

**НАЗВАНИЕ:**

Оценка состояния гидротехнических сооружений (ГТС) с применением геофизических данных

**ДАТА ОТЧЕТА:**

2020-05-20 20:04:52

**АВТОР:**

Мукашбеков Еркнат Талгатович

**НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ:**

Абиш Шарапатов

**ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ:**

ИГНиГД

**ДАТА ЗАГРУЗКИ ДОКУМЕНТА:**

2020-05-20 13:53:59

**ЭТО ЧИСЛО ПОКАЗЫВАЕТ СКОЛЬКО РАЗ ПРОВЕРЯЛИ ДАННЫЙ ДОКУМЕНТ****ЧИСЛО ПРОВЕРЕК ДОКУМЕНТА:**

1

**АДРЕСА, ВВЕДЕННЫЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ, ВО ВРЕМЯ АНАЛИЗА НЕ БУДУТ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ НА ЗАИМСТВОВАНИЯ**

**ПРОПУЩЕННЫЕ ВЕБ-СТРАНИЦЫ:**

## Уровень заимствований

---

Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.

4,50%

% комбинаций из 5 слов, найденный во всех доступных источниках, кроме БЮА

0,85%

% комбинации 25 -слов, найденных во всех доступных источниках, кроме БЮА

0,80%

% найденных слов в тексте, помеченных как цитаты

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2

6108

Количество слов

52786

Количество символов

## Предупреждение и сигналы тревоги

---

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся манипуляций в тексте, с целью изменить результаты проверки.

Для того, кто оценивает работу на бумажном носителе или в электронном формате, манипуляции могут быть невидимы (может быть также целенаправленное вписывание ошибок). Следует оценить, являются ли изменения преднамеренными или нет.

Замена букв 12 показать в тексте

Использование символов из другого алфавита - может указывать на способ обойти систему, поэтому следует установить их использование.

**Интервалы 0 показать в тексте**

Количество увеличенного расстояния между буквами (просим определить является ли расстояние имитацией пробела, так как исходно слова могут быть написаны слитно).

**Микропробелы 1 показать в тексте**

Количество пробелов с нулевым размером - необходимо проверить влияют ли они на неправильное разделение слов в тексте.

**Белые знаки 0 показать в тексте**

Количество символов, выделенных белым цветом, пожалуйста, проверьте не используются ли белые символы вместо пробела, соединяя слова (в отчете подобия система изменяет автоматически цвет букв в черный, чтобы их сделать видимыми).

## Займствования по списку источников

Просмотрите список и проанализируйте, в особенности, те фрагменты, которые превышают КП №2 (выделенные жирным шрифтом). Используйте ссылку «Обозначить фрагмент» и посмотрите, являются ли выделенные фрагменты повтояющимися короткими фразами, разбросанными в документе (совпадающие сходства), многочисленными короткими фразами расположенные рядом друг с другом (парафразирование) или обширными фрагментами без указания источника ("криптоцитаты").

10 самых длинных фраз (2,85 %)

Десять самых длинных фрагментов найденных во всех доступных ресурсах.

Порядковый номер	Название и адрес источника URL (название базы)	Автор	Количество идентичных слов	<a href="#">Удалить все обозначения</a>
1	«Мониторинг чувствительности к антибактериальным препаратам бактерии <i>Pseudomonas aeruginosa</i> » <i>Satbayev University (ИХУБТ)</i>	Ахметова Айым Берікқызы	27 0,44 %	показать в тексте
2	Мониторинг опасных геологических процессов Заилийского Алатау.doc <i>Satbayev University (ИГНУГД)</i>	Урманова Диляра Эльдаровна	25 0,41 %	показать в тексте
3	Улучшение условий труда на основе аттестации рабочих мест Karachaganak Petroleum Operating b.v <i>Satbayev University (ИХУБТ)</i>	Бекмухамбетова Асель Каиргалиевна	18 0,29 %	показать в тексте
4	<a href="http://wiki.web.ru/wiki/Метод_естественного_электрического_поля_(ЕП)">http://wiki.web.ru/wiki/Метод_естественного_электрического_поля_(ЕП)</a>		18 0,29 %	показать в тексте
5	Улучшение условий труда на основе аттестации рабочих мест Karachaganak Petroleum Operating b.v <i>Satbayev University (ИХУБТ)</i>	Бекмухамбетова Асель Каиргалиевна	16 0,26 %	показать в тексте
6	Улучшение условий труда на основе аттестации рабочих мест Karachaganak Petroleum Operating b.v <i>Satbayev University (ИХУБТ)</i>	Бекмухамбетова Асель Каиргалиевна	16 0,26 %	показать в тексте
7	<a href="https://www.stroitelstvosovety.ru/rsn-64-87">https://www.stroitelstvosovety.ru/rsn-64-87</a>		16 0,26 %	показать в тексте
8	«Мониторинг чувствительности к антибактериальным препаратам бактерии <i>Pseudomonas aeruginosa</i> » <i>Satbayev University (ИХУБТ)</i>	Ахметова Айым Берікқызы	14 0,23 %	показать в тексте
9	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/145188554.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/145188554.pdf</a>		13 0,21 %	показать в тексте

10	Екі әлшемді жылу және масса алмасудың шеттік есебі <i>Satbayev University (ИКуИТ)</i>	Әмір Ерік Мырзаліміұлы	0,18 %	показать в тексте
----	--	---------------------------	--------	----------------------

из базы данных RefBooks (0,00 %)

Все фрагменты найдены в базе данных RefBooks, которая содержит более 3 миллионов текстов от редакторов и авторов.

Порядковый номер	Название	Автор	Количество идентичных слов (количество фрагментов)	<a href="#">Удалить все обозначения</a>
------------------	----------	-------	--	---

**Займствований не найдено**

из домашней базы данных (2,75 %)

Все фрагменты найдены в базе данных вашего университета.

Порядковый номер	Название	Автор	Дата индексации	Количество идентичных слов (фрагментов)	<a href="#">Удалить все обозначения</a>
------------------	----------	-------	-----------------	---	---

1	Улучшение условий труда на основе аттестации рабочих мест Karachaganak Petroleum Operating b.v <i>Satbayev University (ИХуБТ)</i>	Бекмухамбетова Асель Каирғалиевна	2019-05-06	76 (7) 1,24 %	показать в тексте
2	«Мониторинг чувствительности к антибактериальным препаратам бактерии <i>Pseudomonas aeruginosa</i> » <i>Satbayev University (ИХуБТ)</i>	Ахметова Айым Берікқызы	2019-05-06	56 (4) 0,92 %	показать в тексте
3	Мониторинг опасных геологических процессов Заилийского Алатау.doc <i>Satbayev University (ИГНУГД)</i>	Урманова Диляра Эльдаровна	2019-05-22	25 (1) 0,41 %	показать в тексте
4	Екі әлшемді жылу және масса алмасудың шеттік есебі <i>Satbayev University (ИКуИТ)</i>	Әмір Ерік Мырзаліміұлы	2018-05-11	11 (1) 0,18 %	показать в тексте

из программы обмена базами данных (0,00 %)

Все фрагменты найдены в базе данных других университетов.

Порядковый номер	Название Название базы данных	Автор	Дата индексации	Количество идентичных слов (количество фрагментов)	<a href="#">Удалить все обозначения</a>
------------------	----------------------------------	-------	-----------------	--	---

**Займствований не найдено**

из интернета (1,75 %)

Все фрагменты найдены в глобальных интернет-ресурсах открытого доступа.

Порядковый номер	Источник URL	Количество идентичных слов (фрагментов)	<a href="#">Удалить все обозначения</a>
1	<a href="https://satbayev.university/ru/undergraduate/how-to-apply">https://satbayev.university/ru/undergraduate/how-to-apply</a>	26 (3) 0,43 %	показать в тексте
2	<a href="http://wiki.web.ru/wiki/Метод_естественного_электрического_поля_(ЕП)">http://wiki.web.ru/wiki/Метод_естественного_электрического_поля_(ЕП)</a>	18 (1) 0,29 %	показать в тексте
3	<a href="https://satbayev.university/ru/institutes/geology-oil-gas-business">https://satbayev.university/ru/institutes/geology-oil-gas-business</a>	17 (2) 0,28 %	показать в тексте
4	<a href="https://www.stroitelstvosovety.ru/rsn-64-87">https://www.stroitelstvosovety.ru/rsn-64-87</a>	16 (1) 0,26 %	показать в тексте

5	<a href="https://core.ac.uk/download/pdf/145188554.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/145188554.pdf</a>	13 (1)	0,21 %	показать в тексте
6	<a href="https://hge.spbu.ru/biblioteka/geofizicheskie-metody-v-gidrogeologii">https://hge.spbu.ru/biblioteka/geofizicheskie-metody-v-gidrogeologii</a>	10 (1)	0,16 %	показать в тексте
7	<a href="https://ru.testing.kz/universites/K.I.Satpayev-Kazakh-National-Research-Technical-University">https://ru.testing.kz/universites/K.I.Satpayev-Kazakh-National-Research-Technical-University</a>	7 (1)	0,11 %	показать в тексте

## Проверенный текст документа (заимствования отмечены в соответствии с найденными источниками):

Пожалуйста, обратите внимание на то, что система не указывает на плагиат. Если возникают какие-либо сомнения, отчет подобия должен быть подвергнут тщательному анализу.

### Виды источников

- База данных университета
- Источник Интернет
- База данных RefBooks
- Цитаты

☒ - Замена букв

☒ - Микропробелы

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**1** **Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева**

**3** **Институт геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова**

Кафедра «Геофизики»

Мукашбеков Еркнат Талгатович

Оценка состояния гидротехнических сооружений (ГТС) с применением геофизических данных

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

**5В 7070600 - «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»**

Алматы 2020 г.

**1** **МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева**

**Институт 3 геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова**

Кафедра «Геофизики»

**1** **ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ** **Заведующий кафедрой** Геофизики

Доктор геол.-минерал. наук,

Профессор

Абетов А.Е.

“ ” 2020 г.

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

**На тему:** "Оценка состояния гидротехнических сооружений (ГТС) с применением геофизических данных "

по специальности **15В070600 - «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»**

Выполнил  
Мукашбеков Еркнат Талгатович

Научный руководитель  
канд. геол. - мин. наук, ассоц. профессор кафедры геофизики  
Шарапатов А.Ш.

“ ” 20 г

Алматы 2020г.

**1 МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К.И.Сатпаева**

**Институт 1 геологии, нефти и горного дела им. К.Турысова**

Кафедра «Геофизики»

**5В070600 - «Геология и разведка месторождений полезных ископаемых»**

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой Геофизики  
Доктор геол.-минерал. наук,  
Профессор  
Абетов А.Е.  
“ ” 2020 1 г.

## **ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

**Обучающемуся** Мукашбеков Е.Т.

Тема: «Оценка состояния гидротехнических сооружений (ГТС) с применением геофизических данных»

**Утверждена приказом Ректора Университета No 726- б от "27" января 2020 г.**

**Срок сдачи законченной работы " " 2020 г.**

**Исходные данные к дипломной работе:** были получены при прохождении производственной практики

**2 Краткое содержание дипломной работы:**

а) изучение состояния насыпной плотины геофизическими методами

б) методика проведенных электроразведки

в) результаты проведенных работ по методам: ВЭЗ, ДЭЗ, ЕП, георадарной съемки

**Перечень графического материала: представлены 22 слайдов презентации работы**

**Рекомендуемая основная литература:** Шарапанов, Н.Н. Методика геофизических исследований при гидрогеологических съемках с целью мелиорации земель. / Н.Н. Шарапанов, Г.Я.Черняк, В.А. Барон // Недра, 1974. - 176 с.

## **ГРАФИК**

**подготовки дипломной работы** (проекта)

**Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов Сроки представления  
научному руководителю Примечание**

Опытно-методические полевые работы на отдельном ГТС геофизическими методами  
Оценка информативности примененного комплекса геофизических методов при изучении  
неоднородности тела насыпной плотины по водопроницаемости в геоэлектрических параметрах

Оценка информативности геоэлектрических параметров для выявления в теле плотины  
струйных водоносных зон и картирования их в плане

## **Подписи**

**консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу** (проект) с  
указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

**Наименования разделов Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание) Дата подписания  
Подпись**

Опытно-методические полевые работы на отдельном ГТС геофизическими методами  
Шарапатов А.Ш., канд. геол. - мин. наук, ассоц. профессор кафедры геофизики  
Оценка информативности примененного комплекса геофизических методов при изучении  
неоднородности тела насыпной плотины по водопроницаемости в геоэлектрических параметрах  
Шарапатов А.Ш., канд. геол. - мин. наук, ассоц. профессор кафедры геофизики  
Оценка информативности геоэлектрических параметров для выявления в теле плотины  
струйных водоносных зон и картирования их в плане Шарапатов А.Ш., канд. геол. - мин. наук,  
ассоц. профессор кафедры геофизики  
Нормоконтролер Алиакбар М.М. тьютор

Научный руководитель Шарапатов А.Ш.  
Задание принял к исполнению обучающийся Мукашбеков Е.Т.  
Дата « » 20 г.

**Обозначения и сокращения**

Таблица 1

ВЭЗ Вертикальное электрическое зондирование

ДЭЗ Дипольное электрическое зондирование

ВП Вызванная поляризация

ЕП Метод естественного электрического поля

ПК Пикет

ПР. Профиль

ГТС Гидротехническое сооружение

РГП ИГИ Республиканское государственное предприятие Институт геофизических исследований

**АННОТАЦИЯ**

**Дипломная работа состоит из введения, 3 глав, заключения, списка использованной литературы и приложений**

Данная работа посвящена рассмотрению результатов электроразведки методами ВЭЗ, ДЭЗ, ЕП и георадарной съемки на насыпной плотине К-25. Объект исследования расположен в Алматинской области Карасайского района.

Во введении рассмотрены актуальность исследования, выполнен небольшой обзор выполненных работ. Поставлены задачи, цели и методы исследований, также показаны новизна работ.

Основная часть работы посвящена описанию проведения опытно-методической работы. Рассмотрены назначение выбранных методов, обработка и интерпретация полученных данных. Дана оценка информативности применяемого комплекса геофизических методов и информативности геоэлектрических параметров.

В заключительной части показаны результаты выполняемых задач.

**ABSTRACT**

The graduation work consists of introduction, 3 chapters, conclusion, list of references and applications. This work is devoted to the consideration of the results of electrical survey by the methods of vertical electrical sounding, dipole electrical sounding, natural electrical field method and ground-penetrating radar on the saturated dam K-25. The object of study is located in the Almaty region Karasay district. The introduction discusses the relevance of the research, as well as a brief overview of the work performed. The tasks, goals and methods of research are established; the novelty of the work is shown. The main part of the work is devoted to the description of experimental and methodological work. The purpose of the selected methods, processing and interpretation of the obtained data are considered. The information content of the applied complex of geophysical methods and the information content of geoelectric parameters is evaluated.

The conclusion part summarizes the results of completed tasks.

**АНДАТПА**

**4 Дипломдық жұмыс кіріспеден, 3 тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады.**

Бұл жұмыс дипольді электр зондылау, тік электрлік зондылау, табиғи электр өріс әдістерімен электрбарлаудың нәтижелерін және К-25 бөгетінде георадарлық түсірудің нәтижелерін көруге арналған. Зерттеу нысаны Алматы облысының Қарасай ауданында орналасқан. Кіріспеде зерттеудің өзектілігі қарастырылды, орындалған жұмыстарға қысқаша шолу жасалады. Бұл бөлімде жұмыстың міндеттері, мақсаттары мен зерттеу әдістері қойылған, сондай-ақ жұмыстың жаңалығы көрсетілген. Жұмыстың негізгі бөлігі тәжірибелік-әдістемелік жұмыстарды жүргізуге арналған. Таңдалған әдістерді тағайындау, алынған деректерді өңдеу және түсіндіру қарастырылған. Қолданылатын геофизикалық әдістер кешенінің ақпараттандырылуына және геоэлектрлік параметрлердің ақпараттандырылуына баға беріледі. Қорытынды бөлімінде атқарылатын міндеттердің нәтижелері көрсетілген.

## СОДЕРЖАНИЕ

### Введение 11

1 Опытно-методические полевые работы на отдельном ГТС

геофизическими методами 13

1.1 Топогеодезическое обеспечение 13

1.2 Геофизические съёмки 13

1.2.1 Дипольные зондирования 13

1.2.2 Электроразведка методом естественного электрического поля (ЕП) 14

1.2.3 Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) 15

1.2.4 Георадарная съёмка 16

2 Оценка информативности примененного комплекса геофизических методов при изучении неоднородности тела насыпной плотины по водопроницаемости в геоэлектрических параметрах 17

2.1 Дипольные электрические зондирования. Разрезы в параметре электрического сопротивления. 17

2.2 Дипольные электрические зондирования. Разрезы в параметре относительной поляризуемости. 18

2.3 Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ). 19

2.4 Георадарные съёмки. 20

3 Оценка информативности геоэлектрических параметров для выявления в теле плотины струйных водоносных зон и картирования их в плане 24

Заключение 26

Список использованных источников 27

ПРИЛОЖЕНИЕ А 28

ПРИЛОЖЕНИЕ Б 29

ПРИЛОЖЕНИЕ В 30

ПРИЛОЖЕНИЕ Г 31

ПРИЛОЖЕНИЕ Д 32

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж 33

ПРИЛОЖЕНИЕ И 34

ПРИЛОЖЕНИЕ К 35

ПРИЛОЖЕНИЕ Л 36

ПРИЛОЖЕНИЕ М 37

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы для оценки состояния ГТС интенсивно применяются геофизические методы. Объектами поиска геофизических методов являются деструктивные элементы в основании и теле плотины. Такими элементами являются разломы, смещения, эрозии, зоны суффозий, создающие благоприятные условия для образования водонасыщенных зон и участков струйной фильтрации и др.

Мировая практика показывает, для определения таких элементов в основном применяются электроразведочные методы в различной модификации и георадарное зондирование. Информация по геофизическим параметрам и их интерпретация позволяет на ранних стадиях выявлять и прогнозировать структурные и вещественные изменения в теле плотины. Это является основанием для принятия превентивных мер для предотвращения рисков. Предметом обсуждения в данной работе являются информационные возможности методов вертикального электрического зондирования и георадарного зондирования с целью дифференциация толщи плотины по удельному электрическому сопротивлению и

диэлектрической проницаемости для выделения увлажненных зон.

Целевым назначением работ ставилось проведение комплексных инженерно-геофизических исследований для разработки методики контроля устойчивости гидротехнических сооружений (ГТС). Выполнение целевого задания базировалось на решении следующих основных задач:

- оценка информативности комплекса геофизических методов, включающего электроразведку методом сопротивлений и георадарную съемку, при изучении неоднородности тела насыпной плотины по водопроницаемости в геоэлектрических параметрах;

- оценка информативности геоэлектрических параметров для выявления в теле плотины струйных водоносных зон и картирования их в плане.

Основанием для проведения геофизических исследований по плотине водохранилища К-25 явилась необходимость исполнения по разработке технологии комплексного геофизического обследования гидротехнических сооружений на основе создания новых технологических решений в области полевой геофизики. При этом одной из задач проекта выступает оценка эффективности и перспективы применения геофизических методов для диагностики состояния гидротехнических сооружений (ГТС).

Составной частью работ по этому проекту явились геофизические исследования, с целью разработки методики контроля устойчивости гидротехнических сооружений.

Для выполнения целевого задания в качестве основных методов полевых исследований, были приняты электроразведка методами сопротивлений (ДЭЗ, ВЭЗ), естественного электрического поля и георадарная съемка.

В полевой период 2018 года были выполнены профильные геофизические съемки и топографические работы по созданию и закреплению на местности сети геофизических наблюдений по плотине водохранилища К-25.

Актуальность: На основе проведения опытно-методических геофизических работ на насыпной плотине водохранилища К-25 будет опробована методика комплексного геофизического обследования гидротехнических сооружений и оценка ее эффективности для диагностики его технического состояния.

Научная новизна: Опробование комплекса геофизических методов на ГТС земляного типа, способствующее разработке впервые в Казахстане геофизических технологий, ориентированных на выявление и картирование локальных зон повышенной опасности ГТС.

## 1 Опытно-методические полевые работы на отдельном ГТС геофизическими методами

В состав работ по настоящему проекту входят проведение профильных геофизических съемок, в том числе:

- по трем линиям профилей по гребню и со стороны нижнего бьефа методами ДЭЗ и георадарной съемки;

- вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ) в четырех точках профилей 0, 1 и 2 (по гребню и со стороны нижнего бьефа);

- по линии профиля, проложенного по урезу воды со стороны верхнего бьефа, методом ЕП. Всем геофизическим съемкам предшествует топогеодезическое обеспечение.

### 1. Топогеодезическое обеспечение

Целью этих работ является создание и закрепление на местности сети геофизических наблюдений, включавшей систему субпараллельных профилей, ориентированных вкрест простирания основных тектонических структур, как факторов, благоприятных для ухудшения водоупорных свойств противопольтрационного экрана золоотвала.

В состав работ входят:

1) Вешение, промер с шагом 5 метров (расстановка пикетов через 10 метров, между ними - закопущки) и координатно-высотная привязка точек наблюдения (через 5 метров) по линиям геофизических профилей. Объем работ 0.78 пог. км.

2) В виду отсутствия у Заказчика геодезических данных по реперным точкам на плотине, координатно-высотная привязка профилей и точек геофизических съемок проводилась в системе координат WGS-84-UTM относительно точки ПР0 ПК0, рассчитанных на основе данных GPS-навигатора Garmin etrex20.

### 2. Геофизические съемки

#### 1.2.1 Дипольные зондирования

Целью зондирований ставилась оценка неоднородности по электрическому сопротивлению и



поляризуемости разреза тела плотины в интервале глубин от 5 до 40 метров с выделением локальных изменений значений этих параметров. Физической основой для решения этой задачи стали установленные экспериментально закономерности снижения электрического сопротивления и повышение поляризуемости суглинистых грунтов по мере увеличения их влажности [1].

Дипольное профилирование выполнялось дипольной установкой с питающей и приёмной линиями, ориентированными по профилю по схеме диполь-диполь. Получение данных по распределению электрического сопротивления в заданном интервале глубин обеспечено зондированиями в каждой точке по 8 срезам путём изменения расстояния между центрами питающей и приёмной линиями (рисунок 2).

При съёмке размеры питающего и приёмного диполей составляли 10 метров, расстояние между их центрами изменялось от 10 до 80 метров, шаг наблюдений по профилю - 10 метров. Такая система наблюдений обеспечила необходимую детальность исследований на глубину не менее 40 метров.

Аппаратура: генератор - ГЭР-65W-500V, измеритель - ВПФ-8к. Объём выполненных работ этим методом составил 0.57 пог. км.

Обработка данных включала расчёт значений кажущегося сопротивления ( $\rho_k$ ) и фазового параметра поляризуемости ( $\phi_{вп}$ ) по всем точкам измерения с построением разрезов изолиний этих параметров, отражающих пространственное изменение электрического сопротивления и поляризуемости геологической среды и наличие в ней локальных изменений этих параметров. Принимая во внимание данные, приведенные в [2], свидетельствующие, что гораздо в большей степени электрическое сопротивление и поляризуемость грунтов зависят от минерализации воды, для учёта влияния этого фактора в поляризуемости привлечен параметр относительной поляризуемости  $\eta^*$ . В работе [3] показано, что для зернистых ионопроводящих пород справедливо соотношение

$$\eta^* \approx \eta / \rho, (1)$$

где:  $\eta$  - поляризуемость;

$\rho$  - удельное электрическое сопротивление.

В этой связи резульативные данные по ДЭЗ-ВП представлены в виде разрезов в параметре относительной поляризуемости.

### 1.2.2 Электроразведка методом естественного электрического поля (ЕП)

Физическим предпосылками для оценки фильтрационной обстановки в суглинистом теле плотины методом ЕП является образование электрического поля при движении жидкости в пористой среде [4]. При этом участки со снижающейся фильтрацией отмечаются пониженными значениями потенциала, а восходящей - повышенными значениями этого параметра.

Интенсивность наблюдаемого поля тем выше, чем меньше мощности и выше значения электрического сопротивления вмещающих пород по сравнению с этими параметрами зоны фильтрации [4]. Там же показано, что в пласте, по которому течёт вода, наблюдается возрастание потенциала в направлении её фильтрации. Это обусловлено тем, что в увлекаемом приграничном слое содержится избыток положительно заряженных ионов.

Измерения естественного электрического поля выполнялись способом потенциала. В качестве измерительных электродов использованы медно-сульфатные неполяризующиеся электроды. Измеритель - электроразведочный приёмник ВПФ-210м, разработка РГП ИГИ. Измерения потенциала, согласно требованиям [5], выполнялись относительно магистральной точки, расположенной примерно в середине профиля. По окончании измерений на последней точке проводились контрольные измерения в объёме не менее 10%, в том числе в точках сомнительной (неуверенной) первичной записи.

Съёмка ЕП выполнена по линии профиля W длиной 210 метров, проложенному по урезу воды в верхнем бьефе.

Этот вид работ включал построение графика значений приращения потенциала по профилю и его интерпретацию. По результатам повторных измерений погрешность съёмки составила не хуже  $\pm 5\%$ , что соответствует требованиям инструкции [6]. Процесс интерпретации данных ЕП включал анализ распределения потенциала на предмет выявления закономерностей изменения  $U_{ЕП}$ , обусловленных фильтрационными процессами.

### 1.2.3 Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ)

Целью этих зондирований ставилось уточнение электрических характеристик разреза толщи

суглинистой плотины, в том числе их особенностей, связанных с увлажненностью. Полученные данные использованы также для глубинной привязки диэлектрических границ, полученных по данным георадарных съемок.

Зондирования выполнены симметричной четырёхэлектродной установкой Schlumberger в отдельно взятых точках на профилях, отработанных методами ДЭЗ и георадарных съемок. Для обеспечения выделения геоэлектрических горизонтов мощностью в первые метры в самой верхней части разреза изменение размеров питающей и приёмной линий выполнялось по схеме, приведённой в технических требованиях [5]. Максимальные размеры разносов АВ/2 изменялись от 40 до 150 метров, в зависимости от возможности прокладывания питающей линии АВ. Аппаратура: генератор - ГЭР-65W-500V, измеритель - ВПФ-210м. Объём работ 22 зондирования, в том числе 2 крестовых и 2 контрольных зондирования.

Расчёты кажущегося сопротивления ( $\rho_k$ ) производились согласно [5] по формуле:

$$\rho_k = K \times \Delta U / I, (2)$$

где:  $\Delta U$  - измеренные значения падения напряжения в приёмной линии (MN), mV;

I - сила тока в питающей линии АВ, mA;

K - коэффициент установки, рассчитанный в соответствии с инструкцией по электроразведке [6].

Рассчитанные значения  $\rho_k$  представлялись в виде кривых ВЭЗ в логарифмическом масштабе.

Обработка результатов ВЭЗ включала количественные расчёты геоэлектрических характеристик разрезов и их инженерно-геологическую интерпретацию. Для определения геоэлектрических характеристик разреза по данным ВЭЗ использовался метод подбора, реализованный в программе V-master (С.В. Шакуро FRONT Geophysics, РФ), обеспечивающей расчёт теоретических кривых зондирования для произвольных полевых установок над горизонтально-слоистым разрезом с построением геоэлектрической модели.

Подбор кривых, при достижении невязки между наблюдаемыми и теоретическими кривыми не более 5%, заканчивался построением геоэлектрических колонок, характеризующих интервальное распределение электрического сопротивления разреза.

#### 1.2.4 Георадарная съёмка

Целевым назначением этой съёмки ставилась оценка неоднородности тела плотины в параметре диэлектрической проницаемости. В качестве диагностических признаков ее неоднородности использованы повышенное затухание отражённых электромагнитных волн, деформации рельефа отражающих границ и их локальное исчезновение. Тогда как в местах с малой водопроницаемостью в экране предполагалось наличие контрастной отражающей границы по его обводнённой кровле.

Для решения этих задач применён аппаратный комплекс ЛОЗА-Н с рабочими частотами 15-50 мГц. Шаг наблюдений по профилю составлял 1 метр, длина записи - 1024 нс. Съёмка выполнялась на частотах 25 и 50 мГц, обеспечивающей максимально возможную разрешающую способность по вертикали и глубинность зондирований не менее 30-40 метров.

Обработка данных включала трассирование отраженных волн от суглинистого экрана и выявление в них зон с повышенным затуханием, связанных с ухудшением отражающих свойств этой границы с использованием программного продукта Krot179Ns4, входящего в состав георадарного комплекса Лоза-Н [7]. В условиях высокого уровня промышленных помех, вызванных различными металлоконструкциями и ЛЭП, для повышения достоверности георадарных данных они преобразовывались в сейсмический формат, с последующим использованием программных средств сейсморазведки для повышения соотношения сигнал-помеха.

#### 2 Оценка информативности примененного комплекса геофизических методов при изучении неоднородности тела насыпной плотины по водопроницаемости в геоэлектрических параметрах

Фактурной основой для решения задач, указанных в Техническом задании, явились данные профильных съёмок методами ДЭЗ, ЕП и георадарных зондирований, а также точечных ВЭЗ, представленные в виде разрезов геоэлектрических параметров, графика ЕП и геоэлектрических колонок.

#### 2.1 Дипольные электрические зондирования. Разрезы в параметре электрического сопротивления

Как видно из рисунка 3, геоэлектрический разрез плотины во всех трех сечениях

характеризуется в целом низким кажущимся электрическим сопротивлением ( $\rho_k$ ), не превышающим  $30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ , с тенденцией возрастания значений этого параметра с глубиной. Характерной особенностью разрезов  $\rho_k$  является существенная их латеральная неоднородность, проявившаяся наличием электропроводящих областей различного размера и контрастности, определяющих блоковую структуру разрезов тела плотины.

По всем трем профилям, проложенным от гребня плотины (профиль 0) по ее склону в сторону нижнего бьефа (профили 1 и 2) установлена приуроченность электропроводящих областей на участках, прилегающих к бортам плотины (ПРО ПК 60-95 и 160-195, ПР1 ПК47-90 и 150-175, ПР2 ПК35-62 и 100-133). Такие области по всем профилям проявлены практически во всем интервале глубин зондирования от 5 до 40 метров, в том числе и ниже основания плотины, залегающем по гребню на глубине порядка 25 метров и в зоне визуально наблюдаемой фильтрации воды в районе ПК110-125 по линии профиля 2.

Следует отметить, что в теле плотины присутствуют и металлические конструкции - рабочий и аварийный водоводы (их проекции на дневную поверхность показаны на разрезах), которые могут иметь значительное влияние на распределение электрического сопротивления во вмещающей среде. Этот эффект, проявляющийся в виде локальных аномалий с повышенной электропроводностью, может вносить элемент неоднозначности в интерпретацию геоэлектрических разрезов в ближайшем окружении трубопроводов.

В то же время распределение выявленных областей повышенной электропроводности показывает, что они простираются либо на глубину, существенно превышающую расположения трубопроводов (профили 0 и 1), либо практически не коррелируются с положением этих объектов (профиль 2). В этой связи с большой вероятностью можно интерпретировать наблюдаемые эффекты в электропроводности сменой инженерно-геологических условий в теле плотины, в частности повышением увлажненности суглинистого тела плотины на ее локальных участках.

Такая локальная повышенная увлажненность вполне возможна вследствие наличия участков с локальной повышенной увлажненностью или струйной фильтрации воды в этой плотине. В данном случае косвенным подтверждением возможности струйной фильтрации можно считать данные электроразведки ЕП по профилю W, проложенному по урезу воды. По этому профилю установлено наличие двух зон с пониженными (относительно общего тренда) значениями электрического потенциала в областях ПК55-85 и 125-143, типичных согласно данным [4], для нисходящей фильтрации воды. Они расположены практически в створе областей повышенной электропроводности по данным ДЭЗ на глубинах от основания плотины ( $\approx 25$  метров) и выше него.

## 2.2 Дипольные электрические зондирования. Разрезы в параметре относительной поляризуемости

Результаты распределения параметра относительной поляризуемости и его интерпретации по этим же профилям представлены на рисунке 4. Основной закономерностью распределения этого параметра по разрезам профилей 0 и 2 является его фоновые или пониженные значения в центральных частях и наиболее контрастные области повышенной поляризуемости на флангах. По профилю 1, где действующий и аварийный водоводы приближены к дневной поверхности, области максимально повышенной поляризуемости также имеют незначительную глубину. Такая пространственная связь аномалий поляризуемости и трубопроводов, возможно расположенных в условиях повышенной увлажненности суглинистого грунта, слагающего тело плотины, дает основание на предположение об окислительно-восстановительной природе выявленных аномалий по этому профилю.

Более наглядно особенности распределения параметров электрического сопротивления и относительной поляризуемости в плане представлены на рисунке 5. Области аномально повышенной поляризуемости более компактны и, в основном, согласуются с зонами повышенной электропроводности, за исключением участков профилей 1 ПК140-155 и профиля 2 ПК20-30. В этих интервалах аномальные зоны поляризуемости тяготеют к западной периферии электропроводящих зон. Полагается, что установления причин указанного расхождения необходимы детализационные съемки в таких участках.

В целом приведенные результаты профильных съемок ДЭЗ свидетельствуют о высокой эффективности метода для изучения неоднородности тела плотины К-25 и выявления в ней участков, которые могут характеризоваться повышенной водопроницаемостью и, при благоприятных условиях, выступать в качестве путей сосредоточенной фильтрации воды из водохранилища.

При этом, как показали исследования, актуальным является уточнение природы геоэлектрических аномалий, наблюдаемых в зонах возможного влияния водоводов, которые

имеют место во всех плотинах. Решение этой задачи требует привлечения методов, направленных на получение сведений по упруго-деформационным свойствам суглинистых грунтов, так как именно эти свойства в первую очередь изменяются при повышении их локальной водопроницаемости как потенциальные пути струйной фильтрации.

### 2.3 Вертикальные электрические зондирования (ВЭЗ)

Всего выполнено 4 зондирования (см. рисунок 1) - по гребню плотины ПК50 и 130, по профилю 1 ПК120 и профилю 2 ПК80. Результаты этих зондирований приведены на рисунках 6 и 7.

Зондирования по профилю 0 ПК50 и 130 (рисунок 6). Согласно полученным данным разрез тела плотины по гребню существенно дифференцирован, что проявилось в широком диапазоне изменения электрического сопротивления от 3 до 796 Ом\*м. При этом максимальные значения этого параметра (796-96 Ом\*м) характерны для самой верхней части разреза мощностью 0.5-1.4 метра, представленной зоной азрации в каменной наброске. Далее, вниз по разрезу электрическое сопротивление резко падает до значений порядка 16-37 Ом\*м при переходе в суглинистое тело, и еще более снижается до 3-17 Ом\*м в водонасыщенных его частях в интервале глубин 1-3 метра. Ниже этого интервала, вплоть до глубины порядка 14 метров по ПК50 и 25.7 метра по ПК130 разрез характеризуется электрическим сопротивлением порядка 16-37 Ом\*м и проинтерпретирован водопроницаемыми суглинистыми грунтами.

Важной особенностью полученных геоэлектрических данных по этому профилю является наличие жесткой геоэлектрической границы по П130 на глубине 25.7 метра, где электрическое сопротивление резко возрастает с 40 до 140 Ом\*м и отсутствие таковой на пикете 50. Принимая во внимание, что высота плотины составляет порядка 25 метров, очевидно, что на ПК130 резким повышением электрического сопротивления проявилось ее уплотненное основание, сложенное водоупорными суглинками, а данные ВЭЗ по ПК50 характеризуют на этой глубине разрез бортовой части гидротехнического сооружения.

Зондирования по профилям 1 ПК120 и 2 ПК80 (рисунок 7). По этим двум точкам структура геоэлектрических разрезов весьма сходна с данными по профилю 0 ПК130, но есть и существенные отличия. В соответствии с абсолютными отметками высот в этих точках зондирования относительно высокоомное основание плотины в точке ПР1 ПК120 зафиксировано на глубине 16.5 метра, а верхний водонасыщенный горизонт, сложенный проницаемыми суглинистыми грунтами, имеет повышенную мощность 4.2 метра, что практически в 2 раза больше, чем по ПР0 ПК130. По профилю 2 ПК80 основание плотины проявилось также высокоомной границей на глубине 12.7 метра.

В целом, по данным ВЭЗ представилось возможным получить детальную геоэлектрическую характеристику плотины в обследованных точках. При этом показана ее существенная неоднородность по электрическому сопротивлению, что предполагает и неоднородность по водопроницаемости.

Кроме того, наличие в графиках псевдоэлектрического каротажа границ раздела между интервалами с различным электрическим сопротивлением, характеризующий различную степень обводненности тела плотины определяет возможность получения от них отраженных электромагнитных волн, используемых при георадарных съемках.

Применительно к составу задач, решаемых геофизическими методами в рамках настоящего проекта, данные ВЭЗ представляют ценность как для предварительной оценки водопроницаемости суглинистого тела плотины, так и для уточнения природы и глубины залегания диэлектрических границ, получаемых георадарной съемкой, а также природы аномалий ЕП, на предмет их возможной связи с фильтрационными процессами.

### 2.4 Георадарные съемки

Выполнены по всем профилям ДЭЗ-ВП.

Профиль 0 (рисунок 8). На рисунке 8-а приведена исходная радарограмма по этому профилю. Волновое поле изобилует высокоскоростными волнами-помехами, вызванными отражениями от линии электропередач, проложенной по гребню плотины. Из полезных сигналов, на фоне регулярных помех (отражений от ЛЭП) и флуктуационного шума, слабо заметны только субгоризонтальные оси синфазности в интервале глубин 26.5-32 метра и дифрагированные волны Д1 и Д2 от локальных объектов на временах 663 и 805 нс. Наличие таких волн позволило определить штатным программным обеспечением Krot179Ns4, прилагаемым к аппаратурному комплексу Лоза-Н, среднюю скорость отраженных волн, необходимую для построения отражающих границ.

Существенно прояснилась ситуация с отражениями, как показано на рисунке 8-б, после обработки этими же средствами. В результате такой обработки представилось возможным

уверенно выделить отраженные волны 2 и 2а в указанном интервале глубин. Волна 2 соответствует положению основания плотины, вторая (2а) подтверждена данными ВЭЗ только по ПК50. В верхней части разреза на глубине 12-14 метров от геоэлектрических границ, полученных по данным ВЭЗ фрагментарно протрассирована волна 1, а также установлено наличие зоны повышенной влажности между ПК55-145 в интервале глубин порядка 4-13 метров. Диагностическим признаком этой зоны, как показано на рисунке 8-в, явилось изменение фазы георадарного сигнала на  $180^\circ$  в этом интервале глубин.

В то же время, остался не выясненным вопрос о фрагментарности отражающих границ как на глубине 12-14 метров, так 27-30 метров. Решение этой задачи получено путем преобразования радарограммы интенсивности сигнала в волновую форму (рисунок 8-г.), применения оптимизированной полосовой фильтрации в полосе 2-10 мГц и автоматической регулировки усиления со временем срабатывания 200 нс. В результате такой обработки данных представилось возможным протрассировать отражающую границу на глубине 12-14 метров практически по всему профилю, а также подтвердить отсутствие отражений с глубины 27 метров, вызванное выклиниванием отражающей границы, соответствующей согласно данным ВЭЗ положению основания плотины.

Информационные возможности георадарных съемок при снижении частоты излучаемого сигнала до 25 мГц представлены на рисунке 8. Как видно из рисунка 9-а, несколько снизился уровень флуктуационного шума и регулярных помех в исходной радарограмме. После фильтрационных процедур средствами Krot179Ns4 волновое поле очистилось не только от помех, но и исчезли отражения с глубины 12-14 метров и зона инверсии фазы георадарного сигнала при параметрах обработке идентичных радарограмм, полученной на частоте излучения 50 мГц. Как показано на рисунках 9-в-г, на трассах нет даже незначительных признаков указанных особенностей наблюдаемого волнового поля.

Очевидно, что описанные эффекты являются следствием снижения разрешающей способности метода при уменьшении частоты излучения вдвое. Такой же результат был получен и при сопоставлении данных разночастотных зондирований по остальным профилям.

Профиль 1. Особенностью этого профиля является то, что его начало и конец, как показано в верхней части рисунка 10-а, расположены в бортовых частях плотины. После обработки штатными средствами по этому профилю выявлены две зоны повышенной влажности, а также фрагменты отражающих границ на глубине порядка 5 и 17 метров, где по данным ВЭЗ установлены основные геоэлектрические границы, соответствующие изменению увлажненности суглинистого тела плотины и ее основанию, залегающему на глубине 16 метров.

Кроме того, по данным такой углубленной обработки установлено, также как и по профилю 0, наличие отраженной волны 2а, природа которой не подтверждена данными ВЭЗ.

Профиль 2 (рисунок 11). Этот профиль также проложен с выходом на борта плотины. В исходной радарограмме (рисунок 11-а) практически не видно отраженных волн на фоне помех. Отражения просматриваются лишь на визуализированных трассах (рисунок 11-б).

После преобразования радарограммы в волновую форму (рисунок 11-в) в полосе частот 15-30 мГц выделена лишь одна отраженная волна, которая согласно данным ВЭЗ, соответствует глубине залегания основания плотины (порядка 13-14 метров). Вышележащая толща суглинистого тела плотины оказалась недоступной для изучения ввиду высокого уровня остаточных помех, представляющих собой неразрешимый цуг колебаний с общей длительностью порядка 150 нс.

По радарограммам, после углубленной их обработки построены, с учетом данных ВЭЗ и ДЭЗ-ВП, разрезы, характеризующие наличие и особенности распределения диэлектрических границ по отработанным профилям (рисунок 12).

В соответствии с приведенными данными основными геоэлектрическими горизонтами, от которых получены отражения электромагнитных волн, являются интервалы разреза с резким изменением увлажнения суглинистых грунтов. За исключением самой верхней части разреза в интервале глубин 0 - 4-5 метров, по всем профилям, как следует из данных ВЭЗ, имеет место последовательное снижение увлажненности по мере приближения к основанию плотины. В зависимости величины электрического сопротивления (как показателя увлажненности) в выделенных горизонтах им дана инженерно-геологическая интерпретация.

Выявленные по георадарным данным зоны повышенной увлажненности по профилям 0 и 1, расположенные главным образом электропроводящей части разреза в интервале глубин 2-16 метров после уточнения их геоэлектрических характеристик можно рассматривать как потенциальные пути фильтрации при повышении уровня заполнения водохранилища.

Характерной особенностью таких зон установленных по профилю 1 является их простираение в борта плотины. Эти эффекты также требуют изучения и уточнения.

В целом приведенные разрезы можно рассматривать как стартовые модели для мониторинга водопроницаемости изученной плотины.

В результате анализа георадарных данных по всем профилям в заданных физико-геологических условиях показана эффективность метода для изучения тела плотины в условиях действия интенсивных регулярных помех. При этом для получения достоверных данных о наличии и глубинной привязке структурно-вещественных неоднородностей на глубину обязательными условиями являются обязательная препроцессинговая обработка для повышения соотношения сигнал-помеха, а также определение скорости электромагнитных волн в исследуемой толще и комплексирование георадарных данных с вертикальными электрическими зондированиями. В целом по эффективности примененного комплекса методов следует отметить, что основной задачей при постановке электроразведки методом сопротивлений в модификациях ДЭЗ и ВЭЗ и георадарных съемок ставилась оценка их информативности при изучении водопроницаемости насыпного тела плотины. По данным ДЭЗ-ВП фактически выполнено районирование суглинистого тела плотины и выделены в нем области, которые могут характеризоваться повышенной водопроницаемостью и, при благоприятных условиях, выступать в качестве путей сосредоточенной фильтрации воды из водохранилища.

Проблемными вопросами следует считать достоверное установление природы наблюдаемых аномальных эффектов в параметрах электропроводности и поляризуемости, которые, как известно, могут быть вызваны как влиянием различного рода металлических сооружений, так и изменением минерализации вод, а также более точное определение пространственно положения источников этих аномалий.

В этой связи представляется целесообразным включение в технологию съемок методами сопротивлений зондирований в модификации ВЭЗ-ВП, а также источников информации по обводненным проницаемым зонам на основе изучения других физических полей, в частности сейсмических, напрямую дающих сведения по упруго-деформационным свойствам грунтов. Перспективность включения в состав комплекса электроразведки методом ЕП несомненна, однако наиболее эффективное применение этого метода может быть обеспечено на основе организации режимных наблюдений при различных уровнях воды в водохранилище.

В отношении георадарных технологий следует отметить, что полученные в рамках настоящего проекта разрезы с выделенными отражающими границами, это только часть решения задачи по обводненности суглинистого тела плотины. Необходимо построение разрезов и объемных моделей обводненности в параметре диэлектрической проницаемости.

### 3 Оценка информативности геоэлектрических параметров для выявления в теле плотины струйных водоносных зон и картирования их в плане

Вопросы информативности геоэлектрических параметров для выявления в теле плотины струйных водоносных зон и картирования их в плане уже обсуждались в той или иной степени в предыдущих разделах. В этом же разделе подведены итоги по информативности геоэлектрических параметров и способам повышения достоверности данных по обводненности и ее динамике по этим параметрам.

В рамках настоящего проекта для выявления в теле плотины струйных водоносных зон и картирования их в плане фактически использовались геоэлектрические параметры, включающие электрическое сопротивление, поляризуемость, диэлектрическую проницаемость и в опытном порядке - естественное электрическое поле. Основным источником аномальных эффектов в этих параметрах в суглинистых грунтах выступает изменение их обводненности, то есть каждый из них имеет физические предпосылки для успешного решения поставленной задачи. Главный вопрос состоит в том, что все эти параметры реагируют и на различного рода осложняющие факторы.

Для электрического сопротивления в суглинистых грунтах, как свидетельствует практика, такими факторами выступают изменение минерализации фильтрующихся вод и наличие электропроводящих объектов на глубине. При этом учесть влияние изменения минерализации воды, в принципе, представляется возможным, но требует дополнительных лабораторных измерений и моделирования аномальных эффектов в электрическом сопротивлении и установления корреляционной связи между этими параметрами.

Наличие влияния металлических конструкций, в частности водоводов, на регистрируемые значения электрического сопротивления представляется целесообразным на основе проведения профильных наблюдений естественного электрического поля. Над такими объектами, расположенными в увлажненной среде будут наблюдаться локальные аномалии окислительно-восстановительного происхождения, тем самым будет дано обоснование для исключения из анализа данных по электрическому сопротивлению в зонах расположения окислительно-восстановительных аномалий.

Поляризуемость. Этот параметр функционально связан с электрическим сопротивлением. Влияние электрического сопротивления в суглинистых грунтах наиболее эффективно

обеспечивается привлечением параметра относительной поляризуемости, представляющей собой отношение наблюдаемой поляризуемости к кажущемуся сопротивлению. В таких грунтах наблюдается устойчивое повышение значений относительной поляризуемости по мере возрастания их увлажненности.

Диэлектрическая проницаемость. Этот параметр, используемый в георадарных исследованиях, определяющим образом зависит от влажности грунтов. Наиболее перспективным способом повышения информативности георадарных данных по обводненности является пересчет разрезов в параметр диэлектрической проницаемости. С этой целью может использоваться поле обратного рассеяния электромагнитных волн.

Естественное электрическое поле. Информативным параметром выступают поля фильтрационного происхождения, которых зоны нисходящей фильтрации проявляются отрицательными аномалиями  $U_{EP}$ , а восходящей - положительными. Главный вопрос связан с выявлением таких аномалий. Наиболее эффективно он решается на основе данных режимных наблюдений при различных динамических нагрузках на плотину. При этом эффекты в естественном электрическом поле окислительно-восстановительного и диффузионно-адсорбционного происхождения будут оставаться постоянными, а связанные с фильтрационными процессами - изменяться пропорционально изменению фильтрационных потоков при их наличии.

Приведенные сведения по информативности примененных геоэлектрических параметров показывают принципиальную возможность повышения достоверности данных по обводненности суглинистых грунтов в теле плотин. В этой связи представляется целесообразным проведение углубленных исследований и натурных экспериментов по решению этой задачи.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С целью разработки методики контроля устойчивости гидротехнических сооружений получены следующие основные результаты:

1) Оценена информативность комплекса геофизических методов, включающего электроразведку методом сопротивлений и георадарную съемку, при изучении неоднородности тела насыпной плотины по водопроницаемости в геоэлектрических параметрах.

На основе данных ВЭЗ получены детальные данные по распределению на глубину до 40 и более метров электрического сопротивления, свидетельствующие о существенной неоднородности тела плотины в этом параметре. По комплексным данным георадарных съемок, ВЭЗ и ДЭЗ составлены инженерно-геологические разрезы, которые можно рассматривать как стартовые модели для мониторинга водопроницаемости изученной плотины.

2) Выполнена оценка информативности геоэлектрических параметров для выявления в теле плотины струйных водоносных зон и картирования их в плане. Проведен анализ осложняющих факторов при использовании этих параметров в качестве диагностических признаков струйных водоносных зон, намечены пути ослабления их влияния.

В целом, все работы по настоящему проекту проведены в соответствии с Техническим заданием, поставленные задачи решены.

Автор и научный руководитель выражают свои благодарности РГП ИГИ и РГП «НЦ КПМС РК» за содействие в прохождении производственной практики и сборе фактических материалов дипломной работы.

Список использованных источников

1 Шарапанов, Н.Н. **6 Методика геофизических исследований при гидрогеологических съемках с целью мелиорации земель.** / Н.Н. Шарапанов, Г.Я.Черняк, В.А. Барон // Недра, 1974. - 176 с.

2 Комаров, В.А. О природе электрических полей вызванной поляризации и возможностях их использования при поисках рудных месторождений. - Вестник Ленинградского гос. ун-та. Сер. геол. и геогр. 1957, No16, С.37-46 с ил.

3 Рекомендации по методике прогноза изменения строительных свойств структурно-неустойчивых грунтов при подтоплении/ПНИИИС. - М.: Стройиздат, 1984. - 156 с

4 Семёнов **2 А.С. Электроразведка методом естественного электрического поля. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Недра, 1980. - 446 с.**

5 **4 Инженерные изыскания для строительства. Технические требования к производству геофизических работ. Электроразведка. Госстрой РСФСР ( РСН 64-87).**

6 Инструкция по электроразведке. Ленинград. Недра. 1984 г.

7 Беркут А.И., Копейкин В.В., Морозов П.А., Козляков А.Н. Подповерхностное зондирование с помощью геофизического комплекса «ЛОЗА», «ЛОЗА-М» (Методические рекомендации). Институт механизированного инструмента (ВНИИСМИ). М. 2002 г.

## Приложение А

м

Рисунок 1 - плотина к-25. Система полевых геофизических съемок

## Приложение Б

1 - точки заземления питающих (а) и приёмных (б) электродов; 2 - расстояние между центрами пар питающих и приёмных электродов.

Рисунок 2-Схема электроразведочной установки для наблюдений методом дипольного электрического зондирования (ДЭЗ)

## Приложение В

Рисунок 3- Плотина К-25. Оценка неоднородности тела плотины в параметре электрического сопротивления: а-с - разрезы изоом по данным электроразведки методом дипольного электрического зондирования (ДЭЗ), d - график потенциала естественного электрического поля ( $U_{EP}$ ) по урезу воды с вынесенными зонами пониженных значений этого параметра

## Приложение Г

Рисунок 4 - Плотина К-25. Оценка неоднородности тела плотины в параметре относительной поляризуемости: а-в - разрезы относительной поляризуемости по данным электроразведки методом дипольного электрического зондирования (ДЭЗ), г - график потенциала естественного электрического поля ( $U_{EP}$ ) по урезу воды с вынесенными зонами пониженных значений этого параметра

## Приложение Д

Рисунок 5 - Плотина К-25. Схема расположения зон потенциальных путей фильтрации, возможно связанных с локальной повышенной обводненностью в суглинистом теле плотины по данным электроразведки ДЭЗ-ВП

## Приложение Ж

1 - каменная наброска с песчаным заполнителем; 2 - водопроницаемые суглинистые грунты; 3 - водонасыщенные суглинистые грунты; 4 - слабо проницаемые суглинистые грунты; 5 - водоупорные глинистые образования; **3 6 - кривая псевдоэлектрического каротажа по данным ВЭЗ; 7 - кривые ВЭЗ: наблюденная (а), подобранная для реальной установки (б) и интервалы полного совпадения этих кривых (в).**

**Рисунок 6- 7 - Плотина К-25. Оценка неоднородности тела плотины по данным ВЭЗ по линиям профилей 1 и 2: наблюденные и подобранные кривые ВЭЗ с графиками псевдоэлектрического каротажа (а), геоэлектрические колонки (б) и геоэлектрические модели (в)**

## Приложение И

1 - помехи от линии электропередачи; 2 - фрагмент отражающей диэлектрической границы на фоне помех на полевой радарограмме; 3 - фазы осей синфазности гиперболической формы дифрагированной волны от локального объекта на глубине порядка 33 метра; 4 - положение по профилю точки ВЭЗ; 5 - геоэлектрическая колонка по данным ВЭЗ; 6 - фрагмент диэлектрической отражающей границы (а) в точке ВЭЗ (б) после ослабления помех штатными средствами обработки георадарных данных (программа Krot179Ns4); 7 - фрагмент трассы радарограммы в точке ВЭЗ: наблюденный (а) и отфильтрованный низкочастотный (б) сигнал и проявленность отраженной волны (в) от границы 2; 8 - зона инверсии амплитуды огибающей георадарного сигнала; 9 - отраженные волны при визуализации способом отклонений после подавления регулярных помех группированием на базе 10 метров, полосовой фильтрации; 10-отражающие диэлектрические границы: а - от подошвы электропроводящего горизонта 1, б - от кровли высокоомного горизонта, в - предположительно от диэлектрической границы 2-а.

Рисунок 8 - Радарограммы по профилю 0 на частоте 50 МГц совместно с данными ВЭЗ: а - наблюденная, б - после обработки штатными средствами (Krot179Ns4) совместно с данными ВЭЗ, в - трассы радарограммы в точках ВЭЗ, после обработки пакетом сейсмических программ «Vista-65» и «SeiSee» с отражающими границами



## Приложение К

Рисунок 9 - Радарограммы по профилю 0 на частоте 25 мГц: а - наблюдаемая, б - после обработки штатными средствами (Krot179Ns4), в, г - трассы радарограммы с проявленностью отражающих границ в пикетах 50 и 130

Рисунок 10 -Радарограммы по профилю 1 на частоте 50 мГц совместно с данными ВЭЗ: а - после обработки штатными средствами (Krot179Ns4), б - трассы радарограммы в точке ВЭЗ и ПК170, в - после обработки пакетом сейсмических программ Vista-65 и SeiSee с отражающими границами

## Приложение Л

Рисунок 11 - Плотина К-25. Радарограммы по профилю 2 на частоте 50 мГц совместно с данными ВЭЗ: а - после обработки штатными средствами (Krot179Ns4), б - трассы радарограммы в точке ВЭЗ (ПК120) и ПК170, в - после обработки пакетом сейсмических программ Vista-65 и SeiSee с отражающими границами

## Приложение М

Рисунок 17 - Плотина К-25. Инженерно-геологические разрезы по профиля 0, 1 и 2 по комплексу геофизических данных

**Plagiat.pl**

WrÅ³bla 8

02-736 Warsaw

Poland

Контакт:

contact@strikeplagiarism.com

[Руководство по интерпретации отчета подобия](#)

[Форма обратной связи](#)