

Глава 4. Георадиолокационные исследования зон деструкций инженерно-геологических объектов 100

1. Технология георадиол окационной съемки зон деструкций инженерно-геологических объектов 100
2. Режим работы георадара 101
3. [Способ перемещения антенной системы по профилю 102](#bookmark18)
4. Примеры исследований зон деструкций инженерно-геологических объектов 105
5. Исследования полостей под ж/б плитами верхового откоса Боткинской ГЭС 105
6. Исследования закрепного пространства ствола ВС-1 рудника «Октябрьский» 112
7. Исследования зон деструкций внутренней части Петропавловского собора 116
8. Исследования трещиноватости скальных массивов Кольского п-ова

и месторождения облицовочного камня Ладожское 118

1. Исследования зон деструкций автомобильных дорог

автомобильных дорог 122

Выводы по Главе 4 123

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 124

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ: 126](#bookmark19)

**ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность работы.**

Инженерно-геологические объекты: здания, сооружения, автомобильные дороги, плотины, горные выработки являются неотъемлемой частью современной инфраструктуры. В результате воздействия эксплуатационных нагрузок, инженерно-геологических процессов, нарушения технологии строительства происходит формирование различных зон деструкций. Развитие этих зон оказывает влияние на эксплуатационную надежность объекта, вплоть до его полного вывода из эксплуатации. В связи с этим необходимо проведение исследований инженерно-геологических объектов, направленных на своевременное выявление и оценку параметров сформировавшихся деструкций.

Специфика исследований зон деструкций инженерно-геологических объектов' требует обеспечения высокой детальности и проведения их в условиях эксплуатации изучаемого объекта. Метод георадиолокации отвечает этим требованиям и позволяет выявить зоны деструкции, сформировавшиеся в инженерных объектах, к которым относятся полости с различным материалом заполнения, трещины и зоны трещиноватости горных пород. Метод георадиолокации обладает высокой пространственной разрешающей' способностью, производительностью и высокой чувствительностью к изменениям свойств изучаемой среды. Значительный вклад в развитие метода георадиолокации внесли М.Л.Владов, В.В.Глазунов, А.Ю.Гринев,

Н.Н.Ефимова, В.П.Золотарев, А.В .Калинин, В.В.Капустин, В.В.Помозов,

Н.П.Семейкин, А.В.Старовойтов, М.И. Финкельштейн.

В настоящее время- метод георадиолокации активно применяется \* для изучения инженерно-геологических объектов, однако, широкому внедрению метода в практику локализации и определения параметров зон деструкции препятствует отсутствие обоснованной методики георадиолокационных исследований. Применение метода и интерпретация георадиолокационных данных преимущественно базируются на экспериментальных работах и интуитивных представлениях геофизика. Для повышения эффективности исследований возникает необходимость в обосновании методики георадиолокационных исследований, включающей технологию проведения георадарной съемки, обработку и интерпретацию полученных данных, базирующихся на результатах физического и математического моделирования эффектов волнового электромагнитного (ЭМ) поля зон деструкции. Особое внимание необходимо уделить исследованию кинематических и динамических особенностей теоретических волновых ЭМ полей, являющихся основой для выявления георадиолокационных атрибутов, указывающих на наличие зон деструкции инженерно-геологических объектов, и выбора оптимальных процедур обработки данных метода, направленных на повышение эффективности выявления и оценки параметров зон деструкций.

**Основные задачи и методы исследований:**

* выполнить анализ основных типов зон деструкций, формирующихся в инженерно-геологических объектах;
* создать физико-геологические модели основных типов\* зон деструкции и на их основе произвести расчет и анализ теоретических волновых ЭМ полей зон деструкций'в зависимости от их геометрических параметров и электрофизических свойств;
* провести экспериментальные исследования зон деструкций, направленные на подтверждение теоретических представлений, сформулировать основные георадиолокационные атрибуты зон деструкции, проявляющихся в волновых ЭМ полях;
* выбрать процедуры обработки данных георадиолокационных исследований, обеспечивающие надежное выявление особенностей волнового ЭМ поля, характеризующих параметры зон деструкций;
* обосновать методику георадарной съемки, обеспечивающую получение данных, обладающих наибольшей детальностью;

• опробовать методику на различных инженерно-геологических

объектах для решения практических задач.

**Научная новизна работы** состоит в следующем:

1. Установлены георадиолокационные атрибуты зон деструкций инженерно-геологических объектов.
2. Предложено применение процедур комплексного преобразования

Гильберта для распознавания типов и оценки параметров зон деструкций.

1. Выполнено обоснование методики георадиолокационных

исследований зон деструкций инженерно-геологических объектов, позволяющих обеспечить повышение эффективности проведения полевых работ, обработки данных георадиолокации и автоматизировать интерпретацию больших объемов данных исследований.

**Защищаемые положения**

1. ***Результаты выполненного математического и физического моделирования электромагнитных волновых полей основных типов зон деструкций инженерно-геологических объектов позволили определить георадиолокационные атрибуты, обеспечивающие обнаружение и оценку параметров зон деструкций по данным метода георадиолокации.***
2. ***Установленные георадиолокационные атрибуты зон деструкций являются основой для выбора оптимальных процедур обработки и способов интерпретации***• ***данных георадиолокационных исследований инженерно­геологических объектов. Для оценки параметров зон деструкций целесообразно использовать динамические атрибуты волновых электромагнитных полей, определяемые• на основе преобразования Гильберта.***
3. ***Разработанная и опробованная на практике методика георадиолокационных исследований, базирующаяся на результатах теоретических и экспериментальных исследований, обеспечивает обнаружение и оценку параметров зон деструкций гидротехнических сооружений, стволов шахт, транспортных сооружений, горных выработок и строений.***

Методика исследования.

Для решения поставленных задач проведено обобщение информации, о типах зон деструкций инженерно-геологических объектов. Выполнена классификация основных типов зон деструкций, проанализированы их электрофизические свойства, геометрические параметры и разработаны базовые физико-геологические модели? (ФІіМ). На основе ФГМ рассчитаны волновые ЭМ поля зон деструкций с; использованием метода конечных элементов. Обработка теоретических и экспериментальных волновых ЭМ полей осуществлена; с помощью программных пакетов для обработки данных методов георадиолокации PRISM; GEOSCAN, RADEXPLORER и сейсморазведки KOGEO.

Достоверность определяется использованием современной

аппаратурной базы, программных пакетовшбработкши интерпретации данных,, а также математических, алгоритмов моделирования. Достоверность,

разработанной методики , георадиолокационных исследований подтверждена практическими исследованиями зон деструкций на Боткинской ГЭС, ствола ВС-1 рудника «Октябрьский», карьера облицовочного камня, скальных массивов Кольского п-ова;, архитектурных памятников Санкт-Петербурга.

Практическая значимость работы.

Обоснована и усовершенствована методика георадиолокационных

исследований зон деструкции, позволяющая повысить достоверность их локализации и получить информацию: об их свойствах, что обеспечивает возможность: выработки\* мер по снижению эксплуатационных рисков, связанных с зонами деструкции.

Апробация работы.

Основные результаты, полученные автором, докладывались и обсуждались на Международных конференциях: VII и VIII Международный геофизический научно-практический семинар "Применение современных электроразведочных технологий при поисках месторождений полезных ископаемых" (2008, 2009гг.), на Международных молодежных научно- практических конференциях «Геофизика 2005» и «Геофизика 2009», V научно- техническая конференция «Гидроэнергетика. Новые разработки и технологии» и VII Международной научно-практической конференции и выставке «Инженерная геофизика-2011».

**Фактический материал и личный вклад автора.**

Диссертация выполнена на кафедре геофизических и геохимических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых СПГГИ под научным руководством профессора Владимира Васильевича Глазунова и базируется на теоретических и практических исследованиях инженерно­геологических объектов, выполненных при непосредственном участии автора в период с 2004 по 2011 гг.

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю д.т.н., профессору В.В. Глазунову за поддержку, помощь и ценные советы при создании работы. Автор признателен к.т.н., Н.Н. Ефимовой за помощь и консультации на протяжении всего периода обучения в СПГГИ (ТУ).

Автор благодарен за участие в обсуждении основных результатов и советы по рассматриваемым в диссертации вопросам сотрудникам кафедры геофизических и геохимических методов поисков и разведки МПИ: зав. каф. проф. А.С. Егорову, проф. А.А. Молчанову, проф. А.Н. Телегину, проф. О.Ф. Путикову, доц. А.А. Миллеру, асс. А.В. Екименко. Автор благодарит в.н.с В.А. Звездкина, с.н.с С.Н. Мулева (НЦ «Геомеханики и проблем горного производства») и зав. горной лаб. В.Б. Вильчинскому (ООО «Институт Гипроникель») за помощь при проведении исследований.

Автор благодарен сотрудникам «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева» И.Н. Гусаковой и В.Г. Штенгелю за содействие и ценные консультации по вопросам обследования полостей под железобетонными плитами плотин ГТС.

Автор выражает благодарность коллективу компаний ООО НПП «Инжгеофизика» и ООО «Профстрой СПб» и отдельно начальнику отдела изысканий А.И. Куликову за созданные благоприятные условия для проведения исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе решена задача, обоснования методики георадиолокационных исследований зон деструкции инженерно-геологических объектов, основанная на результатах математического и физического моделирования, анализа волновых ЭМ полей базовых моделей и. привлечения дополнительных процедур обработки, позволяющих проводить анализ волнового ЭМ поля, в автоматическом! режиме, а также совершенствования интерпретационной базы метода1. Анализ результатов математического и физического моделирования и\* экспериментальных работ позволяет заключить следующее:

1. установлено,- что для определения параметров^ зон деструкций в инженерно-геологических объектах необходимо выполнять анализ кинематических и динамических характеристик наблюдаемого волнового ЭМ поля;
2. на основе анализа теоретических волновых ЭМ полей и результатов физического моделирования, сформулированы георадиолокационные атрибуты зон деструкций. Предложены георадиолокационные атрибуты, которые являются основой для интерпретации волнового ЭМ; поля на большинстве других инженерно-геологических объектах;
3. определено влияние материала заполнения зоны деструкции на динамические характеристики записи, на основе динамических особенностей волнового поля обоснованно применение комплексного преобразования Г ильберта;
4. установлено, что - применение комплексного преобразования Г ильберта позволяет выявить динамические особенности волнового ЭМ поля в автоматическом режиме;
5. предложен способ оценки степени трещиноватости скальных массивов, основанный на преобразовании Гильберта;
6. разработанная методика полевой георадарной съемки, позволяет повысить детальность и эффективность проводимых георадиолокационных исследований;
7. обоснованная методика георадиолокационных исследований служит основой для изучения зон деструкции инженерно-геологических объектов, что подтверждается экспериментальными исследованиями.

Соответствие полученных теоретических представлений и экспериментальных исследований свидетельствует о достоверности предложенных георадиолокационных атрибутов. Обоснована методика георадиолокационных исследований, служащая основой при изучении инженерно-геологических объектов различных типов, сложности и назначения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Алексеев Г.В. Особенности деформирования бутовых фундаментов и оснований памятников архитектуры. Автореф. диссер. на соискание степени д.г.-м.н., СПб, 2003. - 22 с.
2. Алексеев Г.В., Домарев. О.В., Черкасова Л.И. Особенности

процессов деструкции фундаментов Останкинского дворца-музея творчества

крепостных. Сборник прикладных научно-технических работ областного факультета ПГС, М., 2000, стр. 158-161.

1. Альпин Л.М., Даев Д.С., Каринский А.Д. Теория полей, применяемых в разведочной геофизике. М.: Недра, 1985. - 407с.
2. Бабков В.Ф. Автомобильные дороги. М.: Транспорт, 1983. - 280с.
3. Бака Н.Т., Ильченко И.В. Облицовочный камень. Геолого - промышленная и технологическая оценка месторождений / Справочник. М.: Недра, 1992,-ЗОЗс.
4. Баклашов И.В. Основы геомеханики. Учеб. пособие для ВУЗОв. М.: МГГУ, - 2004. - 205 с.
5. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка: Учебник для вузов. Тверь: Изд. АИС, 2006. - 744с.
6. Варга А.А. Инженерно-геологический анализ скальных массивов.- М.: Недра, - 1988. - 216 с.
7. Введение в механику скальных пород/под. ред. Х.Бока. - М.: Мир, 1983.-276 с.
8. Владов М.Л., Старовойтов А.В. Введение в георадиолокацию. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2005. - 155с.
9. Владов М.Л., Старовойтов А.В. Георадиолокационные исследования верхней части разреза: учеб. пособие. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. - 90 с.
10. Владов М.Л., Старовойтов А.В. Обзор геофизических методов исследований при решении инженерно-геологических и инженерных задач. - М.: GDS Production, 1998. - 81с.
11. Владов М.Л., Старовойтов А.В., Калашников А.Ю. Основные типы деформаций в железнодорожных насыпях по данным георадиолокационного профилирования. Разведка и охрана недр, 2006, №12, с 14-17.
12. Вахромеев Г.С., Давыденко А.Ю. Комплексирование геофизических методов и физико-геологические модели. Иркутск: ИЛИ; 1989. — 88с.
13. Вахромеев Г.С., Давыденко А.Ю. Моделирование в разведочной геофизике. - М.: Недра, 1987. - 192с.
14. Вопросы подповерхностной радиолокации: моногр. / Андриянов А.В., Астанин Л.Ю., Бодров В.Ю.. и др. / Под ред. А.Ю. Гринева. - М.: Радиотехника, 2005. - 416 с.
15. Георадары серии «ОКО» / Помозов В.В, Поцепня О.А., Семейкин Н.П. и др. // Разведка и охрана недр. - 2001. - N 3. - С.26-28.
16. Глазунов В.В., Ефимова Н.Н. Георадиолокационные технологии изучения верхней части геологического разреза и состояния инженерных сооружений // Первая Всероссийская школа-семинар по электромагнитным зондированиям Земли, Москва, 10-15 нояб. 2003 г.: Общая информация, науч. программа, тезисы. - М.: МАКС Пресс, 2003. - 62с.
17. Глазунов В.В., Ефимова Н.Н. Оценка состояния конструктивных слоев и землеполотна автодорог по данным георадиолокации // Разведка и охрана недр. - 2001. - N 3. - 39-42с. - Библиогр.: 4 назв.
18. Дашко Р.Э. Инженерные сооружения. Учебное пособие. Ленинград, 1980. - 85с.
19. Дерюга А.М. Георадиолокационный метод инженерных изысканий в городском хозяйстве // Полимергаз. - 2002. - N 3(23). - С.35-37.
20. Дунаев В:А., Серый C.G. Структурные особенности массивов скальных пород и их влияние на устойчивость карьерных откосов: 'Торный информационно-аналитический бюллетень", 2004, № 5 - 21-25с.
21. Нфимова Н.Н. Георадиолокационные исследования1; при: решении задач инженерной теофизики: автореф. дис. ... канд. техн. наук. - СПб., *19991-* 23 с.
22. Задорожный А.Г. Разработка? и применение схем конечноэлементного моделирования электромагнитных полей в задачах подповерхностного радиолокационного; зондирования. :... автореф. дис: канд. техн:.наук /НГТУ. - Новосибирск, 2004.- 20;с.

25; Зеленков А:В., Зеленков С.А. Выбор метода миграции для обработки сигналов подповерхностной' радиолокации // Elektron. ir elektrotech: -2004.-N3.-С.41-46.

1. Зинченко B.C. Петрофизические основы гидрогеологической и инженерно-геологической интерпретации геофизических данных. - Тверь: Изд. АИС, 2005: - 392с. \
2. Изюмов С.В., Дручинин G.B•, Вознесенский А.С. Теория и методы георадиолокации:,учеб; пособие для вузов.>;М.::Горн; книга, Изд-во Моск. гос. горн, ун-та, 2008. - 196 с.
3. Калинин А.В., Владов M.JI., Старовойтов А.В. Шалаева Н.В. Высокоразрешающие волновые методы; в современной геофизике. Разведка и: охрана недр,:2002, №1, с. 23-27.

29:. Калинин А.В., Владов М;Л., Шалаева Н.В. Оценка глубинности-' геррадиолокационных исследований на, основе классической теории. Вестник МГУ, сер. Геология, №3, 2003. - 44-48с.

1. Капустин В.В. Георадарное исследование техногенных грунтов // Разведка и охранашедр. - 2009. - N 3. - С.43-46.
2. Капустин В.В., Строчков Ю.А. Некоторые особенности обработки георадарных данных при исследованиях строительных конструкций // Разведка и охрана недр.- 2008«,- N l. -С.22-25.
3. Комплексные инженерно-геологические исследования при; строительстве гидротехнических сооружений. / под ред. **А.и:** Савича и Б:Ді Куюнджич. - М.: Недра, 1990. - 462с.
4. Кудрявцев Ю.И. Теория поля и её применение в геофизике.. Д.: Недра, 1988. - 335с.
5. Кулижников А.М. Применение георадарных технологий в; дорожном хозяйстве // Разведка и охрана недр. - 2001і. - N 3*:* - С.32-34.
6. Кульницкий Л.М., Гофман П.А., Токарев М.Ю. Математическая обработка данных георадиолокации и система RADEXPRO // Разведка и охрана недр.- 2001.-N3.-C.6-11.
7. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. — Л.: . Недра, 1984. -511с.
8. Ломтадзе; В.Д. Физико-механические свойства горных пород. Методы лабраторных исследований: Учебное пособие для вузов; - Л.: Недра, 1990. -328с. "

. 38. Методические^ рекомендации по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций. - М.: Росавтодор, 2004. — 37с.

1. Мюллер Л. Инженерная геология. Механика скальных пород. — М.: Мир, 1971. - 254 с,
2. Обследование и оценка технического состояния шахтных стволов Методические\* указания;, по проведению экспертных обследований шахтных подъемных установок. РД 03-422-01, 2001г. - 36с.
3. Огильви А.А. Основы; инженерной\* геофизики: Учебник для вузов. Под редакцией В:А. Богословского. — М.: Недра, 1990; — 501с.
4. Пархоменко Э.И. Электрические свойства горных пород./ Под ред. М.П. Воларовича. М., Недра, 1978, с.66-102.
5. Петрофизика. Справочник. Книга первая. Горные породы и полезные ископаемые. Под ред. Н.Б. Дортман. - М.: Недра, 1992. 391 с.
6. Плотины из грунтовых материалов. СНиП 2.06.05.84, Госстрой СССР, М. 1991.-20с.
7. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог, ОДН 218.0.006-2002. - М.: Росавтодор, 2004. — 37с.
8. Правила проведения натурных наблюдений за работой бетонных плотин. РД 153-34.2-21.545-2003. - ВНИИГ им: Б.Е. Веденеева; СПб 2003г.
9. Программа управления георадаром и визуализации получаемых данных GeoScan 32: Иллюстрированное руководство пользователя. - Жуковский: Логис, 2000-2005. - 97с.
10. Программый пакет “prism 2.5”. Инструкция пользователя. Рига 2010.-61 с.
11. Рекомендации по проведению натурных наблюдений и исследований креплений откосов грунтовых сооружений и\* береговых склонов. П74-2000/ВНИИГ. - ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, СПб, 2000.
12. Радиотехнический прибор подповерхностного зондирования

(георадар) «ОКО-2». Техническое описание. Инструкция по эксплуатации, г. Раменское, Мос. обл. 2009. — 94с.

1. Рекомендации,по применению георадиолокационных исследований в комплексе геотехнических работ. - М.: Компания. Спутник+, 2000. - 67 с.
2. Робинсон Э.А. Метод миграции в сейсморазведке. М.: Недра, 1988.

- 109с.

1. Самсонов А.В. Волны в веществе // Радиотехн. тетради. - 2000. - N
2. - С. 16-18.
3. Семейкин Н.П. Развитие георадаров серии "Око-2" //

Автоматизированные технологии изысканий и проектирования. - 2003. - N 9. - С.68-69.

1. Семейкин Н.П., Помозов В.В., Дудник А.В. Развитие георадаров серии "ОКО" // Наукоемкие технологии. - 2005. - Т.6, N 7. - С.62-65.
2. Старовойтов А.В. Интерпретация георадиолокационных данных / Учебное пособие. М.: Издательство МГУ, 2008: - 192 с.
3. Старовойтов А.В., Владов M.JI. Интерпретация данных георадиолокационных наблюдений. Разведка и охрана недр, 2001, №3 - 11-14с.
4. Талалов А.Д., Даев Д.С. О структурном механизме частотной дисперсии электрических свойств гетерогенных горных пород // Физика Земли. 1996. №8. - 56-66с.
5. Тутакова А .Я. Геология и критерии оценки месторождений^ облицовочного камня карельского перешейка: автореф. дис. канд. геол-мин. наук. - СПб., 1999. - 18 с.
6. Физические свойства горных пород и полезных ископаемых. Справочник геофизика. / Под ред. Дортман Н.Б. - М.: Недра, 1984. - 455с.
7. Финкелыптейн М.И., Карпухин В.И., Кутев В.А. Подповерхностная радиолокация. - М.: Радио и связь, 1994. - 216 с.
8. Финкелыптейн М.И., Кутев В.А., Золотарев В.П. Применение радиолокационного подповерхностного зондирования в инженерной геологии. - М.: Недра, 1986. - 128 с.
9. Хипп Д.Е. Зависимость электромагнитных характеристик почвы от влажности, плотности почвы и частоты: пер. с англ./Д.Е. Хипп // ТИИЭР.-1974.- №1,-Т.62.-С.95-105
10. Шевяков JI. Д., Разработка месторождений полезных ископаемых, 4 изд., М., 1963. - 756с.
11. Электроразведка. Справочник геофизика. Под редакцией В.Х. Хмелевского и В:М. Бондаренко. Книга вторая. М.Ж Недра, 1989. - 378с.
12. Эсик В.Л. Георадиолокационные исследования при поиске подземных пустот // Разведка и охрана недр. - 2002. - N 2.
13. Язвин JI.C. Гидрогеология СССР Москва 1977г. - 280с.
14. Bedrosian, E., 1963: A product theorem for Hilbert transform. Proc. IEEE, 51, sh 868-869.
15. Deniels D.J. Surface - Penetrating Radar. - London, UK: IEE, 1996.-

300sh.

1. Gregoire C. Halleux.L. and Lukas V. GPR abilities for the detection and characterization of open fractures in a salt mine, - Near Surface Geophysics Volume 1 Number 3, 2003. - sh 139-148/ .
2. Giannopoulos\* A.; “The investigation of Transmission-LineMatrix and Finite-Difference Time-Domain Methods for the Forward! Problem\* of Ground Probing Radar!’, D.Phil-thesis, Department ofElectronics, - 1997, University of York, UK.-sh264-271.
3. Glazunov V.V., Efimova N.N., Semenov Yu.D., Shtengel V.G. Contemporary methods to diagnose the conjugate zone state of concrete traveling- wave protection slabs and earth dam soil foundations// International Commission on large dams, 76th Annual meetings Symposium: “Operation, Rehabilitation and Up­grading of Dams”, Sofia, Bulgaria, june 2-6, 2008, sh 42.
4. Glazunov V.V., Efimova N.N., Shtengel V.G. GPR Evaluation of the Soil Foundation-of Reinforced Concrete Units of Hydraulic Engineering Structures. - NOT World Review-2006, №1 (31). sh 18-21.)
5. „ Huang N. E. ShenZ., Long S. R., Wu М. C., Shih.H. H., Zheng *Q.,* Yen N.-C., Tung С. С., and Liu,H. H. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum\* for nonlinear and. non-stationary time series analysis. Proceedings of R. Soc. London, Ser. A, 454, sh. 903-995, 1998.
6. Kunz K. S. and! Luebbers R. J., “The Finite Difference Time Domain Method for Electromagnetics”, - 1993, CRC Press . - 233sh.
7. Pipan-M., Forte E., Guangyou F. and Finetti I. High resolution GPR imaging and joint characterization in limestone , - Near Surface Geophysics Volume 1 Number l, 2003. sh-39-55.
8. Rani HAMROUCHE, Gilles KLYSZ, Jean-Pierre BALAYSSAC, Stephane LAURENS, Jamal RHAZ, Gerard BALLIVY, Ginette ARLIGUIE Numerical modeling of ground-penetrating radar (GPR) for the investigation of jointing defects in brick masonry structures, - 2009 NDTCE’09, Non-Destructive Testing in Civil Engineering Nantes, France, June 30th - July 3rd - 1799 - 1803sh/
9. Reznikov A.E., Kopeikin V.V., Morozov P.A. and Shchekotov A.Yu. Development of apparatus and data processing methods for electromagnetic subsurface probing and experiments with their practical implementation. - 2000 Phys.-Usp. 43 521 Physics-Uspekhi Volume 43 Number 5
10. TafloveA., “Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-DomainMethod”, - 1995, Artech House - 61 lsh.
11. The Hilbert-Huang transform and its applications / editors, Norden **E.** Huang, Samuel S.P. Shen. - World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd. 5 Toh Tuck Link, Singapore 596224, 2005. 308sh.
12. H. Zhan, K. Belli, S. Wadia-Fascetti and C. Rappaport Effectiveness of 2D FDTD Ground Penetrating Radar Modeling for Bridge Deck Deterioration Evaluated by 3D FDTD, - 2000. - 1550-1558sh.
13. Quek, S., Tua, P., and Wang, Q. Detecting anomalies in beams and plate based on the Hilbert-Huang transform of real signals. Smart Materials and Structures 12, 2003, sh. 447-460.
14. Yee K. S., “Numerical' Solution of Initial Boundary Value Problems Involving Maxwell’s Equations in Isotropic Media”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, - 1966, Vol. 14, sh. 302-307