

**д.т.н. Должиков П.Н.,
к.т.н. Пронский Д.В.,
Рыжикова О.А.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)**

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВОЙ ДАМБЫ МЕТОДОМ НАПОРНЫХ ИНЬЕКЦИЙ

Наведені результати проведення комплексу робіт по установці протиофільтраційних завіс у тілі дамби. Обґрунтовані ефективні параметри ін'єктування розчинів в розущільнені ґрунти.

Ключові слова: дамба, тіло дамби, геофізичні дослідження, зони розущільнення, свердловина, розчин.

Приведены результаты проведения комплекса работ по установке противофильтрационных завес в теле дамбы. Обоснованы эффективные параметры инъектирования растворов в разуплотненные грунты.

Ключевые слова: дамба, тело дамбы, геофизические исследования, зоны разуплотнения, скважина, раствор.

Сооружение и длительная эксплуатация водохранилищ, отстойников и накопителей сопряжено с изменением естественного водного режима и баланса территории застройки. Эта природная дисгармония, вызванная техногенным вмешательством, зачастую приводит к активизации таких опасных геологических процессов как карстообразование, суффозия, сдвижение слоев пород, заболачивание или засоление грунтов. При этом, как показывает практика, отсутствие своевременного вмешательства с целью стабилизации или ликвидации этих процессов, приводит к тяжелым и масштабным экологическим и инженерно-техническим проблемам [1, 2].

Основной причиной отмеченных выше процессов является водоперенос в породах. Таким образом, устранивая или перераспределяя фильтрационные потоки в грунтах, можно обеспечить устойчивость и долговечность гидротехнических объектов.

В практике шахтного и подземного строительства для ликвидации водопритоков большое распространение получили инъекционные методы воздействия на массив, которые достаточно эффективно могут применяться для укрепления, ремонта или восстановления грунтовых элементов гидротехнических сооружений [3, 4].

Вышеобозначенная проблема возникла на водохранилище №1 Никитского ботанического сада, где были активизированы оползневые процессы. Ниже описаны использованные методы оперативного мониторинга по гребню дамбы и инъекционные мероприятия, позволившие надежно и эффективно ликвидировать гидроактивированные зоны в грунтах.

Цель работы – обоснование эффективных технологических параметров укрепления грутовой дамбы методом инъекций вязкопластичных растворов.

Водохранилище № 1 расположено на горных склонах с абсолютной отметкой 340-360 м и является гидротехническим сооружением с искусственной дамбой. Тело дамбы сложено насыпными грунтами средней мощностью 5-10 м, преимущественно суглинками щебенистыми с включениями известняков мощностью 3-8 м. Основанием дамбы являются аргиллиты с прослойями песчаников, слабовыветрелые. Геологический разрез водохранилища представлен на рисунке 1.

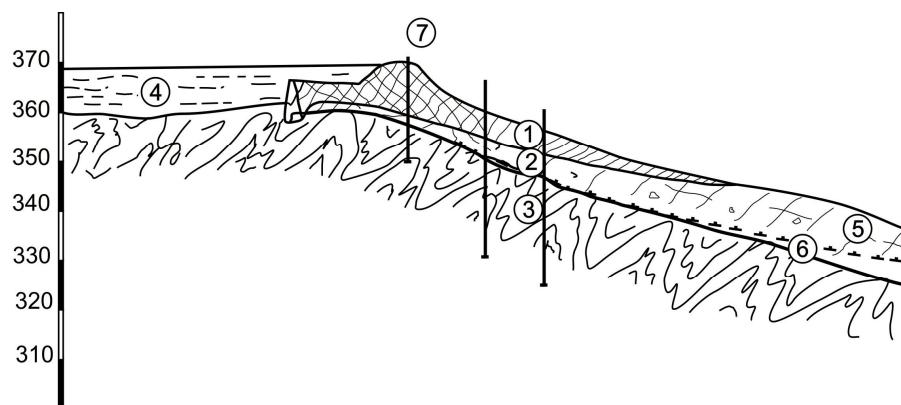


Рисунок 1 – Геологический разрез водохранилища № 1:
 1 – насыпной грунт, 2 – суглинки щебенистые с глыбами известняков,
 3 – аргиллиты с прослойями песчаников слабовыветрелые, 4 – вода
 (водохранилище), 5 – уровень грунтовых вод, 6 – предполагаемые
 поверхности оползневого смещения, 7 – тампонажные скважины

Гидрогеологические условия исследуемого участка определяются геоморфологическими особенностями горного склона, на котором сооружено водохранилище. А так как формирование и питание подземных вод осуществляется за счет выпадения атмосферных осадков, то балки, овраги и более пологие отрицательные морфологические элементы горного склона выполняют роль водоподводящих путей к участку функционирования водохранилища. Поэтому, в результате замачивания тела дамбы и суффозионных процессов в них образовались локальные зоны

разуплотнения, что привело к изменению физико-технического состояния грунтов дамбы. В результате чего появились подвижки дамбы в определенных зонах с активизацией оползневых процессов.

Мониторинг тела и основания дамбы предусматривал магнитодинамическую интроскопию [5, 6] и электрический каротаж [7]. Для удобства съемок периметр дамбы водохранилища был разбит на три профиля (ПР0, ПР1 и ПР2), каждый из которых разделен на пикеты (ПК).

Способ магнитодинамической интроскопии предусматривает исследование естественного магнитного поля Земли по профилю с применением квантового магнитометра ММ-60 с целью измерения полного вектора геомагнитной индукции в каждой точке профиля: на высоте 0,3-0,5 м (T_1) и на высоте 1,5-1,8 м (T_2) от поверхности Земли. При этом информативным параметром является разность двух показаний $\Delta T = T_1 - T_2$. При построении графика ΔT по профилю исследуемого участка, отрицательным значениям соответствуют зоны разуплотнения грунтов с наличием обводнения или без него.

При проведении геофизических исследований методом магнитодинамики с шагом 2 м по профилю ПР0 были обнаружены 3 участка с высокой интенсивностью разуплотнения и обводнения (рисунок 2): в районе ПК0-ПК40, ПК64-ПК130, ПК140-ПК168. Подтверждение этих результатов было получено методом ВЭЗ: ПК55-ПК85, ПК110-ПК125, ПК170-ПК180.

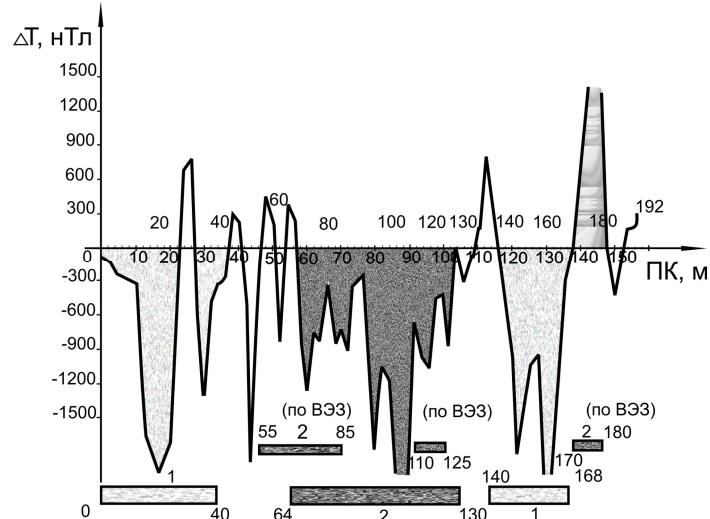


Рисунок 2 – Изменение полного вектора геомагнитной индукции по ПР0:
1 – разуплотненные грунты, 2 – ослабленные обводненные грунты и породы основания

Как показал магнитодинамический мониторинг профиля ПР2 (рисунок 3), под воздействием геодинамических подвижек пород по ширине

горных ручьев происходит разуплотнение грунтов дамбы по участкам: в районе ПК7-ПК15, ПК50, ПК65-ПК90, ПК132-ПК160, ПК170-ПК195.

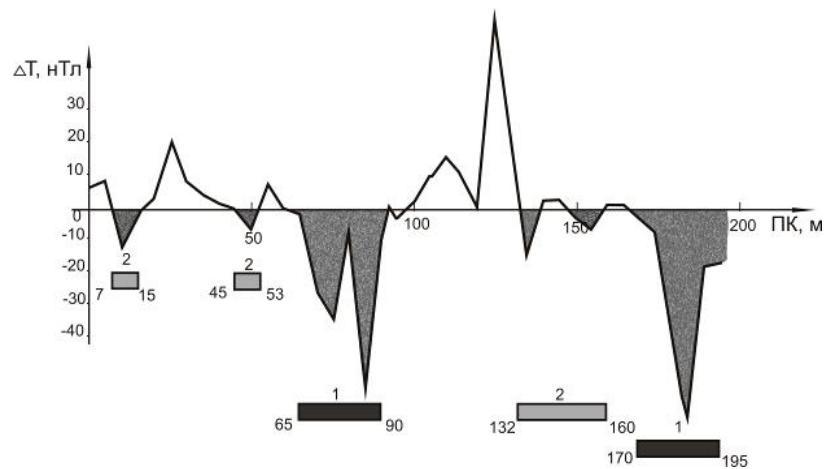


Рисунок 3 – Изменение полного вектора геомагнитной индукции по ПР2 с регистрацией горных ручьев в массиве горных пород различного напряженного состояния: 1 – высокой напряженности,
2 – средней напряженности

По результатам исследований была построена карта инженерно-геодинамической зональности (рисунок 4). При этом, геодинамические зоны высокой активности могут пересекаться со средне- и низкоактивными зонами, где отмечалась более высокая обводненность пород.

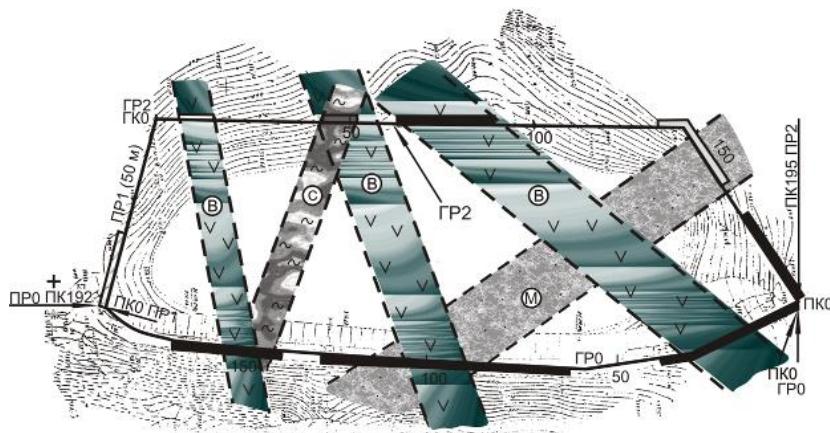


Рисунок 4 – Карта инженерно-геодинамической зональности грунтов водохранилища: 1 – горные ручьи: В – высокой интенсивности, С – средней интенсивности, М – низкой интенсивности; 2 – геодинамические зоны: – высокой активности, – средней активности, – низкой активности

Анализ геодинамических зон в теле и основании дамбы позволил сделать вывод о необходимости постановки противофильтрационной завесы (ПФЗ) методом напорных инъекций. С этой целью производилось проектирование тампонажных работ и расчет основных технологических параметров [3]:

- определение состава и свойств тампонажных растворов;
- радиуса распространения раствора из отдельной скважины (3 м);
- расстояния между скважинами (5 м);
- толщина завесы в теле дамбы (5 м);
- давления нагнетания раствора;
- объемов нагнетания раствора в одну скважину;
- общего объема тампонажного раствора;
- расхода материалов.

С целью постановки ПФЗ по гребню дамбы пробурили серию скважин для нагнетания в них тампонажного раствора. В качестве тампонажного материала использовался цементно-силикатный и глиноцементный растворы, состав и свойства которых приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Состав и свойства цементно-силикатного раствора

Состав раствора	Плотность, кг/м	Динамич. напряж. сдвига, МПа	Структурная вязкость, МПа·с	Прочность, МПа	
				2 сут	7 сут
Цемент М-400 – 750 кг					
Силикат натрия – 37 кг	1560	28,5	30,6	2,6	8,4
Вода – 750 л					

Таблица 2 – Состав и свойства глиноцементного раствора

Состав тампонажного раствора на 1 м ³	Плотность, кг/м	Статич. напряж. сдвига, Па	Динамич. напряж. сдвига, Па	Пластич. прочность через 10 суток, МПа
Глино-порошок – 50 кг				
Цемент М400–100 кг	1120	200	70	0,25
Силикат натрия М=2,8 – 10 кг				

Результаты расчетов давления нагнетания приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Рабочее давление при нагнетании раствора

Интервал, м	ρ , кг/м	h , м	λ	l , м	P_T , МПа	P_G , МПа	P_K , МПа	ΔP , МПа
5-7	1560	7,0	0,009	50	0,45	0,14	0,06	0,5
7-15	1200	15	0,009	50	0,45	0,18	0,15	0,5
15-21	1200	21	0,009	50	0,45	0,25	0,2	0,5

Для цементно-силикатного раствора давление нагнетания равно 0,87 МПа, для глиноцементного – 0,92 МПа.

Технологией постановки ПФЗ предусмотрена закачка в скважины заходками «сверху-вниз» по 2 м через инструмент цементно-силикатного с интервалом 5-7 м и глиноцементного растворов с интервалами 7-12; 15; 17; 21 м). Глубина скважин обусловлена мощностью пород, составляющих литологический разрез по дамбе, и составляет 12 м, 15 м, 17 м и 21 м. Этим самым предусмотрена инъекция в трех литологических слоях.

Расчетные объемы тампонажного раствора для формирования противофильтрационной завесы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Объемы тампонажного раствора для формирования ПФЗ

№ п/п	Интервал, м	Объем на 1 скважину, м ³	Кол. скважин, шт.	Объем тампонажа, м ³	
				цем.-силик.	глиноцем.
участок № 1					
1	5-7	2	24	48	-
2	7-9	3	24	-	72
3	9-11	2	24	-	48
4	11-13	2	24	-	48
5	13-15	2	24	-	48
участок № 2					
6	5-7	2	52	104	-
7	7-9	2	52	-	104
8	9-11	3	52	-	156
9	11-13	2	52	-	104
10	13-15	2	52	-	104
11	15-17	2	52	-	104
участок № 3					
12	5-7	2	28	56	-
13	7-9	3	28	-	56
14	9-12	2	28	-	56

Таким образом, в скважины необходимо пронагнетать 208 м³ цементно-силикатного и 900 м³ глиноцементного раствора.

Тампонаж дамбы был проведен на трех участках, показанных на рисунке 5.

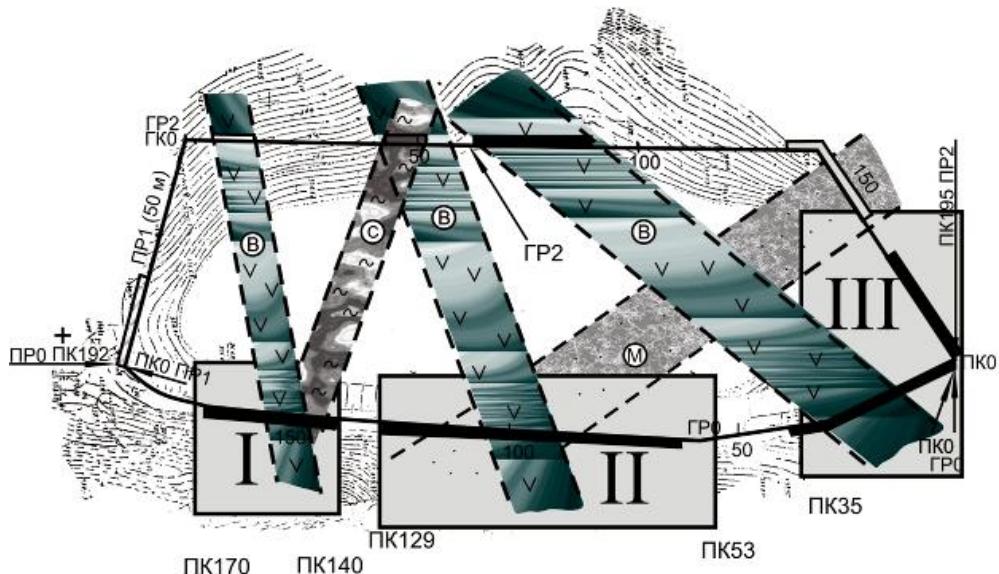


Рисунок 5 – Участки проведения тампонажных работ на водохранилище

На I-ом участке производилось инъецирование с ПК 170 по ПК 140. Максимальная глубина тампонажа – 18 м, средняя – 14 м.

На II-ом участке производилось инъецирование с ПК129 по ПК53. Максимальная глубина тампонажа – 21 м, средняя – 17 м.

На III участке производилось инъецирование с ПК 35 по ПК 0. Максимальная глубина тампонажа – 13 м, средняя – 11 м.

Выводы:

1. Магнитодинамическая интроскопия и электрический каротаж позволяют оперативно и с достаточной точностью выявлять и параметризовать зоны гидрогеодинамической активности.

2. Установлено, что нарушение целостности грунтов водохранилища обусловлено геодинамической активностью горных ручьев.

3. Обоснованные технологические параметры тампонажа вязко-пластичными растворами позволили надежно устраниТЬ фильтрационные процессы в грунтах водохранилища.

4. В результате постановки противофильтрационной завесы в теле и основании дамбы было предупреждено развитие оползневого процесса и достигнуто упрочнение тела дамбы.

Библиографический список

1. Чураков А.И. *Производство специальных работ в гидротехническом строительстве / А.И. Чураков.* – М.: Стройиздат, 1976. – 256 с.
2. Плотников Н.И. *Техногенные изменения гидрогеологических условий.* – М.: Недра, 1989. – 267 с.
3. Комплексный метод тампонажа при строительстве шахт: учеб. пособие 2-е изд., перераб. и доп. / Э.Я Кипко, П.Н. Должиков, Н.А Дудля [и др.]; Национал. горн. ун-т. – Днепропетровск: НГУ, 2004. – 367с.
4. Максимов А.П. *Тампонаж горных пород./ Максимов А.П., Евтушенко В.В.* – М.: Недра, 1978. – 180 с.
5. А.с. 1073727 СССР, МКИ³ G 01 V 3/8. *Способ обнаружения неоднородностей и приповерхностном слое Земли / Е.Г. Соболев, В.С. Ямицков, С.М. Ильенко (СССР).* – № 349473/10-25; заявлено 28.09.82; опубл. 15.02.84, Бюл. № 6. – 3 с.
6. А.с. 1105844 СССР, МКИ³ G 01 V 3/8. *Магнитодинамический способ обнаружения и исследования подземных водотоков / Е.Г. Соболев, В.П. Новиков, Е.А. Мартынов [и др.].* – N 3614851/18-25 (104361); заявлено 08.07.83; опубл. 03.07.84, Бюл. № 28. – 4с.: ил.
7. Якубовский Ю.В. *Электроразведка.* – М.: Недра, 1988. – 395 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Литвинским Г.Г.