

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

УДК:622.271.333:626:550:372

Е.В. Костюков, С.М. Простов, С.П. Бахаева

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ДАМБЕ ИЛОНАКОПИТЕЛЯ ОФ ЗАО "ЧЕРНИГОВЕЦ"

Гидротехнические сооружения являются неотъемлемым звеном в технологическом цикле добычи и обогащения полезных ископаемых. Наиболее пристальное внимание при эксплуатации ГТС уделяется водонапорным (водоудерживающим) элементам – дамбам, плотинам, перемычкам.

В тело земляных плотин (дамб) допускается отсыпать практически любые местные грунты, поэтому в практике

строительства таких сооружений на горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях широко используют вскрышные породы или отходы обогащения, зачастую даже без изучения фильтрационных свойств этих грунтов. Это, в свою очередь, предопределяет развитие водопроводящих коллекторов и фильтрационных зон в массиве дамбы. Следует отметить, что возведение дамб из глинистых разновидностей

грунтов, обладающих крайне малым коэффициентом фильтрации, также не гарантирует отсутствия фильтрации через тело сооружения.

В большинстве случаев появление выходов воды на низовом откосе при грамотной организации регулярных наблюдений не приводит к нарушению нормального режима эксплуатации. Наряду с традиционными методами контроля фильтрационного режима тела дамбы (пье-

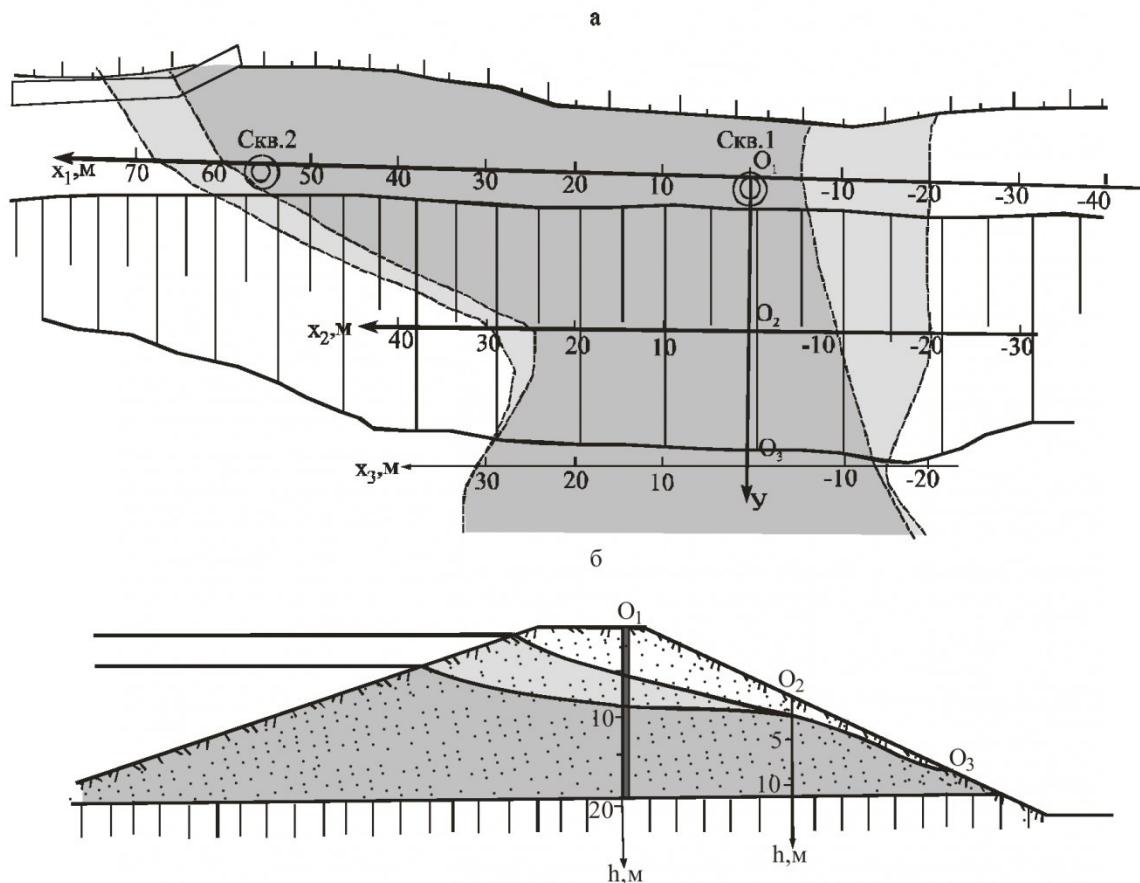


Рис. 1. План дамбы (а) и ее вертикальное сечение по оси Oy (б) с границами обводненных зон, определенных по результатам исследований:

O_1x_1 , O_2x_2 – профили ВЭЗ и ЭП; O_3x_3 – профиль визуальных наблюдений;

Скв. 1 и Скв. 2 – геологические скважины с установленными пьезометрами

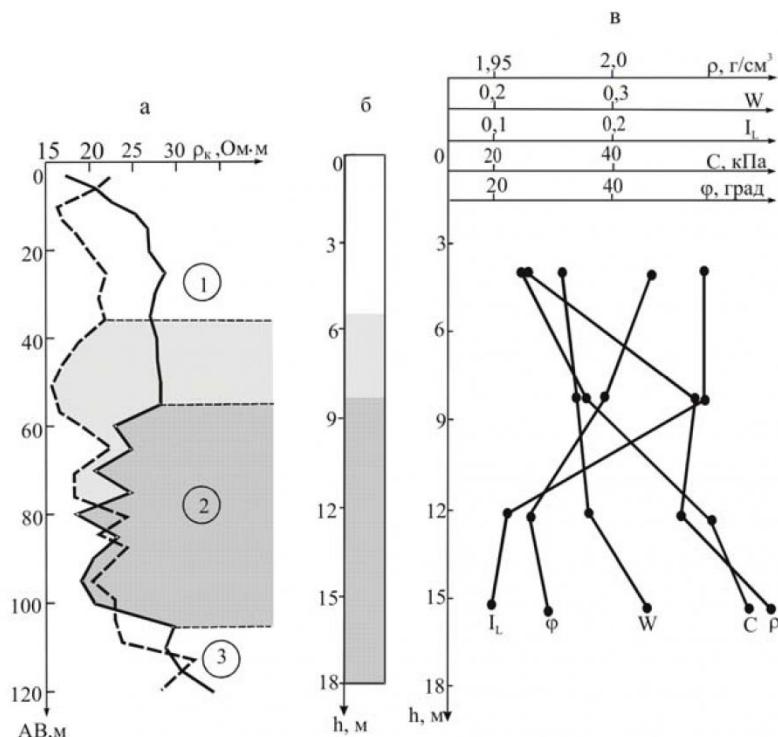


Рис. 2. Результаты ВЭЗ по профилю O_1x_1 на гребне дамбы (а), измерения уровня грунтовых вод по пьезометру (б) и изменение физико-механических параметров грунтов W , I_L , ρ , C и φ по глубине массива h на момент первого замера (в):
1 – сухой насыпной грунт (суглинок); 2 – влагонасыщенный насыпной грунт; 3 – основание (суглинок тяжелый); — — 30.07.03;
— — 17.10.03

зометры, мерные водосливы и т.д.) весьма перспективно применение геоэлектрического мониторинга.

Опытные наблюдения проводились на дамбе илонакопителя обогатительной фабрики ЗАО "Черниговец", имеющей следующие основные параметры: длина – 210 м; максимальная высота (в тальвеге лога) – 17,0 м; ширина по гребню – 10–15 м, в основании – 70–80 м; заложение низового откоса – 1:2.

План и основное вертикальное сечение дамбы показано на рис. 1.

Комплекс экспериментальных исследований включал следующие методы:

- инженерно-геологические изыскания посредством колонкового бурения скважин, отбора монолитов грунта и определения их физико-механических параметров (объемная масса ρ , влажность W , консистенция I_L ,

блудения в пьезометрах, установленных в Скв. 1 (участок дамбы, имеющей максимальную высоту) и Скв. 2;

- геоэлектрический мониторинг состояния тела дамбы, включающий вертикальное электрическое зондирование (ВЭЗ) с центрами установок в точках O_1 и O_2 , соответственно, на гребне и низовом откосе, электропрофилирование (ЭП) по профилям O_1x_1 и O_2x_2 с фиксированными разносами, соответствующими расположению верней границы зоны влагонасыщения;

- визуальные наблюдения границ зоны высачивания по профилю O_3x_3 .

Комплексные наблюдения проводились на протяжении более 2,5 месяцев, причем за этот период времени уровень заполнения илонакопителя был увеличен на 5 м.

На рис. 2 представлены графики ВЭЗ, динамика показаний пьезометра №1 и изменение основных физико-механических параметров массива насыпных грунтов по данным лабораторных исследований проб.

Результаты ВЭЗ (рис. 2а) показывают, что в соответствии с ранее обоснованной моделью, изложенной в статье [1], исследо-

вание сцепление C , угол внутреннего трения φ (изыскания проведены силами ЗАО "Спецфундаментстрой");

- гидрогеологические на-

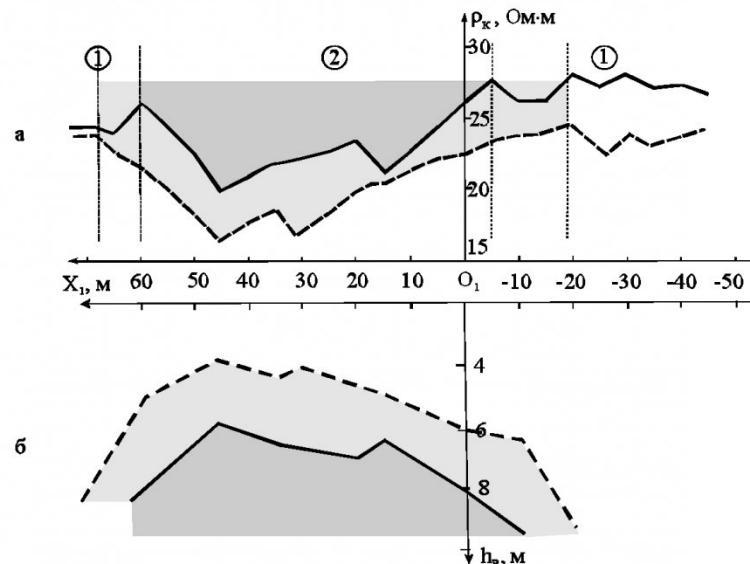


Рис. 3. Результаты ЭП ($AB = 60$ м) по профилю O_1x_1 (а), изменение глубины расположения верхней границы обводненной зоны h_B (б):
1 – сухой насыпной грунт; 2 – влагонасыщенный грунт; — — 30.07.03; — — 17.10.03

даемый насыпной массив представляет собой 2-слойную среду, в которой четко выделяется слой 1 сухих грунтов и влагонасыщенный слой 2, при этом соотношение удельных электросопротивлений (УЭС) $\rho_1 > \rho_2$. При разносах $AB > 100$ м заметным становится влияние слоя 3 малопористых грунтов основания дамбы. При дополнительном заполнении илонакопителя произошло повышение уровня грунтовых вод в пьезометре (рис. 2б) и подъем более чем на 2 м верхней границы зоны слоя 2. В аномальном по электрическим свойствам слое 2 изменение эффективного УЭС ρ_k достигало $\Delta\rho_k = 9$ Ом·м (до 30 % от среднего уровня). Сопоставление результатов ВЭЗ и наблюдений по пьезометрам позволили установить соотношение между глубиной зондирования и разносом AB : $h = 0,15 AB$.

Анализ изменения физико-механических свойств по глубине h техногенного массива показывает (рис. 2в), что определяющим является действие двух основных факторов: уплотнения пород под действием статического давления объем-

ных гравитационных сил и влагонасыщения пород за счет фильтрации воды через тело дамбы. Первый фактор является причиной увеличения объемной массы пород ρ и сцепления C пропорционально глубине h , а также снижения консистенции I_L более чем в 5 раз. Второй фактор определяет увеличение влажности W и снижение угла внутреннего трения φ на 50 %. Влагонасыщение грунтов не приводит к заметному снижению их прочностных свойств, поэтому расчет устойчивости подобного рода дамб следует вести с сохранением механических характеристик грунтов, но с учетом изменившейся гидрогеологической ситуации, в соответствии с методикой [2].

Измерения методом ЭП по профилю O_1x_1 проводили при разносе $AB = 60$ м, соответствующем расположению верхней границы обводненной зоны. Результаты ЭП по гребню дамбы позволили проследить динамику развития гидродинамических процессов в данном продольном сечении и прогнозировать в соответствии с расчетными зависимостями, обоснован-

ными в статье [1], изменение глубины h_B расположения верхней границы влагонасыщенной зоны от плоскости гребня (рис. 3).

Из графиков на рис. 3 следует, что обводненная зона в районе профиля O_1x_1 соответствует отрицательной аномалии УЭС на интервале $x_1 = -5 - +60$ м. На момент второго замера (октябрь 2003 г.) зафиксировано снижение общего уровня УЭС и увеличение ширины обводненной зоны в плане в границах: $x_1 = -20 - +70$ м.

Таким образом, зона водонасыщения грунтов в теле дамбы характеризуется шириной Δx_1 , которая увеличилась за период наблюдений с 65 до 84 м, при этом произошел подъем депрессионной кривой к поверхности гребня в среднем на величину $\Delta h_B = 2$ м. В границах выявленной зоны прослеживаются два основных коллектора, приуроченные к минимальным значениям графиков $\rho_k(x)$ на отметках $x_1 = 15$ и 45 м в средней части дамбы, т.е. смещение оси участка с наибольшей интенсивной фильтрацией от тальвега лога составляет 37,5 м

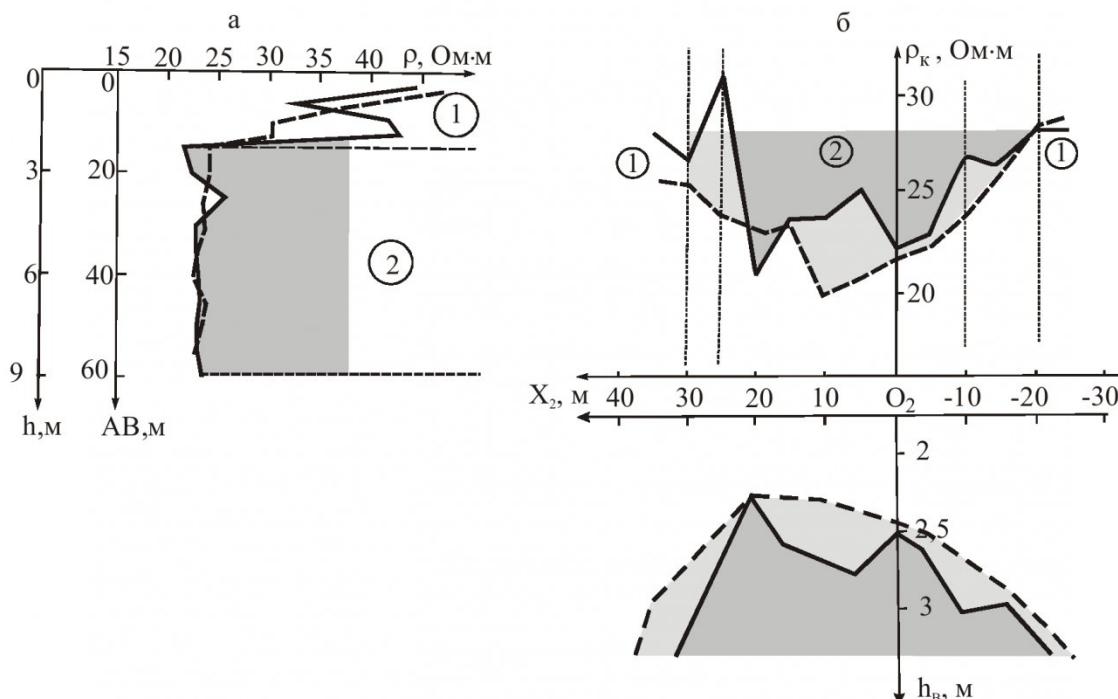


Рис. 4. Результаты ВЭЗ по профилю O_2x_2 на откосе дамбы (а), ЭП ($AB = 15$ м) и изменение глубины h_B (б)

(рис. 3, б).

Результаты ВЭЗ по профилю O_2x_2 , намеченному по средней части низового откоса дамбы (рис. 4, а), показали, что граница зоны аномально низких значений УЭС ($\rho_k = 22,5\text{--}24 \Omega\cdot\text{м}$) установилась на глубине $h = 2,7 \text{ м}$ ($AB = 15 \text{ м}$) и при последующей серии замеров практически не перемещалась.

Анализ графиков $\rho_k(x_2)$ и результатов их обработки $h_B(x_2)$ (рис. 4, б) показывает, что обводненная зона в данном продольном сечении тела дамбы соответствует отрицательной аномалии УЭС на интервале $x_2 = -10 - 25 \text{ м}$ в первой серии измерений и $x_2 = -20 - 30 \text{ м}$ во второй. Полученные результаты подтверждают выявленные тенденции к слиянию локальных коллекторов в общий и смещению линии максимального напора подземных вод относительно пьезометрического створа на величину $\Delta x_2 = 10\text{--}20 \text{ м}$.

Совмещение результатов гидрогеологических и геоэлектрических исследований методом ЭП на плане (рис. 1, а) и методом ВЭЗ на вертикальном сечении (рис. 1, б) позволили получить объемную картину фильтрации через тело ограждающей дамбы. Форма и направленность выявленной водопроводящей зоны характерны для дамб балочного типа, поскольку основная фильтрация в низовой части откоса происходит в русле естественного рельефа по тальвегу лога. Уровень обводнения и площадь зоны водонасыщения техногенного массива дамбы увеличиваются пропорционально степени заполнения емкости илонакопителя.

Депрессионная кривая наиболее сильно подвержена колебаниям в верховой части дамбы (со стороны верхнего бьефа), в меньшей степени в ее средней части и на участке приближения фильтрационного потока к ни-

зовому откосу.

Поскольку визуальные наблюдения и расчет устойчивости дамбы показали на отсутствие существенных признаков нарушения ее технологического состояния, выявленные закономерности гидродинамических процессов характеризуют плановый режим эксплуатации дамб подобного типа.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что геоэлектрический мониторинг в техногенных массивах ГТС в комплексе с инженерно-геологическими изысканиями и пьезометрическими наблюдениями является эффективным методом оперативного и детального прогноза гидродинамических процессов и геомеханического состояния дамб.

Работа выполнена при поддержке гранта Минобразования России А 03-2.13-12.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Простов С.М. Электрофизические свойства грунтовых массивов гидротехнических сооружений/ С.М. Простов, Е.В. Костюков, М.В. Гуцал// **Статья в данном сборнике.**
2. Костюков Е.В. Прогноз устойчивости ограждающих дамб гидротехнических сооружений Кузбасса на основе геоэлектрического контроля их состояния // Е.В. Костюков, С.М. Простов, С.П. Бахаева / Вестн. КузГТУ. – 2004. – №2.

□ Авторы статьи:

Костюков

Евгений Владимирович
– аспирант каф. теоретической
и геотехнической механики

Простов

Сергей Михайлович
– докт. техн. наук,
проф.каф.теоретической
и геотехнической механики

Бахаева

Светлана Петровна
– канд. техн. наук, зам. ди-
ректора НФ "КУЗБАСС-НИИОГР"