
**МЕТОДОЛОГИЯ
И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ**

УДК 550.837

**ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА
ПРИ ИЗУЧЕНИИ ГРУНТОВЫХ ПЛОТИН**

© 2017 г. О. И. Федорова, В. А. Давыдов, С. В. Байдинов, В. Ю. Горшков

*Институт геофизики им. Б. П. Булашевича Российской академии наук (ИГФ УрО РАН).
ул. Амундсена, д. 100, Екатеринбург, 620016 Россия. E-mail: fougeo@mail.ru*

Поступила в редакцию 17.02.2016 г.

Грунтовые плотины находятся под постоянным гидравлическим напором. Из-за неоднородности грунтового материала в процессе эксплуатации возникают условия для нарушения фильтрационного режима и снижения прочностных свойств насыпи, что может привести к разрушению сооружения. Изучение электрофизических свойств грунта методами электромагнитных зондирований позволяет выявить ослабленные участки в теле плотины и ее основания, по которым происходит фильтрация воды. Не всегда удается определить однозначную связь областей пониженного сопротивления с зонами повышенной фильтрации. В этом случае целесообразно проводить геоэлектрический мониторинг.

Для исследования плотин применяли метод вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) и дистанционных индукционных зондирований (ДИЗ). Используемые методики позволяют изучать среду от поверхности до заданной глубины. Измерения методом ВЭЗ проводили со стандартной низкочастотной аппаратурой ЭРА-ЗНАК, а методом ДИЗ – с аппаратурой МЧЗ-8, разработанной в Институте геофизики УрО РАН.

В статье представлены результаты геоэлектрических исследований, проводимые на четырех гидротехнических сооружениях. На крупной грунтовой плотине, ограждающей накопитель жидких химических отходов в Челябинской обл., была обнаружена утечка, которая отслеживалась во времени многие годы. По результатам мониторинга плотину укрепили.

Геоэлектрический мониторинг плотин по закрепленной сети дает возможность наблюдать за аномальными зонами, а также обнаруживать новые нестабильные участки на объектах исследований. Преимущество геоэлектрического мониторинга перед инженерно-геологическими методами обследования плотин состоит в неразрушающей насыпь технологии исследований, большей детальности и малых материальных затратах.

Ключевые слова: геоэлектрический мониторинг, вертикальные электрические зондирования, дистанционные индукционные зондирования, электрическое сопротивление.

ВВЕДЕНИЕ

Гидротехнические сооружения (ГТС) – плотины, дамбы, – в основном выполнены из грунтового материала. Например, в Свердловской обл. насчитывается более 400 гидротехнических сооружений, большинство из которых грунтовые плотины. Насыпной грунт сооружений имеет сложный гранулометрический состав. Это пески, суглинки, глины, щебенистый материал и т.д. Грунтовый материал, слагающий инженерный объект, достаточно неоднороден как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, к тому же не всегда выдерживается технология строительства плотин. Насыпь находится под постоянным гидравлическим напором, поэто-

му возникают условия для нарушения фильтрационного режима, что приводит к потере прочностных свойств сооружения при длительной его эксплуатации. В местах повышенной миграции воды грунт переувлажняется, разжижается и переходит в текучее состояние. Воздействие массы лежащего выше насыпного материала приводит к выдавливанию разжиженного грунта в стороны от канала просачивания воды. В результате в области повышенной фильтрации воды резко снижаются прочностные свойства насыпного материала, что может привести к разрушению такого участка плотины, прорыва воды из водохранилища с катастрофическими последствиями, особенно, если плотина ограждает водоем-накопитель химических веществ.

Для оперативного неразрушающего контроля грунтовых плотин используют инженерно-геологические и альтернативные им геофизические методы [3, 5]. Предпочтение отдается геоэлектрическим методикам.

В Институте геофизики УрО РАН многие годы проводятся научно-исследовательские работы по дефектоскопии грунтовых инженерных объектов, в том числе плотин. Применялись многие электрометрические методики. Основным методом, позволяющий изучить электрофизические свойства среды с глубиной, – метод вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ). Данный метод апробирован на многих плотинах в Свердловской и Челябинской областях [6, 7]. Измерения можно выполнять в принципе с любой низкочастотной электроразведочной аппаратурой, что делает его вполне доступным.

Электрондирования позволяют дифференцировать по электрическому сопротивлению грунтовый материал, слагающий плотину. Но не всегда удается определить однозначную связь областей пониженного сопротивления с зонами повышенной фильтрации воды из водоема сквозь тело плотины. В этом случае, как было показано исследованиями, целесообразно проводить геоэлектрический мониторинг [8]. По результатам мониторинга выявляются нестабильные участки плотины, где изменяются электрические свойства грунта. Уменьшение электросопротивления со временем является основным критерием обнаружения зон обводненности, приводящих к постепенному разрушению плотины.

Грунтовые плотины строятся по определенной технологии. Верхняя ее часть, как правило, отсыпана глинисто-щебенистым материалом, поэтому в применяемом методе ВЭЗ при установке заземлений иногда возникают трудности, которые могут приводить к погрешностям измерений. Избежать такого рода погрешностей можно, применяя индуктивные бесконтактные методы электрондирований.

В статье рассматриваются результаты электромагнитного мониторинга методами ВЭЗ и ДИЗ (дипольные индукционные зондирования), проводимых на грунтовых плотинах в Свердловской и Челябинской областях.

МЕТОДИКА РАБОТ

Под геоэлектрическим мониторингом при диагностике грунтовых плотин понимаются электрометрические наблюдения, проводимые с заданной частотой опроса, для оценки состояния

грунтового материала плотины, на основе изучения геоэлектрическими методами изменений его характеристик в результате воздействия природных и техногенных факторов. К негативным процессам относятся повышенная фильтрация через тело плотины и снижение прочностных свойств насыпного грунта. Проведение геоэлектрического мониторинга целесообразно как на стадии поиска аномальных по электропроводности областей, приуроченных к изменению электрофизических свойств грунта, так и на стадии последующего изучения динамики развития выявленных аномалий. Система мониторинга включает в себя хорошо закрепленную сеть пунктов измерений на профилях наблюдений, сбор с заданной частотой опроса и обработку экспериментальных данных.

Электрометрические измерения методом ВЭЗ выполнялись по стандартной методике. В основном применялась 4-электродная установка Шлюмберже, в некоторых случаях – 3-электродная. Разносы $AB/2$ менялись от 1.5 до 100 м. Использовали аппаратуру ЭРА-ЗНАК и ЭРА-МАХ. Глубина исследования принималась равной четверти разноса питающих электродов AB : $h_{эф} = AB/4$ [4].

Частотные зондирования выполнялись в дистанционном варианте ДИЗ (дипольные индукционные зондирования) с помощью индукционной аппаратуры МЧЗ-8, разработанной в ИГФ УрО РАН [1]. В состав комплекта аппаратуры входит генератор переменного тока с рамочным излучателем электромагнитного поля и измерительный блок с чувствительным магнитоприемником индукционного типа. ДИЗ проводились на частоте 10 кГц, шаг наблюдений составлял 10 м. Регистрировались H_z , H_r компоненты напряженности магнитного поля на разносах – расстоянии генератора от приемника 5, 10, 20, 30, 40, 60 и 80 м. Приемник располагался неподвижно на точке зондирования, а генератор относился на заданное расстояние. Глубина исследования принималась равной четверти расстояния между генератором и приемником: $h_{эф} = r/4$ [2].

Результаты представляются в виде вертикальных разрезов кажущегося удельного сопротивления (ρ_k) для ВЭЗ и ($\rho_{эф}$) для ДИЗ от эффективной глубины ($h_{эф}$). Как показала практика, изучение динамики изменений электрофизических свойств насыпного материала не требует в обязательном порядке проведения количественной обработки данных для получения удельного сопротивления грунта, поскольку среда достаточно неоднородна, что может приводить к неверным результатам при решении обратной задачи. Поэ-

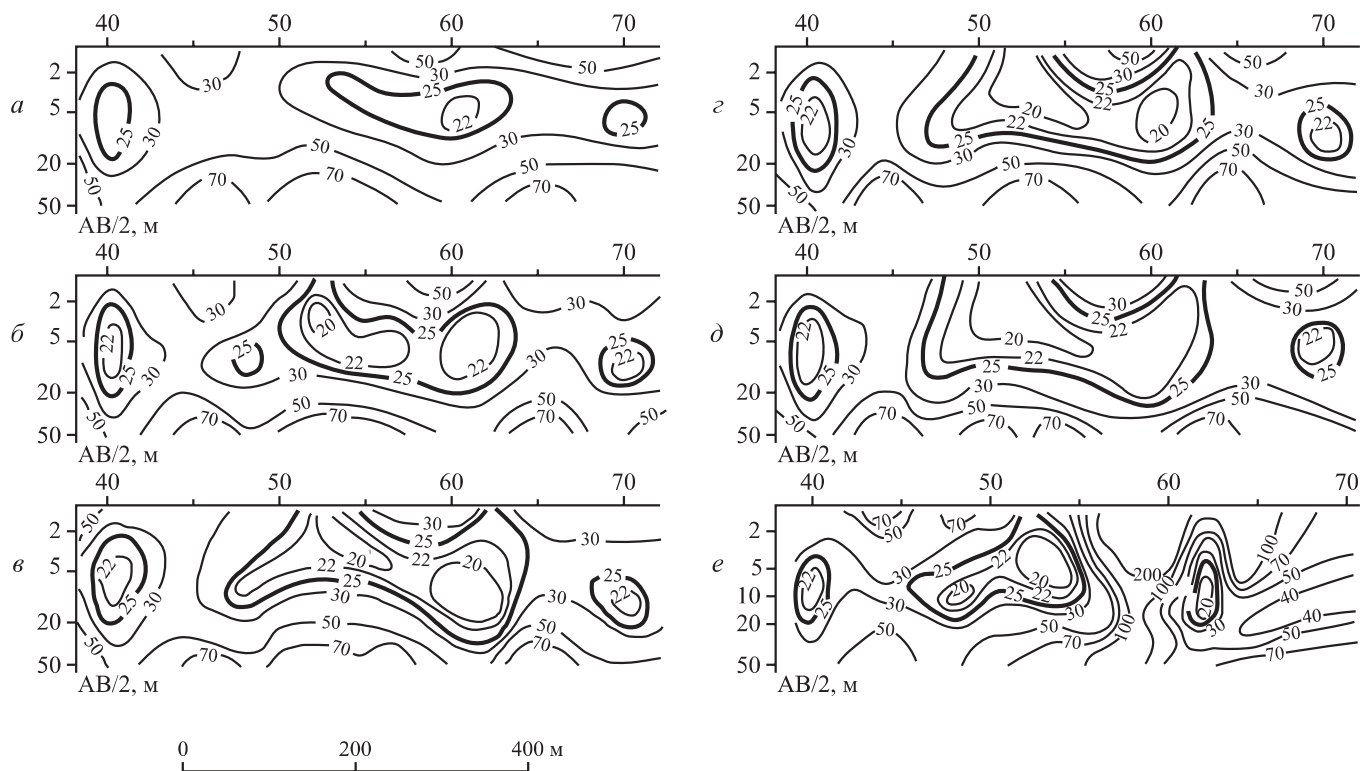


Рис. 1. Разрезы кажущегося электросопротивления пород по профилю у подножья плотины, составленные по результатам измерений в 1995 (а), 1997 (б), 1999 (в), 2000 (г), 2001 (д) и 2003 (е) годах.

тому при геоэлектрическом мониторинге изменения в среде достаточно уверенно отслеживаются по качественным параметрам ρ_k и $\rho_{эф}$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В течение 9 лет (1995–2003 гг.) в Челябинской обл. проводился геоэлектрический мониторинг на крупной грунтовой плотине, ограждающей накопитель жидких химических отходов. На рис. 1 представлены результаты наблюдений вдоль профиля, проходящего у подножья плотины.

На разрезах кажущегося электросопротивления в 1995 г. фиксируется область пониженных значений в интервале пикетов 53–63 по изолинии 25 Ом·м. Со временем эта область расширяется как по горизонтали, так и по вертикали. Грунт еще больше увлажняется, о чем свидетельствует уменьшение электрического сопротивления до 20 Ом·м. Также отмечается продвижение аномальной области к земной поверхности. Отсюда следует, что выявленный участок пониженного электросопротивления грунта приурочен к зоне повышенной фильтрации воды из водохранилища. Зона пониженного электросопротивления (по изолинии 25 Ом·м) в районе пикета 62, по-видимому, связана с подъемом воды из водохранилища к земной поверхности по тектонически раздробленным по-

родам под воздействием гидравлического напора. В 2003 г. эта часть плотины была отсыпана крупнообломочным материалом на высоту 2 м, и таким образом приостановлено вытекание воды из-под основания плотины (см. рис. 1е).

На рассматриваемой плотине выявлено еще несколько областей, приуроченных к участкам просачивания воды сквозь тело плотины. Все аномальные участки заверены бурением, подтвердившим геоэлектрические данные. Для снижения риска природно-техногенной катастрофы на плотине построена бетонная стена шириной около 1 м, распространяющаяся в теле плотины от поверхности гребня на глубину 10 м.

В Свердловской обл. выполнили геоэлектрические исследования на грунтовой плотине, ограждающей крупный отстойник-накопитель шахтных вод с высоким содержанием железа, меди, цинка и марганца. Плотина имеет длину 650 м и высоту 10–12 м. Геофизические исследования здесь проводились впервые.

В основном пониженные значения электросопротивления наблюдаются в западной и восточной частях плотины (рис. 2а). В интервале пикетов 4–24 и 52–58, а также на пикетах 40–42 ρ_k насыпного материала составляет в среднем 30–40 Ом·м, и к основанию сопротивление либо

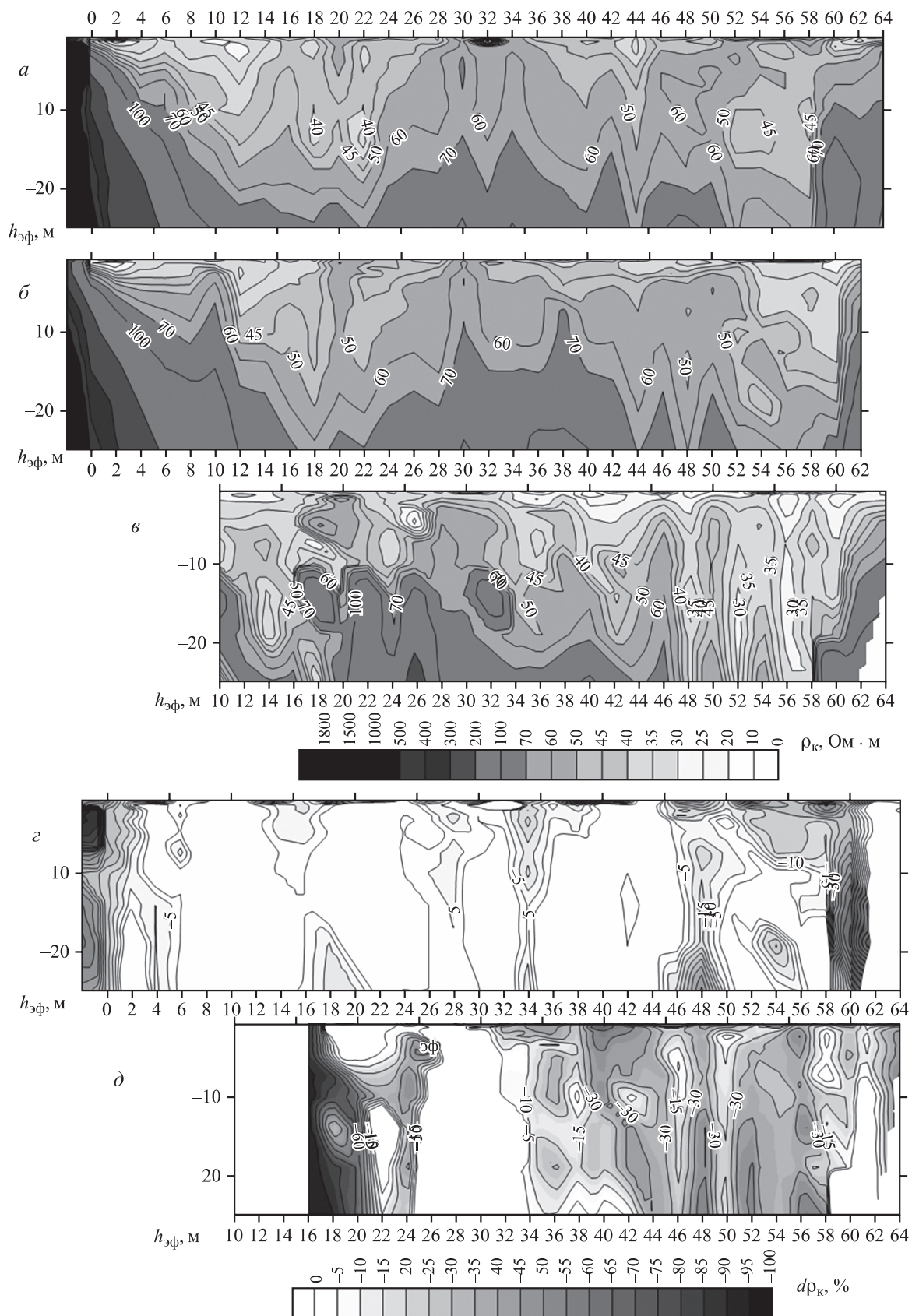


Рис. 2. Разрезы кажущихся электросопротивлений (ρ_k) по профилю на верхнем бьефе плотины: 2013 (а); 2014 (б); 2015 (в). Степень изменения ρ_k ; за 2013–2014 гг. (в); за 2014–2015 гг. (д).

остается таким же, либо увеличивается до 50–70 Ом·м. Выделяются участки с пониженными ρ_k и в коренных породах, особенно это касается пикетов 22, 40–44, 52–58 с наиболее низкими сопротивлениями. В средней части насыпи кажущееся электросопротивление грунтов составляет 60–90 Ом·м, т.е. они слабо увлажнены. В теле плотины выделяются два аномальных участка повышенной влажности: пикеты 20–22 и 48–56, здесь возможна сосредоточенная фильтрация воды через основание ГТС.

По результатам второго года исследований наблюдаются небольшие изменения в электросопротивлении среды (рис. 2б) в основном в восточной части плотины. Для наглядности изменений, происходящих с течением времени, вычислили параметр $d\rho_{\text{эф}}$:

$$d\rho_k = ((\rho_k^2 - \rho_k^1) / \rho_k^1) \cdot 100\%,$$

где ρ_k^2 – кажущиеся электрические сопротивления (измерения в последний год); ρ_k^1 – кажущиеся электрические сопротивления (измерения в предыдущий год).

Поскольку отслеживается понижение сопротивления за счет увлажнения грунта, на разрезах $d\rho_k$ выделили только отрицательные значения.

На разрезе $d\rho_k$, отражающем изменения в 2014 г., наблюдаются небольшие аномальные значения 5–10%, за исключением краев плотины, на контакте насыпи с горными породами. В 2015 г. произошли серьезные изменения в электросопротивлении насыпного грунта. На разрезах ρ_k отмечены значительные понижения сопротивления в западной и восточной части плотины, как в ее теле, так и в основании. Это отражается и в повышенных значениях $d\rho_k$. Весенне-летний сезон 2015 г. характеризовался большим выпадением осадков. Скорее всего это и являлось основной причиной уменьшения электросопротивления грунта материала за счет проникновения атмосферных осадков в тело насыпи и повышения уровня воды в отстойнике.

Судя по данным геоэлектрического мониторинга, наиболее устойчива центральная часть плотины. Ослабленные участки насыпи располагаются в районе пикетов: 14–18, 24, 36, 40–44, 48, 52, 56–58.

У подножья плотины визуально наблюдается скопление воды. Авторами были взяты пробы воды напротив некоторых пикетов в основании плотины и с поверхности пруда-отстойника. Определены удельное сопротивление (ρ) и общая минерализация воды (TDS) (табли-

Удельное сопротивление и общая минерализация воды у подножья плотины и на поверхности отстойника

Пикеты	9	14	18	28	40	52	В пруду
ρ , Ом·м	6.7	6.46	7.11	6.51	6.84	6.7	8.8–9.1
TDS, г/л	1.01	1.1	0.99	1.09	1.04	1.06	0.79–0.77

ца). Удельное сопротивление воды у подножья плотины в среднем везде одинаково и составляет около 7 Ом·м. Общая минерализация в среднем 1 г/л. На поверхности пруда эти показатели немного ниже. Проведенные исследования указывают на повышенное содержание примесей в воде отстойника и подтверждают выявленные по электрометрическим данным участки повышенной фильтрации в теле и под основанием плотины.

Электромагнитный мониторинг с применением дистанционных индукционных зондирований проводился на двух плотинах. На рис. 3 представлены результаты исследований плотины на р. Сысерть (Свердловская обл.), которая возведена в 1849 г. и имеет длину 300 м.

По данным индукционных зондирований, в теле плотины четко выделяются пониженными значениями $\rho_{\text{эф}}$ три зоны: ПК20–ПК40, ПК120–ПК140 и ПК190–ПК220 м (рис. 3а, б). Первая аномалия хорошо согласуется с положением временного русла реки, прорытого во время возведения плотины и сохранившегося в виде глубокого оврага, заполненного водой, с южной стороны насыпи. Судя по мониторингу удельного сопротивления, происходит постоянный дренаж воды из пруда в овраг с возможным образованием путей сосредоточенной фильтрации (уменьшение на 70%). Аномалия пониженных $\rho_{\text{эф}}$ на ПК120–ПК140 м обусловлена шлюзовым отсеком плотины. На разрезе изменений $d\rho_{\text{эф}}$ в районе ПК140–150 м наблюдается аномалия уменьшения $\rho_{\text{эф}}$ до 80%, что может свидетельствовать о нарушении целостности северного устоя водосливного тоннеля. Зона ПК190–ПК220 м может представлять собой сильно обводненный участок плотины и свидетельствовать о наличии повышенной фильтрации в теле плотины на данном интервале. Подтверждением этого является выход ручья со стороны нижнего бьефа плотины, напротив ПК190 м, на расстоянии примерно 30 м от насыпи. Местоположение дренажа фиксируется и по результатам мониторинговых измерений аномалией в районе ПК200–ПК240 м (см. рис. 3в). Следует

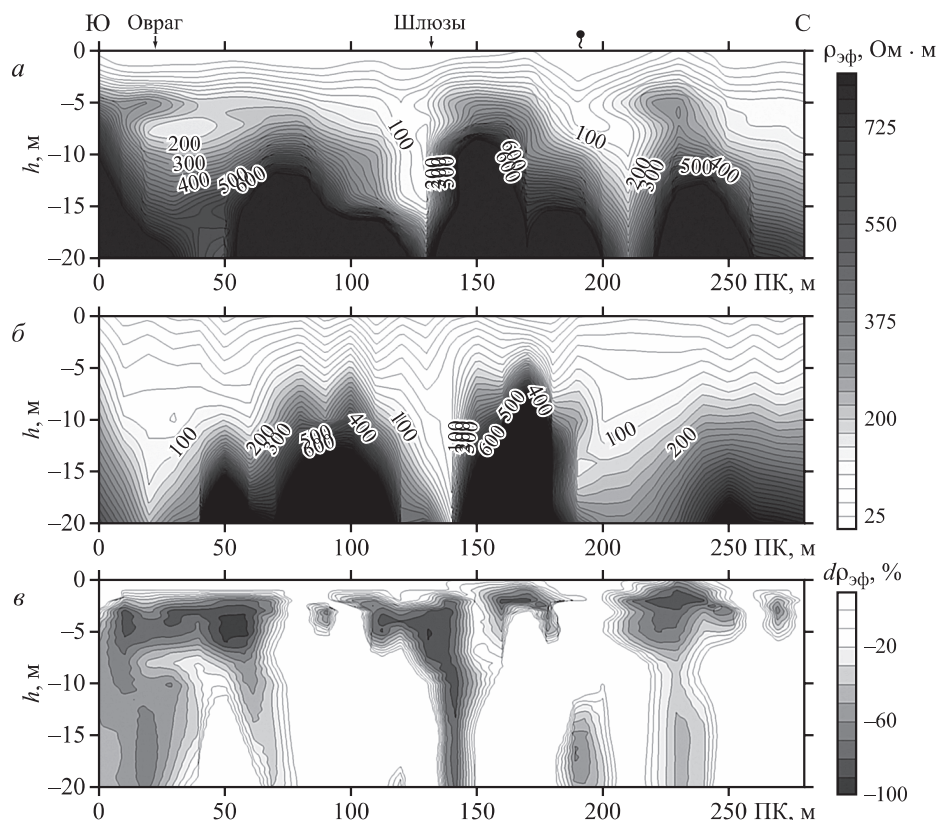


Рис. 3. Результаты мониторинговых индукционных зондирований на плотине р. Сысерть. Разрезы эффективных электросопротивлений по результатам измерений в 2013 (а), 2015 (б) годах. Степень изменения эффективного электрического сопротивления за два года (в).

отметить, что напротив ПК210–ПК220 м внизу находится полуразрушенное здание бывшего железодельного завода, к которому в прошлом по туннелю подводилась вода из пруда. Возможно, наблюдаемый водоток связан с засыпанным “заводским” прорезом плотины.

Формирование еще одной отрицательной аномалии изменения $\rho_{эф}$ за прошедшие 2 года наблюдается вблизи ПК60 м (снижение $\rho_{эф}$ более чем в 2 раза). Известно, что ранее здесь уже находилась протечка, которую зацементировали с помощью инъекционной скважины в 2012 г. Однако, судя по всему, ремонт не привел к желаемому результату, и процесс разжижения грунта продолжился.

Геофизические исследования методом ДИЗ провели на городской плотине г. Екатеринбург. Плотина городского пруда построена в 1723 г. для металлургического завода и является первым сооружением в г. Екатеринбурге. Тело плотины высотой 8.5 м устроено из хорошо утрамбованной глины.

Исследования выполнили по описанной выше методике. Максимальный разнос между генера-

тором и приемником ограничивался 40 м, поэтому изучалось распределение сопротивлений только внутри тела плотины. Работы проводились в летний период, интервал между съемками составлял 2 года.

Выявленные в результате работ аномалии низких сопротивлений связаны с технологическими железобетонными конструкциями ГТС: водосливом и подземным переходом (рис. 4а, б). Мониторинг показал достаточно стабильное состояние электрофизических характеристик: аномальные зоны характеризуются небольшими размерами, а максимальное снижение $\rho_{эф}$ в теле плотины составило чуть больше 50% (см. рис. 4в). Две аномалии связаны с технологическими туннелями: на ПК10, возможно, происходит дренаж вдоль западного устья водослива, а на ПК17 – естественный сток инфильтрационных осадков по бетонной “крыше” подземного перехода. Одна аномалия связана с дренажным колодцем на ПК5 и, по-видимому, зависит от его заполнения. Причину аномального снижения $\rho_{эф}$ на ПК7 выяснить не удалось.

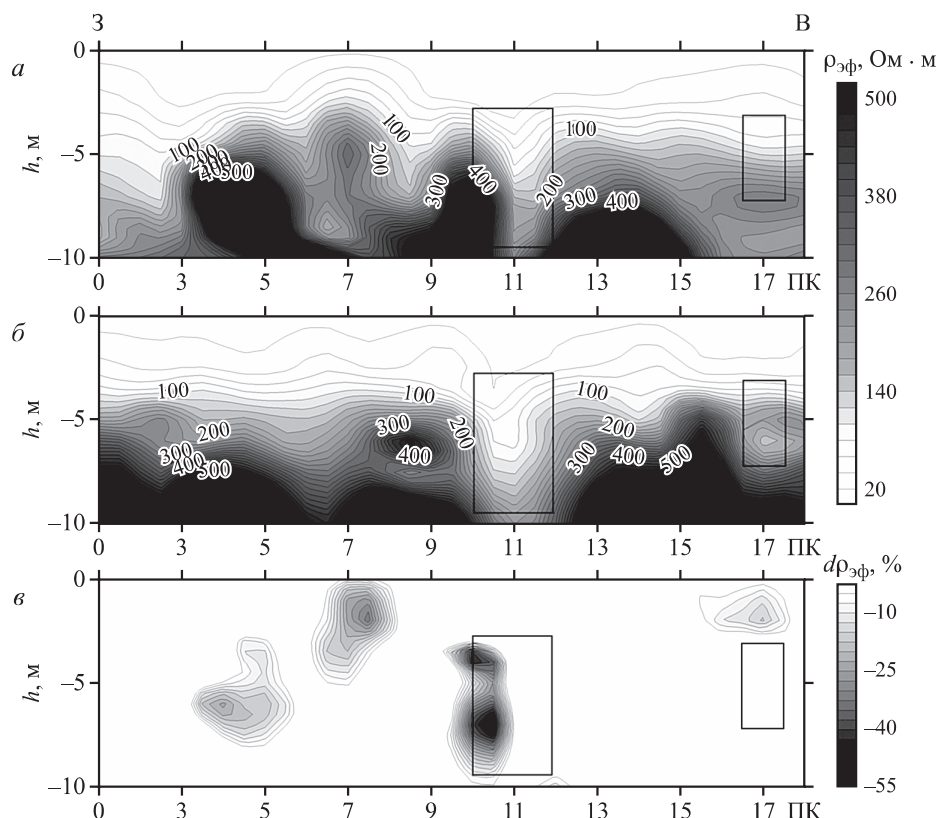


Рис. 4. Результаты геоэлектрического мониторинга по индукционным зондированиям на плотине Городского пруда г. Екатеринбург: *а* – первоначальный разрез эффективных сопротивлений; *б* – разрез эффективных сопротивлений через 2 года; *в* – степень изменения эффективного электрического сопротивления за расчетный период. Контур большого прямоугольника соответствует водосливному тоннелю, контур малого прямоугольника – подземному переходу.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Грунтовые плотины в процессе эксплуатации теряют свои прочностные свойства. Изучение электрофизических свойств грунта методами электромагнитных зондирований позволяет выявить ослабленные участки в теле плотины и ее основания, по которым происходит фильтрация воды.

Приведенные примеры указывают на постоянные изменения нормального фильтрационного режима плотин. Долговременными наблюдениями отслеживаются участки высокой проницаемости грунтов с возможным развитием суффозионных процессов и образованием сосредоточенных путей фильтрации. Геоэлектрический мониторинг плотин по закрепленной сети дает возможность наблюдать за аномальными зонами, а также обнаруживать новые нестабильные участки в насыпи.

Преимущества геоэлектрического мониторинга перед инженерно-геологическими методами обследования плотин состоит в неразрушающей насыптехнологии исследований, большей детальности и малых материальных затратах. Электрофизические характеристики могут служить в ка-

честве контролируемых показателей фильтрационного режима грунтовых плотин для определения критериев безопасности ГТС. Таким образом, электрометрия может быть включена в состав периодического контроля технического состояния грунтовых ГТС.

Работа выполнена при частичной поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-2-5-31.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байдинов С. В., Человечков А. И. Аппаратура для высокочастотных индукционных зондирований МЧЗ-8 // Уральский геофиз. вестник. 2011. № 1. С. 4–8.
2. Журавлева Р. Б., Самоделькина С. А., Бакаев В. П. К выбору интерпретационных параметров при дистанционном зондировании и профилировании с аппаратурой ДЭМП-СЧ // Рос. геофиз. журн. 1994. № 2–4. С. 67–70.
3. Колесников В. П., Коноплев А. В., Пригара А. М. и др. Технология комплексных инженерно-геофизических изысканий для диагностики состояния гидротехнических сооружений // Современные проблемы

- науки и образования. 2012. № 6. URL: www.science-education.ru/106-7839 (06.04.2014).
4. *Матвеев Б. К.* Электроразведка при поисках месторождений полезных ископаемых. Учебник для вузов. М.: Недра, 1985. 375 с.
 5. *Улитин Р. В., Гаврилова И. Э., Петухова Ю. Б., Федорова О. И., Харус Р. Л.* Геоэлектрика при решении геоэкологических и инженерно-геологических задач // Теория и практика геоэлектрических исследований. Сб. науч. трудов. В. 2. Екатеринбург: УрО РАН, 2000. С. 84–98.
 6. *Федорова О. И., Давыдов В. А.* Диагностика грунтовых гидротехнических сооружений электрическими и сейсмическими методами на примере Ельцевской плотины // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2014. № 6. С. 44–55.
 7. *Федорова О. И., Давыдов В. А., Горшков В. Ю., Маликов А. В.* Применение электрических и сейсмических зондирований при инженерно-геологических исследованиях состояния грунтовых гидротехнических сооружений // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Матер. 41-й сессии Междунар. сем. им. Д. Г. Успенского. Екатеринбург: ИГФ УрО РАН, 2014. С. 260–262.
 8. *Шестаков А. Ф., Федорова О. И.* Геоэлектрический мониторинг при инженерно-экологических исследованиях в районе накопителей промстоков // Разведка и охрана недр. 2011. № 12. С. 51–55.
 3. *Kolesnikov, V.P., Konoplev, A.V., Prigara, A.M. et al.* [Technology of complex geophysical survey for diagnostics of hydraulic structures]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 2012, no. 6. Available at: www.science-education.ru/106-7839 (accessed 06.04.2014). (in Russian).
 4. *Matveev, B. K.* *Elektrozvedka pri poiskakh mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh. Uchebnik dlya vuzov* [Geoelectric survey for mineral deposits. Higher school textbook]. Moscow, Nedra, 1985. 375 p. (in Russian).
 5. *Ulitin, R.V., Gavrilova, I.E., Petukhova, Yu.B., Fedorova, O.I., Kharus, R. L.* *Geoelektrika pri reshenii geoeekologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh zadach* [Geoelectrics in solving geoeological and engineering geological problems]. *Teoriya i praktika geoelektricheskikh issledovaniy*, 2000, vol. 2, pp. 84–98 (in Russian).
 6. *Fedorova, O.I., Davydov, V. A.* *Diagnostika gruntovykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii elektricheskimi i seismicheskimi metodami na primere El'chevskoi plotiny* [Diagnostics of soil hydraulic structures with resistivity and seismic methods by the example of Elchovsk dam]. *Vodnoe khozyaistvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, 2014, no. 6, pp. 44–55 (in Russian).
 7. *Fedorova, O.I., Davydov, V.A., Gorshkov, V. Yu., Malikov, A. V.* *Primenenie elektricheskikh i seismicheskikh zondirovaniy pri inzhenerno-geologicheskikh issledovaniyakh sostoyaniya gruntovykh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii* [Using resistivity and seismic methods for geological-engineering researches of soil hydraulic structures state]. *Voprosy teorii i praktiki geologicheskoi interpretatsii gravitatsionnykh, magnitnykh i elektricheskikh poley. Materialy 41-y sessii Mezhdunarodnogo seminara im. D. G. Uspenskogo* [Proc. of the 41st session of International workshop in comm. D. G. Uspenskii on the issues in theory and practices of geological interpretation of gravitational, magnetic and electric fields]. 2014, pp. 260–262 (in Russian).
 8. *Shestakov, A.F., Fedorova, O. I.* *Geoelektricheskii monitoring pri inzhenerno-ekologicheskikh issledovaniyakh v raione nakopitelei promstokov* [Geoelectrical monitoring in engineering-ecological research in sewage accumulation region]. *Razvedka i okhrana nedr*, 2011, no. 12, pp. (in Russian).

REFERENCES

1. *Baidikov, S.V., Chelovechkov, A. I.* *Apparatura dlya vysokochastotnykh induktsionnykh zondirovaniy MChZ-8* [Device for high-frequency inductive soundings MFS-8] *Ural'skii geofizicheskii vestnik*, 2011, no. 1, pp. 4–8 (in Russian).
2. *Zhuravleva, R.B., Samodelkina, S.A., Bakaev, V.P.* *K vyboru interpretatsionnykh parametrov pri distantsionnom zondirovanii i profilirovanii s apparaturoi DEMP-SCh* [About choosing interpretational parameters upon the remote sounding and profiling with device DEMP-SCh]. *Rossiyskii geofizicheskii zhurnal*, 1994, no. 2–4, pp. 67–70 (in Russian).

APPLICATION OF GEOELECTRICAL MONITORING TO THE STUDY OF SOIL DAMS

O. I. Fyodorova, V. A. Davydov, S. V. Baydikov, V. Y. Gorshkov

*Institute of Geophysics, Ural Division, Russian Academy of Sciences, ul. Amundsena 100,
Yekaterinburg, Russia*

Soil dams are subjected to continuous hydraulic pressure. Conditions for violation of the filtration mode and reduction of strength characteristics arise during working because of soil material heterogeneity and can lead to the structure failure. Studying electrophysical properties of soil permits us to identify the weak areas of the dam. Sometimes it appears hard to reveal the unambiguous relationship between the low-resistance areas and the zones of increased water filtration. In these cases, the use of geoelectrical monitoring is reasonable.

In dam studies, we used the vertical electrical soundings (VES) and frequency domain electromagnetic (FDEM) methods. These methods allow studying the environment from the surface to the selected depth. Measurements according to the VES method were made by standard low-frequency device ERA-ZNAK, whereas the measurements according to the FDEM method were performed by device MFS-8, developed at the Institute of Geophysics, Ural Division RAS.

The results of geoelectric research at four hydraulic structures are shown. We revealed and monitored in time the leakage at huge soil dams, enclosing storages of liquid chemical wastes in Chelyabinsk region. As a result, this dam was reinforced.

Geoelectrical monitoring of dams according to the mounted net permits us to observe anomalous zones and to discover new unstable areas in the research object. Advantages of geoelectrical monitoring over engineering geological prospecting consists in nondestructive technology of research, a higher detail and a lower cost.

Keywords: *geoelectrical monitoring, vertical electrical soundings, frequency domain electromagnetic, electrical resistivity.*