



УДК 550.348

Динамика физического состояния ослабленных зон насыпной плотины Иркутской ГЭС за период 2002–2012 гг.

В. И. Джурик (dzhurik@crust.irk.ru)

А. Ю. Ескин (eskin@crust.irk.ru)

С. П. Серебренников (serebr@crust.irk.ru)

Е. В. Брыжак (bryzhak@crust.irk.ru)

Аннотация. Рассматриваются вопросы изменения физического состояния грунтовой плотины Иркутской ГЭС с течением времени. Наблюдения проводились в течение десяти лет. При исследованиях был применен комплекс методов для определения геофизических параметров насыпных плотин, с помощью которого производился анализ скоростей сейсмических волн – как продольных, так и поперечных, электрического сопротивления и естественного потенциала в теле грунтовых плотин. По результатам исследований были выделены ослабленные зоны, на которые в работе уделяется большее внимание. В целом состоянии грунтовой плотины Иркутской ГЭС в рассматриваемый период можно охарактеризовать как стабильное.

Ключевые слова: Иркутская ГЭС, грунтовая плотина, скорости сейсмических волн, удельное электрическое сопротивление, естественное поле, геофизический мониторинг.

Настоящая работа посвящена результатам оценки физического состояния ослабленных зон насыпной плотины Иркутской ГЭС за период 2002–2012 гг. и его динамике. Для измерений были намечены участки грунтовой плотины со стороны правого берега: островная, русловая и правобережная плотины. На этот период наблюдений были упорядочены номера профилей для всего комплекса используемых методов (рис. 1).

Основными измеряемыми параметрами были упругие (скорости распространения продольных – V_p и поперечных – V_s волн), электрические (удельное электрическое сопротивление – ρ) и потенциалы естественного электрического поля (U). Каротажные измерения в скважинах выполнялись в большей степени с целью проверки их информативности в отношении оценки гидравлической стабильности насыпной плотины.

Анализ сейсморазведочных данных приводится на фоне их совместного сопоставления за 2002–2005 гг. по изменению скоростей продольных волн с глубиной на отдельно взятом пикете за период с 2005 по 2012 г. (рис. 2) и в целом по построенным скоростным разрезам (рис. 3). Говорить об определенной направленности изменения скоростей во времени нет основа-

ний. При детальном анализе скоростных разрезов можно заключить, что они отличаются друг от друга по годам в основном не более, чем в пределах погрешности интерпретации. Поэтому дальнейшие измерения корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) решено проводить раз в пять лет.

Что касается электроразведочных наблюдений, то здесь не все так однозначно и понятно. На всех пройденных по методу вертикального электрического зондирования (ВЭЗ) профилях (ПР0–4, см. рис. 1) преобладают следующие виды кривых: АН, КQH, КQ. Проследить динамику электрических сопротивлений возможно качественно, по относительному сравнению разрезов кажущихся сопротивлений по одним и тем же пунктам наблюдений, и количественно, по графикам распределений удельного электрического сопротивления (УЭС) с глубиной во времени (рис. 4).

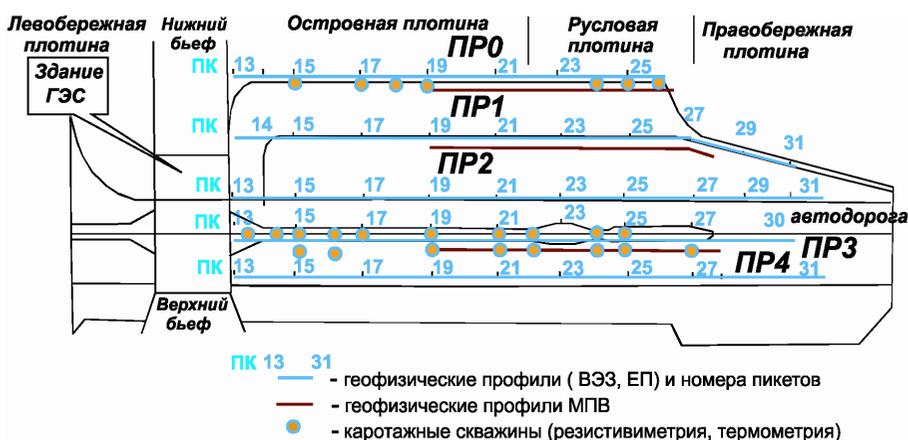


Рис. 1. Схема геофизического мониторинга на грунтовых плотинах Иркутской ГЭС

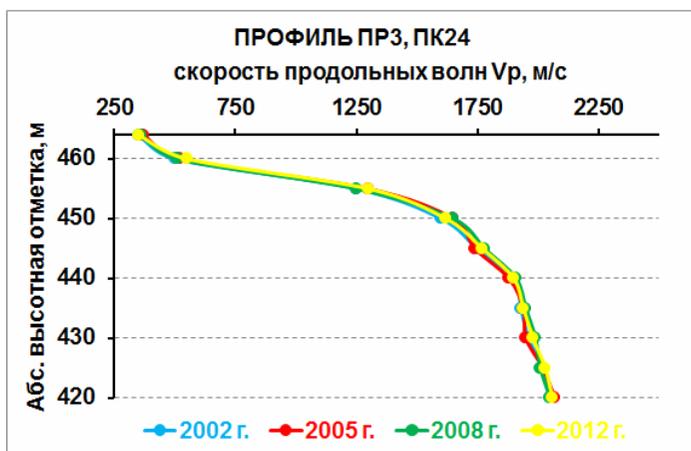


Рис. 2. Изменение скорости продольных волн (V_p) с глубиной на грунтовой плотине Иркутской ГЭС с течением времени

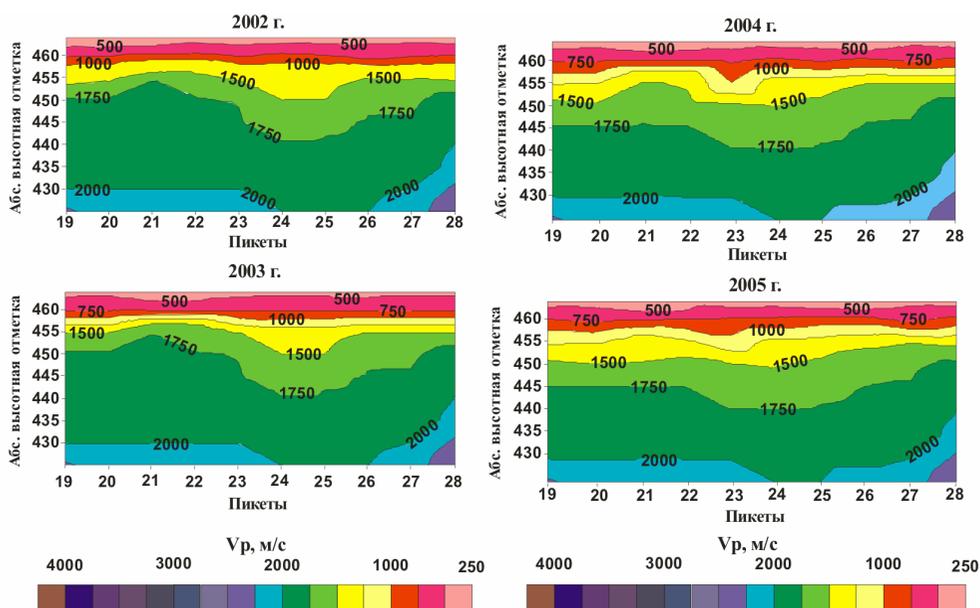


Рис. 3. Результаты режимных измерений скоростей сейсмических волн по профилю ПРЗ (ПК19 – ПК28, 2002–2005 гг.).

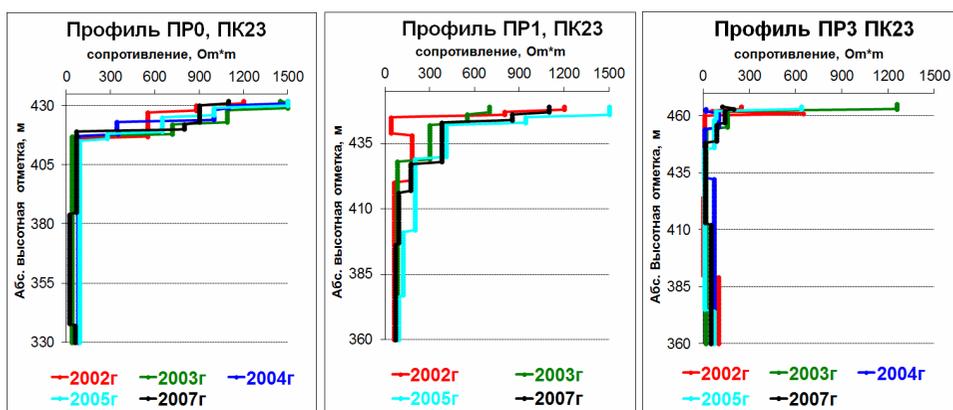


Рис. 4. Динамика УЭС на пикете ПК23 на участках профилей ПР0, ПР1 и ПР3, за период измерений с 2002 по 2007 г.

При этом стоит отметить, что величина кажущегося удельного электрического сопротивления (ρ_k) зависит от температуры грунтов, степени их насыщения водой и минерализации.

Для ПР0 по слою насыпных грунтов измерения 2002, 2003 и 2007 г. хорошо согласуются. В 2004 и 2005 г. относительные изменения существенны на участках ПК 21–23, которые отмечаются повышением ρ_k в этом слое, вплоть до разностей $\Delta V/2$, достигающих 100–180 м.

В данном случае предполагается связь с временным (2004–2005 гг.) изменением минерализации грунтовых вод на этом участке и с возможным

увеличением параметров фильтрации. В то же время на ПК 23–24 значения ρ_k на этих же разносах уменьшились до 50 Ом, что можно объяснить обратным характером изменения указанных характеристик. По ПР4 в водонасыщенном слое различие сопротивлений более существенно, но относительно хорошее согласие в их распределении отмечается в период 2005 и 2007 г.

По профилю ПР3, несмотря на видимую высокую неоднородность разрезов кажущихся сопротивлений по глубине и по простиранию, они достаточно уверенно, даже при визуальном сравнении, повторяются при ежегодных измерениях. Но на отдельных участках выделяются существенные различия, требующие дополнительного изучения. Диапазон изменений ρ_k по повторным измерениям лежит, в основном, в интервале от 20 до 400 Ом*м. Проследить динамику изменения УЭС с глубиной за 5-летний период, как и для скоростей сейсмических волн, можно по ежегодным кривым (см. рис. 4).

Результаты проведенных резистивиметрических исследований в скважинах показывают перспективность таких работ для контроля накопления данных статистических расчетов и прогнозирования процессов устойчивости грунтов плотины. Определенной направленности изменений УЭС во времени не наблюдается.

Постановка режимных измерений методом естественных потенциалов (ЕП) показала, что по ядру плотины (ПР3) замечены отрицательные аномалии, которые проявляются эпизодически и, начиная с пикета ПК22+80, могут превышать 100 мВ. Общий вид графиков практически идентичен. Начиная с ПК25+50, на графиках распределения потенциалов фильтрации могут присутствовать как положительные, так и отрицательные аномалии (рис. 5). Явно или неявно, по абсолютным значениям ЕП, выделяется аномалия на пикетах ПК22 – ПК27, которая может в отмеченных пределах и мигрировать.

Состояние насыпной плотины в первом приближении по геофизическим параметрам оценивается следующим образом. В теле плотины существует дифференцированность грунтов по упругим и электрическим свойствам, обусловленная различиями состава и строения грунтов, их водонасыщенностью и технологическими факторами. Не удалось выявить и проследить четких каналов и путей фильтрации, которые проходили бы через всю плотину, так как не зафиксированы соответствующие геофизические аномалии на параллельных профилях, кроме одного случая по двум профилям на русловом участке.

В суглинистом ядре определены аномалии, связанные с неоднородностями физико-механических свойств, которые оценены по изменениям коэффициента пористости, рассчитанного по геофизическому параметру пористости. О фильтрации можно судить по значениям потенциалов ЕП. Увеличение пористости, а следовательно, водонасыщенности и разуплотненности в суглинистом ядре, может в неблагоприятных условиях привести к образованию линз пльвуна, которые при землетрясении или просто с течением времени под влиянием вибраций и других причин могут являться потенциальными источниками повреждений в плотине.

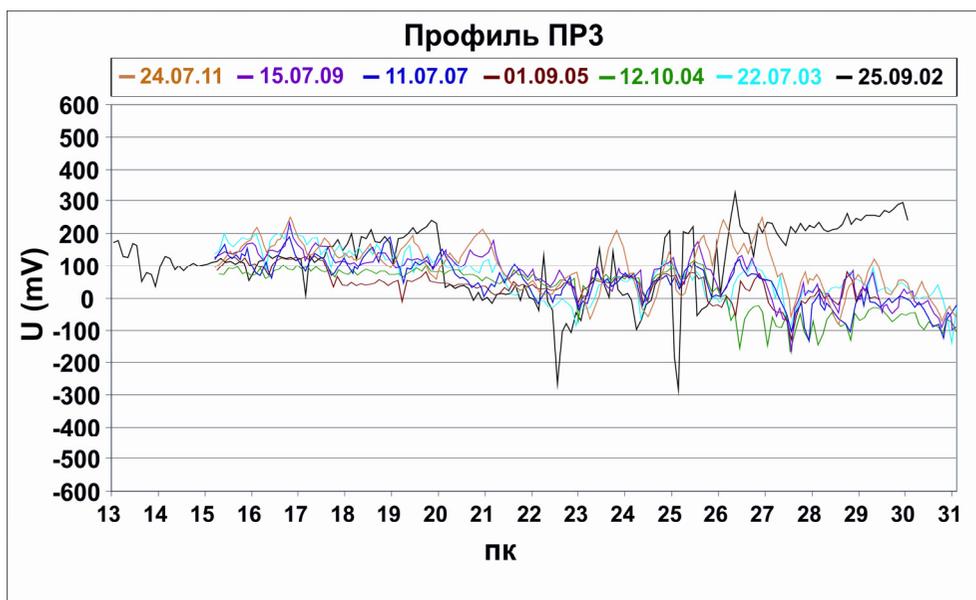


Рис. 5. Динамика изменения естественного поля [ЕП] по профилю ПРЗ (U – разность потенциалов в милливольтгах, ПК – номера пикетов)

Материалы исследований показывают эффективность использования геофизических методов в решении поставленных задач и достоверность полученных результатов. Основные выводы, сделанные по результатам мониторинга, сводятся к следующему:

- в теле земляной плотины под воздействием природных и техногенных факторов постоянно происходят процессы, вызывающие флуктуации фильтрационных параметров, причем определенной направленности этих процессов установить пока не удалось;

- распределение геофизических параметров вдоль оси плотины показывает, что русловая и островная плотины различаются по их значениям, а фильтрационные свойства русловой плотины требуют постоянного контроля;

- выявленные аномалии по данным ЕП показывают их активизацию на участках сопряжений суглинистого ядра с примыкающими элементами плотины, общий характер фильтрационного поля в пределах обследованной части характеризуется наличием многих сосредоточенных потоков, которые видны на графиках потенциалов фильтраций как местные экстремумы;

- надежность выводов о параметрах фильтрации подтверждается их сопоставимостью с результатами работ предшественников и анализом распределения уровней и напоров по данным пьезометрических режимных наблюдений;

- в целом делается вывод о фильтрационной устойчивости обследованных участков плотины. В определенной степени это подтверждается и данными сравнения полученных расчетных скоростей фильтрации с проектными и установленными в опытах Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники (ВНИИГ) им. Б. Е. Веденеева. Использованный для

режимных измерений комплекс геофизических методов позволил получить данные для всестороннего анализа поведения отдельных геофизических параметров в зависимости от конкретных физико-механических свойств и происходящих в плотине процессов во времени. Сравнительный анализ данных режимных геофизических измерений по методам электроразведки (ВЭЗ, ЕП), сейсморазведки и резистивиметрии показывает хорошую сходимость, однако на отдельных участках их отклонения требуют объяснений. Поэтому для более точного оконтуривания ослабленных зон и контроля за состоянием насыпи и ядра плотины во времени необходимо продолжение исследований по геофизическому мониторингу насыпных плотин Иркутской ГЭС.

Таким образом, по результатам режимных измерений за десятилетний инструментальный период установлена относительная стабильность электрических и упругих параметров островной и русловой плотин.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ (гранты № 14-05-00200 А и № 14-05-31359 мол_а).

Список литературы

1. Режимные исследования динамики физических характеристик пород в криолитозоне / В. И. Джурик [и др.] // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии. – 2005. – Вып. 2. – С. 119–128.
2. Джурик В. И. Опыт электроразведочных исследований состояния и поля фильтрации грунтовых плотин / В. И. Джурик, С. П. Серебренников, А. Ю. Ескин // Гидрогеология, инженерная геология, геоэкология. – 2006. – № 5. – С. 1–8.
3. Инженерно-сейсмологические и геофизические исследования при инженерных изысканиях для строительства / отв. ред. Ю. Д. Зыков, С. А. Федоров. – М. : Наука, 1987. – 127 с.
4. Кузнецов В. С. Критерии оценки надежности и безопасности грунтовых плотин // Изв. ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. – 2000. – Вып. 238. – С. 20–24.
5. Ляховицкий Ф. М. Инженерная геофизика / Ф. М. Ляховицкий, В. К. Хмелевской, З. Г. Ященко. – М. : Недра, 1989. – 252 с.
6. Огильви А. А. Основы инженерной геофизики / А. А. Огильви. – М. : Недра, 1990. – 501 с.
7. Распопин Г. А. Фильтрация через грунтовые плотины с ядром / Г. А. Распопин, С. И. Лещенко // Изв. вузов. Строительство. – 2006. – Вып. 8. – С. 47–51.

Dynamics of a Physical Condition of the Weakened Zones of a Bulk Dam of Irkutsk Hydroelectric Power Station During 2002–2012

V. I. Dzhurik, A. Yu. Eskin, S. P. Serebrennikov, E. V. Bryzhak

Abstract. Questions of change of a physical condition of soil dam of Irkutsk hydroelectric power station are considered eventually. Supervision were spent in a current of ten years. At researches the complex of methods has been applied to definition of geophysical parameters of bulk dams with which help the analysis of speeds of seismic waves as longitudinal and cross-section, electric resistance and natural potential in a body of soil dams

was made. By results of works the weakened zones on which in the further works it is given more attention have been allocated. As a whole, the condition of soil dams of Irkutsk hydroelectric power station can be characterized as stable.

Keywords: Irkutsk hydroelectric power station, soil dam, speeds of seismic waves, the specific electric resistance, natural field, geophysical monitoring.

Джурик Василий Ионович
доктор геолого-минералогических наук,
заведующий лабораторией
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел. (3952) 42-75-10

Dzhurik Vasily Ionovich
Doctor of Sciences (Geology and
Mineralogy), Head of the Laboratory
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-75-10

Ескин Александр Юрьевич
кандидат геолого-минералогических наук
научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел.: (3952) 42-58-60

Eskin Alexander Yuryevich
Candidate of Sciences (Geology
and Mineralogy), Research Scientist
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-58-60

Серебренников Сергей Петрович
кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел.: (3952) 42-58-60

Serebrennikov Sergei Petrovich
Candidate of Sciences (Geology and
Mineralogy), Senior Research Scientist
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 425860

Брыжак Евгений Вадимович
аспирант
Институт земной коры СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128
тел.: (3952) 42-58-60

Bryzhak Evgenii Vadimovich
Postgraduate
Institute of the Earth's crust SB RAS
128, Lermontova st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 425860