

УДК 627.81:627.8.03(047.31)

UDC 627.81:627.8.03(047.31)

ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЛОТИНЫ ВОДОХРАНИЛИЩА «РОСТОВСКОЕ МОРЕ» С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ЕЕ БЕЗОПАСНОСТИ

INSPECTION OF THE TECHNICAL CONDITIONS OF THE “ROSTOV SEA” RESERVOIR DAM TO ASSESS ITS SAFETY

Ищенко Александр Васильевич
д.т.н., профессор

Ishtchenko Alexander Vassilievich
Dr.Sci.Tech., professor

Вишневецкий Виктор Валериевич
старший преподаватель
Новочеркасская государственная мелиоративная академия, Новочеркасск, Россия

Vishnevsky Victor Vassilievich
senior lecturer
Novocherkassk State Land Reclamation Academy, Novocherkassk, Russia

Выполнен расчёт риска разрушения плотины вследствие фильтрационных процессов, разработан алгоритм расчета риска разрушения однородной грунтовой плотины вследствие фильтрационных процессов и даны рекомендации по улучшению технического состояния плотины

Calculation of the dam destruction risk due to filtration processes is made. Calculation algorithm of the destruction risk of a uniform ground dam is worked out. Recommendations on the improvement of the dam technical conditions are given

Ключевые слова: ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ПЛОТИНЫ, РАСЧЕТ РИСКА РАЗРУШЕНИЯ, ФИЛЬТРАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПЛОТИНЫ, НАТУРНЫЕ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПЛОТИНЫ

Keywords: DAM INFILTRATION DEFORMATIONS, DESTRUCTION RISK CALCULATION, DAM INFILTRATION SAFETY, ON-SITE DAM INSPECTION

Водоохранилище «Ростовское море», которое явилось объектом исследований, относится к IV классу капитальности сооружений. Минсельхозом России водохранилище включено в перечень водохозяйственных объектов подлежащих декларированию безопасности сооружений ГТС. В соответствии с декларацией безопасности гидроузла, в обязательном порядке, должен быть рассмотрен основной фактор обеспечения готовности при его эксплуатации - выполнение условий по локализации и ликвидации опасных повреждений при аварийных ситуациях и недопущения разрушения гидроузла. В связи с этим необходимо было провести контроль технического состояния земляной плотины, расчёт устойчивости гидроузла и выполнить расчёты фильтрационных потерь через плотину, основание и в обход её.

Сотрудниками кафедры гидравлики и инженерной гидрологии было обследовано состояние противофильтрационной облицовки плотины: по левому и правому берегу водохранилища; в местах непосредственного

примыкания гребня плотины к берегам и состояние плит облицовки по центральной части верхового откоса (рис.1). Тип крепления верхового откоса: монолитные железобетонные плиты размером 1x10,0 м, толщиной 20 см по слою щебня $t = 5$ см и среднезернистому песку $t = 5$ см. Крепление низового откоса обеспечено за счет посева трав по слою растительного грунта $t = 30$ см. Обследование левого берега водохранилища показало, что дамба, отсыпанная поверх коллектора проложенного по дну водохранилища, качественно облицована плитами. При обследовании дамбы коллектора по правому берегу водохранилища - обнаружено на плитах местами прорастание деформационных швов травой и кустарником.

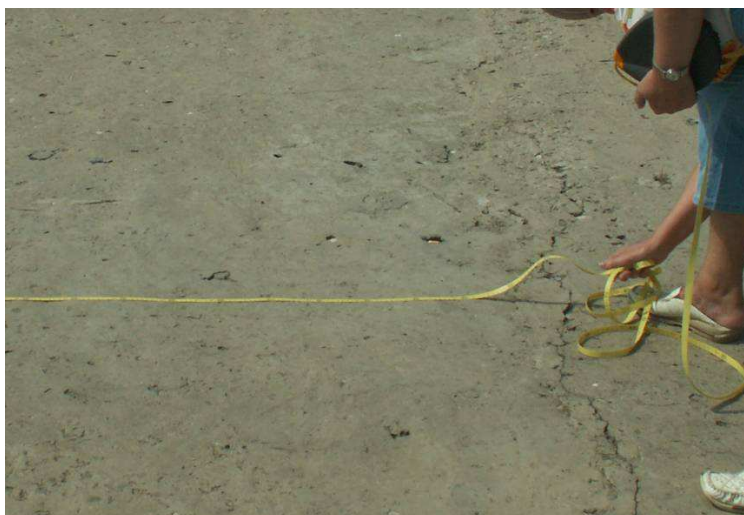


Рисунок 1 – Плита № 15 некачественная, половина плиты разрушена, зафиксировано обнажение арматуры, установлены трещины в среднем длиной до 3 метров, много точечных разрушений, выбоин, растрескиваний.

Левобережное примыкание гребня плотины к берегу выполнено из монолитного бетона и характеризуется местом сгона мусора, обмелением, образованием болота, гнилостными процессами, гниением наносов, водорослей, плавающим хламом и сопровождается неприятными запахами. В районе левобережного примыкания имеется углубление для забора воды - отрытый котлован глубокий до 3 м, предназначенный для сброса воды.

Котлован не облицован, пленка по дну не уложена. Осмотр низового откоса в районе левобережного примыкания показал, что явных признаков фильтрационных протечек не обнаружено. Обследовав верховой откос, была составлена схема плит с указанием их номеров и описанием технического состояния каждой плиты.

Были также обследованы места примыкания левого и правого берегов к гребню плотины, выявлены качественные и некачественные участки крепления плит плотины, см. например (рис.2), определено состояние облицовки в районе сифонного водосброса и отводящего канала, описано состояния плотины в местах съездов к дачным участкам, и т.д.

Установлено, что основание сифонного водосброса разрушено и при подъеме уровня воды до отметки НПУ вокруг сифонного водосброса будет происходить сильная фильтрация, что может вызвать сильные деформации в теле плотины. Монтаж плит облицовки вокруг водосброса выполнен некачественно, имеются разрушения, просадки, обнаружено обнажение арматуры.

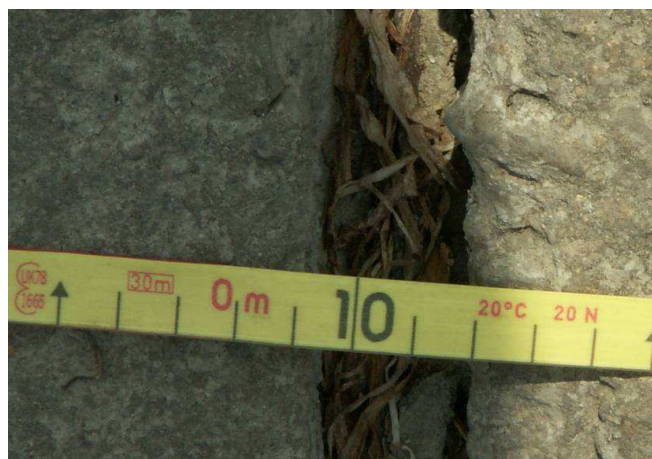


Рисунок 2 – Плита 19 установлено раскрытие деформационного шва более 2 см, однако сама плита сравнительно качественная, с горизонтальными и вертикальными трещинами 4-5мм и длиной 2-3м

По правому борту плотины образовалось болото (аналогично и по левому борту плотины), просадки (смещение) верхней плиты под нижнюю

плиту на 5см. Проведенные исследования на прочностные качества бетонной облицовки верхового откоса водохранилища при помощи неразрушающего метода ИПС-МГ-4 показали: на ровных участках прочностные характеристики бетонной облицовки одинаковы, а на не ровных участках бетонной поверхности крепления верхового откоса водохранилища разброс полученных значений очень большой от 8 до 80 МПа (табл. 1). В целом можно принять, что среднее значение прочности на плите $R = 28$ мПа. Анализ полученных значений по прибору ИПГ-МГ-4 указывает на большой разброс значений, сильно отличающихся средних, так как точки измерений находились в различных местах облицовки, качественно отличающихся друг от друга. Прочностные характеристики меняются по высоте откоса плотины и отмечено, что качество бетона зависит от условий нахождения плиты на откосе (в сухом состоянии или во влажном) и заметно снижается к урезу воды.

Таблица 1 – Определение прочности бетонной облицовки (мПа) верхового откоса плотины неразрушающим методом ИПС-МГ-4, инв. № 1803

Место положения плиты	Наименование показателей			
	Опыт 1		Опыт 2	
Верхняя часть плиты	81,0		79,0	
	57,0	57,3	16,0	54.96
	34,0		69,9	
Средняя часть плиты	49,9		30,0	
	52,0	49,53	53,0	39.33
	46,7		35,0	
Нижняя часть плиты	25,3		19,0	
	19,5	24,6	24,0	53.66
	29,0		38,0	

Обследован также низовой откос плотины и отводящий канал в зоне низового откоса плотины. Наиболее вероятным сценарием аварии грунтовой плотины регулирующего водохранилища «Ростовское море» является разрушение плотины вследствие фильтрационных деформаций в теле и основании. Кроме того, в ложе водохранилища вероятно имеются не экранированные участки или значительные повреждения в пленочном экране общей площадью до 3700 м². При этом, на верховом откосе плотины пленочный экран, по-видимому, уложен не по всей высоте, а только в нижней части тела плотины. В теле плотины и, особенно, в основании возможна суффозия (механическая и химическая) с выносом частиц грунта в нижний бьеф, превышение фильтрационных расходов в теле и основании от расчетных значений, повышение кривой депрессии в теле плотины выше расчетной.

В работе представлена общая схема оценки фильтрационной безопасности и алгоритм расчета риска разрушения однородной грунтовой плотины вследствие фильтрационных процессов.

Для определения риска разрушения плотины водохранилища «Ростовское море» в соответствии с расчетными формулами определены: градиенты напора, риск разрушения тела и основания плотины. Выполнен расчёт риска [1,2,3,4] разрушения плотины вследствие фильтрационных процессов. Исходные данные к расчету: слой воды в верхнем бьефе плотины $H_1=12$ м, в нижнем бьефе вода отсутствует $H_2=0$, заложение верхового откоса $m_1=3,25$; и низового $m_2=2,5$; $d=2,0$ м; ширина плотины по гребню плотины $b_{гр}=10,0$ м; мощность первого слоя грунта основания $T_1=6$ м; второго слоя $T_2=4$ м; коэффициенты фильтрации $k_T=0,3$ м/сут. (грунт тела - суглинок), $k_{O1}=0,6$ м/сут, (грунт основания - суглинок); $k_{O2}=188$ м/сут (грунт слоя - известняк); градиенты напора – тела плотины $J_{кр.т}=1,0$; основания $J_{кр.о}=0,8$; градиент напора низового откоса на выходе $J_{вых.кр}=0,8$; $\gamma_n=5 \cdot 10^{-3}$; $q=5,76$ м²/сут. (по данным наблюдений). На рисунке 3

представлена общая схема оценки фильтрационной безопасности грунтовых плотин.

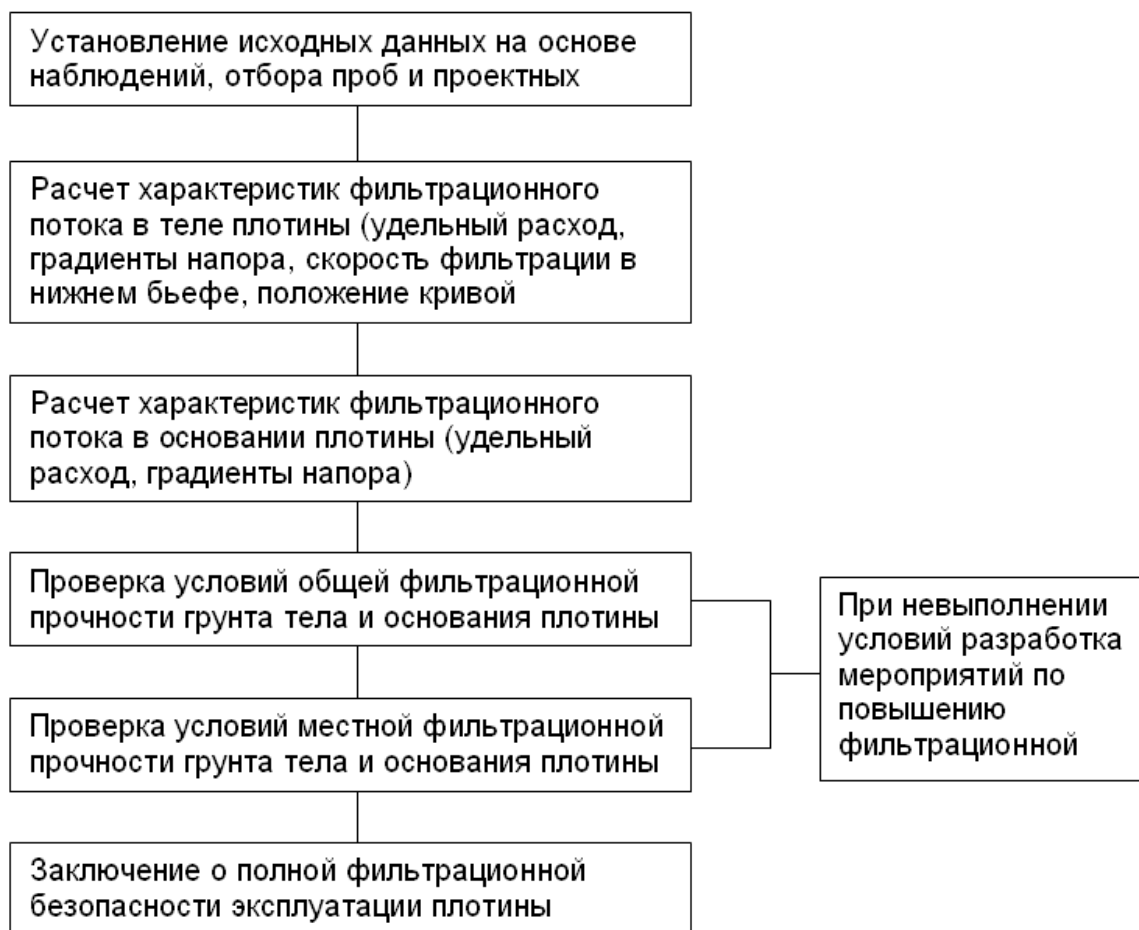


Рисунок 3 – Общая схема оценки фильтрационной безопасности грунтовых плотин

Проведенные расчеты показали, что максимальный риск разрушения плотины от фильтрационных процессов по средним градиентам составляет $\lambda_3=1,02 \cdot 10^{-3}$ 1/год и не превышает допускаемый для сооружения IV класса капитальности $\lambda_{норм}=5 \cdot 10^{-3}$ 1/год. На рисунке 4 представлен алгоритм расчета риска разрушения однородной грунтовой плотины вследствие фильтрационных процессов.

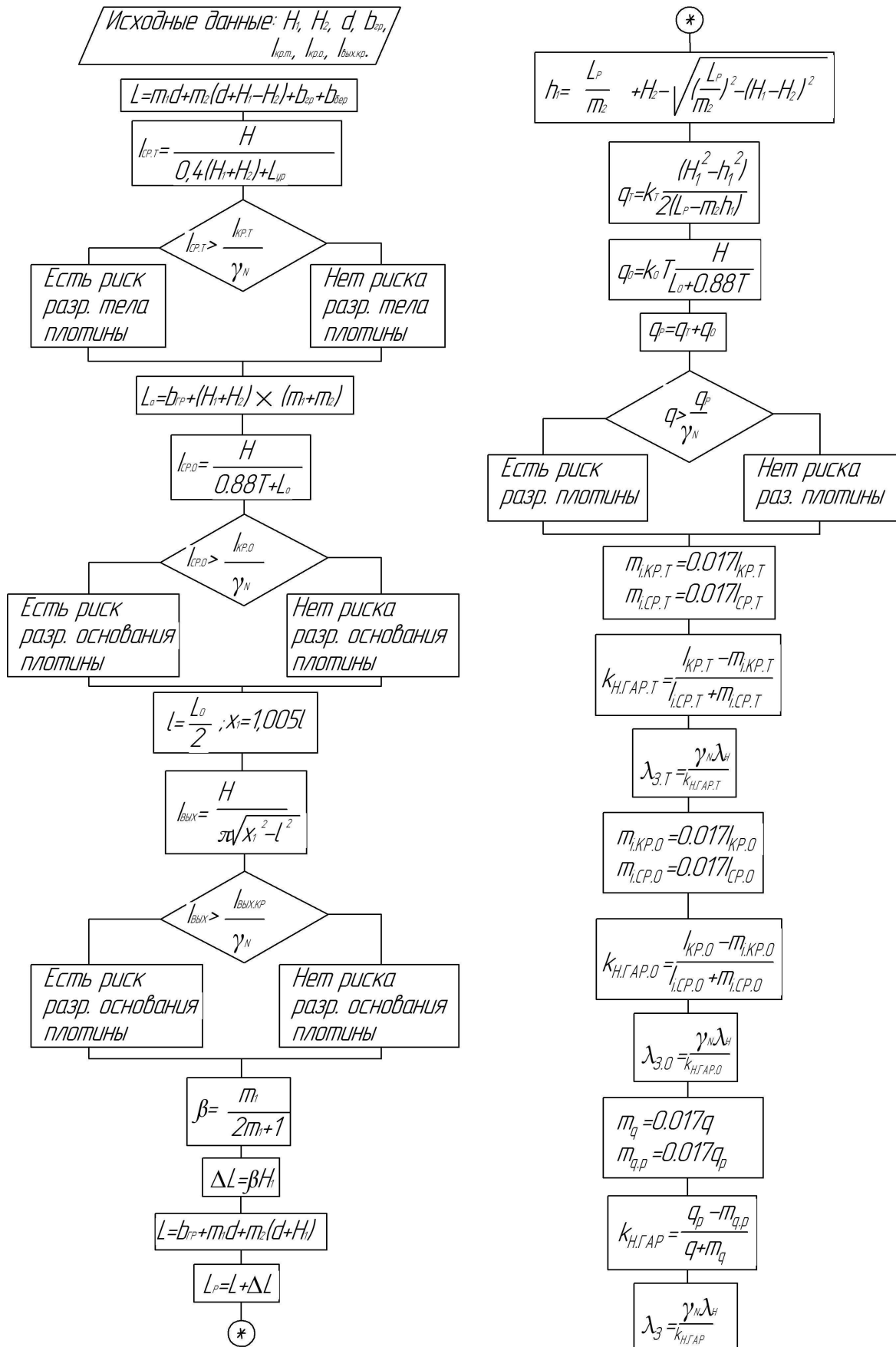


Рисунок 4 – Алгоритм расчета риска разрушения однородной грунтовой плотины вследствие фильтрационных процессов

В результате расчетов установлено, что не выполняются условия фильтрационной безопасности плотины по местной фильтрационной прочности грунта при выходе потока в нижний бьеф и по удельным фильтрационным расходам. В соответствии с требованиями и на основании проведенных расчётов возможного риска разрушения и результатов натурных обследований грунтовой плотины водохранилища «Ростовское море» рекомендованы мероприятия для повышения безопасности работы плотины при эксплуатации:

1) для повышения безопасности эксплуатации плотины важным условием является восстановление работоспособности запроектированного трубчатого дренажа или создание его вновь в период максимальных уровней воды в водохранилище;

2) для более достоверной оценки фильтрационного режима в теле и основании плотины и степени его опасности на развитие фильтрационных деформаций грунта в виде суффозии и образовании очагов сосредоточенной фильтрации необходимо устройство наблюдательной сети из пьезометров в теле плотины (для наблюдения за положением кривой фильтрационной депрессии) и скважин в нижнем бьефе (для наблюдения за наличием фильтрационных деформаций);

3) для снижения потерь на фильтрацию через тело плотины и повышение её безопасности необходимо также устроить плёночный экран под плитами крепления верхового откоса по всей его поверхности до отметки не менее 56,5 м (выше НПУ на 0,5 м);

4) для снижения потерь через ложе водохранилища необходимо провести поиск возможных повреждений плёночного экрана и их устранение (возможно после кратковременного сброса воды из водохранилища);

5) необходима организация ежегодных регулярных наблюдений и обследования состояния грунтовой плотины и чаши водохранилища, а

именно, низового откоса и прилегающего к нему участка нижнего бьефа – на наличие свободных выходов фильтрационного потока, появление ключей, грифонов и мокрых пятен, а в чаше водохранилища – на образование провалов и воронок;

б) для безопасного пропуска повышенных расходов целесообразно восстановление аварийного сброса трубчатой конструкции с расчётным расходом до $5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для предотвращения потерь воды на фильтрацию из водохранилища «Ростовское море» на балке Камышеваха, проектным институтом «Южгипроводхоз» в 1970 г. был запроектирован пленочный экран с защитным слоем из суглинка толщиной 1,0 м по всему ложу водохранилища до отметки УМО 54,0 м. Под экраном предусматривался уплотненный слой суглинка толщиной 1,5 м. Расчетная схема водохранилища в разрезе с Подстилающее основание представлено суглинками мощностью 6-10 м. с коэффициентом фильтрации 0,60 м/сут. Ниже суглинка залегают известняки с очень высоким коэффициентом фильтрации, составляющим 188 м/сут. Поэтому этот слой может считаться дренирующим. В 2005 году по ложу водохранилища проложен канализационный коллектор, оборудованный с двух берегов дамбами длиной 30-50 м. геологическим строением основания приведена на рисунке 5. В связи со значительными потерями воды из водохранилища через фильтрационные воронки, которые могли образоваться при повреждении пленочного экрана во время прокладки коллектора, появилась необходимость оценить целостность пленочного экрана. Нами предложена новая методика проверки целостности пленочного покрытия с применением эхолота Fish Finder 240 фирмы Garmin. Данный эхолот кроме своего основного назначения способен определить тип грунта. Твердый грунт дна отражает более сильный сигнал от поверхности и будет

выглядеть в виде более широкой полосы по сравнению с более мягким (глина, песок, ил).

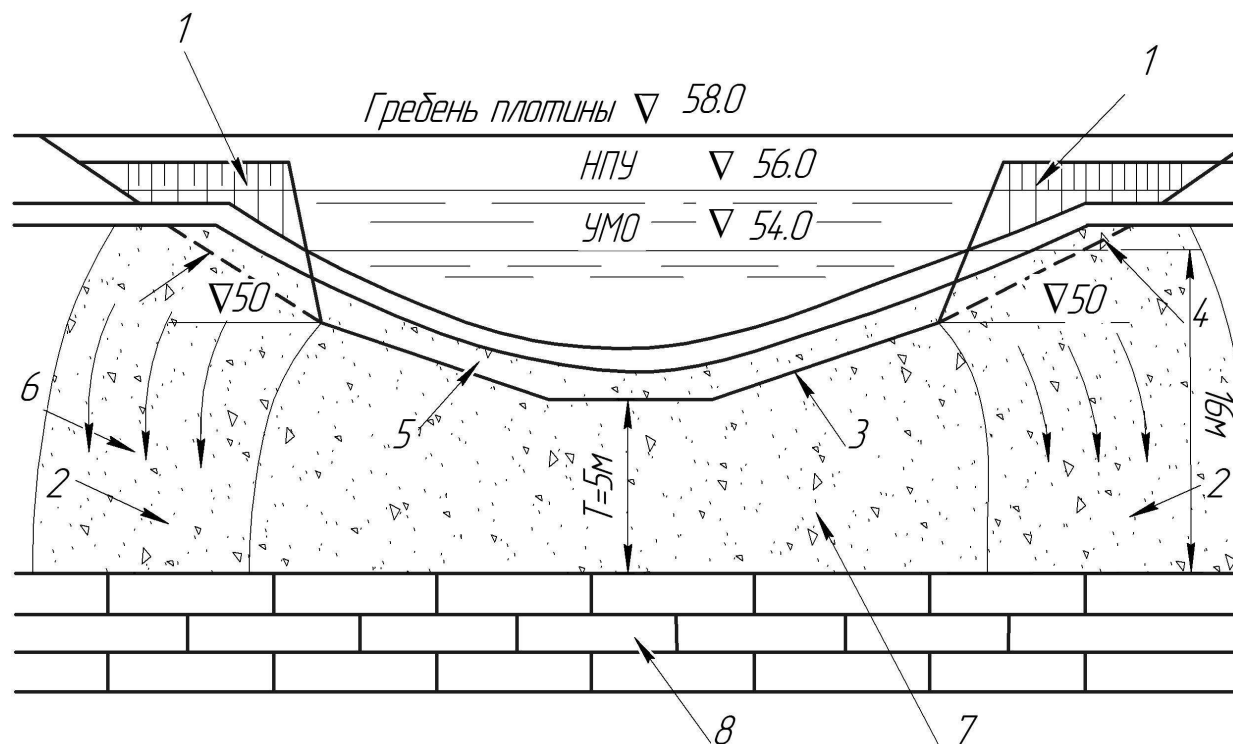


Рисунок 5 - Продольный профиль коллектора

1 - защитные дамбы; 2 - канализационный коллектор; 3 - плёночный экран; 4 - повреждения экрана; 5 - защитный слой; 6 - области фильтрации через неэкранированные участки ложа; 7 - водопроницаемое основание из суглинки; 8 - сильнопроницаемые слои из известняка.

Было сделано предположение, что при наличии пленочного покрытия отраженный сигнал будет более сильным и позволит оценить его техническое состояние. В связи с этим проводились предварительные исследования, когда на выбранном участке Ростовского моря без пленочного экрана производилось сканирование дна на глубинах 0,6...0,9 м, затем был уложен образец пленочного покрытия размерами 2x2 м, который полностью входил в зону охвата эхолота и сканирование повторялось на тех же глубинах. При наличии пленочного покрытия сигнал увеличивается и дно отображается в виде более широкой полосы, что позволяет проводить оценку наличия повреждений пленочного экрана.

К преимуществам обследования с помощью эхолота можно отнести то, что при увеличении глубины увеличивается зона охвата. При обследовании была выбрана трасса канализационного коллектора проложенного по дну водохранилища. Сканирование эхолотом осуществлялось по трассе коллектора, начиная от левого берега с глубины 3 м при зоне охвата 1 м до 12 м при зоне охвата 4 м.

В результате сканирования дна были определены возможные участки повреждения пленочного экрана. Поврежденные участки фиксируются в тот момент, когда полоса на экране эхолота, изображающая грунт, становится прерывистой. Это объясняется поступлением более слабого отраженного сигнала от грунта, чем от пленки, и дает возможность предположить о повреждении пленочного экрана или о его полном отсутствии. Когда полоса на экране непрерывна, сигнал поступает сильный, что свидетельствует о целостности пленочного экрана.

Дальнейшее совершенствование методики сканирования экрана, уложенного по дну водохранилища, с помощью эхолота позволит оценивать его целостность и своевременно проводить ремонт повреждений, предотвращая аварию. Для более точного определения мест повреждения экрана целесообразней применять эхолот с более большим радиусом сканирования и возможностью подключения к ПК.

В перспективе возможно использование эхолота с трехмерным сканированием - это позволит получать более четкие пространственные изображения и обоснованней судить о характере и размерах повреждений.

Выводы:

1. Плотина устойчива, фильтрационные потери через тело, основание и в обход сооружения незначительны.
2. Осмотр низового откоса показал, что явных признаков фильтрационных воздействий на устойчивость плотины не наблюдается.

3. Требуется проведение мероприятий по креплению бетонной облицовки в районе размещения сифонного водосброса

4. По всей длине плиты облицовки верхового откоса разрушаются, процесс разрушения продолжается и облицовка рассыпается, поэтому нужен ремонт для предупреждения полного ее разрушения.

5. Необходима расчистка береговых примыканий от мусора, кустарника, деревьев.

6. Требуется проведение мероприятий по борьбе с обмелением в левобережном и правобережном примыканиях.

Список использованных источников

1. Косиченко Ю.М., Белов В.А., Косиченко М.Ю. Оценка уровня фильтрационной безопасности земляных плотин и эффективности инженерной защиты малых водохранилищ. / НГМА. – Новочеркасск, 2001. – 57 с.
2. Зотеев, В.Г. Методические принципы оценки риска аварийных ситуаций на водохранилищах малого объёма // Зотеев В.Г., Шахов И.С., Морозов М.Г. и др. Гидротехническое строительство, № 10, 2003, с. 41-48.
3. Чугаев Р. Р. Земляные гидротехнические сооружения. Л.: Энергия, 1967. 460 с.
4. Косиченко Ю.М., Полякова Л.С. Изучение фильтрационных потерь из регулирующего водохранилища (Ростовское море) // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб.ст. ФГНУ «Рос НИИПМ»/ Под ред. В.Н. Щедрина.– Новочеркасск: ООО «Геликон», 2006. – Вып.36.с.108-112.