

ПК «ИНСТИТУТ КАЗГИПРОВОДХОЗ»

**ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛОТИН
ХВОСТОХРАНИЛИЩ И ЗОЛОТВАЛОВ**

**КОНТРОЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ
СООРУЖЕНИЙ ХРАНИЛИЩ**

ВЫПУСК №2

Алматы 2017 г.

Настоящая брошюра подготовлена ПК «Институт Казгипроводхоз» в целях всестороннего обсуждения практических вопросов по разработке деклараций безопасности плотин и хвостохранилищ в Республике Казахстан.

В качестве материалов представлены сведения по вопросам контроля за техническим состоянием гидротехнических сооружений и хвостохранилищ.

ПК «Институт Казгипроводхоз» будет признателен всем заинтересованным организациям и специалистам при обсуждении вопроса по обеспечению безопасности плотин.

Свои замечания и предложения просим направлять:

ПК «Институт Казгипроводхоз», г. Алматы, пр. Сейфуллина д.434.

kazgipro@mail.ru.

ГИП - **Алибаев Каримжан**

(моб. +7 771 766 33 67 +7-701-229-09-87),

эл. адрес: karimalibaev@mail.ru

1. КОНТРОЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА СОСТОЯНИЕМ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ ХРАНИЛИЩ

Хранилища должны находиться под постоянным эксплуатационным контролем, обеспечивающим своевременное предупреждение возможных аварийных ситуаций, принятие необходимых мер для сохранности сооружений в процессе эксплуатации, защиту окружающей среды и подземных вод от загрязнения проточками.

Контроль осуществляется за состоянием ограждающих сооружений хранилища (плотин, дамб), работой дренажных и противофильтрационных мероприятий, водосбросных и водоотводящих устройств.

Контрольные наблюдения проводятся в строительный период с момента начала возведения хранилищ, продолжаются в процессе их эксплуатации и в период консервации. Для хранилищ, возводимых из отходов с постоянным наращиванием намывом, строительный и эксплуатационный периоды совпадают.

Состав, периодичность и длительность контрольных наблюдений первоначально устанавливаются в проекте и могут корректироваться в процессе строительства, эксплуатации к консервации хранилищ в зависимости от их состояния в данный период на основании имеющихся результатов наблюдений.

На хранилищах проводятся следующие обязательные эксплуатационные наблюдения за:

- осадкой ограждающих сооружений, основания и береговых склонов;
- фильтрацией в ограждающих сооружениях, основании и на примыкающей территории;
- температурой и химическим составом фильтрационной воды.

Эти наблюдения осуществляются визуально или с помощью контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), установка которой производится в соответствии с проектом. Для хранилищ I - III классов капитальности выше 15 м установка КИА является обязательной. На хранилищах IV и V классов капитальности проводятся только визуальные наблюдения.

Визуальные и инструментальные наблюдения осуществляются одновременно и дополняют друг друга. Большое значение визуальные наблюдения приобретают на тех участках хранилища, где КИА отсутствует и установка ее по каким-либо причинам затруднена.

На хранилищах I и II классов капитальности помимо вышеперечисленных организуются также наблюдения за:

горизонтальными смещениями ограждающих сооружений и основания; послойным сжатием грунтов ограждающих сооружений и основания;

порovým давлением в грунтовых противофильтрационных элементах и основании.

Проведение этих наблюдений требует применения специальной КИА и должно быть обосновано в проекте.

На хранилищах, возводимых в суровых климатических условиях, осуществляется мерзлотный контроль и наблюдения за температурным режимом ограждающих сооружений и основания.

В процессе производства работ по возведению хранилищ осуществляется также геотехнический контроль за укладкой грунтов.

При организации и проведении наблюдений необходимо соблюдать следующие

требования:

- а) все наблюдения осуществляются одновременно, т.е. в одни и те же или весьма близкие календарные сроки;
- б) результаты наблюдений заносятся в специальные журналы и соответствующим образом оформляются;
- в) оформление материалов наблюдений (первичная обработка, заполнение журналов, построение графиков и т.д.) производится в максимально короткие сроки после каждого цикла наблюдений;
- г) результаты наблюдений постоянно сопоставляются с предыдущими наблюдениями, а также с проектными или расчетными данными.

2. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ

Наблюдения за деформациями хранилища состоят в определении вертикальных и горизонтальных перемещений поверхностных и внутренних зон ограждающих сооружений и основания. Целью этих наблюдений является выявление участков сооружения, являющихся наиболее слабыми и опасными в отношении устойчивости.

Для этого в определенных точках, расположенных на поверхности и внутри тела сооружения и основания, устанавливаются специальные устройства - марки. На хранилище создается система постоянных марок, за которыми ведутся наблюдения путем периодического определения их положения.

Вертикальные перемещения (осадка или подъем) сооружения определяются методом геометрического нивелирования высотного положения марок. Для оценки несущей способности основания и качества возведения ограждающих сооружений их осадка определяется отдельно. В этом случае наблюдения ведутся за полной осадкой (сооружения и основания) и отдельно за осадкой основания.

Полная (суммарная) осадка земляных сооружений определяется с помощью грунтовых марок, которые устанавливаются на поверхности сооружения и называются поверхностными. Осадка основания определяется по глубинным маркам, устанавливаемым на границе подошвы сооружения и основания. В зависимости от назначения, условий установки и методики наблюдений применяются поверхностные и глубинные марки различных типов и конструкций.

Для хранилищ рекомендуются следующие поверхностные марки, которые устанавливаются после возведения ограждающих дамб и плотин в буровые скважины или шурфы. Марки выполняются из металлического жесткого стержня или трубы диаметром 25 - 30 мм. Верхний конец стержня имеет полусферическую головку из неокисляющегося металла, а нижний конец для лучшего контакта с грунтом заделывается в бетонную пробку, пирамиду или плиту.

Марка, может быть использована также в качестве временной марки при наблюдениях за осадкой на промежуточных стадиях возведения хранилища.

Глубинная марка для определения осадки основания состоит из уширенной опорной части в виде плиты, штанги из труб диаметром 40 - 50 мм с головкой и защитной трубы диаметром 100 - 120 мм. В зависимости от глубины заложения применяются бетонные армированные плиты размером 1,5×1,5 или 2,0×2,0 м и толщиной 10 - 15 см. Плита с первым звеном штанги укладывается на выровненное основание строго горизонтально. Дальнейшее наращивание штанги и защитной трубы производится постепенно по мере возведения сооружения. Длина звеньев штанги и

защитной трубы зависит от толщины отсылаемых или намываемых слоев. По мере наращивания последующих звеньев штанги производится нивелировка их верха и увязка отметок с предыдущими. Такая система наращивания марки дает возможность осуществлять наблюдения за осадкой основания постоянно в течение всего строительного периода в зависимости от роста высоты сооружения. В этом случае предусматриваются меры по защите марки от повреждения машинами и механизмами в процессе производства работ.

В тех случаях, когда на каком-либо участке хранилища глубинные марки-плиты не были своевременно установлены или вышли из строя, а в процессе эксплуатации возникла необходимость провести наблюдения за осадкой основания, могут быть оборудованы глубинные штанговые марки, которые устанавливаются в буровую скважину.

Нижняя часть марки выполняется в виде бетонной пробки, устраиваемой непосредственно на забое скважины. У марки нижняя часть состоит из наконечника в виде пологого металлического стакана, заполненного песком или бетоном. Наконечник, жестко соединенный со штангой, опускается в скважину и вдавливается в забой на всю длину.

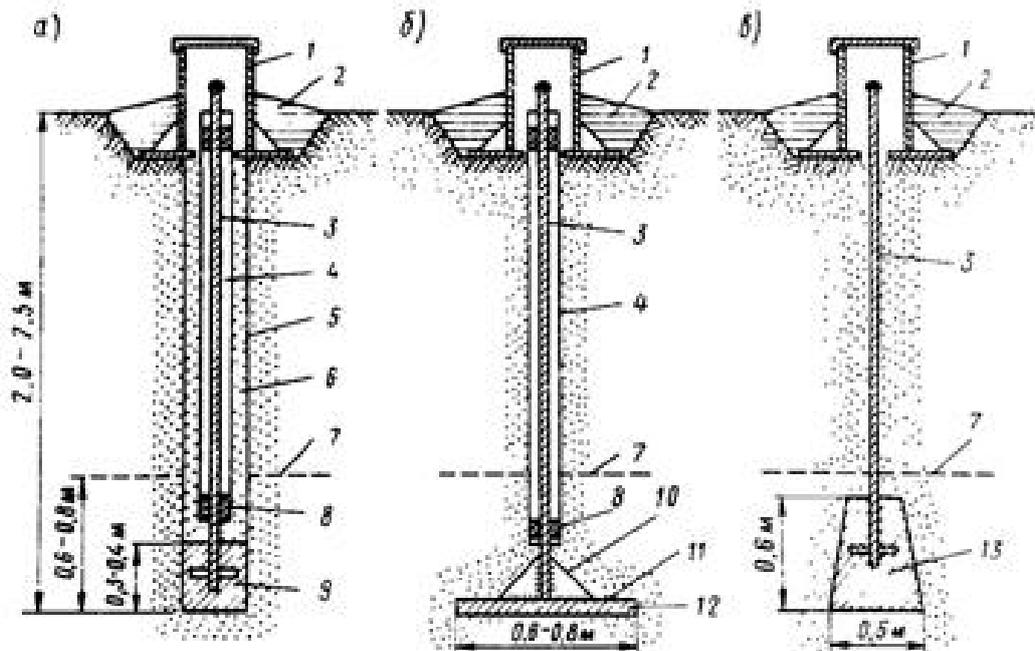


Рис. 1. Поверхностные грунтовые марки

а, б - постоянные марки; *в* - временная марка; *1* - защитная труба диаметром 200 мм; *2* - уплотненная глина или суглинок; *3* - стержень с головкой; *4* - защитная труба диаметром 75 - 100 мм; *5* - скважина диаметром 200 - 250 мм; *6* - песок или шламы; *7* - глубина сезонного промерзания; *8* - сальник из просмоленной пакли; *9* - бетонная пробка; *10* - ребра жесткости; *11* - металлический лист; *12* - бетонная плита; *13* - бетонная пирамида

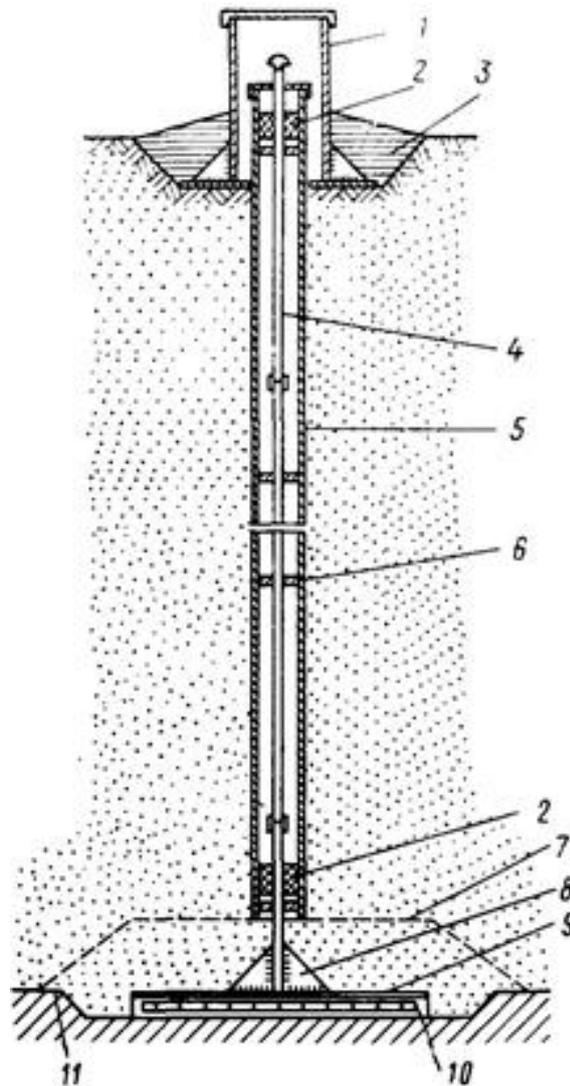


Рис. 2. Глубинная плита-марка

1 - защитная труба диаметром 250 мм; *2* - пеньковый сальник; *3* - уплотненная глина или суглинок; *4* - штанга- труба диаметром 100 - 120 мм; *5* - распорка; *6* - распорка; *7* - защитная присыпка; *8* - ребра жесткости; *9* - металлический лист; *10* - бетонная армированная плита (150×150 или 200×200 см) толщиной 10 - 15 см; *11* - подошва сооружения

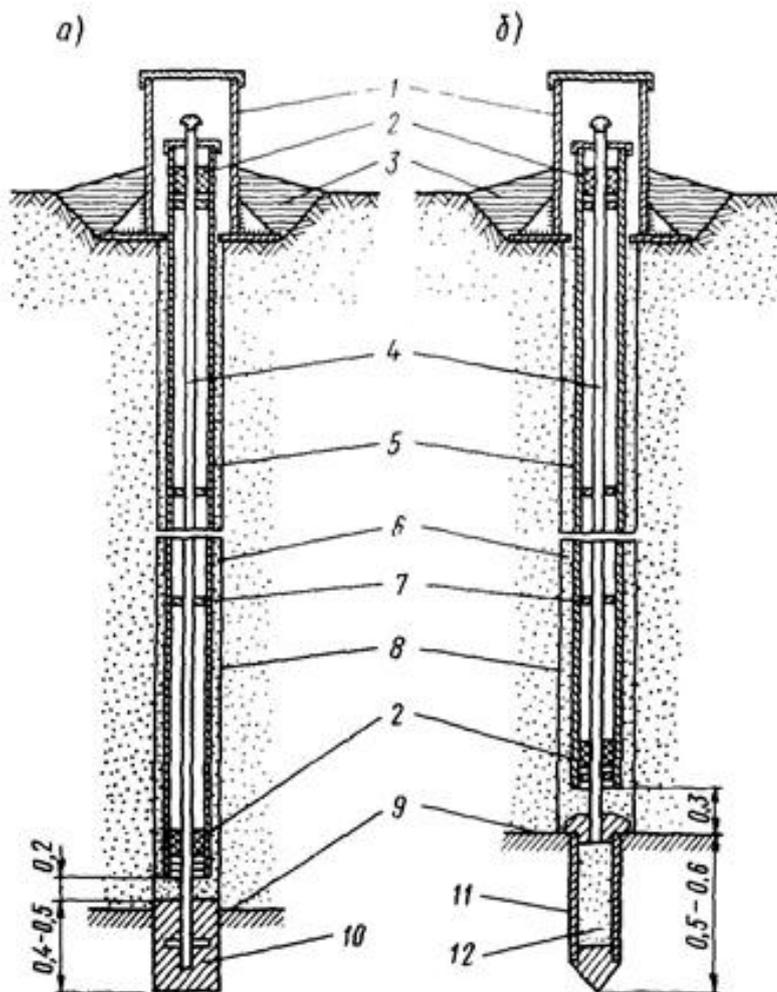


Рис. 3. Глубинные марки

1 - защитная труба диаметром 250 мм; 2 - сальник из просмоленной пеньки; 3 - уплотненная глина или суглинок; 4 - штанга-труба диаметром 40 - 50 мм; 5 - защитная труба диаметром 100 - 200 мм; 6 - скважина диаметром 200 мм; 7 - распорка; 8 - песок или хвосты; 9 - подошва сооружения; 10 - бетонная пробка; 11 - металлический наконечник диаметром 100 - 120 мм; 12 - цементный раствор или песок

Наблюдения за послойным сжатием грунтов осуществляются с помощью различных многоярусных марок. Опорные части этих марок устанавливаются в нескольких точках по высоте сооружения или на границе сжимаемых слоев основания.

Глубинная многоярусная телескопическая марка для определения послойной осадки тела сооружения состоит из металлических или бетонных плит размером 100×100 см и жестко прикрепленных к ним вертикальных труб-стояков. При возведении сооружения плиты укладываются на выровненную поверхность грунта на заданных отметках. Диаметр трубы-стояка каждой из последующих плит увеличивается с таким расчетом, чтобы они свободно входили одна в другую. По мере роста высоты сооружения трубы наращиваются и выводятся на поверхность, образуя телескопическую систему. На поверхности трубы обрезаются на разных уровнях таким образом, чтобы было удобно производить их нивелирование.

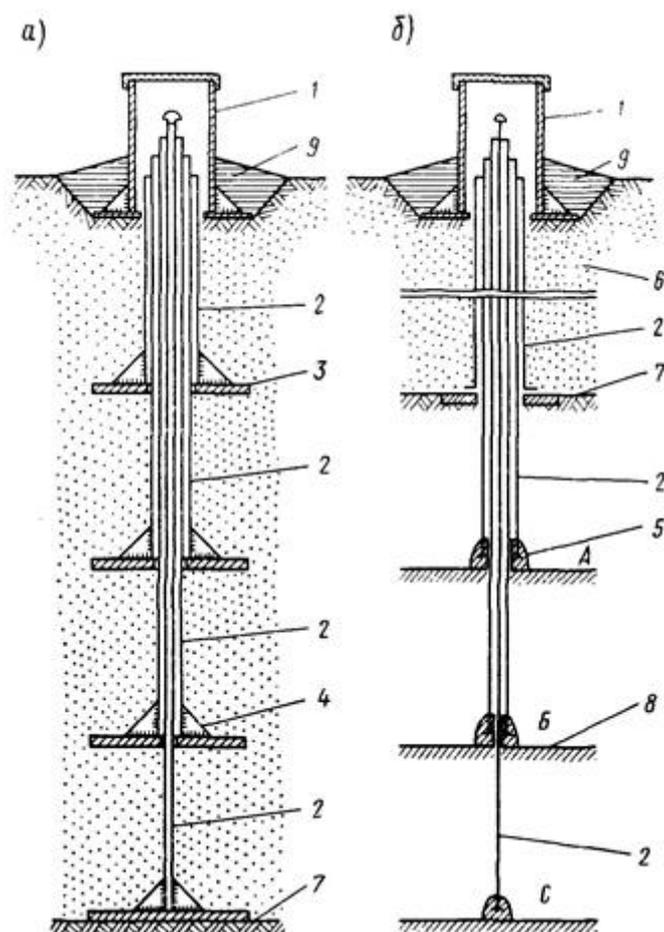


Рис. 4. Глубинные многоярусные марки

a - для тела сооружения; *б* - для основания: 1 - защитная труба диаметром 200 мм; 2 - труба-стояк; 3 - опорная плита (металлическая или бетонная); 4 - ребро жесткости; 5 - бетон или цементный раствор; 6 - тело сооружения; 7 - подошва сооружения; 8 - граница слоев; 9 - уплотненная глина или суглинок

Глубинная марка для определения послойной осадки основания устанавливается до возведения сооружения. Она оборудуется следующим образом: бурится скважина до точки *A* и расширяется ее нижняя часть, затем в нее заливается цементный раствор и устанавливается металлическая труба диаметром 114 мм. После схватывания раствора производится бурение внутри этой трубы до точки *B*, заливается цементный раствор и устанавливается труба диаметром 75 - 80 мм. В дальнейшем вся процедура повторяется до необходимой глубины.

На хранилищах I и II класса капитальности высотой больше 50 м целесообразно применять глубинные марки бесштангового типа. Они состоят из защитной трубы и собственно марок, закладываемых в нескольких точках по высоте трубы. Измерение высотного положения марок производится с помощью лота, опускаемого в трубу на мерной ленте или проволоке.

Существуют различные типы лотов (механические, электроконтактные, индукционные и т.д.) и соответствующие им конструкции труб и марок.

Наблюдения за горизонтальными смещениями ограждающих сооружений-хранилищ осуществляются с помощью одного из следующих геодезических методов: створного, триангуляционного или комбинированного.

Определение относительных смещений сооружения вдоль оси рекомендуется производить измерением расстояний между центрами поверхностных марок с помощью инварной ленты, для чего на марках делается насечка в виде двух перекрещивающихся линий.

К местным (локальным) деформациям относятся осадки и смещения незначительных масс грунта, не влияющие на общую устойчивость сооружения. На участках, где обнаружены местные деформации, для наблюдения за скоростью перемещений грунта устанавливаются временные марки упрощенной конструкции.

Наблюдения по временным маркам производятся чаще, чем по постоянным, и продолжаются до затухания деформаций или начала ремонтных работ на данном участке.

Для хранилищ, возводимых на слабопрочных основаниях, проводятся наблюдения за выпором грунтов на прилегающей территории. С этой целью ниже подошвы ограждающей дамбы и по бортам хранилища устанавливается сеть поверхностных марок.

Измерение высотного и планового положения поверхностных и глубинных марок производится нивелированием III класса от фундаментальных и рабочих реперов постоянной опорной сети, создаваемой на участке хранилища. Фундаментальные реперы располагаются на коренных породах вдали от карстовых и оползневых участков и выполняются по типу глубинных штанговых марок. Рабочие реперы размещаются вблизи сооружения в местах, где осадки весьма незначительны по сравнению с осадками марок.

Во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева разработано устройство - датчик больших перемещений, позволяющее дистанционно измерять осадку глубинных штанговых марок. Работа датчика основана на применении электрического колебательного контура. Датчик состоит из катушки индуктивности, катушки связи, подвижного сердечника и позволяет измерять относительные перемещения в диапазоне от 1 до 50 см. При установке датчика конструкция верхней части марки изменяется: штанга заканчивается сердечником датчика, который входит в катушку индуктивности. Оборудование глубинной марки датчиком схематично показано на рис. 5.

В процессе эксплуатации хранилища возможен наклон марок вследствие неравномерных осадок основания или оползневых смещений грунта на откосах сооружения, вызванных его водонасыщением или сезонным промерзанием и оттаиванием. Данное обстоятельство может служить причиной искажений, вносимых в результаты наблюдений, и его следует учитывать при измерениях. Для учета наклона марок может быть рекомендован следующий метод.

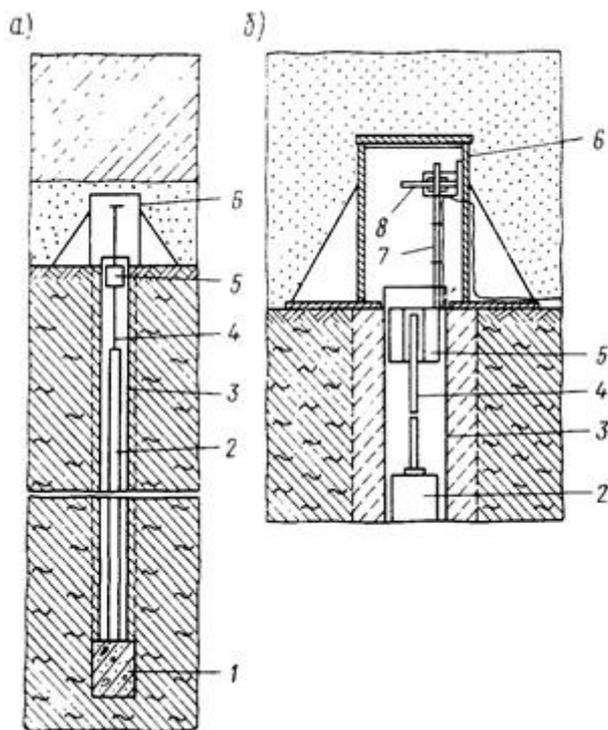


Рис. 5. Датчик больших перемещений

a - глубинная марка; *б* - верхняя часть марки с датчиком; 1 - бетонная пробка; 2 - штанга; 3 - защитная труба; 4 - сердечник датчика; 5 - катушка индуктивности; 6 - труба-люк; 7 - стержень; 8 - кронштейн

Принимается, что вращение оползневого знака (марки) происходит вокруг нижнего конца *A* (рис. 6, *a*). В результаты наблюдений вносится поправка за наклон марки, равная $\Delta u = h \sin \psi$. В конечный результат наблюдений за горизонтальным смещением вносится проекция этой поправки (рис. 6, *б*), которая будет равна:

$$\Delta S = h \sin \psi / \cos \alpha.$$

где h - полная длина марки; ψ - угол наклона марки;

α - угол, образованный плоскостью наклона *A'B'* направлением смещения оползневой точки. Поправка к результатам наблюдений за вертикальным смещением составит $\Delta h = h(1 - \cos \alpha)$.

Определение углов ψ и α производится с помощью клинометра (рис. 7). Наклон марок рекомендуется определять в том случае, если он становится заметным невооруженным глазом.

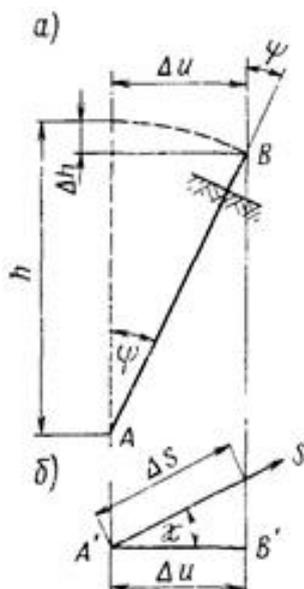


Рис. 6. Поправка за наклон марки

a - вертикальная плоскость; *б* – план

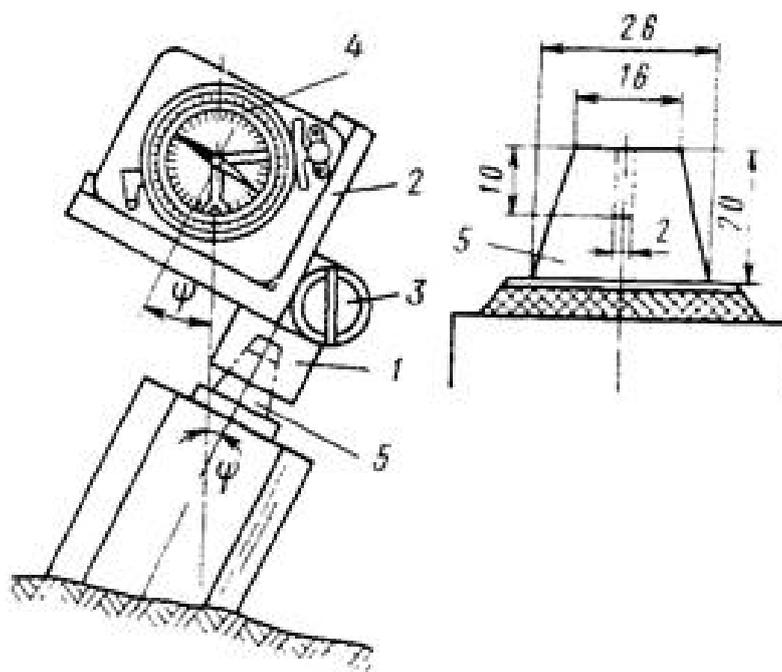


Рис. 7. Клинометр

1 - втулка; *2* - обойма; *3* - цилиндрический уровень; *4* - горный компас; *5* - коническая головка.

3. ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Фильтрационные наблюдения на хранилищах установлены за движением фильтрационного потока из прудка через ограждающие сооружения, в основании и береговых сопряжениях (обходная фильтрация).

В задачу фильтрационных наблюдений входит оценка эффективности работы дренажных и противофильтрационных устройств в теле и основании хранилища и их влияние на характер фильтрации.

Эффективность дренажных и противофильтрационных устройств оценивается прежде всего величиной фильтрационного расхода из дренажа, общим понижением пьезометрических уровней и напоров в теле и основании сооружения, а также наличием выходов фильтрации на поверхность в зоне влияния дренажа.

При фильтрационных наблюдениях контролируются следующие параметры:

- а) отметка уровня воды и глубина отстойного прудка;
- б) положение депрессионной кривой в чаше хранилища и ограждающих сооружениях (дамбах и плотинах);
- в) пьезометрические уровни грунтовых вод в основании хранилища, в берегах и на прилегающей территории;
- г) расходы фильтрационных вод из дренажей системы и сосредоточенных выходов в случае их появления; д) скорости течения и направление движения фильтрационного потока в теле и основании хранилища.

Наблюдения за уровнем воды в отстойном прудке хранилища проводятся по специальным водомерным рейкам, устанавливаемым в наиболее доступных и удобных для измерения местах, или с помощью различных автоматических самопишущих приборов (СУВ-М «Валдай», ГР-38 и т.д.).

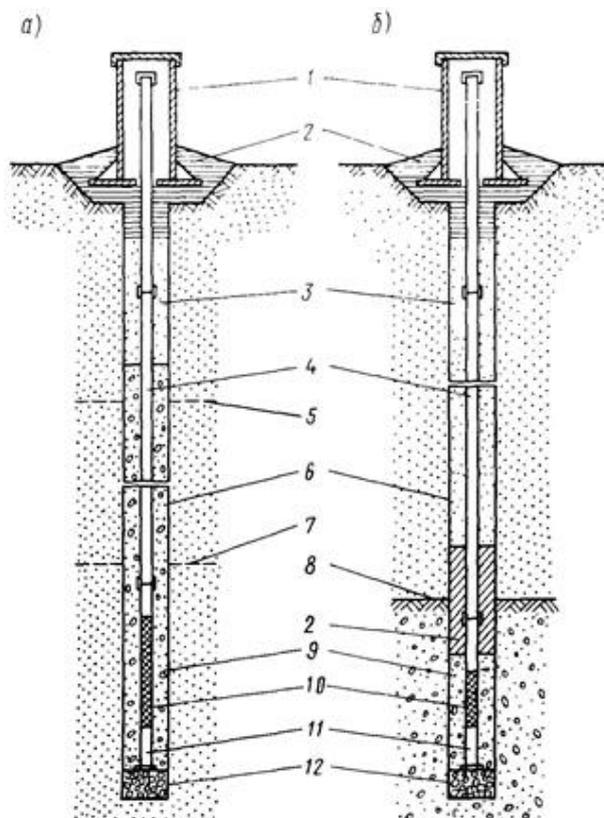


Рис. 8. Опускные пьезометры

а - шахматный; *б* - точечный; *1* - защитная труба диаметром 250 мм; *2* - забивка глиной или суглинком; *3* - песчаная засыпка; *4* - труба диаметром 50 - 75 мм; *5* - максимальное положение уровня воды; *б* - скважина диаметром 200 мм; *7* - минимальное положение уровня воды; *8* - подошва сооружения; *9* - песок крупнозернистый промытый или песчано-гравийная смесь; *10* - фильтр; *11* - отстойник; *12* - гравий

Наблюдения за фильтрацией из хранилища осуществляются с помощью опускных трубчатых пьезометров. В зависимости от назначения пьезометров и места их установки они могут быть шахтными и точечными (глубинными). Шахтные пьезометры устанавливаются в теле отвалов и ограждающих плотин и дамб для контроля за положением депрессионной кривой. Точечные пьезометры устанавливаются в водопроницаемых споях основания и берегов для контроля за распределением пьезометрических уровней грунтового потока.

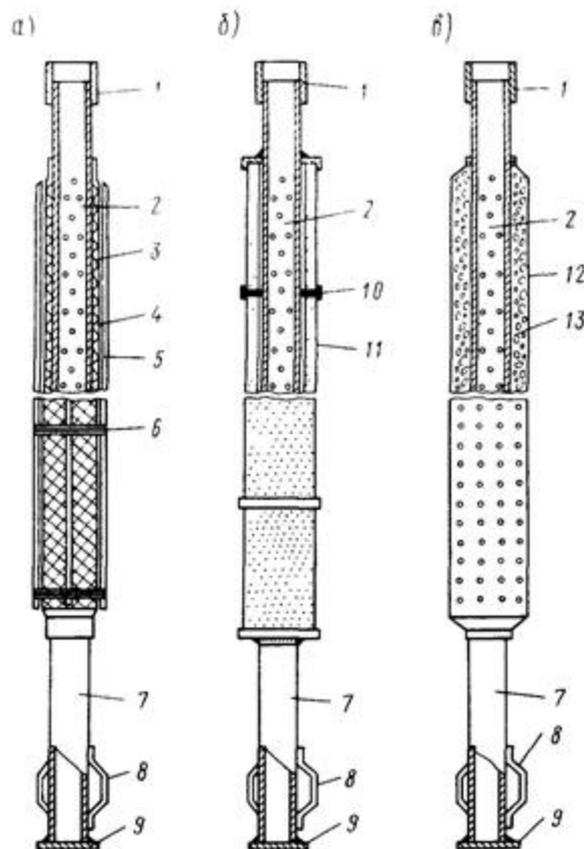


Рис. 9. Конструкции фильтров пьезометров

а - с применением пластмасс; *б* - блочные; *в* - кожуховые; *1* - муфта; *2* - опорный каркас - перфорированная труба; *3* - подкладочная сетка из винилпласта; *4* - стеклоткань; *5* - деревянная рейка; *б* - вязальная проволока; *7* - отстойник; *8* - фонарь; *9* - заглушка; *10* - резиновая прокладка; *11* - блок керамический или из пористого бетона; *12* - кожух из кровельного железа; *13* - гравийная обсыпка

Пьезометр состоит из водоприемной рабочей части (фильтра) с отстойником и глухой надфильтровой колонны труб. Для пьезометров применяются обычные металлические трубы (оцинкованные или неоцинкованные) диаметром 50 - 75 мм. Неоцинкованные трубы покрываются каким-либо антикоррозионным покрытием. Фильтр пьезометра состоит из опорного каркаса в виде перфорированной трубы и

водоприемной поверхности. Трубы для водоприемника применяются металлические и неметаллические (виниловые, полиэтиленовые и пр.). Проходные отверстия выполняются круглыми диаметром 8 - 10 мм или щелевыми шириной 3 - 4 мм и длиной 10 - 15 мм в шахматном порядке рядами через 50 - 100 мм по длине трубы. Расстояние между отверстиями в ряду принимается 40 - 50 мм. Количество отверстий должно обеспечивать скважность трубы не менее 10 - 15 %.

В качестве водоприемной поверхности в зависимости от состава грунтов могут применяться сетки из пластмасс и стеклотканей; блоки из пористого бетона или керамические, а также кожуховые с гравийной обсыпкой. Длина водоприемной части принимается для шахтных пьезометров 1,5 - 2 м, а для точечных 0,6 - 0,8 м.

Пьезометр в собранном виде, т.е. со смонтированным водоприемником и отстойником, устанавливается в буровую скважину диаметром не менее 200 мм, обсаженную трубами. Пространство между пьезометрической трубой и стенкой скважины в точечных пьезометрах засыпается на всю длину водоприемника просеянным и промытым крупнозернистым песком или смесью песка с гравием. В шахтных пьезометрах фильтровая обсыпка делается в пределах возможного колебания депрессионной кривой. Выше и ниже фильтровой обсыпки затрубное пространство забивается пластичной мятой глиной или суглинками. Обсадная труба по мере заполнения скважины извлекается.

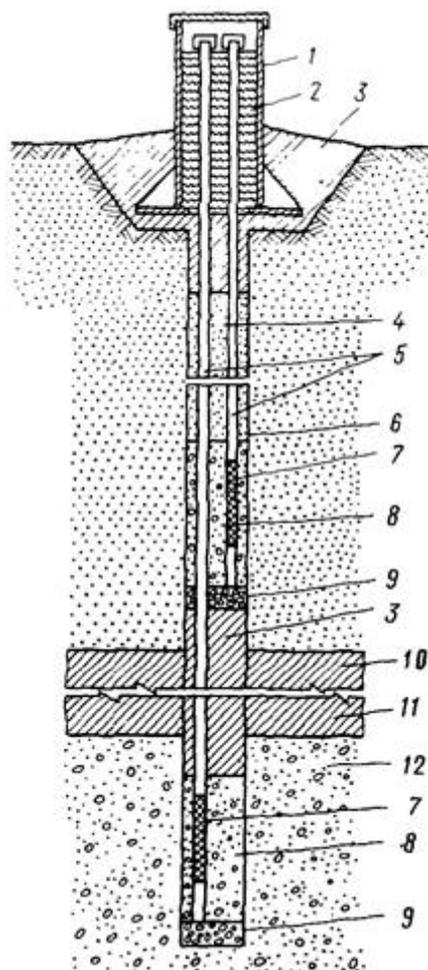


Рис. 10. Совмещенный пьезометр

1 - защитная труба с крышкой; 2 - теплоизоляционный материал; 3 - забивка глиной или суглинком; 4 - песчаная засыпка; 5 - пьезометрическая труба диаметром 50 - 75 мм; 6 - скважина диаметром 300 мм; 7 - фильтр; 8 - песок к/з промытый; 9 - гравий; 10 - подошва сооружения; 11 - непроницаемый слой; 12 - сильнопроницаемый слой

Если необходимо измерить пьезометрические уровни в нескольких точках по глубине сооружения или основания, можно применять совмещенный пьезометр, состоящий из 2 или 3 пьезометров, установленных в одну скважину. Фильтры пьезометров размещаются на разных уровнях и тщательно изолируются с помощью тампонов из глины или суглинка.

Для наблюдения за фильтрацией на хранилищах, возводимых в суровых климатических условиях, могут быть рекомендованы специальные пьезометры, в которых используются незамерзающие жидкости (антифризы).

Для измерения порового давления в водоупорных элементах (ядрах, экранях), выполненных из глинистых грунтов, и в слабых грунтах основания применяются закладные дистанционные приборы, разработанные в НИС Гидропроекта:

- а) преобразователь порового давления - ПДСП, выпускаемый ПО «Союзэнергоавтоматика»;
- б) гидравлические двухтрубные пьезометры.

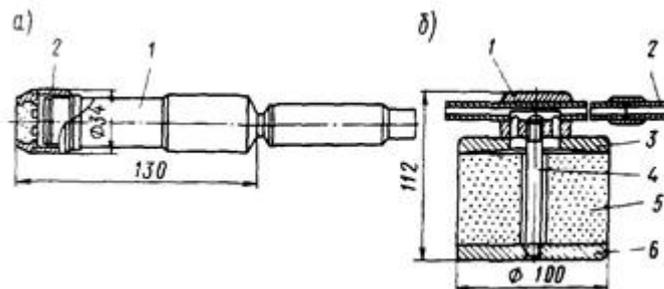


Рис. 11. Приборы для измерения порового давления

a - преобразователь порового давления - ПДСП; 1 - унифицированный преобразователь давления типа ПДС; 2 - пористая насадка; *б* - водоприемник двухтрубного гидравлического пьезометра; 1 - головка; 2 - пьезометрическая трубка; 3 - крышка; 4 - стержень; 5 - фильтр (пористый камень); 6 - подкладка

Для оценки состояния хранилища большое значение имеют данные о фильтрационных расходах как в целом по сооружению, так и на отдельных его участках. Определение величины фильтрационных расходов, установление характера изменения их во времени и в зависимости от тех или иных факторов (интенсивности намыва, состояния прудка и т.д.) дают возможность судить о качестве укладки грунта и работе дренажных и противофильтрационных устройств.

В связи с этим на хранилище проводятся наблюдения за расходами воды из дренажной системы и сосредоточенных местных очагов фильтраций (ключей, свищей, родников и т.д.), возникающих обычно на низовом откосе сооружения, в берегах и на нижерасположенной территории. Для этого все места выхода фильтрационных вод копируются, оборудуются измерительными устройствами и защищаются от промерзания в зимнее время с помощью тепляков. Пути отвода фильтрационной воды также защищаются от промерзания.

Измерения расходов производятся с помощью мерных водосливов, мерных

сосудов (объемный способ), гидрометрических вертушек и поплавков, а также по производительности насосов, откачивающих воду из дренажной насосной станции.

Способ измерения выбирается с учетом конкретных условий (величины расхода, конструкции дренажных и водоотводящих устройств и т.п.). Для хранилищ, имеющих дренажные перепадные колодцы, может быть рекомендовано весьма простое по конструкции устройство в виде мерного бачка.

При измерении фильтрационных расходов отбираются пробы воды для определения ее мутности. Мутность воды определяется в начале визуальным способом. При наличии в фильтрационной воде значительного количества частиц грунта организуются регулярные измерения твердого расхода в лабораторных условиях.

Для определения скорости и направления движения фильтрационного потока рекомендуется пользоваться методом индикаторов или радиоактивными изотопами с применением способа наблюдательных скважин. Для этой цели используется существующая пьезометрическая сеть.

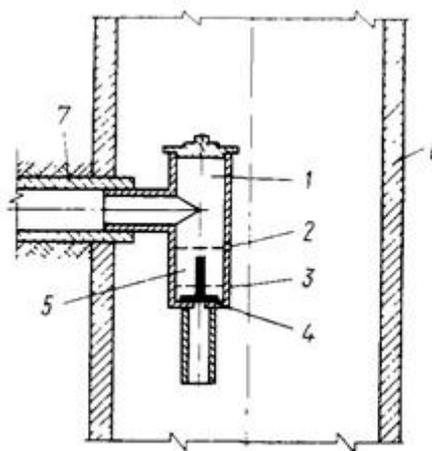


Рис. 12. Мерный бачок для измерения расхода в перепадных дренажных колодцах

1 - металлический бачок; 2 - отверстие, фиксирующее конец замера; 3 - отверстие начала замера; 4 - клапан закрытия отводящей трубы; 5 - мерный объем; 6 - дренажный колодец; 7 - водоотводящий коллектор

Замеры уровня воды в открытых пьезометрах и наблюдательных скважинах производятся с помощью приборов-уровнемеров. Применяются механические устройства с хлопушкой (РС-20, Р-50) и различные электроконтактные уровнемеры, состоящие из наконечника и измерительного устройства (УЛ-50 и УЛ-100, ЭВ- 1М и др.). Эти приборы требуют применения ручного труда, а процесс измерения при наличии большого количества скважин, расположенных на значительной площади, длительный и весьма трудоемкий.

Достоверная и оперативная информация о положении депрессионной кривой в ограждающих сооружениях и зеркала подземных вод в основании хранилища может быть получена с помощью автоматических и дистанционных устройств, позволяющих вести непрерывный контроль за изменением уровня воды в скважинах.

С этой целью применяются следующие устройства:

- а) датчик уровня пружинный (ДУП), разработанный в институте ВИОГЕМ, выпускается для трех пределов измерений в 25, 40 и 100 м;
- б) гидростатический датчик давления для измерения высоты столба воды в пьезометрах - институт Казмеханобр (авт. свид. № 539238);
- в) автоматический регистратор уровня подземных вод (АРУ-1) - институт Гидрингео объединения «Узбекгидрогеология» (авт. свид. № 720143);
- г) гидростатический скважинный уровнемер с дистанционной записью показаний - разработан в Свердловском горном институте.

4. НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ТЕМПЕРАТУРОЙ И ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВОМ ФИЛЬТРАЦИОННОЙ ВОДЫ

В целях более полного освещения режима фильтрации из хранилища и определения степени загрязнения грунтовых вод сточными водами регулярно проводятся наблюдения за температурой и химическим составом фильтрационной воды. При этих наблюдениях определяются температура и химический состав воды в отстойном прудке, в пьезометрах (в фильтровой части), в дренажной системе (непосредственно в дренаже или на выходе) и в местных очагах фильтрации.

Температура воды определяется с помощью различных жидкостных (ртутных) и электрических термометров. Ртутные термометры помещают в металлическую оправу и «заленивливают». В качестве теплоизоляционного материала применяются измельченная пробка с сургучом, медные опилки, пластилин, губчатая резина и т.д. Электротермометры состоят из полупроводниковых терморезисторов (ММТ-1, ММТ-4, КМТ-4), которые помещаются в медные или латунные капсулы и изолируются различными герметиками. Они обеспечивают большую точность измерений ($\pm 0,05^\circ$).

Отбор проб воды для химического анализа и выполнение самого анализа производятся в соответствии с общепринятой методикой.

5. ВИЗУАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Помимо инструментальных наблюдений, на всех хранилищах систематически проводятся визуальные наблюдения с целью выявления возможных скрытых дефектов и повреждений, возникающих во время эксплуатации.

Визуальные наблюдения заключаются в регулярных осмотрах внешнего состояния сооружений хранилища и прилегающей к ним территории.

При осмотрах особое внимание обращается на:

- насыщение низового откоса фильтрационной или поверхностной водой, появление мокрых пятен и выходов воды, свидетельствующих о выклинивании депрессионной кривой на откос;
- появление новых и развитие существующих сосредоточенных очагов фильтрации воды с выносом или без выноса грунта из основания у подошвы ограждающих сооружений;
- наличие местных деформаций на откосах и гребне ограждающих дамб и плотин, а также пляже намыва в виде осыпей, оползней, оплывин, просадок, выпоров, провальных воронок, продольных и поперечных трещин;
- наличие пучения или выпора грунтов на примыкающей к хранилищу территории; состояние дренажных, водосбросных и водоотводящих устройств;
- наличие промоин и других повреждений от действия атмосферных (ливневых и

- талых) вод, ледяного и снегового покрова, а также от размыва потоком пульпы;
- появление наледей у подошвы низового откоса, на дренажных и водоотводящих устройствах; состояние контрольно-измерительной аппаратуры.

Обнаруженные при осмотрах дефекты заносятся в журнал визуальных наблюдений, наносятся на план хранилища, нумеруются и привязываются к соответствующим ориентирам. На хранилище дефектные места обозначаются специальными вешками (сигнальными знаками), по которым они могут быть легко найдены.

В случае необходимости на участках, где имеются значительные дефекты, организуются соответствующие инструментальные наблюдения с помощью контрольно-измерительной аппаратуры.

С появлением на гребне и откосах ограждающих сооружений трещин возникает опасность оползания откоса или образования сосредоточенной фильтрации, сопровождающейся размывом грунта. Обнаруженные трещины фиксируются в журнале визуальных наблюдений, где отмечается их направление (продольная, поперечная, косая) и размеры (длина, ширина и глубина распространения). Наблюдения за дальнейшим развитием трещин проводятся с помощью временных марок в виде обрезков арматуры или труб, устанавливаемых по концам и с боков трещины.

Наблюдения за дренажными, водосбросными и водоотводящими устройствами заключаются в поддержании их в нормальном состоянии, обеспечивающем достаточную пропускную способность и надежность в работе в процессе эксплуатации и консервации хранилища. Эти сооружения следует периодически очищать от заиливания грунтом и засорения посторонними предметами, восстанавливать поврежденные крепления откосов, расстроенные стыки, швы и т.п.

Кроме вышеперечисленных текущих наблюдений, 2 - 3 раза в год производятся более тщательные и детальные обследования всех сооружений хранилища специальной комиссией, в состав которой обязательно должны входить представители дирекции комбината или обогатительной фабрики. Во время этих обследований проверяется общее состояние сооружений с привлечением результатов измерений по контрольно-измерительной аппаратуре и устанавливается необходимость в проведении ремонтно-восстановительных мероприятий.

6. РАЗМЕЩЕНИЕ КИА

Количество КИА и ее размещение зависят от класса капитальности хранилища, его конструкции, наличия тех или иных дренажных и противофильтрационных устройств в теле и основании, инженерно- геологических и гидрогеологических условий основания, методов возведения и особенностей эксплуатации.

Для размещения КИА оборудуют наблюдательные створы, которые располагаются непосредственно на хранилище и на прилегающей территории. Направление створов выбирается так, чтобы оно совпадало с возможным направлением движения фильтрационного потока из хранилища через ограждающие дамбы и в основании.

На хранилищах равнинного типа, имеющих значительную протяженность ограждающих дамб, наблюдательные створы рекомендуется размещать через 200 - 300 м. При наличии в основании слабopочных грунтов (илы, лёссы, торф) расстояние между створами сокращается до 100 - 150 м. На хранилищах овражно- балочного типа с ограждающими плотинами сравнительно небольшой длины принимается минимальное

количество створов - три. В процессе эксплуатации хранилищам участкам, на которых наблюдаются значительные и неравномерные деформации или усиленная фильтрация, сопровождаемая суффозионными процессами, устанавливаются дополнительные створы.

Основные наблюдательные створы устраиваются совмещенными, т.е. оборудуются всеми видами необходимой КИА. В дополнительных створах устанавливаются только те приборы, которые необходимы на данном участке, например пьезометры, если имеются нарушения фильтрационного режима, или марки, если наблюдаются аномальные явления в ходе деформаций.

По соображениям условий производства работ, связанных с бурением скважин и удобства проведения наблюдений целесообразно КИА размещать на гребне и бермах низового откоса ограждающих сооружений хранилища. Выводы кабелей и труб от закладных приборов (датчиков порового давления, термодатчиков) и регистрирующую аппаратуру также следует размещать в местах, удобных для производства замеров, используя для этой цели бермы и другие горизонтальные площадки.

Если в теле и основании ограждающей дамбы или плотины выполнены дренажные или противофильтрационные устройства (экран, ядро, завеса и т.д.), то пьезометры в поперечном профиле сооружения располагаются таким образом, чтобы можно было в полной мере оценить эффективность этих устройств.

Для проведения стационарных наблюдений за режимом подземных вод в районе строительства хранилища создается режимная наблюдательная сеть. Режимная сеть основывается на базе имеющихся разведочных скважин (с максимальным их использованием) и в процессе эксплуатации хранилища дополняется пьезометрами. Если в основании хранилища имеется несколько водоносных горизонтов, то наблюдательные скважины устанавливаются в каждом водопроницаемом слое. В этом случае устраиваются «кусты» скважины или применяются совмещенные пьезометры.

Количество марок в наблюдательном створе зависит от высоты хранилища, его конструкции и состояния основания. На ограждающих дамбах и плотинах наливных хранилищ количество поверхностных марок в поперечном профиле составляет 3 - 5 шт. На хранилищах, возводимых намывом с постоянным наращиванием, поверхностные марки рекомендуется устанавливать через 10 - 15 м по высоте после намыва очередного яруса. Глубинные марки следует располагать на участках с максимальной высотой сооружения при наличии в основании слабо прочных грунтов значительной мощности. Они устанавливаются реже, чем поверхностные марки, и количество их в поперечном профиле может составлять 2 - 3.

Примерное размещение КИА на ограждающих дамбах и плотинах различных типов хранилищ показано на рис. 13-15.

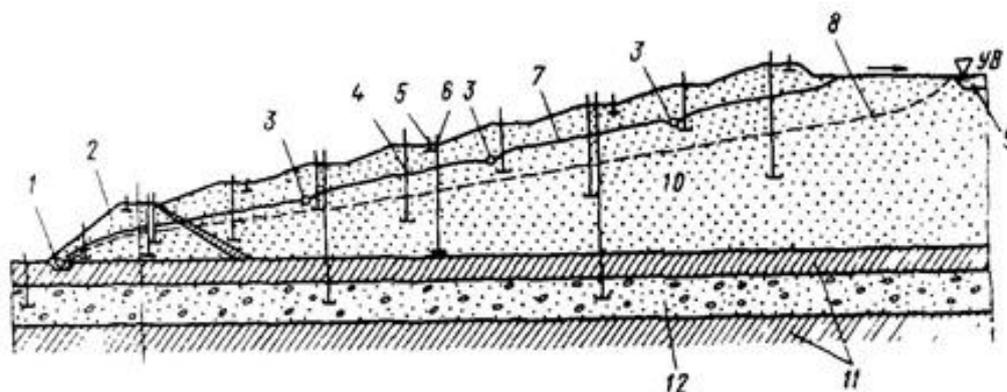


Рис. 13. Размещение КИА на шламохранилище намывного типа

1 - трубчатый дренаж; 2 - пионерная дамба; 3 - ярусные дренажи; 4 - пьезометр; 5 - поверхностная марка; 6 - глубинная марка; 7 - депрессионная кривая во время намыва; 8 - то же, после намыва; 9 - прудок; 10 - отложения шламов; 11 - непроницаемые грунты; 12 - проницаемые грунты

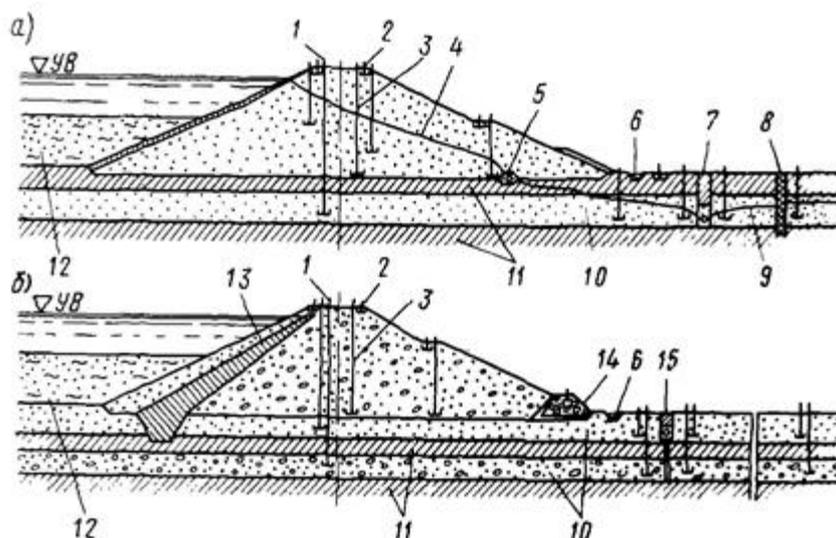


Рис. 14. Размещение КИА в теле и основании ограждающих дамб

а - однородная дамба; б - дамба с грунтовым экраном; 1 - пьезометр; 2 - поверхностная марка; 3 - глубинная марка; 4 - депрессионная кривая; 5 - трубчатый дренаж; 6 - дренажная канава; 7 - горизонтальный дренаж; 8 - завеса; 9 - уровень грунтовых вод; 10 - проницаемые грунты; 11 - непроницаемые грунты; 12 - отложения шлама; 13 - экран; 14 - дренажная призма; 15 - комбинированный дренаж

7. ПРОИЗВОДСТВО РЕМОНТНЫХ РАБОТ

При появлении каких-либо повреждений ограждающих сооружений хранилища производятся необходимые ремонтно-восстановительные работы. В зависимости от характера повреждений ремонт может быть текущим и капитальным

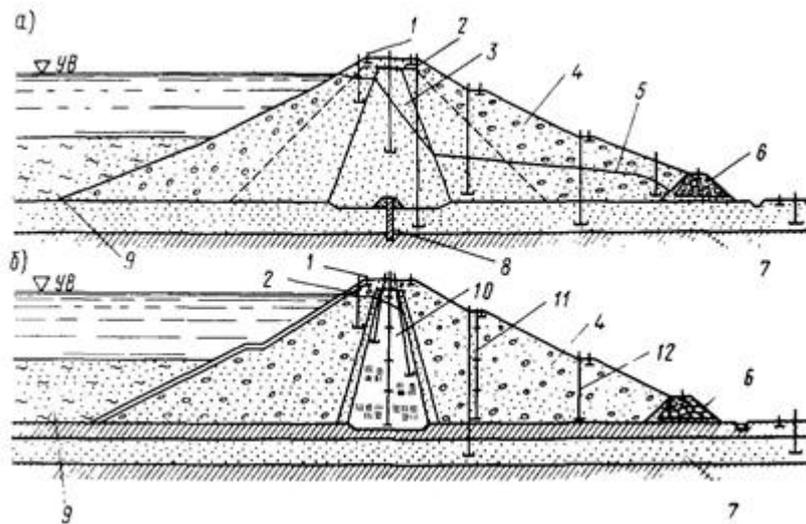


Рис. 15. Размещение КИА в теле и основании ограждающих плотин с ядром

а - намывная плотина; *б* - насыпная плотина; 1 - поверхностная марка; 2 - пьезометр; 3 - мелкопесчаное ядро; 4 - боковая призма; 5 - депрессионная кривая; 6 - дренажная призма; 7 - проницаемый слой; 8 - противофильтрационная завеса; 9 - отложение шлама; 10 - ядро из связных грунтов; 11 - глубинная многоярусная марка; 12 - глубинная марка

К текущему ремонту относятся работы, которые охватывают небольшие объемы исправлений и не требуют сложных технических мероприятий или конструктивных изменений. К ним относятся: заделка неглубоких трещин и промоин, исправление оплываний откосов, каптаж выходов фильтрационной воды на поверхность и т.п.

Для немедленного устранения такого рода повреждений, в том числе и ликвидации повреждений аварийного характера на хранилище в легко доступном месте должен постоянно находиться достаточный запас строительных материалов и инструментов (бревен, досок, камня, мешков с песком, канатов, веревок, лопат, топоров, багров и т.п.).

Ремонтные мероприятия, осуществляемые силами эксплуатационного персонала хранилища:

а) места небольших просадок поверхности дамб и плотин засыпаются грунтом, из которого состоит сооружение;

б) при выходе фильтрационной воды на откос в виде струй в месте выхода устраиваются неглубокие траншеи, которые заполняются дренирующим материалом различной крупности;

в) места выхода фильтрационной воды (грифонов, свищей, ключей) в основании и берегах засыпаются песчаным материалом с последующей пригрузкой его гравием или щебнем;

г) при оплывании откоса под действием фильтрационных вод устраивается фильтрующая пригрузка из 2 - 3

слоев дренирующих материалов, подобранных по принципу обратного фильтра, толщиной 0,4 - 0,6 м; д) места размыва низового откоса ливневыми водами укрепляются отсыпкой каменного материала;

е) участки разрушенного волнами крепления верхового откоса дамб и плотин засыпаются крупным камнем; если разрушением затронуто тело сооружения, то

предварительно отсыпается подготовка из гравия или щебня;

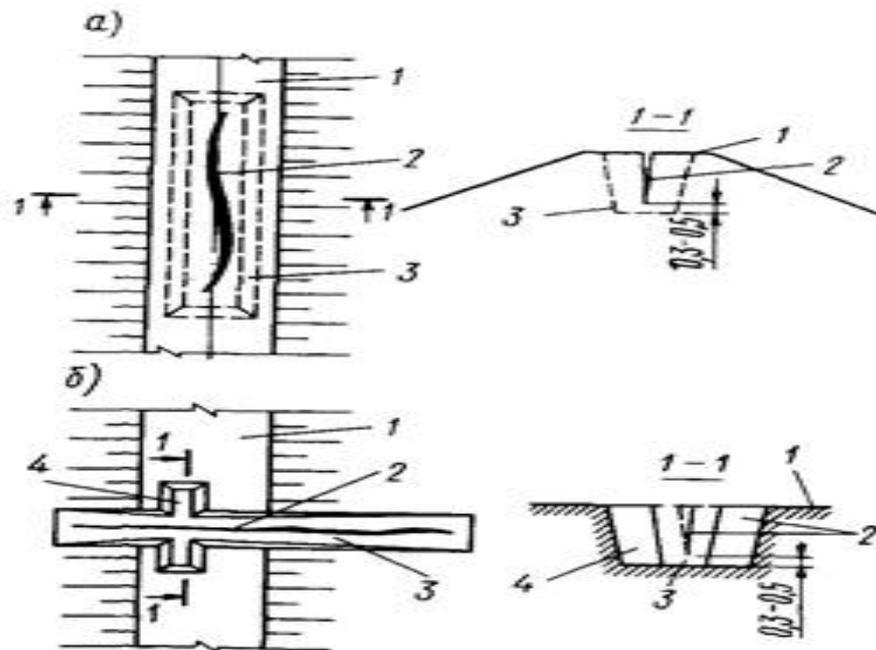


Рис. 16. Схемы заделки трещин в разрезе

a - продольной; *б* - поперечной; 1 - гребень ограждающей дамбы; 2 - трещина; 3 - траншея; 4 - замок

ж) сквозные промоины и воронки размыва на пляже намыва и верховом откосе заделываются мешками с грунтом с последующем наложением пластыря из брезента или полиэтиленовой пленки с защитной песчаной пригрузкой.

Трещины, образующиеся на поверхности дамб и плотин, подлежат заделке в возможно короткие сроки. Продольные и поперечные трещины заделываются путем устройства траншей вдоль оси трещины на 0,3-0,5 м ниже ее глубины. Траншея выполняется трапециевидальной формы и заполняется тем же грунтом, из которого состоит сооружение, слоями не более 0,15 м с тщательным трамбованием.

В случае выполнения работ при отрицательной температуре воздуха заполнение траншеи производится обязательно талым грунтом. Не следует допускать промерзания уложенного грунта перед отсыпкой последующего слоя. Заделка трещин производится при пониженном уровне воды в прудке, чтобы фильтрационная вода не попадала в траншею.

Если указанные мероприятия не приведут к должному эффекту и вновь будут образовываться выходы фильтрационной воды с большими расходами, глубокие промоины и размывы, а также оползания значительных масс грунта, которые могут быть причиной нарушения надежности сооружения, необходимо провести специальные ремонтно-восстановительные мероприятия. Для выяснения причин этих нарушений и разработки ремонтных мероприятий привлекаются специалисты проектных и научно-исследовательских организаций.

К капитальному ремонту относятся работы, в процессе которых производится восстановление частично нарушенных или замена вышедших из строя конструктивных элементов сооружения. К ним также относится устройство новых элементов,

улучшающих эксплуатационные качества сооружения, необходимость в которых возникла в процессе эксплуатации хранилища. Такими элементами являются дренажи (горизонтальные и вертикальные), противотрационные устройства (экраны, ядра, завесы), водосбросные и водоотводящие устройства (колодцы, коллекторы и т.д.).

Капитальный ремонт сооружений выполняется в соответствии с проектом, в котором разрабатываются способы производства ремонтных работ, намечаются сроки, указываются необходимые материалы и стоимость ремонта. Для составления проекта привлекаются специализированные проектные и научно-исследовательские организации. Выполнение капитального ремонта производится специализированными ремонтно-строительными организациями.

График проведения текущего ремонта составляется по результатам визуальных наблюдений за состоянием хранилища. План капитального ремонта составляется на основании результатов общих и внеочередных осмотров сооружений и данных наблюдений по КИА.

8. КОНСЕРВАЦИЯ ХРАНИЛИЩ ПОСЛЕ ИХ ЗАПОЛНЕНИЯ

Под консервацией намытого или отсыпанного хранилища следует понимать прекращение складирования хвостов - отходов обогащения руды и сохранение его массива в безаварийном состоянии, исключающем загрязнение окружающей среды в течение неопределенного срока, с использованием территории хранилища для сельского хозяйства или других народнохозяйственных целей. Прекращение складирования хвостов, как правило, наступает: после заполнения его до проектного объема или выработки рудного тела.

Целью консервации является возвращение территории, временно отведенной под хранилище, для дальнейшего постоянного использования ее в различных целях.

В рабочем проекте хранилища должны быть разработаны мероприятия по его консервации и приведены необходимые конструктивные решения, связанные с консервацией.

В пояснительной записке к рабочему проекту хранилища должны быть освещены все необходимые предложения по консервации, рекультивации, благоустройству и использованию в народнохозяйственных целях территории хранилища и прилегающих к нему земель, временно отчужденных под хранилища.

Рабочим проектом устанавливается характер консервации: временная, частичная или полная консервация хранилища на неопределенный срок, когда известно, что в дальнейшем это хранилище эксплуатироваться не будет.

Временная или частичная консервация хранилища осуществляется в случаях, когда:

- предполагается переработка хвостов этого хранилища с целью дополнительного извлечения руды, ранее не обогащавшихся руд или редких элементов с использованием новой технологии их обогащения;
- консервируемое хранилище сразу же или в ближайшие годы будет использовано в качестве временного постоянного отстойного пруда для осветления воды, идущей в оборотное водоснабжение.

В консервацию входит:

- приведение низовых (внешних) откосов ограждающих дамб в состояние, обеспечивающее постоянную их устойчивость после консервации;
- проведение мероприятий, предупреждающих пыление пляжа намыва, низовых откосов ограждающих дамб: покрытие их дерном, слоем щебня, гравия,

битумизированным слоем, укрепление посевом трав или защита другими способами, снижающими или исключаящими пыление откосов и гребня дамбы;

- в отдельных случаях проведение нейтрализации или промывание с целью удаления вредных для окружающей среды флорореагентов, адсорбированных на хвостах;
- прогнозирование изменения депрессионной кривой в ограждающих дамбах консервируемого хранилища с целью применения мероприятий, обеспечивающих статическую, фильтрационную и динамическую устойчивость ограждающих дамб после консервации хранилища;
- восстановление и расчистка водосбросных нагорных канав и канав, отводящих атмосферные ливневые воды, поступающие в хранилище с окружающей водосбросной площади, приведение их в состояние, обеспечивающее нормальную безаварийную эксплуатацию хранилища после его консервации;
- обеспечение пропуска весенних талых и ливневых вод, если они поступали в него во время эксплуатации хранилища (устройство ливнестоков, предохраняющих поверхность хранилища от эрозии);
- переключение дренажа на самотечный сброс дренажных вод без станции перекачки; демонтаж оборотного водоснабжения обогатительной фабрики;
- тампонирование излишних (которые не будут работать) водосбросных колодцев и коллекторов с целью снижения или полного исключения возможных аварий законсервированного хранилища;
- ремонт действующих и оставляемых водосбросных коллекторов и обеспечение нормальной их эксплуатации после консервации;
- осуществление постоянного контроля за состоянием законсервированного хранилища, в том числе по сохранившейся контрольно-измерительной аппаратуре, ответственным лицом, назначаемым по приказу в соответствии со специально составленной инструкцией;
- перекачивание трудно консолидируемых жидких отходов в специальный пруд-отстойник или в новое хранилище;
- осушение прудковой зоны с использованием дренажа и засыпки ее крупнозернистыми хвостами (отходами обогащения), забираемыми с гребня ограждающей дамбы, для чего необходимо в последние годы эксплуатации хранилища производить накапливание крупнозернистых хвостов на пляже намыва сокращением длины гребня дамбы максимальным смещением его в сторону прудка;
- обязательное проведение максимального обезвоживания прудковой зоны и ограждающих дамб, особенно в сейсмических районах хранилищ, расположенных над или вблизи жилых поселков с целью предупреждения разрушений хранилища при землетрясениях;
- подсыпка растительного грунта и планировка его на прудковой зоне в соответствии с характером использования консервируемого хранилища;
- разработка мероприятий по консервации с учетом характера расположения и вида хранилища (равнинное, овражное, косогорное и т.д.), расположения хранилища относительно поселка, города, жилых застроек, а также климатических условий;
- установление и закрепление законодательно организации, отвечающей за

состояние и дальнейшую эксплуатацию законсервированного хранилища, а также за выполнение мер по сохранению консервации.

- При разработке проекта консервации хранилища необходимо проводить расчеты по ее экономической эффективности: за счет сохранения окружающей среды - защиты воздуха от пыления с намытого пляжа, гребня и низовых откосов, защиты грунтовых вод и загрязнений хвостами окружающей территории от эрозии низовых откосов, а также за счет экономии от использования возвращаемой территории законсервированного хранилища полностью окупленной горно-обогатительным комбинатом в процессе эксплуатации хранилища, за вычетом стоимости работ по консервации хранилища.

Литература:

1. Рекомендаций по проектированию и строительству шламонакопителей и хвостохранилищ металлургической промышленности. ВНИИ ВОДГЕО Москва 1986 г.

ДЛЯ ЗАМЕТОК:

1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.
9.
10.
11.