РАО «ЕЭС РОССИИ»

Открытое акционерное общество
“ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ имени Б.Е.ВЕДЕНЕЕВА”

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБСЛЕДОВАНИЙ НА ГРУНТОВЫХ ПЛОТИНАХ

П 72 – 2000
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2000

gost.e-ecolog.ru

РАО «ЕЭС РОССИИ»

Открытое акционерное общество
"ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ имени Б.Е.ВЕДЕНЕЕВА"

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБСЛЕДОВАНИЙ НА ГРУНТОВЫХ ПЛОТИНАХ

П 72 – 2000
ВНИИГ

Санкт-Петербург
2000

УДК 626/627.03.001.5+627.824.2/3

В работе даны методические рекомендации по организации и проведению визуальных натурных наблюдений и обследований на эксплуатируемых грунтовых плотинах, по обработке и оценке полученных результатов. Дается подробное описание методики и техники по отдельным видам наблюдений.

Рекомендации предназначены для инженерно-технического и другого эксплуатационного персонала, научных работников, осуществляющих контроль за работой и состоянием гидротехнических сооружений.

© ОАО "ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева", 2000

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Имеющиеся в настоящее время различные публикации и документы по визуальным натурным наблюдениям за гидротехническими сооружениями регламентируют главным образом общие принципы организации и проведения наблюдений [1-10]. В этих материалах практически отсутствуют предназначенные для эксплуатационного персонала подробные методические рекомендации по технике проведения наблюдений, а также интерпретации и оценке их результатов.

В настоящих Рекомендациях значительное место отведено методике и технике визуальных наблюдений и обследований грунтовых плотин. Рекомендации содержат материалы, посвященные значению визуальных наблюдений и обследований в общем комплексе эксплуатационного контроля за надежностью и безопасностью гидротехнических сооружений, объектам, составу и организации наблюдений; методике и технике выполнения наблюдений за основными конструктивными элементами плотины и теми процессами, которые выявляются в период ее эксплуатации; обработке, представлению и оценке результатов наблюдений и обследований. Основные положения и рекомендации, содержащиеся в работе, иллюстрированы рисунками, схемами, графиками, таблицами.

Рекомендации разработаны в ОАО "ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева" канд. техн. наук В.С.Кузнецовым.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### Назначение Рекомендаций

**1.1.** Настоящие Рекомендации следует использовать при проведении натурных наблюдений за работой и состоянием грунтовых плотин, дамб, золоотвалов в период их эксплуатации.

**1.2.** Рекомендации распространяются на грунтовые плотины всех классов, входящие в состав энергетических и комплексных гидроузлов.

**1.3.** Рекомендации содержат указания по объемам, составу, организации, подготовке, методике и технике проведения визуальных наблюдений и обследований на эксплуатируемых грунтовых сооружениях, обработке и оценке их результатов.

**1.4.** Рекомендации разработаны с целью установления единого методического подхода к проведению визуальных наблюдений и обследований на действующих гидротехнических сооружениях.

### Визуальные наблюдения и обследования, их значение в контроле состояния плотин

**1.5.** В соответствии с требованиями СНиП 2.06.05-84 и "Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей" (ПТЭ) на плотинах всех классов капитальности, помимо инструментальных натурных наблюдений, должны выполняться также визуальные наблюдения и обследования.


| Внесены ОАО «ВНИИГ им.Б.Е.Веденеева» | Утверждены РАО «ЕЭС России» Письмо № 02-1-03-4/631 от 03.07.98 | Срок введения в действие III кв. 2000 г. |
|---|---|---|

**1.6.** Визуальные наблюдения - это такие натурные наблюдения, которые проводятся путем общих систематических осмотров плотины, ее основных конструктивных элементов и прилегающей к плотине территории с целью оценки их состояния, выявления дефектов и неблагоприятных процессов, снижающих эксплуатационную надежность сооружения, определения вида и объемов ремонтных работ.

**1.7.** Обследования - это сочетание визуальных наблюдений с простейшими опытами и измерениями на сооружении, выполняемыми в целях не только констатации, но и выяснения возможных причин или характера проявления тех или иных зарегистрированных дефектов и процессов. Обследования проводятся специалистами-гидротехниками или комиссией из нескольких специалистов путем детальных осмотров сооружения, его элементов и территории с применением простейших измерительных приборов, приспособлений, органолептических и других методов распознания.

**1.8.** Визуальные наблюдения и обследования теснейшим образом взаимосвязаны, дополняют друг друга, составляют единый комплекс наблюдений за работой и состоянием грунтовой плотины, когда на ней отсутствует специальная контрольно-измерительная аппаратура. На плотинах, оснащенных КИА, роль визуальных наблюдений и обследований не снижается, так как в промежутках между наблюдательными створами, оснащенными измерительными приборами, только они могут дать информацию о поведении сооружения. Кроме того, ряд показателей и признаков неблагополучной работы плотины не фиксируется КИА и может быть зарегистрирован только визуальными наблюдениями (проявления выходов фильтрации, следы суффозионного выноса грунта из тела плотины, образование трещин и просадочных воронок и др.).

**1.9.** Визуальные наблюдения и обследования, кроме большого самостоятельного значения в контроле эксплуатационной надежности сооружения, существенным образом дополняют инструментальные наблюдения, выполняемые с помощью КИА. Результаты натурных визуальных наблюдений и обследований в равной мере с данными инструментальных измерений и в тесной увязке с ними должны использоваться при анализе и оценке состояния плотины.

## 2. ОБЪЕКТЫ И СОСТАВ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБСЛЕДОВАНИЙ НА ГРУНТОВЫХ ПЛОТИНАХ

### Объекты визуальных наблюдений и обследований

**2.1.** Основными объектами визуальных наблюдений и обследований на грунтовых плотинах должны быть: конструктивные элементы и основание, от состояния каждого из которых может зависеть надежность и безопасность сооружения; прилегающая к плотинам территория и берега; дефектные участки, проявившиеся еще до начала наблюдений, и отдельные зоны плотины, вызывающие опасения.

**2.2.** В число объектов визуальных наблюдений и обследований на грунтовых плотинах включаются:

гребень и бермы плотины;

верховой и низовой откосы;

экраны и волновые крепления верхового откоса;

крепления, системы сбора и отвода поверхностных вод на низовом откосе;

зоны примыкания плотины к встроенным бетонным сооружениям (устоям открытых водосбросов, трубам водоспусков, туннелям и т.п.);

зоны примыкания плотины к берегам и бортам каньона;

дренажные устройства тела плотины (каменные банкеты, наслонные призмы, трубчатые дренажи и колодцы, дренажные канавы, водовыпуски дренажей и др.);

участки береговых склонов и поймы, прилегающие к низовому откосу;

берега и прибрежная зона водохранилища;

стенки, своды и днища потерн и галерей, устроенных в теле плотины или на контакте с основанием;

водоемы, существовавшие до постройки плотины или образовавшиеся после наполнения водохранилища, расположенные вблизи сооружения (прудки, озерца, ручьи, ключи, грифоны и др.);

зоны подмыва плотины или берегов в нижнем бьефе;

старые карьеры грунтов в районе плотины;

ледовые образования и майны в верхнем и нижнем бьефах;

лесокустарниковая и травяная растительность на плотине, береговых склонах и в пойме;

контрольно-измерительная аппаратура, расположенная на плотине;

зоны дефектов и неблагоприятных явлений.

### Состав визуальных наблюдений и обследований

**2.3.** Состав натурных визуальных наблюдений и обследований должен назначаться с учетом класса плотины [1], ее конструктивных особенностей, природно-климатических и технологических условий, требований эксплуатации, наличия и характера дефектов и неблагоприятных проявлений в сооружении.

**2.4.** В общем случае визуальные наблюдения и обследования на грунтовых плотинах должны включать следующее:

выявление и оценку выходов фильтрации через плотину, основание, берега, сопряжения, швы и др.;

регистрацию и оценку фильтрационно-суффозионных выносов грунта из плотины, основания, береговых и пойменных массивов, примыкающих к плотине;

контроль за работой и состоянием дренажей плотины, водоотводящих выпусков, канав и кюветов;

контроль за мутностью воды, профильтровавшейся через плотину или основание;

фиксирование мест заболачивания территории, примыкающей к подошве низового откоса плотины;

выявление и оценку местных деформаций откосов, гребня и берм плотины, а также береговых склонов в примыканиях;

выявление, регистрацию и оценку развития всевозможных трещин на гребне, откосах и бермах;

контроль состояния креплений верхового и низового откосов, крепления берегов (если таковые имеются);

наблюдения за эрозией берегов водохранилища;

наблюдения за образованием "продухов", наледей на низовом откосе и прилегающей территории, за ледовым и температурным режимом водоемов, образовавшихся у плотины, за льдообразованием в пустотах материала низовой призмы;

выявление признаков морозного выветривания материалов тела плотины;

наблюдения за размывами и подмывами плотины и берегов со стороны нижнего бьефа;

контроль за изменением во времени геометрического профиля плотины, включая его подводные части;

наблюдения за развитием древесно-кустарниковой растительности, травяного покрова и поведением землеройных животных на плотине.

**2.5.** В дополнение к представленному перечню визуальных наблюдений и обследований в их состав могут быть включены также общие наблюдения за состоянием гидромеханического оборудования (затворы, краны, лебедки и т.п.) и негрунтовых конструкций (подпорные стенки, устои и др.), расположенных в плотине, повреждения которых могут прямым образом отразиться на ее надежности.

**2.6.** Систематические визуальные обследования, как правило, дополняются предпаводковыми и послепаводковыми обследованиями сооружений, а также внеочередными обследованиями, выполняемыми после землетрясений, ураганов, штормов и других экстремальных событий, включая повреждения и отказы [2].

## 3. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПОДГОТОВКА ВИЗУАЛЬНЫХ НАТУРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБСЛЕДОВАНИЙ

**3.1.** В число основных мероприятий по организации и подготовке систематических визуальных натурных наблюдений и обследований на сооружении рекомендуется включать следующие.

3.1.1. Подбор и подготовка технического персонала наблюдателей. В число наблюдателей желательно включать техников или инженеров-гидротехников. До начала наблюдений персонал следует детальным образом ознакомить с особенностями проекта сооружения, технологией его строительства, основными показателями его качества, "узкими" местами и дефектами, отмеченными в строительный период и при постановке плотины под напор, сооружениями и особенностями их работы в натурных условиях. Затем выполняется проверка знаний персонала наблюдателей основных положений настоящих рекомендаций, других нормативно-методических документов и инструкций. Перед проведением систематических визуальных наблюдений наблюдателям целесообразно выполнить несколько тренировочных осмотров сооружения с помощью руководителя-специалиста.

3.1.2. Составление технического "досье" контролируемого сооружения.

В "досье" отражаются все основные неблагоприятные факторы природного и техногенного характера, способные нарушить нормальную работу сооружения, а также серьезные отклонения от проекта, повреждения и дефекты, имевшие место как при строительстве, так и проявившиеся позднее. В "досье" сооружения рекомендуется включать следующее: наличие в основании слабых или фильтрующих прослоек грунта, тектонических разломов, трещин; места и характер непроектного сопряжения сооружения

с основанием; все случаи грубых нарушений технологии укладки и уплотнения грунтов в противофильтрационные элементы и тело плотины с указанием точного местоположения дефектных участков и, по возможности, количественных и качественных характеристик; сведения об оползаниях откосов, образовании трещин, наледей, суффозионных выносов грунта, просадочных воронок, о проявлениях опасных тенденций в работе сооружения и т.п.; сведения о выполненных ремонтно-восстановительных мероприятиях по ликвидации повреждений и дефектов, их эффективности и др.

"Досье" сооружения рекомендуется составлять в табличной форме (табл.3.1). Сведения, занесенные в "досье", должны использоваться, в основном, для установления причин возникновения тех неблагоприятных для сооружения явлений, которые могут быть зарегистрированы визуальными наблюдениями и обследованиями.

3.1.3. Подготовка рабочей документации.

В составе документации наблюдателя должны быть разработанные маршрутные схемы обхода сооружения и отдельных его элементов, которые бы обеспечивали полный их осмотр. Для этого сооружение и подлежащая контролю прилегающая территория разбиваются условно на участки осмотра и маркируются [8]. Границы участков осмотра на поверхности сооружения целесообразно устанавливать по характерным конструктивным элементам с привязкой к пикетам, бермам, гребню, берегам (рис.3.1-3.2).

Для удобства и наглядности отображения результатов контрольных визуальных наблюдений на каждое сооружение должна быть заранее составлена масштабная карта-развертка поверхностей (план-схема), на которую в последующем наносятся условными обозначениями повреждения и неблагоприятные явления (пример карты-развертки приведен на рис. 3.3, а условные обозначения - в табл.3.2). Карты-развертки строятся в координатах "пикеты-отметки". На отдельные участки и фрагменты сооружения, имеющие серьезные дефекты или неблагоприятные явления, рекомендуется составлять фрагментарные карты-развертки в увеличенном масштабе (рис. 3.4). На наиболее крупные и опасные повреждения сооружения рекомендуется завести специальные контрольные листы (Приложение 1), в которых должен отображаться весь процесс проявления, развития и подавления техническими мероприятиями этого повреждения [8].

В качестве основного рабочего документа наблюдателя должен использоваться журнал визуальных наблюдений (Приложение 2), состоящий из титульного листа и набора заполняемых форм, брошюруемых в специальную папку-скоросшиватель. Для отдельных сооружений или их фрагментов в журнале отводится несколько страниц (форм).

*Таблица 3.1*

## Техническое досье плотины

_____
(наименование плотины)

| Наименование неблагоприятных факторов, тенденций и дефектов | Местоположение, дата первоначального проявления | Краткая характеристика неблагоприятных факторов, тенденций, дефектов | Мероприятия по устранению неблагоприятных факторов, тенденций и дефектов, их эффективность | Современная оценка влияния неблагоприятных факторов, тенденций и дефектов на работу сооружения |
|---|---|---|---|---|
| I. Природные факторы: (тектонические разломы, трещины, слабые прослойки грунта) | | | | |
| II. Проектные, строительные, технологические факторы: (отступления от проекта, недоуплотнение грунта, "захороненный" лед, оползания откосов и т.п.) | | | | |
| III. Эксплуатационные факторы: (просадки, суффозия, сосредоточенная фильтрация, трещины, оползни, повреждения креплений, засорение дренажей и т.п.) | | | | |
| IV. Факторы экстремальных воздействий: (деформации, трещины, фильтрация, разрушения и т.п., обусловленные землетрясениями, штормами, непрогнозируемыми паводками) | | | | |

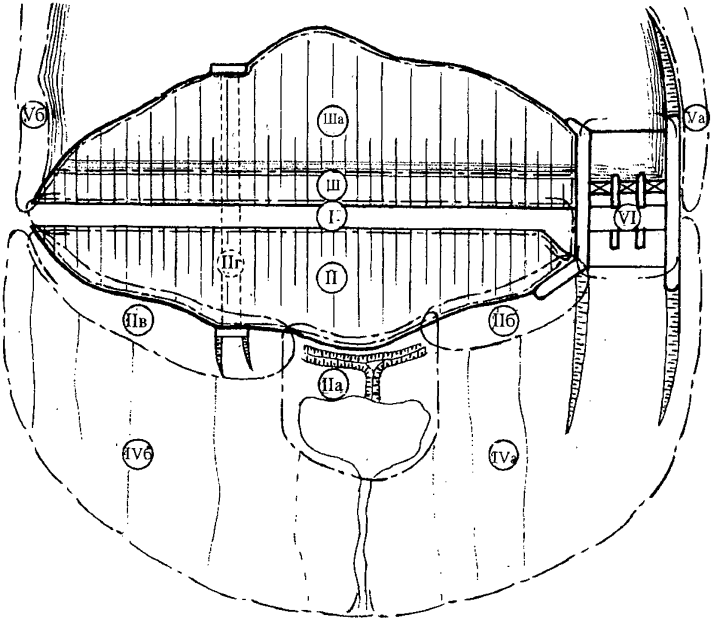



Рис.3.1. Пример разбивки участков визуальных наблюдений на плотине

I, II, III и т.д. - участки визуальных наблюдений.

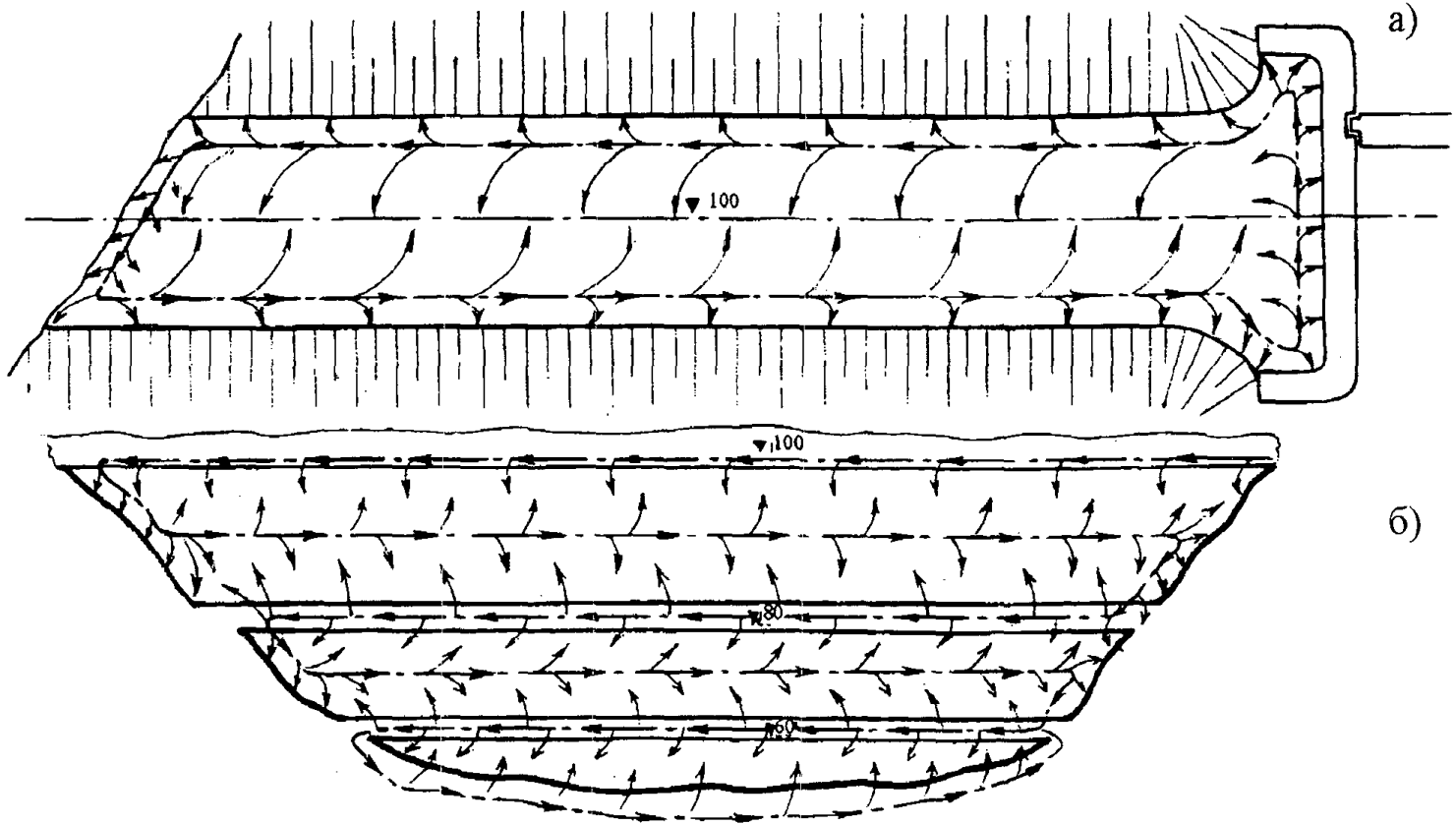



Рис.3.2. Пример маршрутных схем осмотров плотины: гребня (*а*), низового откоса и берм (*б*).

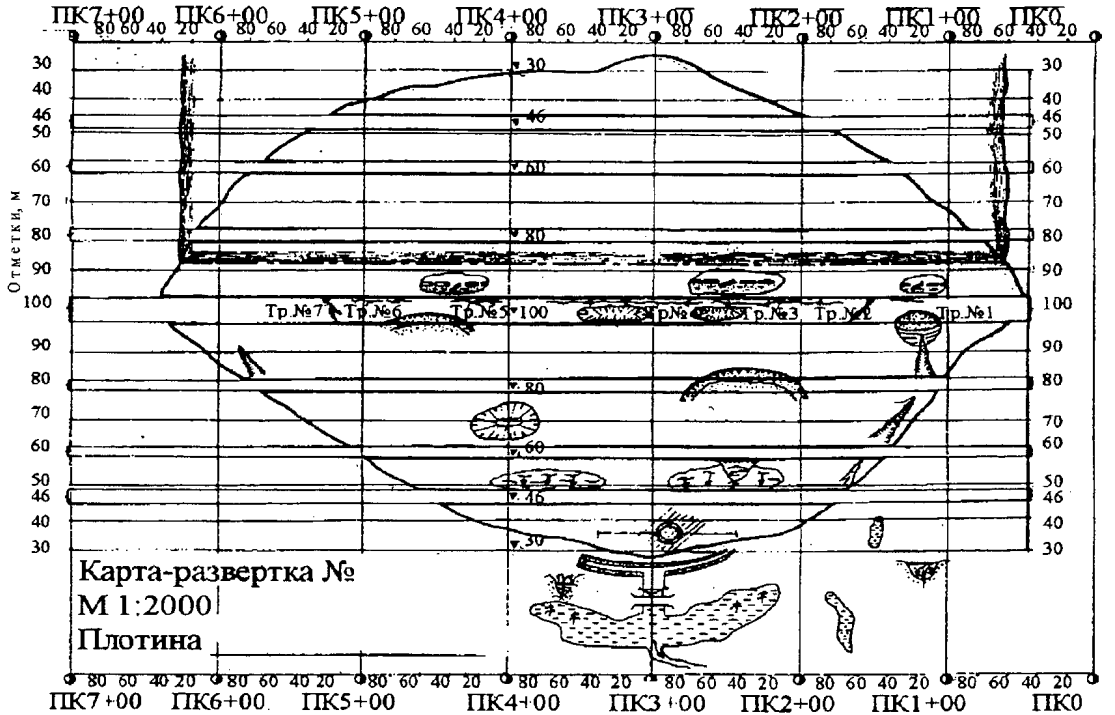



Рис.3.3. Масштабная карта-развертка грунтовой плотины

(Условные обозначения см. в табл.3.2).

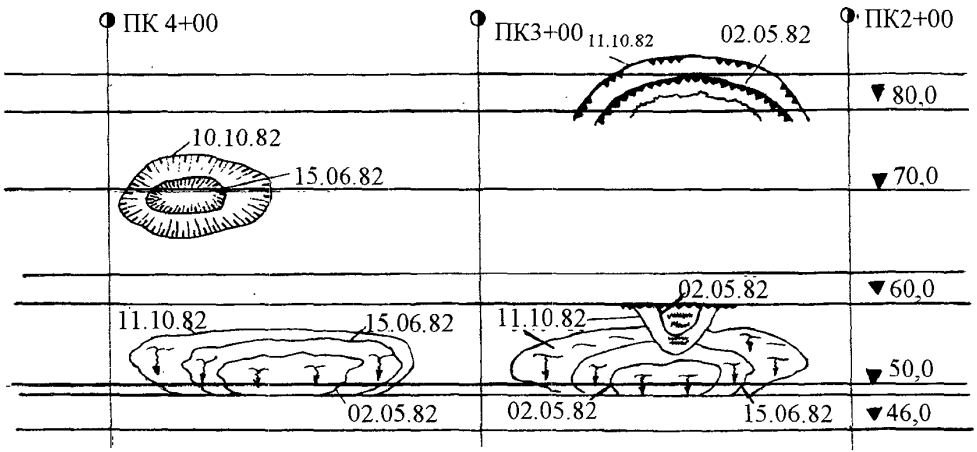
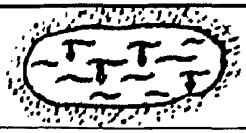
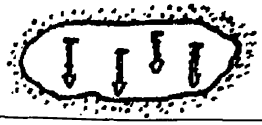
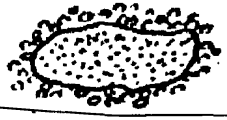
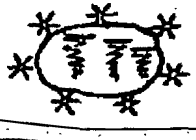
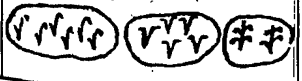



Рис.3.4. Пример карты-развертки фрагмента плотины (низовой откос с бермами)

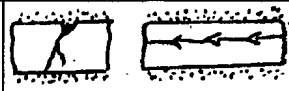
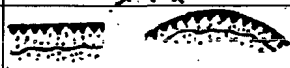
(Условные обозначения см. в табл.3.2).

*Таблица 3.2*

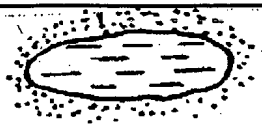
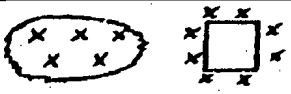
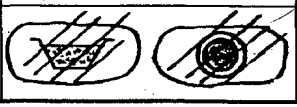
**Условные обозначения проявлений**

| №№ п/п | Условное изображение | Буквенное обозначение | Наименование |
|---|---|---|---|
| 1 |  | Пвф. | Высачивание на поверхность фильтрующейся воды (мокрые пятна) |
| 2 |  | Стф. | Струйная фильтрация |
| 3 |  | Впт. | Сплошной поток воды |
| 4 |  | Дкр. | Повреждения крепления напорного откоса |
| 5 |  | Пкр. | Повреждения (отсутствие) крепления сухого откоса |
| 6 |  | Бл. | Заболоченная территория |
| 7 |  | Лд. | Наледи: лед прозрачный; лед имеет включения грунта |
| 8 |  | Пар. | "Продухи" в снежном покрове, парение |
| 9 |  | Рс. т,к,д | Зарастание поверхности: травой, кустарником, деревьями |

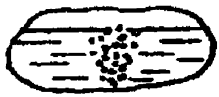
*Продолжение табл. 3.2*

| №№ п/п | Условное изображение | Буквенное обозначение | Наименование |
|---|---|---|---|
| 10 |  | Сн. | Снежный покров |
| 11 |  | Втр. | Признаки морозного выветривания камня |
| 12 |  | Прв. | Просадочная воронка на поверхности |
| 13 |  | Впг. | Выпор грунта |
| 14 |  | Мпг. | Морозное пучение грунта |
| 15 |  | Тр. | Трещины: поперечная и продольная |
| 16 |  | Про. | Промоина поверхностными водами |
| 17 |  | Ноп. | Наметившийся оползень на откосе (берегу) |
| 18 |  | Лоп. | Локальный оползень на откосе (склоне) |
| 19 |  | Сф. | Суффозионный вынос грунта |
| 20 |  | Гр. | Грифон, ключ |

*Продолжение табл. 3.2*

| №№ п/п | Условное изображение | Буквенное обозначение | Наименование |
|---|---|---|---|
| 21 |  | Оз. | Скопление воды в понижениях |
| 22 |  | Врс. | Водоросли в скоплениях воды, прудках |
| 23 |  | Мн. | Майны в ледовом покрове |
| 24 |  | Кр.б | Коррозия бетона (водно-морозная и т.п.) |
| 25 |  | Оар. | Обнажения арматуры |
| 26 |  | Вщб. | Выщелачивание бетона; место отбора продуктов выщелачивания |
| 27 |  | Пор.б. | Пористый бетон |
| 28 |  | Здр. | Зарастание дренажей |
| 29 |  | Лдр. | Замерзание дренажей |
| 30 |  | Гдр. | Засорение дренажей |

*Продолжение табл. 3.2*

| №№ п/п | Условное изображение | Буквенное обозначение | Наименование |
|---|---|---|---|
| 31 |  | Впз. | Выделение воздушных пузырей |
| 32. |  | Кпп. | "Кипение" песка |
| 33 |  | Пот. | Осыпание и оплывание (переувлажненного) откоса |
| 34 |  | Жв. | Звуки журчащей воды |
| 35 |  | Жив. | Землерои |

3.1.4. Обеспечение наблюдателей приборами, техническим инвентарем и оргтехникой.

Для проведения визуальных натурных наблюдений и обследований плотины целесообразно заблаговременно обеспечить подразделение наблюдателей техническим инвентарем, приборами и оргтехникой в составе: нивелир с набором геодезических реек; фотоаппарат широкоугольный со вспышкой; рулетка 20-метровая; отвес строительный; линейка масштабная; секундомер; мерные сосуды 1, 3, 5, 10 литров; колбы химические 1-3 л; электрическая плитка; аналитические весы; термометры ртутные ±50°С; готовальня чертежная; калькулятор; электрический фонарь; топор туристический; щуп стальной; лопата штыковая; ломик строительный; канцелярские товары (бумага, карандаши, резинки и т.п.); лыжи охотничьи; бинокль полевой и др.

Эксплуатационный персонал, выполняющий визуальные наблюдения, должен быть обеспечен удобной и практичной спецодеждой и автотранспортом.

## 4. МЕТОДИКА И ТЕХНИКА ПРОВЕДЕНИЯ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБСЛЕДОВАНИЙ

### 4.1. Основные положения.

При выполнении визуальных натурных наблюдений и обследований эксплуатируемого гидротехнического сооружения необходимо исходить из следующих основных принципиальных положений.

4.1.1. Визуальные наблюдения и обследования ответственных сооружений должны проводиться специалистами-гидротехниками, способными оценить степень опасности для сооружения того или иного отмеченного явления, процесса или повреждения.

4.1.2. Основными принципами методики и техники выполнения визуальных наблюдений и обследований следует считать: тщательность осмотров сооружения; систематичность наблюдений во времени; сравнимость результатов, полученных на различных (по времени) стадиях наблюдений и этапах работы сооружения.

Исходя из этого, разрабатываемые маршруты обхода сооружений должны обеспечивать полный их осмотр (вплоть до каждого кв. метра) и строго соблюдаться. Все повреждения или неблагоприятные явления, выявленные на сооружении, маркируются, фотографируются, заносятся в журнал наблюдений и отображаются на картах-развертках.

При благополучной работе сооружения рекомендуемая периодичность циклов его визуальных осмотров может быть принята один цикл в месяц. При развитии неблагоприятных (или не вполне распознанных) процессов наблюдения за ними должны быть более частыми, вплоть до ежедневных осмотров.

Сравнение результатов начального и последующих циклов визуальных наблюдений за тем или иным дефектом, явлением или процессом должно производиться регулярно путем сопоставления численных значений или качественных показателей контролируемых параметров, а также методом наложения чертежей, рисунков, схем, фотографий, полученных для одного и того же объекта при различных циклах, но в идентичных условиях съемки и масштабности. При этом основные построения, цифровые и качественные показатели рекомендуется наносить на карты-развертки сооружения или карты соответствующих его фрагментов.

4.1.3. Выявленные и зарегистрированные визуальным способом повреждения или неблагоприятные явления на сооружении следует по возможности детально обследовать в целях установления причин их возникновения. Обследования проводятся как непосредственно на сооружении (по-

становкой простейших опытов, регулярных измерений отдельных параметров, отбором и испытанием проб и т.п.), так и в камеральных условиях путем изучения "досье" сооружения, результатов инструментальных натурных наблюдений, проектной документации.

4.1.4. В местах наиболее крупных повреждений или неблагоприятных явлений (трещины, просадки, грифоны, суффозия и т.п.) при необходимости устанавливается контрольно-измерительная аппаратура для наблюдений за их развитием и оценки влияния на надежность сооружения.

4.1.5. Анализ результатов визуальных наблюдений и обследований сооружения должен выполняться, как правило, совместно и в одни и те же сроки с данными инструментальных натурных наблюдений. На основании этого анализа производится оценка состояния сооружений.

4.1.6. Техника визуальных наблюдений может предусматривать два основных приема их выполнения: либо наблюдения проводятся за отдельными элементами сооружения (гребень, бермы, откосы, крепления, сопряжения и т.д.), либо - за основными проявлениями, характеризующими работу и состояние сооружения, независимо от того, где эти проявления имеют место (фильтрация, деформации, трещинообразование, суффозионные явления и т.д.).

### 4.2. Визуальные наблюдения и обследования гребня (берм) грунтовой плотины.

4.2.1. При визуальных наблюдениях гребня (берм) грунтовой плотины обычно контролируются: появление и характер развития трещин различной направленности и происхождения; чрезмерные осадки и просадки гребня, в том числе в примыканиях плотины к бетонным сооружениям и крутым берегам; проявления морозного пучения грунта, если таковые могут иметь место; очаги формирования оползней откосов.

#### Наблюдения и обследования трещин

4.2.2. Практика наблюдений показывает, что трещины на гребне (бермах) грунтовых плотин образуются довольно часто [11-14]. Следует различать трещины продольного (вдоль оси плотины) и поперечного направлений. Причины образования тех и других трещин обусловлены, в основном, возникновением в грунте растягивающих или касательных напряжений, превышающих предел растяжимости или сопротивление сдвигу грунта как материала.

4.2.3. Продольные трещины, как правило, возникают в процессе первичного наполнения водохранилища, когда плотина подвергается замочке

водой, способствующей интенсивности ее осадки. Местоположение продольных трещин чаще всего приурочивается к низовой и верховой бровкам гребня и бермам (рис. 4.1 - 4.2). Протяженность их бывает весьма значительной - от нескольких до 100-200 и более метров. Раскрытие трещин может достигать иногда 5-10 см. На границах элементов плотины, сложенных разными по сжимаемости грунтами, продольные трещины могут иметь вертикальные ступени, свидетельствующие о разности осадок разделенных трещиной элементов (рис.4.3). Продольные трещины не представляют существенной опасности для плотины, если они не получают развития во времени после окончания наполнения водохранилища. Но, несмотря на это, контроль за ними необходимо выполнять до полной стабилизации раскрытия.

4.2.4. Поперечные трещины (перпендикулярные оси сооружения или проходящие под углом к ней) чаще возникают на береговых наклонных участках плотины и в местах, где она резко меняет свою высоту (например, над бортами руслового каньона, над уступами поверхности основания и т.п.). Трещины могут как полностью, так и частично пересекать гребень плотины. Их раскрытие зависит от напряженно-деформированного состояния сооружения на данных участках. При значительном раскрытии трещин (несколько сантиметров) глубина их проникновения в тело плотины может быть ниже отметок уровня воды в верхнем бьефе. В этих случаях трещины начинают фильтровать, что представляет очень серьезную опасность для грунтовой плотины. Поперечные трещины должны не только контролироваться, но и "лечиться" путем заделки их водоупорным материалом или перекрытия непроницаемой стенкой.

4.2.5. Трещины на наружных поверхностях гребня, берм, облицованных напорных откосов и др. достаточно легко обнаруживаются визуальным способом, в особенности, если поверхности сухие, ровные и не замусорены. Осмотры поверхностей плотины с целью выявления трещин лучше проводить в солнечную погоду. "Полости" трещин при боковом освещении контрастно выделяются тенью (черным цветом), даже если раскрытие трещины невелико - 1-2 мм (см. рис.4.2-4.3).

Поиск трещин должен вестись самым тщательным образом.

4.2.6. При обнаружении трещины рекомендуется выполнить следующее:

проследить визуально трещину на всем ее протяжении;

след трещины от ее начала до конца отметить колышками, шпильками, камешками и т.п., располагая их рядом со следом через 2-5 метров и в точках изменения направления трещины;

сфотографировать трещину в продольном ее направлении и в местах

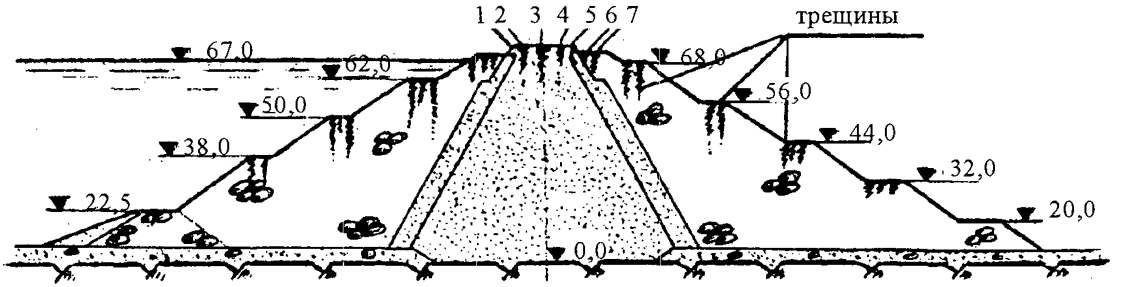
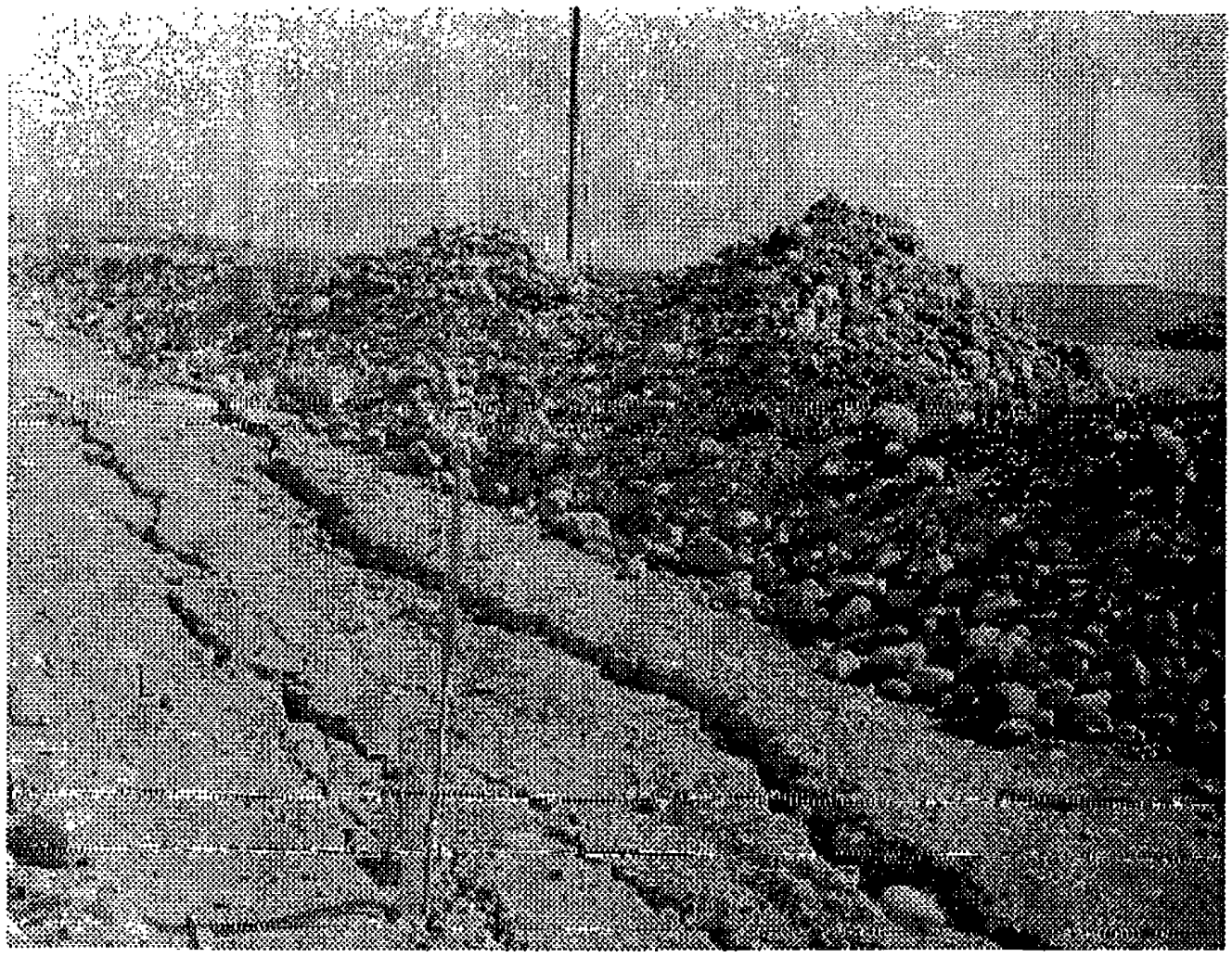



Рис.4.1. Характерное расположение продольных трещин на гребне и бермах плотины

*1, 2, 3,...,7* - номера трещин.

а)



б)

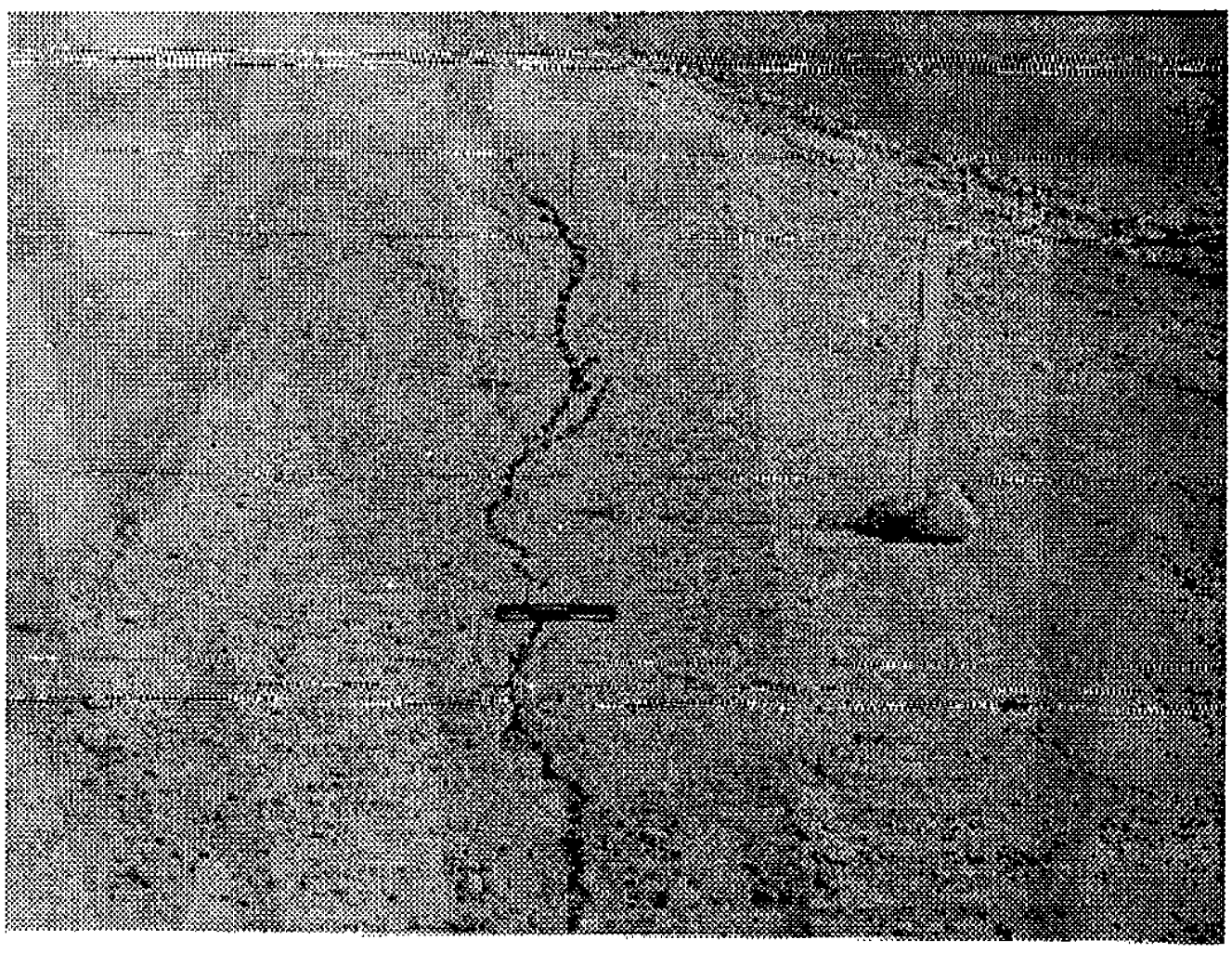


Рис.4.2. Примеры расположения продольных трещин на гребне плотины

*а* - трещины с вертикальным уступом по границе ядра с боковой призмой;
*б* - трещина косого направления без уступа.

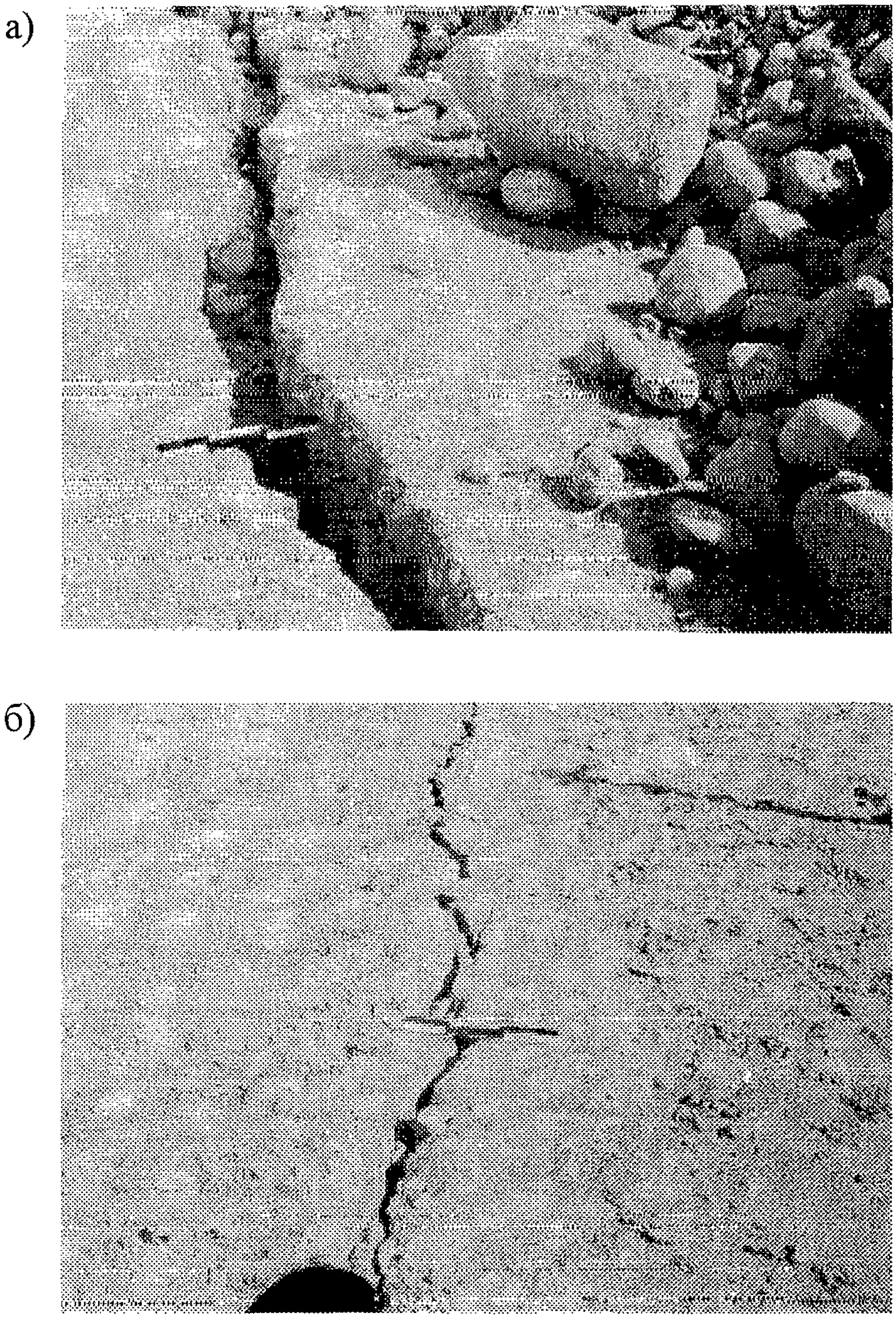



Рис.4.3. Фрагменты трещин

*а* - трещина с уступом; *б* - трещина без уступа.

с максимальным ее раскрытием, положив поперек трещины какой-либо предмет для масштабности (коробок, авторучку, блокнот, линейку и т.п.);

через определенные интервалы, например, через 2-3 м или через 5-10 м, в зависимости от общей длины трещины, тщательно измерить ширину раскрытия трещины с максимально возможной точностью (если между гранями трещины есть уступы - их следует также замерить), результаты измерений записать в журнал (заранее следует присвоить трещине какой-либо порядковый номер - Тр.№1, Тр.№2 и т.д.);

тщательно нанести трещину на масштабную карту-развертку плотины или карту того фрагмента сооружения, на котором она обнаружена; в местах измерений раскрытия трещины и уступов на карте обозначить цифрами полученные величины;

на карте-развертке необходимо четко обозначить трещину присвоенным ей номером и пометить дату, когда она обнаружена;

начало и конец трещины на плотине следует зафиксировать прочно вбитыми в грунт колышками, на которых также написать дату обнаружения трещины;

организовать систематические наблюдения за поведением трещины (изменениями ее раскрытия и протяженности).

4.2.7. Систематические наблюдения за раскрытием трещин проводятся следующим образом. На всех без исключения зафиксированных трещинах через определенные интервалы намечаются и закрепляются колышками условные точки измерений. Количество точек зависит от протяженности трещины - чем длиннее трещина, тем больше точек и длиннее интервалы между ними. В каждой точке на одинаковом уровне устанавливают по два колышка или арматурных стержня (по одному с каждой стороны трещины) на расстоянии друг от друга 20-50 см. Замеряя периодически расстояние между колышками (стержнями), определяются приращения раскрытий трещины ($\Delta b$) на даты измерений (рис.4.4, *а,б*). Приращения вычисляются как разность между конечным и начальным отсчетами. Полное раскрытие трещины на тот или иной момент времени ($t$) определяется как сумма ее ширины в начальный момент обнаружения или первого измерения ($b_0$) и приращения раскрытия, полученного дальнейшими измерениями в рассматриваемом интервале времени ($\Delta b$), т.е.

$$b_t = b_0 + \Delta b. \qquad (4.1)$$

Для измерений рекомендуется использовать линейку или рулетку с ценой деления 1 мм.

4.2.8. Измерения уступов по граням трещины (если таковые имеются) производят по аналогичной схеме, но с применением деревянного брус-

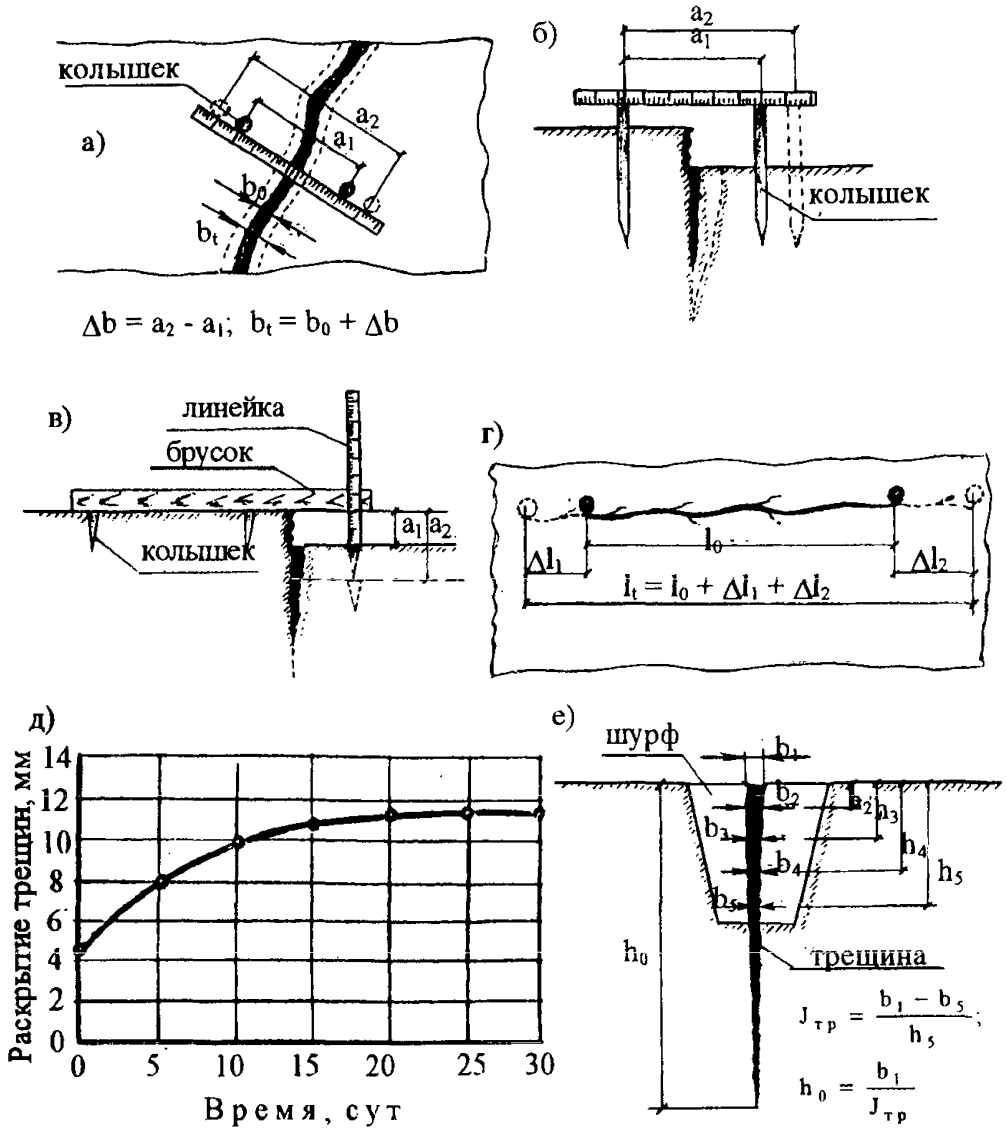



Рис.4.4. Контроль развития трещин

*а* и *б* - измерения раскрытия; *в* - измерения высоты уступа;
*г* - определение удлинения трещины; *д* - график раскрытия трещины;
*е* - определение глубины выклинивания трещины.

ка, укладываемого горизонтально на плоскость уступа в измерительной точке, от нижнего среза которого и берется отсчет по линейке (рис.4.4, *в*). Высота уступа на момент времени вычисляется по формуле, аналогичной (4.1).

4.2.9. Результаты наблюдений за раскрытием трещин рекомендуется представлять в виде графиков, приведенных на рис. 4.4, *д*. Длительность наблюдений зависит от того, насколько быстро трещина в своем раскрытии стабилизируется. О стабилизации трещины, а следовательно и о прекращении или сокращении объема наблюдений, можно говорить тогда, когда график раскрытия трещины становится близким к горизонтальному.

4.2.10. Развитие трещины в длину, т.е. ее удлинение во времени, количественно определяется путем измерения расстояний от точек выклинивания ее концов в новом (изменившемся) положении до колышков, установленных по ее концам в начальный период при обнаружении и регистрации трещины (рис.4.4, *г*).

4.2.11. У обнаруженных на гребне плотины визуальными наблюдениями поперечных трещин значительного раскрытия (порядка 1-2 см и более) рекомендуется определить глубину их распространения внутрь тела плотины (ядра, экрана). Как показала практика, использование для этих целей даже миниатюрных отвесов эффекта не дает. Стенки трещины в грунте практически всегда имеют волнообразный рельеф и отвес в них не проходит (садится на выступы). Для определения глубины распространения трещины рекомендуется применять способ шурфования. На месте наибольшего раскрытия трещины вручную проходится шурф на доступную глубину. Шурф располагается так, чтобы трещина проходила примерно по середине его противоположных стенок. Эти стенки тщательно зачищаются вдоль следов трещины, осторожно освобождается от попавшего грунта полость трещины, не нарушая при этом ее кромок.

Для лучшего прослеживания следа трещины по стенкам шурфа иногда полезно пролить ее с гребня слабым меловым раствором. Просачиваясь через трещины на стенки шурфа, меловой раствор очертит ее след.

Производятся очень тщательные измерения ширины раскрытия трещины на самом верху стенок шурфа, у дна и в промежутке между ними, а также расстояния от поверхности грунта до точек измерения в шурфе (рис.4.4, *г*). По результатам измерений вычисляется градиент затухания ширины раскрытия трещины по глубине ($J_{тр}$), используя простую зависимость

$$J_{тр} = \frac{b_1 - b_5}{h_5}. \qquad (4.2)$$

Далее искомая глубина распространения трещины внутрь тела плотины определяется по формуле

$$h_0 = \frac{b_1}{J_{тр}}, \qquad (4.3)$$

$h_0$ сравнивается с величиной превышения гребня плотины над УВБ и на основании этого оценивается опасность сквозной фильтрации по трещине. При глубине выклинивания трещины ниже УВБ должны быть выполнены мероприятия по ее залечиванию или перекрытию водонепроницаемой стенкой (шпунт, глинобетон и др.).

### Наблюдения и обследование просадок гребня

4.2.12. Просадки гребня в виде воронок или видимых на глаз значительных его понижений могут вызываться рядом причин: протайка захороненного в теле плотины льда, снега или промороженного грунта; недостаточное уплотнение локальных объемов или прослоек грунта, уложенного в плотину; суффозионный вынос мелкого грунта из тела плотины или основания; выпор слабого грунта из основания и др. Просадки гребня следует оценивать как следствие проявления отмеченных дефектов.

4.2.13. Прямыми признаками проявления просадок на гребне плотины являются: образование на поверхности характерных воронок диаметром от нескольких десятков сантиметров до нескольких метров; заметное разрыхление грунта в воронках и понижениях просадочного характера; скопление снега в воронках и понижениях; более интенсивный, при равных прочих условиях, характер протекания осадки на просадочных участках, чем на непросадочных (фиксируется геодезическими измерениями).

4.2.14. Просадки грунта в примыканиях к бетонным сооружениям иногда могут обнаруживаться по "старому" (до просадки) отпечатку контура насыпи на бетоне. Косвенными подтверждениями просадочного характера отмеченных на гребне воронок или значительных понижений могут служить: увеличение фильтрационного расхода, появление мутности в воде в нижнем бьефе или в цементационной потерне, заметный подъем поверхности грунта (выпор) у подошвы плотины и другие факторы. Как правило, просадочные явления на плотине проявляются в процессе интенсивного наполнения водохранилища и в начальный период работы плотины под напором.

4.2.15. Обнаруженные наблюдениями просадочные воронки или локальные понижения гребня следует оконтурить и оснастить колышками-марками, по которым выполнить их съемку геодезическим способом или с

помощью мерной ленты, отвеса и рейки (рис.4.5, *б*). Плановые очертания и глубины воронок (понижений) заносятся в полевой журнал и в карту-развертку.

4.2.16. По максимальным значениям измеренных глубин просадочных воронок и понижений незамедлительно оценивается возможность перелива воды из водохранилища через осевший гребень противофильтрационного элемента плотины. При наличии такой угрозы принимаются оперативные меры по вскрытию и наращиванию гребня ядра, экрана или диафрагмы кондиционным грунтом и только после этого просадочные воронки и понижения могут быть засыпаны.

4.2.17. Просадочные воронки и понижения с момента их обнаружения должны быть поставлены под наблюдения, в ходе которых следует регистрировать изменения во времени их плановых размеров и глубин. Результаты таких наблюдений рекомендуется представлять в виде продольных и поперечных профилей, плановых очертаний воронок и понижений, графиков осадки во времени колышков-марок (рис.4.5, *в*, *г*).

4.2.18. Характерными признаками затухания наблюдаемых просадок гребня плотины являются стабилизация глубин просадочных воронок (понижений) и их плановых размеров. Об этом наглядно могут свидетельствовать уположение графиков осадки колышков-марок и сближение контуров воронок, зафиксированных на различные даты (рис.4,5, *в*, *г*).

**Наблюдения за пучением грунта гребня плотины**

4.2.19. Большинство связных грунтов (глины, суглинки) в силу своих структурных особенностей при промерзании сильно увеличиваются в объеме (пучатся) и подвергаются трещинообразованию. При этом после нескольких циклов промерзания - оттаивания плотность грунта, его противофильтрационные свойства значительно снижаются. Это явление может иметь неблагоприятные последствия для суглинистых ядер, экранов или тела плотины, увеличивая их водопроницаемость в пределах глубины сезонного промерзания.

4.2.20. Признаком пучения грунта гребневой части плотины является образование в зимние периоды на его поверхности характерных бугров или локальных подъемов поверхности. Визуальными наблюдениями явление пучения грунта обнаруживается сравнительно легко. При наличии на гребне плотины (или, например, на верховом ее откосе, на откосах каналов) покрытий в виде железобетонных плит или асфальтобетона, пучение грунта может сопровождаться заметными неравномерными деформациями покрытия, раскрытием швов и взаимным смещением плит, образованием трещин.

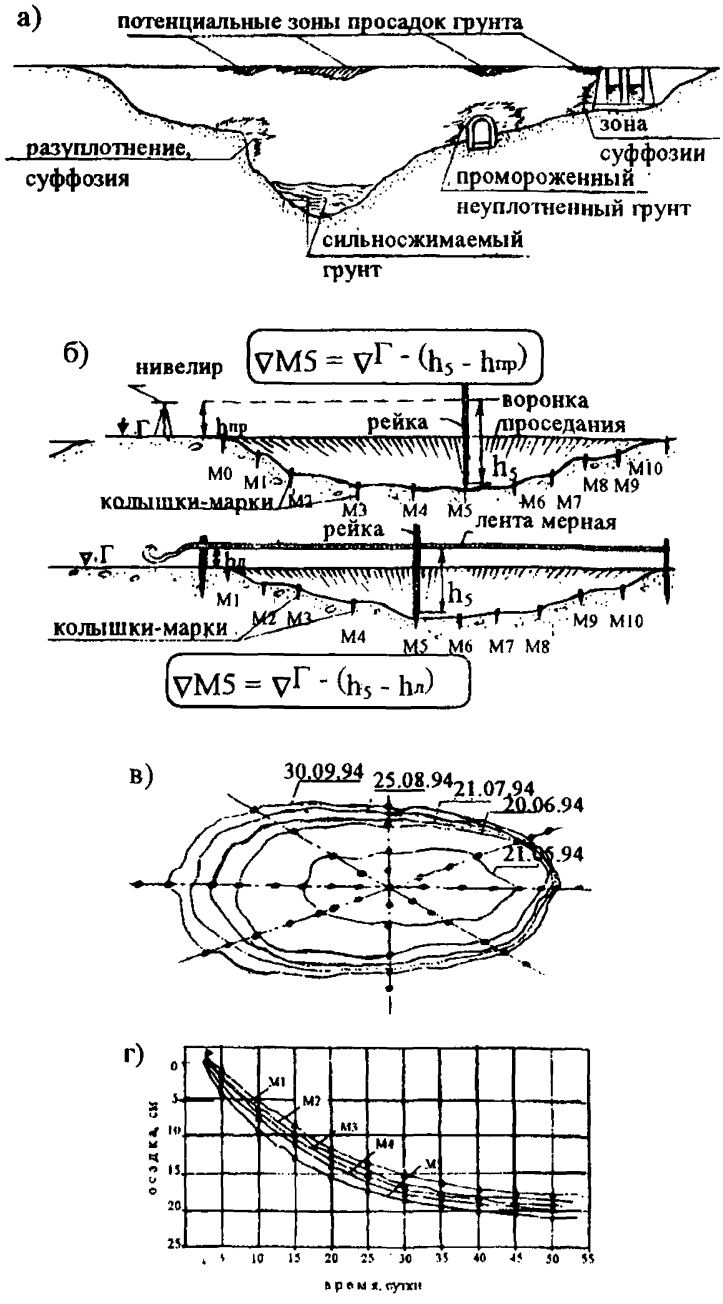



Рис.4.5. Просадки гребня плотины

*а* - потенциальные зоны просадок; *б* - съемка профиля просадочной воронки нивелиром и лентой; *в* - план просадочной воронки; *г* - графики осадки колышков-марок во времени

4.2.21. Для количественной оценки процесса пучения и вызванного им разуплотнения грунта кромé визуальных наблюдений проводятся инструментальные (с помощью деформометров, пучиномеров и др.) измерения сезонных подъемов поверхности гребня с одновременным контролем температурного состояния грунта в зоне его промерзания [15, 16]. Установлено, что если деформация пучения составляет больше 10% по отношению к глубине промерзания, то грунт считается сильнопучинистым и деформации его должны быть проанализированы с точки зрения их опасности для сооружения.

**Выявление очагов формирования оползней на гребне**

4.2.22. Практика показала, что в подавляющем большинстве случаев обрушения откосов плотины первичные очаги оползней формируются на ее гребне или бермах [17]. Обрушения могут быть с незначительным и с широким охватом (вовлечением) гребня оползнем. И в том, и в другом случаях оползням предшествует образование на поверхности гребня характерных первичных трещин криволинейного очертания При широком захвате гребня оползнем первичную трещину визуально следует искать в средней его части, а при незначительном - вдоль низовой или верховой бровки (рис.4.6). Следует иметь в виду, что при формировании оползней отсекающие первичные трещины в начальный момент могут иметь очень небольшое (1-2 мм) раскрытие, поэтому визуальный поиск их затруднен и должен вестись очень тщательно. Осмотр гребня при поиске трещин лучше производить в сухую солнечную погоду при боковом (к оси плотины) освещении.

**4.3. Визуальные наблюдения за состоянием и устойчивостью откосов плотины и береговых склонов.**

4.3.1. Состояние и устойчивость откосов грунтовой плотины играют одну из главных ролей в обеспечении эксплуатационной надежности и безопасности сооружения. Повреждения откосов, как правило, сопровождаются серьезными осложнениями в работе плотины, а в ряде случаев приводят к ее аварии с тяжелыми последствиями.

4.3.2. Визуальными наблюдениями за откосами плотины следует выявлять: признаки потери устойчивости (оползания) откосов; повреждения специальных креплений; наличие промоин и просадочных воронок на поверхности низового откоса; повреждения водосборных и водоотводящих лотков; изменения геометрии (очертания) откосов; участки зарастания откосов растительностью; наличие и деятельность землеройных животных; признаки выветривания камня; образование наледей на откосе и порового льда в грунте.



Рис.4.6. Пример формирования оползня на откосе плотины. Первичная трещина отрыва

### Наблюдения за устойчивостью откосов

4.3.3. Основными признаками потери устойчивости (оползания) откоса, фиксируемыми визуально, являются: образование на поверхностях гребня, берм или склонах откосов плотины характерных для оползней криволинейных трещин, нарастающее во времени их раскрытие; образование вдоль следа трещины вертикального уступа (проседает отделившийся массив); увеличение раскрытия трещины и высоты уступа; появление заметного выпучивания грунта в средней и нижней частях откоса (рис.4.7, *а*). Локальное и фронтальное (на большой протяженности) обрушение откоса сопровождается перемещениями больших объемов грунта из тела плотины (рис.4.8 - 4.9).

4.3.4. При обнаружении трещин явно наметившегося оползня необходимо произвести оперативную установку на потенциально неустойчивом массиве временных высотных марок в виде колышков или арматурных коротышей и организовать геодезические наблюдения за его смещениями более частыми циклами. Информация о повреждении откоса незамедлительно передается ответственному должностному лицу для принятия мер по закреплению откоса.

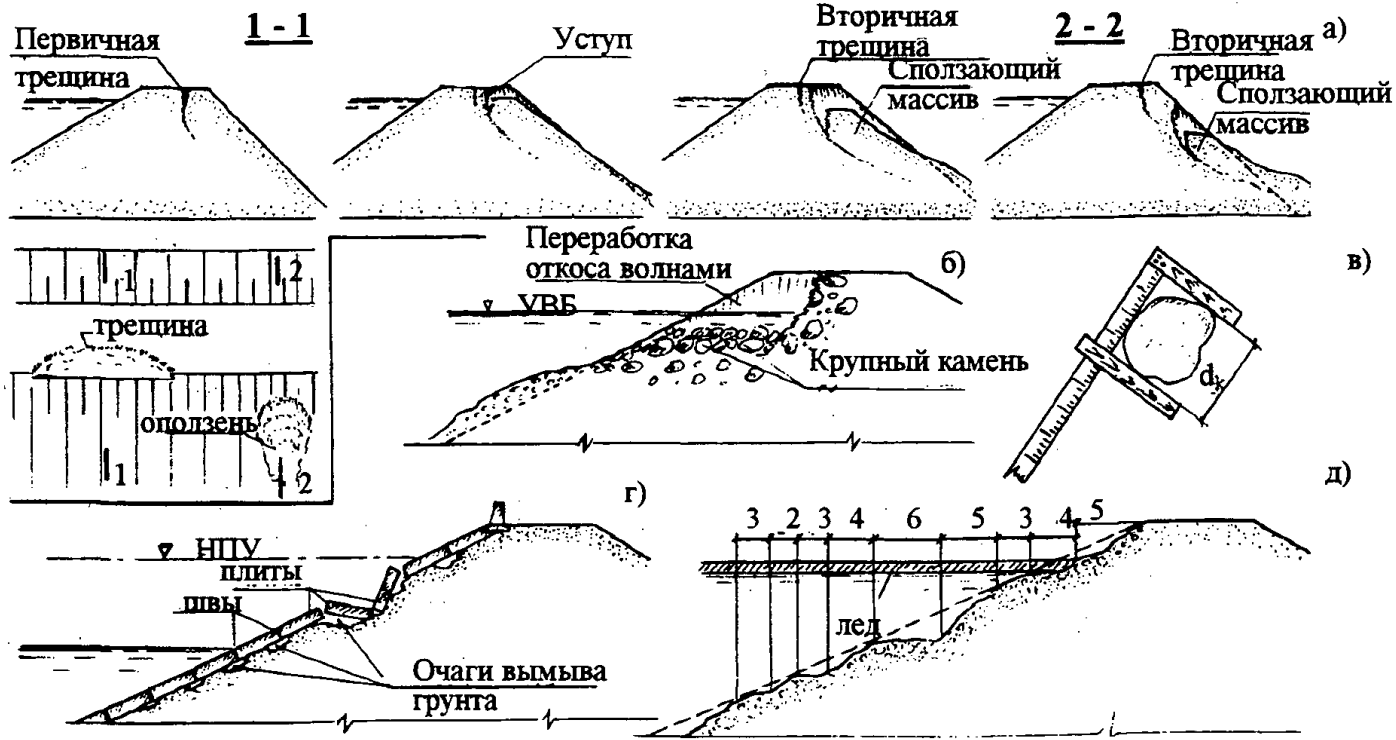



Рис.4.7. Признаки и стадии оползания откоса. Повреждения креплений

*а* - признаки и стадии формирования оползня; *б* - переработка волнами каменного крепления; *в* - измерения крупности камня; *г* - повреждения плитного крепления; *д* - съемка откоса со льда.

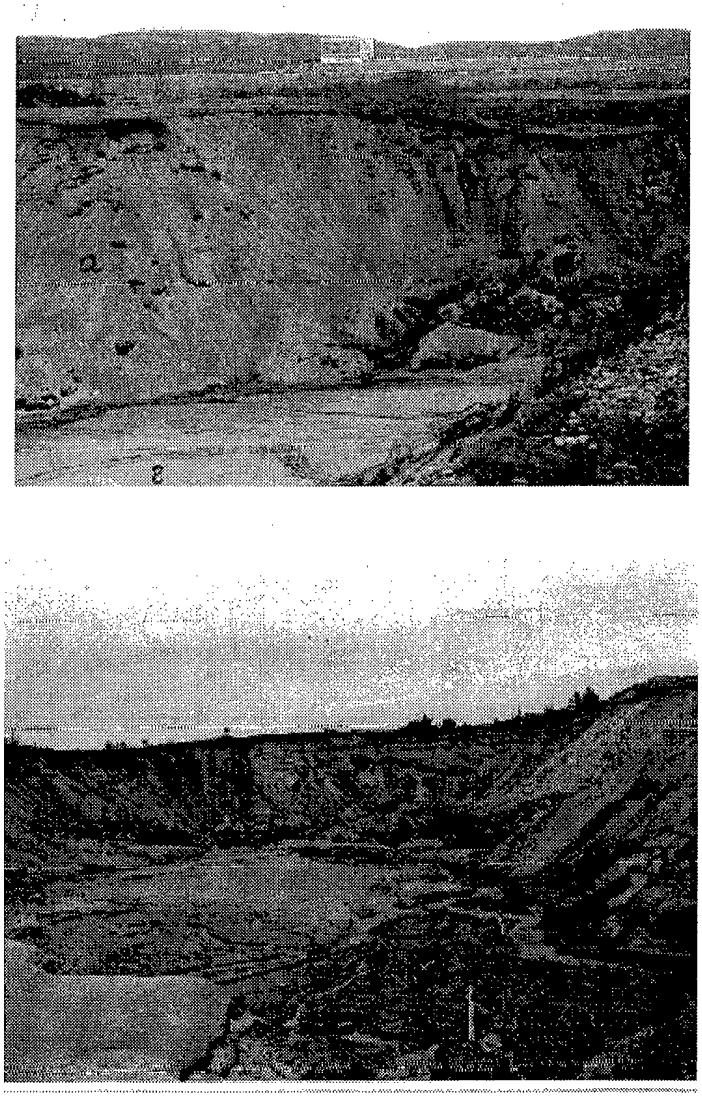


Рис.4.8. Примеры характерных оползней на склонах.

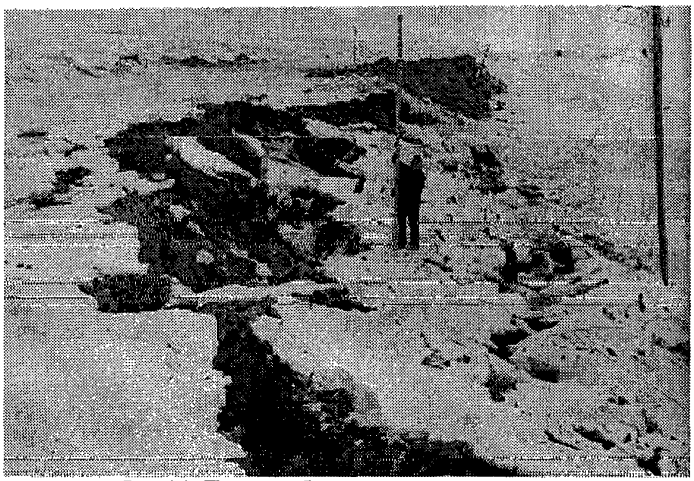


Рис.4.9. Пример обрушения откоса плотины.

**Наблюдения за креплением верхового откоса**

4.3.5. При осмотрах каменного крепления верхового откоса в первую очередь осуществляется регистрация участков переработки откоса волнами. Такие участки, как правило, характеризуются наличием промоин-пазух в верхней части откоса, смещенных в сторону гребня. Боковые и фронтальные стенки пазух имеют крутизну близкую к вертикальной. У подножия пазух по линии уреза воды наблюдается скопление относительно крупного (отмытого от мелочи) камня (рис.4.7, *б*). При сильной засоренности каменного материала крепления некондиционным мелким грунтом (каменной мелочью, гравием, песком и т.п.) отложившийся у подножия пазух крупный камень не образует сплошного покрытия. Такой откос может долгое время подвергаться дальнейшему размыву и его следует закрепить, чтобы избежать опасных для плотины повреждений в верхней его части.

4.3.6. Крупность камня, подлежащего укладке в зоны размывов, должна назначаться исходя из крутизны верхового откоса плотины и максимальной расчетной высоты волн, согласно СНиП 2.06.04-82 или [18,19]. Ориентировочно крупность камня и толщина крепления должны соответствовать параметрам, приведенным в табл. 4.1.

4.3.7.Важным при осмотрах крепления является визуальная оценка гранулометрического состава наброски, выявление и реги-

*Таблица 4.1*

| Коэфф. верхового откоса, *m* | Высота волн, м | Крупность камня крепления, см | | Толщина крепления, см |
|---|---|---|---|---|
| | | по расчету | по реком США | |
| 2 | 1,0 | 23 | 30 | ≥45 |
| | 1,5 | 35 | 45 | ≥60 |
| | 2,0 | 47 | 55 | ≥90 |
| 3 | 1,0 | 22 | 30 | ≥45 |
| | 1,5 | 33 | 45 | ≥60 |
| | 2,0 | 44 | 55 | ≥75 |
| 4 | 1,0 | 22 | 30 | ≥45 |
| | 1,5 | 32 | 45 | ≥60 |
| | 2,0 | 43 | 55 | ≥75 |

**Примечание:** Для конкретной плотины крупность камня и толщина крепления назначаются исходя из крутизны откоса и фактической высоты волн в районе плотины

страция тех участков или отдельных зон, где имеет место большое содержание в ней мелочи. Такие участки могут оказаться размытыми при сильных штормах, ранее не наблюдавшихся при эксплуатации плотины, но возможных. Для определения диаметров отдельных даже очень крупных камней может быть использовано простейшее приспособление из раздвижных деревянных реек с делениями (подобие штангенциркуля, рис.4.7, *в*). Обмер диаметров камней следует выполнять на определенной площади откоса, например, на участке 2х2 м. По результатам обмера определяется процентное содержание в объеме камней различной крупности с указанной площади и по этим данным принимается решение о необходимости дополнительного усиления крепления крупным камнем.

4.3.8. Систематическими визуальными наблюдениями и обследованиями железобетонного крепления верхового откоса должны оцениваться качество бетона, наличие процессов его коррозии. Признаками повреждения бетона плит являются: увеличение шероховатости поверхности, обнажение на поверхности плит камней заполнителя и арматуры, сколы кромок плит, появление глубоких каверн, возможность "разборки бетона руками", шелушение бетона, отсутствие упругой "отдачи" при ударе тяжелым предметом и др.

4.3.9. Кроме качества бетона плит визуальными наблюдениями и обследованиями контролируется: состояние и герметичность швов, геомет-

рия плит и откоса в целом, состояние грунтовой постели под плитами. При осмотре швов оценивается наличие в них уплотнений (деревянные бруски, битумная заливка и др.) и их качество. Деревянные доски в швах проверяются острым щупом на загнивание, а битумное заполнение - на выдавливание из швов. Тщательным образом контролируется раскрытие отдельных швов и взаимные вертикальные смещения плит относительно друг друга.

4.3.10. Явными признаками взаимного смещения плит являются: образование вертикальных уступов в швах, провалы, перекосы или выпирание отдельных плит (рис.4.7, *г*). Эти явления, как правило, сопровождаются расстройством швов, вымывом грунта из-под плит и образованием пустот под ними. Рекомендуется с помощью щупа, насколько позволяют раскрытые швы, замерить глубины образовавшихся под плитами пустот и определить их размеры в плане. Желательно сделать отбор проб грунта из-под плит, из стенок и дна образовавшихся под плитами промоин для того, чтобы по результатам этих испытаний обоснованно наметить ремонтные мероприятия и надежные технические решения инженерной защиты.

4.3.11. Нередки случаи, когда при внешнем благополучии состояния швов и бетонных плит методом сплошного простукивания по принципу "бухтит - не бухтит" под ними обнаруживаются пустоты (рис.4.7, *г*). Обычно это явление связывают одновременно с недостаточной герметичностью швов, с низким качеством или полным отсутствием грунтового фильтра под плитами и "высасыванием" грунта через швы волнами. Установлено, что если образовавшиеся под швами пустоты своевременно не заполнить кондиционным грунтом (или растворами), а швы не загерметизировать, процесс вымыва может продолжаться и вызвать уже значительные деформации плит с полным расстройством швов. В связи с изложенным выше, при проведении визуальных наблюдений за бетонным креплением откоса рекомендуется периодически (например, 1 раз в году) выполнять сплошное (по всей поверхности) простукивание плит ломом по принципу "бухтит-не бухтит" для обнаружения скрытых пустот и определения их размеров. По возможности для этих целей следует использовать современные технические средства (эхолокацию, ультразвуковые приборы и т.п.)

### Наблюдения за креплением низового откоса

4.3.12. Крепление низового (сухого) откоса плотины предназначено главным образом для предотвращения размывов грунта поверхностными водами, эстетического оформления, а в отдельных случаях - для защиты грунта откоса от промерзания. Обычно крепление низового откоса выполняют из щебня, гравия, мелкого камня или наброски, растительного грунта с посевом трав.

4.3.13. Обследованием крепления на низовом откосе следует устанавливать соответствие уложенного в него материала и фактической толщины защитного слоя требованиям проекта. Толщина крепления определяется с помощью проходки на откосе сети шурфиков до обнажения защищаемой поверхности и замеров линейкой толщины слоя материала крепления (рис.4.10, *б*). Соответствие качества материала крепления проектным требованиям определяется на основании испытаний проб, отобранных из шурфиков.

4.3.14. Визуальными наблюдениями необходимо установить наличие повреждений (или даже отсутствие) крепления на отдельных участках. Для этого осуществляется тщательный осмотр поверхности откоса.

При осмотрах важно также отметить наличие на поверхности откоса поперечных (от гребня к подножию откоса) впадин, борозд, рытвин, углублений от следов бульдозера и т.п. Эти локальные углубления на откосе способствуют концентрации поверхностных вод в потоки, а последние приводят к образованию промоин, повреждениям крепления, эрозии грунта тела плотины.

4.3.15. Промоины на откосе формируются обычно в направлении от гребня к подножию откоса в виде оврагов (рис.4.10, а). Смываемый потоками воды грунт транспортируется по промоинам к подножию откоса, где и откладывается. Часто это приводит к заилению расположенных в низовом клине плотины и в нижнем бьефе дренажных устройств и ухудшению условий разгрузки фильтрационного потока. Поэтому при осмотрах промоин необходимо проверить состояние дренажных устройств в створе оврага на предмет их заиления смываемым грунтом. Обнаруженные промоины должны незамедлительно заделываться кондиционным грунтом с тщательным его уплотнением и выравниванием поверхности, так как несвоевременное принятие этих мер приводит к значительному их углублению после сильных дождей или интенсивного снеготаяния.

**Наблюдения за водосборными и отводящими кюветами**

4.3.16. Визуальные наблюдения за работой и состоянием водосборных и водоотводящих кюветов на низовом откосе, как правило, предусматривают: контроль целостности бетонных лотков; проверку наличия и работы на прием воды дренажных отверстий в стенках и днище лотков; оценку транспортирующей способности лотков при перехвате и отводе поверхностных вод (возможность переполнения лотков водой); контроль заиляемости лотков смываемым с поверхности грунтом. Все эти контрольные операции проводятся путем тщательных осмотров стенок, днища, швов и дренажных отверстий лотков, а также специальных наблюдений за работой всей системы водосбора и отвода во время обильных дождей и снеготаяния.

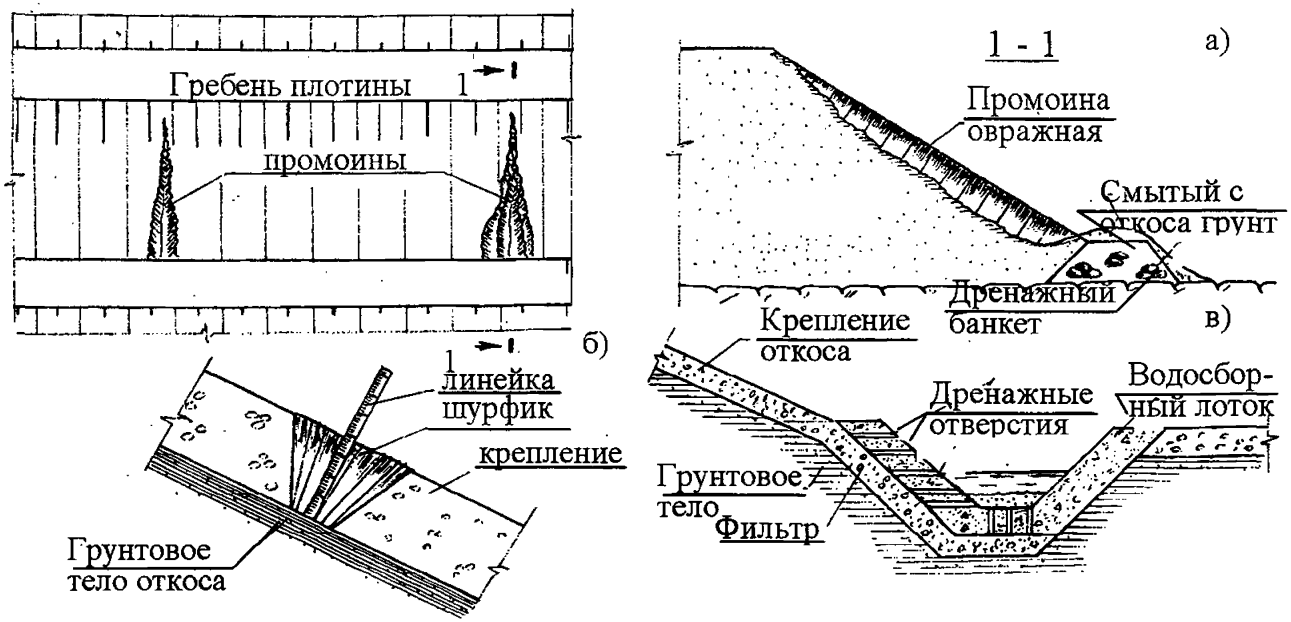



Рис.4.10. Промоины на низовом откосе. Водосборный лоток. Крепление.

*а* - вид промоин; *б* - проверка толщины крепления; *в* - водосборный лоток.

Для ориентировки наблюдателя на рис.4.10, *в* приведена типовая конструкция и схема сопряжения водосборного лотка с грунтовым телом и креплением на поверхности низового откоса.

**Наблюдения за просадками грунта на откосах**

4.3.17. Возникающие иногда на поверхностях откосов просадочные воронки и локальные понижения по своей природе аналогичны тем, которые наблюдаются и на гребне плотины. Просадки грунта на верховом откосе часто обусловлены интенсивной замочкой верховой призмы плотины при первоначальном наполнении водохранилища. На низовом откосе, как и на гребне плотины, просадки могут быть вызваны суффозионным выносом грунта из тела плотины, протаиванием захороненного при строительстве льда или снега, доуплотнением грунта в зонах рыхлой отсыпки, выпором слабых грунтов из основания под плотиной и др. Просадочные воронки или локальные понижения поверхности на откосе обнаруживаются при тщательных осмотрах поверхности в условиях хорошего бокового освещения или геодезической съемкой. Наблюдения за просадочными явлениями на откосах выполняются по аналогии с такими же наблюдениями на гребне плотины (по п.4.2). Деформации подводных частей откосов фиксируются периодическими съемками их профилей с использованием плавсредств или с ледового покрова.

**Наблюдения за изменением геометрии (очертания) откосов**

4.3.18. Практика эксплуатации грунтовых плотин показала, что со временем крутизна верховых откосов может существенно меняться, например, вследствие интенсивной замочки верховой призмы при наполнении водохранилища, переработки материала волнами, неравномерности осадки, динамических воздействий и др. Указанные изменения очертания откосов могут быть неблагоприятными в отношении их устойчивости. Поэтому рекомендуется периодически осуществлять съемки профиля откосов, включая и подводные части, и сравнение их фактических очертаний с проектными.

4.3.19. Съемки надводных частей откосов выполняются обычными геодезическими способами по заранее закрепленным поперечникам через каждые 20-30 м по фронту. Профили подводных частей откосов рекомендуется выполнять со льда (или плавсредств) путем промеров глубин в нескольких точках каждого из намеченных поперечных створов (рис.4.7, *д*). Если результаты съемок укажут на значительное превышение фактической крутизны откоса по сравнению с проектной, его профиль следует восстановить.

4.3.20. Для визуальных осмотров и оценки состояния подводных откосов плотин и их креплений целесообразно использовать современную специальную телевизионную аппаратуру с передачей изображения на монитор, располагаемый на незатопляемых отметках плотины, и записью на видеопленку.

4.3.21. При затруднениях с использованием геодезических способов съемки профиля откоса в ряде случаев они могут быть заменены боковым фотографированием контура поверхности на фоне неба (рис.4.11).

**Наблюдения за выветриванием каменного материала плотины**

4.3.22. В зонах переменного уровня верхнего и нижнего бьефов при визуальных осмотрах контролируется также качество камня как материала, подверженного многократным смачиваниям, проморозке, оттаиванию и нагреванию, приводящим в конечном итоге к его морозному и физическому выветриванию. В значительной мере выветриванию подвержен камень слабых или сильнотрещиноватых горных пород (доломиты, известняки, диориты, сланцы и др.).

4.3.23. В результате выветривания камень может измельчаться, разрушаться по микротрещинам, при этом его сопротивляемость волновым воздействиям и сдвигу снижается.

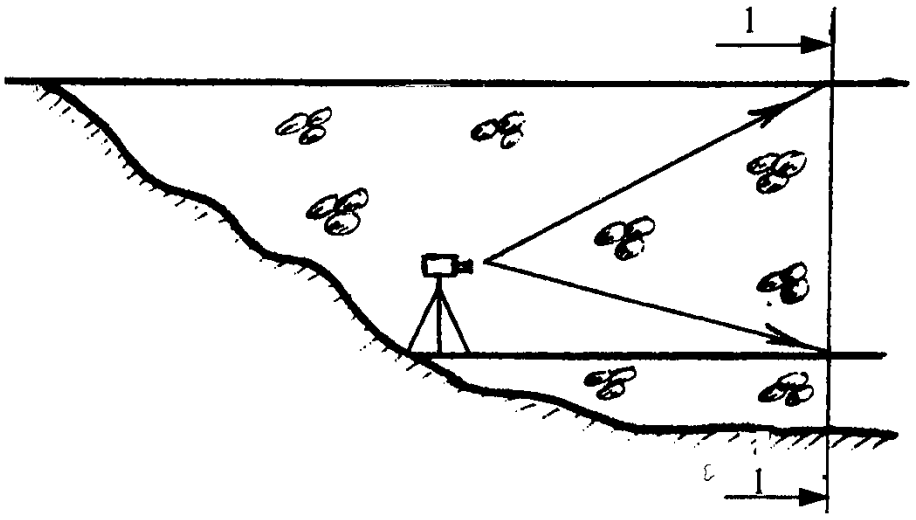
4.3.24. Наблюдателю, выполняющему визуальные осмотры крепления, важно установить наличие (или отсутствие) указанных процессов. Для этого целесообразно выделить один-два контрольных участка, где наблюдения за выветриванием камней необходимо проводить систематически и тщательно.

4.3.25. Учитывая, что многие плотины работают уже 50 лет и более, процессы выветривания камня крепления вполне могут проявляться.

4.3.26. Параллельно с визуальным контролем процессов выветривания каменного материала плотины рекомендуется периодически (через 5-10 лет) проводить его механические испытания на прессовом оборудовании для получения количественных показателей снижения прочности [2].

**Наблюдения за рассредоточенными выходами фильтрации на низовой откос**

4.3.27. В период наполнения водохранилища или при нормальной эксплуатации сооружения иногда имеют место выходы профильтровавшейся через плотину воды на поверхность низового откоса. Они могут быть или в виде малоинтенсивного рассредоточенного высачивания и намока-




1 - 1

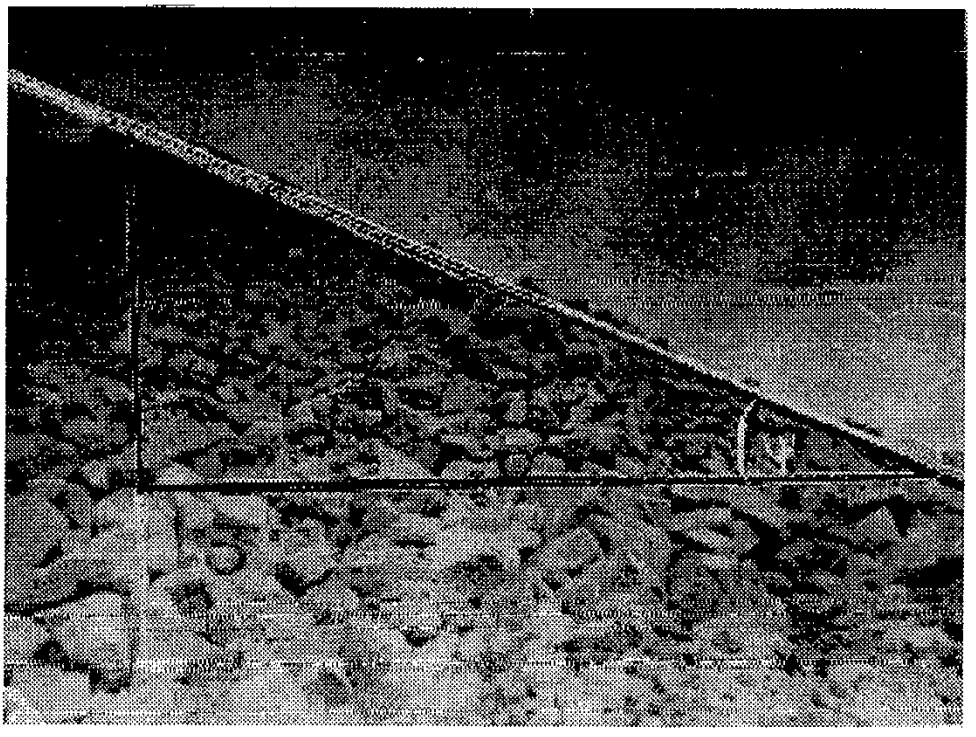


Рис.4.11. Пример фотосъемки профиля низового откоса.

ния грунта (мокрые пятна), или в виде отдельных сосредоточенных ручейков, фонтанчиков (грифонов), ключей. Все эти выходы воды на поверхность откоса могут представлять серьезную опасность для плотины, требуют тщательного контроля за их развитием и принятия необходимых мер инженерной защиты. Зафиксировать выходы воды с помощью КИА, установленной в плотине, не всегда представляется возможным.

4.3.28. Внешними проявлениями рассредоточенного выхода являются: заметное увлажнение грунта на поверхности откоса в зоне высачивания воды, оплывание водонасыщенного грунта, более густая и яркозеленого цвета трава (если откос покрыт растительностью), характерные зеркальные блики при отражении солнечных лучей от увлажненной поверхности, образование проталин в снежном покрове или парение (в морозные дни) в пределах зоны водонасыщения грунта, образование наледей на откосе зимой и др.

4.3.29. Рассредоточенные выходы воды на откосе в виде мокрых пятен значительной площади хорошо обнаруживаются по отмеченным признакам визуальным способом, если поверхность чистая, не захламлена, не имеет мощного крепления камнем, а также травяной или кустарниковой растительности. Мокрые пятна выделяются на откосе более темным цветом влажного грунта, особенно в безветренную сухую погоду при перистой облачности. При наличии на откосе защитного крепления или высокой травы для обнаружения выходов воды рекомендуется при его тщательном осмотре проводить зондирование всей поверхности острым стальным щупом толщиной 10-12 мм. Там, где грунт находится в водонасыщенном состоянии, щуп сравнительно легко погружается в него на 0,5-1,0 м и более, а в "сухих" местах - на 3-5 см. Отметим, что способ зондирования следует применять и при чистой поверхности откоса, когда обследование его проводится впервые.

4.3.30. По результатам визуальных осмотров и зондирования необходимо уточнить и оконтурить колышками границы зафиксированных зон высачивания воды на откосе.

Весьма надежным способом поиска и оконтуривания зон выхода воды на откос является способ шурфовки. В подозрительных местах (или по всему откосу) от подножия откоса вверх отрываются неглубокие шурфики с шагом примерно 2-5 м и с заглублением в грунт тела плотины (ниже крепления) на 15-20 см. В местах выхода на откос профильтровавшейся воды шурфики через некоторое время заполнятся водой. В этих местах отрываются цепочки шурфиков по другим направлениям и после заполнения некоторых из них водой оконтуривается колышками зона намокания откоса (рис.4.12, *а*, *б*).

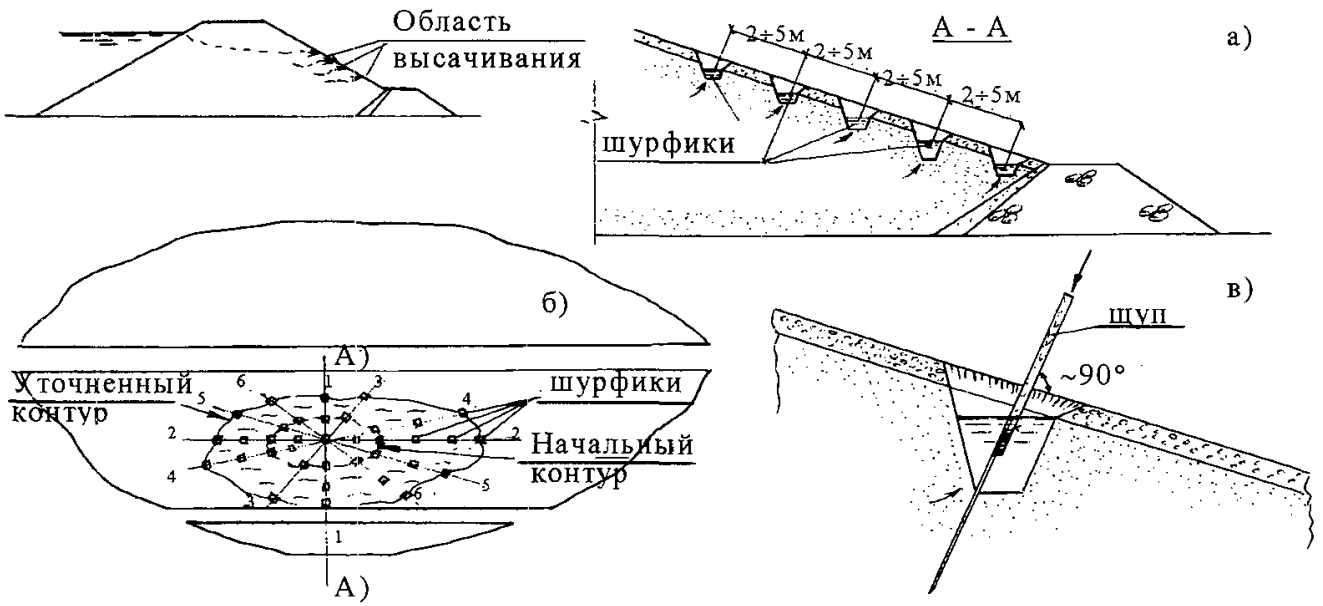



Рис.4.12. Выявление области высачивания воды на откос

*а* - устройство шурфиков; *б* - оконтуривание области шурфиками;
*в*- проверка щупом глубины водонасыщения грунта.

4.3.31. Очень важно установить, действительно ли вода в шурфиках профильтровалась через плотину или является следствием недавних осадков. Для этого следует приурочить устройство шурфиков к относительно длительному периоду сухой погоды; провести зондаж грунта стальным щупом (рис.4.12, *в*) через шурфики с водой и сухие и убедиться в наличии или отсутствии глубокого водонасыщения его (по тому, как щуп входит в грунт - без усилий или с усилием); проследить в течение значительного времени (может быть даже нескольких дней, но до выпадения очередного дождя) за уровнями воды в шурфиках (вода испарится, уровни снизятся, если она обусловлена поверхностным стоком, вода сохранится на прежнем уровне или даже на более высоком, если она фильтрует через плотину). Кроме того, хорошим индикатором может служить температура воды (грунта) на самом дне шурфиков. В летний период времени профильтровавшаяся через плотину вода и соответственно грунт всегда будут иметь существенно более низкую температуру, чем вода поверхностного происхождения, сухой грунт и воздух, а зимой - наоборот.

**Наблюдения за сосредоточенными выходами фильтрации (грифоны, ключи, ручьи)**

4 3 32. Фильтрация в виде сосредоточенных выходов воды на дневную поверхность или под уровень воды в нижнем бьефе (грифоны, ключи, ручьи и т.п.) в ряде случаев может представлять реальную опасность для плотины, вызывая нарушения фильтрационной прочности грунта и сооружения.

4.3.33. Основными причинами появления очагов сосредоточенной фильтрации на низовом откосе плотины или примыкающей к нему территории могут быть следующие: наличие в теле плотины (или в основании) слабых в фильтрационном отношении прослоек грунта, явившихся следствием отступлений от проекта, плохого качества строительных работ или недостаточности изысканий; наличие снежно-ледовых прослоек, оставленных при возведении плотины; сквозные фильтрующие трещины в противофильтрационных элементах плотины; погребенные в теле плотины водопроводящие или жесткие элементы (трубы, шланги, бревна и пр.).

4.3.34. Признаками проявления очагов сосредоточенной фильтрации являются: наличие фонтанчика или ключа, выходящих на поверхность с некоторым напором (рис.4.13, *а,б*); значительная интенсивность излива воды из очага; обводнение узкой полосы поверхности грунта на откосе ниже очага фильтрации; образование зимой ниже очага (по уклону) узкой наледи;

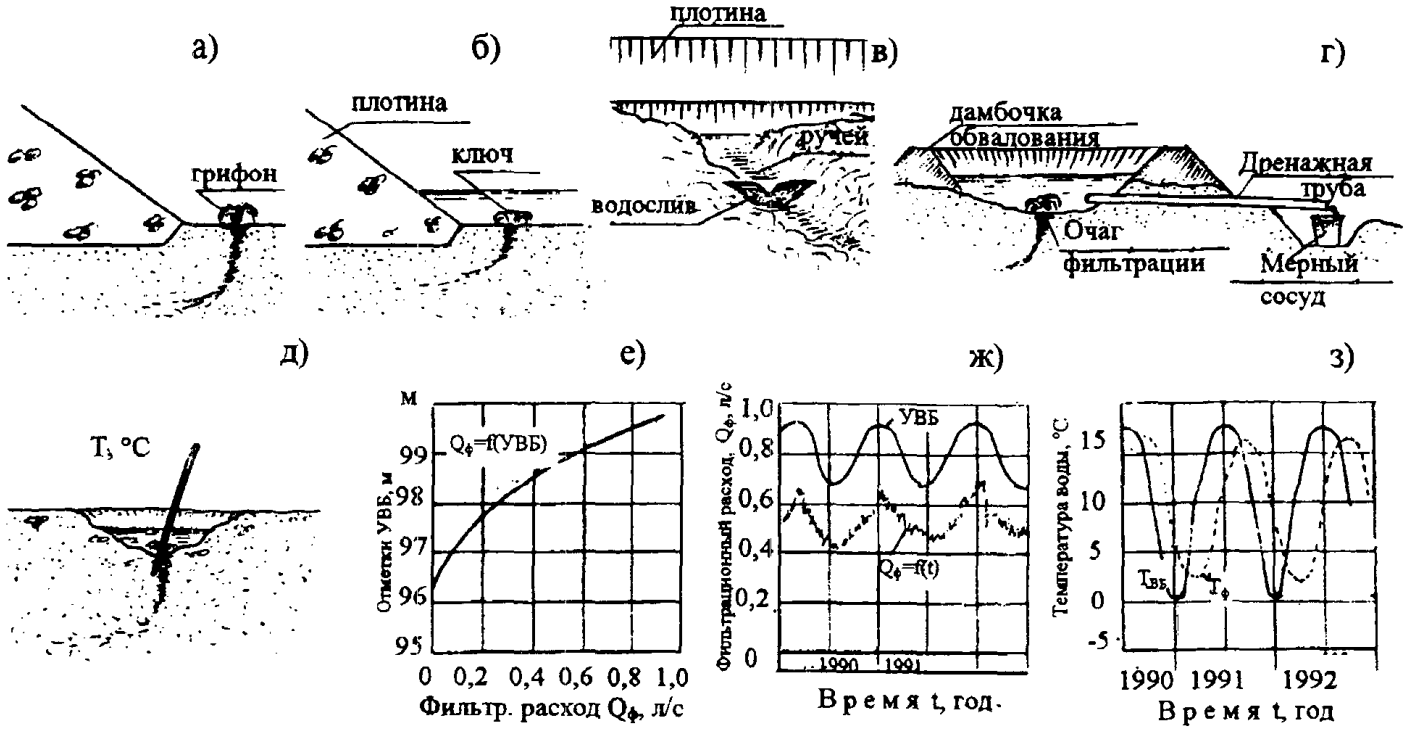



Рис.4.13. Наблюдения за сосредоточенными очагами фильтрации

*а, б, в* - сосредоточенные очаги фильтрации (грифон, ключ, ручей); *г* - измерение расходов; *д* - измерение температуры воды; *е, ж, з* - представление данных наблюдений.

парение откоса в морозные дни или появление проталин на снежном покрове в зоне действия сосредоточенного очага фильтрации; "кипение" песка вокруг подводных ключей, а в экстремальных случаях - интенсивный вынос мелкого грунта (мути) из очагов действия грифонов и др. При длительном действии очага сосредоточенной фильтрации в плотине или в основании, сопровождающимся суффозионным выносом грунта, на поверхностях выше очагов могут проявляться просадочные воронки.

4.3.35. Сосредоточенные выходы фильтрации достаточно легко обнаруживаются визуальным способом путем тщательного осмотра всей поверхности низового откоса, прилегающей территории и береговых склонов, если они не замусорены, не имеют буйной растительности или специальных покрытий. При поисках сосредоточенных выходов воды следует ориентироваться на все те признаки их проявления, которые перечислены в п. 4.3.34. Скрытые очаги сосредоточенной фильтрации (например, под слоем щебня или камня крепления низового откоса, в зарослях травы и т.д.) иногда можно обнаружить, проследив путь ручьев, вытекающих из-под покрытий на нижних отметках.

4.3.36. Обнаруженные очаги сосредоточенной фильтрации заносятся на масштабные карты-развертки, выясняется их происхождение, оценивается опасность действия очагов для плотины. Опасными являются очаги, через которые происходит явный суффозионный вынос грунта из тела плотины или основания. Вынос грунта вместе с фильтрующейся водой фиксируется: зрительно по наличию или отсутствию мути в пробе воды, взятой из очага в чистую стеклянную посуду (просмотром на свет); по отложениям мелкого грунта вокруг очага или в местах рассредоточения вытекающей воды по площади; путем специального отбора проб воды и выпаривания из них твердого осадка. Визуальную оценку мутности профильтровавшейся воды следует производить непосредственно на месте, оперативно, при хорошем освещении и, желательно, путем сравнения с "эталонной" водой, в чистоте которой наблюдатель уверен (например, с водой, принесенной с собой в отдельной чистой и прозрачной стеклянной посуде).

4.3.37. Опасность действия очага сосредоточенной фильтрации для плотины может быть оценена по значениям выходного градиента напора непосредственно в зоне очага. Для определения выходного градиента напора забиваются вручную рядом с очагом фильтрации на различную глубину (рис.4.13, *а*) два коротких пьезометра (отрезки труб). Значение выходного градиента напора вычисляется как отношение разности уровней воды в пьезометрах к разности отметок погружения в грунт нижних концов труб, оформленных как водоприемники или просто сплющенных молотком.

4.3.38. Измеренное значение выходного градиента напора в очаге сосредоточенной фильтрации сравнивается с допустимым его значением для данного вида грунта [1,21] и оценивается вероятность потери грунтом его фильтрационной прочности. При наличии такой угрозы территория вокруг очага сосредоточенной фильтрации и сам очаг пригружаются слоем дренирующего материала (песчано-гравийным грунтом, гравием, щебнем и т.п.), гранулометрический состав которого и толщина слоя определяются расчетом.

4.3.39. Выяснение происхождения зафиксированных очагов сосредоточенной фильтрации (будь то на поверхности низового откоса, прилегающей территории или на береговых склонах) производится на основании тщательного анализа возможных причин их появления, перечисленных в п 4.3.33, а также соответствующей проектной и строительной документации (геологические разрезы по створу, справки по качеству уложенных в плотину грунтов, акты на скрытые работы и допущенные отступления от проекта и т.п.), результатов натурных наблюдений за сооружением под напором (характер и неравномерность осадки, появление поперечных трещин, образование просадочных воронок и др.). Анализ указанных причин и сопутствующей документации следует проводить в тесной увязке с местоположением очагов сосредоточенной фильтрации на плане сооружения относительно пикетов, высотных отметок, залегания и выходов отдельных слабых геологических слоев или линз в основании и берегах, отдельных трещин и др

4.3.40. Контрольные наблюдения за очагами сосредоточенной фильтрации должны включать: систематические измерения расхода и температуры воды в очагах, определение мутности воды непосредственно на выходах из очагов, установление связи очагов фильтрации с верхним бьефом. Для измерений расходов воды от очага сосредоточенной фильтрации делается отвод в виде канавки или дренажной трубки, в конце которых устраивается небольшой приямок для размещения мерного сосуда. Предварительно очаг фильтрации можно обваловать суглинком (рис.4.13, *г*). При небольших расходах измерение их проводится объемным способом - по времени наполнения сосуда определенной емкости. Если расходы значительные (более 0,5 л/с), то на отводе воды из очага следует установить стандартный мерный водослив треугольного или другого профиля. Температуру профильтровавшейся воды следует измерять непосредственно в очаге на выходе ее из грунта или даже с погружением термометра на 1-2 см в грунт (рис.4.13, *д*). Отметим, что температурные измерения в очагах фильтрации должны проводиться единовременно с аналогичными измерениями в верхнем бьефе вблизи от верхового откоса.

4.3.41. Наблюдения за мутностью профильтровавшейся воды осуществляется, как отмечалось ранее, путем очень тщательного (без взмучивания грунта) отбора проб воды из очага и выпаривания из них твердого осадка. Осадок взвешивается на точных аналитических весах.

4.3.42. Связь очагов сосредоточенной фильтрации с уровнем верхнего бьефа устанавливается по графикам зависимости расходов и температуры воды в очагах от соответствующих датам измерения уровней ВБ и температуры воды в водохранилище (рис.4.13, *е, ж, з*).

4.3.43. Наблюдения за очагами сосредоточенной фильтрации дают возможность установить, происходит ли прогрессирующее их развитие во времени (увеличение расхода, мутности и т.д.) и при необходимости – своевременно принять меры по обеспечению надежности сооружения.

**4.4. Наблюдения за дренажными устройствами плотины.**

4.4.1. К дренажным устройствам грунтовых плотин относятся: дренажный банкет; дренажная призма (например, низовая призма тела плотины из каменной наброски); трубчатый закрытый дренаж (или грунтовая дренажная лента); наслонный дренаж; комбинированный дренаж (сочетание дренажного банкета с наслонным или внутренним дренажем), а также водосборные и водоотводящие канавы, трубы и т.п. (рис.4.14, а).

4.4.2. Главное назначение дренажа плотины - сбор и отвод профильтровавшейся через плотину воды и защита тела плотины от суффозии. Исходя из этого, визуальными наблюдениями за работой дренажа плотины контролируются: наличие и характер истечения из дренажа фильтрующейся воды; прозрачность воды; признаки засорения или зарастания дренажа; частичное или полное перемерзание дренажа зимой.

4.4.3. Если дренаж плотины не подтоплен со стороны нижнего бьефа и доступен для осмотров, то выходы воды из него легко фиксируются осмотром выходных отверстий водовыпусков (например, из трубчатого дренажа) или контактов внешних откосов банкета, наслонной призмы с основанием. Выходы воды из грунтовых дренажей проявляются, как правило, в виде заметных на глаз мелких ручейков и водонасыщенности грунта у подножия низового откоса. Из водовыпусков трубчатого дренажа вода изливается в виде сосредоточенных струй, занимающих полностью или частично выходное сечение трубы. В дренажных канавах поступление профильтровавшейся через плотину и основание воды может прослеживаться в виде высачиваний на откосе, ближнем к плотине.

4.4.4. При разгрузке воды из дренажа под уровень нижнего бьефа или образовавшегося за плотиной прудка (от скоплений в понижениях талых и фильтрационных вод) установить визуально исправность работы дре-

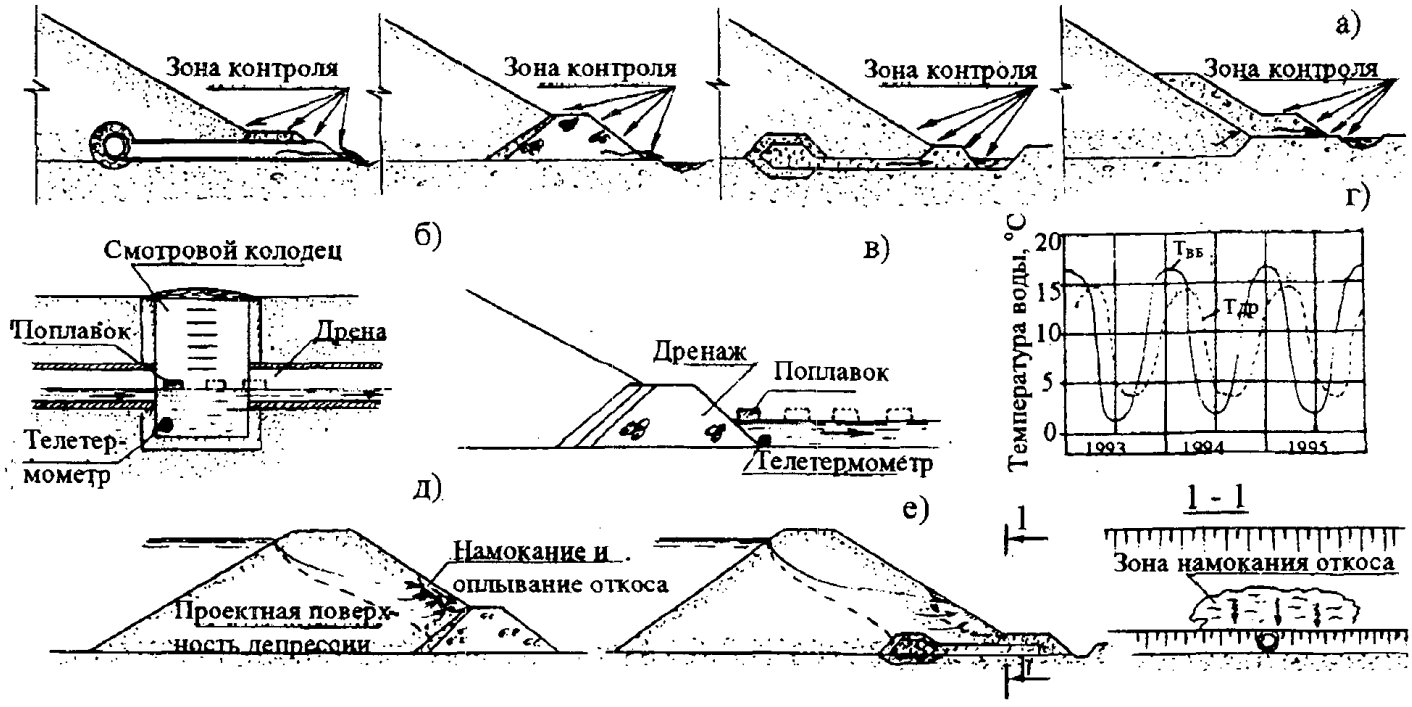



Рис.4.14. Наблюдения за дренажными устройствами плотины

*а* - зоны визуального контроля дренажей; *б, в* - контроль течения воды поплавками;
*г* - температурный контроль работы дренажа; *д, е* - признаки выхода из работы дренажей.

нажа затруднительно, так как явные выходы воды зрительно практически не фиксируются. В этих случаях рекомендуется фиксировать движение воды в дренаже с помощью легких поплавков. В трубчатый дренаж поплавки запускаются через смотровые колодцы и отслеживается их движение в сторону водовыпусков (рис.4.14, *б*). У подтопленного дренажного банкета поплавки запускают в ряде мест по его длине от уреза воды на откосе и также отслеживают движение поплавков, если, конечно, прудок имеет организованный исток в виде прорези в грунте, канавы, трубы и т.п. (рис.4.14, *в*).

4.4.5. Для контроля работы дренажа в ряде случаев применяются сезонные измерения температуры воды как в самих дренажах (или вблизи них), так и в водохранилище. Если изменения температуры воды в дренаже хорошо коррелируются с изменениями температуры воды в водохранилище, есть основание считать, что дренаж работает. Например, в работающей подтопленной прудком дренажной призме температура воды у подножия наружного откоса летом будет ниже, а зимой, наоборот, выше, чем температура воды в прудке на некотором удалении от плотины, но более близко (с учетом некоторой временной сдвижки по фазе) будет совпадать с температурой воды в низовой призме плотины (рис.4.14, *г*).

Отметим, что оценивать работу дренажа по расходам воды в водосборной канаве не всегда корректно, даже если она расположена близко от низового откоса плотины. Канава может собирать в себя воду, профильтровавшуюся через плотину в обход дренажа (например, из основания), а также верховодку.

4.4.6. Засорение дренажа оценивается визуально по отложениям мелкого (часто пылеватого) грунта в трубах-дренах, водовыпусках или в пустотах наброски банкета, в порах наслонных призм. Если после прочистки труб-дрен и водовыпусков в них через некоторое время снова откладывается мелкий грунт, то есть основание считать, что дренаж плохо защищен фильтром и требуются целенаправленный поиск дефектных мест и ремонт. Дренажная призма в виде банкета из наброски может быть засорена не только вследствие суффозионного выноса и отложения в пустотах камней мелкого грунта тела плотины, но и вследствие небрежности при проведении строительных работ (отсыпка некондиционного грунта, мусора и т.п.), а также попадания в банкет сверху мелкого грунта, смываемого поверхностными водами с низового откоса. Очистить дренажный банкет от засорения весьма сложно. Однако в отдельных случаях это частично удается сделать очень обильной проливкой его гребня и низового откоса водой (например, с применением брандспойта) в теплое время года.

4.4.7. Основным признаком выхода из работы дренажа тела плотины являются полное отсутствие или ничтожно малое истечение из него фильтрующейся воды и, как следствие этого, - значительное повышение поверхности депрессии в теле плотины (последнее фиксируется по показаниям пьезометров, расположенных перед дренажем, визуально или обоими способами). При этом происходит обводнение низового клина плотины, а фильтрационный поток выходит на низовой откос выше отметок расположения дренажа (рис.4.14, *д*, *е*). Места выхода воды на поверхность откоса проявляются в виде мокрых пятен, имеющих более темный цвет, чем сухой грунт, а также эрозии и оплывания грунта.

4.4.8. Перемерзание дренажей чаще происходит в холодные и малоснежные зимы. Признаками перемерзания являются: прекращение истечения воды из водовыпусков, образование на них сосулек и наледей, продвижение наледей вверх над дренажем, образование наледей на поверхности низового откоса (происходит подъем поверхности депрессии, в местах высачивания на откос вода замерзает и т.д.). С перемерзанием дренажей можно бороться путем утепления водовыпусков и зон разгрузки профильтровавшейся воды (снежными отвалами, крупнообломочным грунтом, керамзитом и т.п.).

4.4.9. Обнаруженные визуальными наблюдениями участки выхода дренажа из работы, предположительные причины его повреждения заносятся в журнал наблюдений и на карту-развертку. Информация о повреждении дренажа оперативно сообщается ответственному должностному лицу ввиду опасности этого явления для плотины.

**4.5. Визуальные наблюдения за сопряжениями плотины с бетонными сооружениями и крутыми склонами.**

4.5.1. В местах сопряжений грунтовой плотины с жесткими бетонными сооружениями (устоями, подпорными стенками, донными водосбросами туннельного типа и др.) и крутыми берегами нередко возникает сосредоточенная по контактам фильтрация. Причинами этого могут быть: сегрегация и недостаточное уплотнение грунта в контактной зоне (у стенок, в пазухах, за выступами и т.п.); образование в грунте на контактах с бетоном или скалой сквозных горизонтальных трещин, обусловленных трением грунта по жесткой поверхности, снижением горизонтального нормального давления грунта на конструкцию и возникновением "арочного" эффекта; недостаточное заведение в грунт плотины сопрягающих противофильтрационных элементов (шпунт, шпора, реборды, зуб и др.); раскрытие контактного шва между грунтом и бетоном вследствие деформаций конструкции и др.

4.5.2. Осмотры зон сопряжения плотины с устоями, берегами и другими встроенными жесткими сооружениями следует производить очень тщательно и, главным образом, со стороны нижнего бьефа и гребня плотины, т.к. в этих зонах проявляется контактная фильтрация. Признаками контактной фильтрации являются: увлажнение или намокание грунта на контакте с бетонной поверхностью (берегом); появление ручейков или грифонов; появление мутности в профильтровавшейся воде; оплывание грунта в зоне контакта; образование наледей (зимой), проталин в снежном покрове или парение в морозные дни. При развитии контактной фильтрации и значительном суффозионном выносе грунта потоком на гребне плотины (бермах) могут образовываться просадочные воронки (рис.4.15). При наличии в зоне сопряжения пьезометров или датчиков напряжений грунта они отреагируют соответственно повышением уровней и снижением бокового давления грунта на контактную поверхность бетона.

**4.6. Визуальные наблюдения и обследования территории нижнего бьефа плотины и береговых склонов.**

4.6.1. Территория, непосредственно примыкающая к подошве низового откоса, может рассматриваться как объект информации и диагностирования работы плотины и основания. Ряд жизненно важных для сооружения процессов проявляется на этой территории. Протяженность территории, подлежащей систематическим визуальным наблюдениям, от подошвы откоса вдоль оси речной долины, рекомендуется принимать не менее $2H$, где $H$ - напор на плотине.

4.6.2. Территория, не подтапливаемая нижним бьефом, подвергается регулярным тщательным осмотрам в целях выявления неблагоприятных для сооружения процессов и косвенных показателей его работы.

Объектами осмотров и контроля на прилегающей к плотине территории должны быть:

все водовыпуски из дренажных систем плотины и основания, зоны разгрузки фильтрационных потоков из дренажных банкетов, наслонных призм и тюфяков;

водосборные и водоотводящие канавы;

естественные и искусственные понижения поверхности, включая воронки, строительные прорези и траншеи, старые карьерные выработки, озера и отдельные бочажки и т.п.;

ключи, грифоны, ручьи, все неорганизованные зоны высачивания грунтовых вод на поверхность;

места сопряжения внешней поверхности низового откоса плотины с береговыми склонами, береговые склоны;

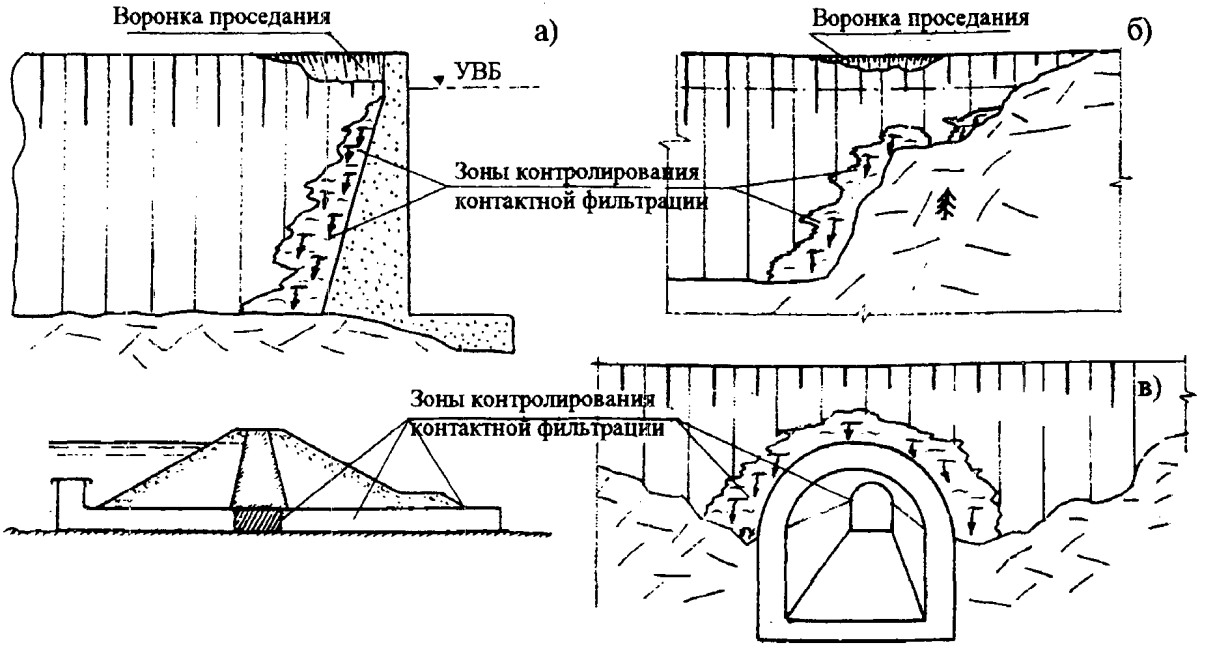



Рис.4.15. Зоны визуального контроля сопряжения плотины с берегами и бетонными сооружениями

*а* - сопряжение с устоем; *б* - сопряжение с крутым берегом; *в* - сопряжение с туннельным водосбросом.

заболоченные участки территории;

участки береговых осыпей, обрушений или подвижек склонов;

береговые участки отводящих каналов ГЭС, водосбросов и других сооружений.

4.6.3. При осмотрах со стороны нижнего бьефа водовыпусков из дренажей или самих дренажных призм следует четко зафиксировать все участки явных выходов воды и составить необходимую характеристику этих выходов: интенсивность высачивания или величина расхода; наличие или отсутствие намоканий грунта выше водовыпусков; наличие или отсутствие мутности в фильтрующейся воде; характер изменений расходов фильтрующейся воды во времени (например, по сезонам, месяцам) и их связи с колебаниями уровня верхнего бьефа, выпадением осадков, изменениями температуры наружного воздуха и другими факторами.

4.6.4. При этом следует обратить внимание на то, что в местах суффозионного выноса фильтрационным потоком грунта из тела плотины или основания ниже (по течению) зоны разгрузки, как правило, имеют место заметные отложения мелкого грунта в виде языков, шлейфов или отдельных полосок.

4.6.5. В местах интенсивной разгрузки профильтровавшейся воды в естественные или искусственные водоемы вблизи низового откоса заметно меняется характер подводной растительности (водорослей). В этих водоемах водоросли либо совсем отсутствуют, либо их очень мало по сравнению с другими участками, где фильтрация незначительна. Это вызвано тем, что профильтровавшаяся вода, как правило, холодная, и, если ее поступает в водоем много, то происходит локальное изменение температурного режима водоема в районе фильтрационного выхода. В период ледостава и зимой участки интенсивных фильтрационных выходов в водоем характеризуются (и легко обнаруживаются визуально) наличием в местах выходов воды свободных от льда акваторий (майны, полыньи), а в морозные дни - парением.

4.6.6. При контрольных осмотрах водосборных и водоотводящих канав необходимо фиксировать процессы и участки их заиления грунтом, зарастания водорослями, а также очаги выхода мутной воды из откосов и дна канав. Зимой в водосборных канавах следует обращать внимание на наличие майн, продухов (полыней) или подмывов льда по линии уреза воды со стороны низового откоса плотины. Их наличие и местоположение могут свидетельствовать об интенсивных выходах фильтрации в этих местах.

При обнаружении в канавах проявлений в виде шлейфов мутной воды необходимо установить их происхождение. Возможность суффозии грунта оценивается, как отмечалось в п.4.3.37, измерениями и сравнением с допу-

стимыми значениями фактического выходного градиента напора в точке проявления мутности. Другими причинами этого явления может быть стекание в канавы поверхностной мутной воды (например, после выпадения дождей) или подмыв грунта откоса канавы потоком и его оплывание.

4.6.7. В естественных и искусственных углублениях и понижениях на поверхности, примыкающей к низовому откосу плотины, включая воронки, траншеи, карьерные выработки, озера и отдельные бочажки, необходимо систематически наблюдать за появлением и скоплением в них воды, цветом (мутностью) воды, колебаниями уровня водной поверхности в зависимости от различных факторов (УВБ, дождей, температуры воздуха и др.), температурой воды, донными отложениями.

Результаты визуальных наблюдений за указанными объектами рекомендуется анализировать совместно с данными инструментальных измерений на плотине и в основании.

4.6.8. Сосредоточенные и все другие выходы воды на поверхность территории, примыкающей к низовому откосу плотины, в виде грифонов, ключей, ручьев, высачиваний следует систематически контролировать так же, как и аналогичные проявления непосредственно на плотине, согласно рекомендациям пп. 4.3.34 - 4.3.43.

4.6.9. Заболоченные участки на прилегающей к плотине территории могут оказывать неблагоприятные воздействия на грунты основания (переувлажнение, снижение прочностных характеристик и др.). Воднорастительный покров заболоченных участков затрудняет наблюдения за проявлениями возможных серьезных дефектов или процессов: суффозионный вынос грунта, деформации выпора, грифоны и др. Глубокое перемерзание этих мест зимой может осложнять разгрузку через основание фильтрационного потока. В этой связи заболоченные участки должны находиться под визуальным контролем и подвергаться осушению путем устройства сети водоспускных дренажных канав.

4.6.10. Признаками заболачивания береговых склонов, кроме водонасыщения поверхностного слоя грунта (что трудно бывает обнаружить при густой растительности), являются: появление "пьяного" леса или отдельных деревьев, оплывание грунта по склону. Если это происходит вблизи плотины, то на склонах должны быть проведены соответствующие мелиоративные и укрепительные мероприятия. Не исключено, что при интенсивных выходах на береговые склоны грунтовых вод, являющихся следствием обходной фильтрации из водохранилища, участки высачивания необходимо защищать пригрузкой из дренажно-фильтрового материала (гравий, щебень, каменная мелочь, дресва и т.п.).

4.6.11. Наблюдая визуально места примыкания к плотине береговых склонов, необходимо обязательно фиксировать даже малозаметные признаки обходной фильтрации (а зимой - образование наледей) и ее характер, а также признаки образования промоин от верховодки в логообразных впадинах между поверхностями склона и низового откоса плотины.

4.6.12. Явления выпора слабых грунтов из основания плотины под действием ее собственного веса или выпора, обусловленного взвешивающими гидродинамическими силами выходящего на поверхность фильтрационного потока, как правило, наблюдаются вблизи подошвы низового откоса. Основными признаками выпора грунта являются: заметный подъем (часто волнообразного характера) земной поверхности, трещинообразование на выпуклостях (гребнях) гряд выпора, выходы на поверхность через трещины или другого вида очаги грязевых и водных грифонов с наличием мутности и др. При обнаружении выпирания (подъема) грунта на этом участке ватерпасовкой или нивелированием снимается несколько профилей Выпор грунта представляет опасность для плотины и поэтому требуется принятие незамедлительных мер по его подавлению, в первую очередь, это пригрузка деформирующейся территории слоем дренажно-фильтрового материала (гравий, щебень, дресва и т.п.) и снятие избыточного напора в толще основания устройством самоизливающихся или откачиваемых дренажных скважин.

4.6 13. Наледи, образующиеся зимой в местах выходов на поверхность прилегающей к плотине территории фильтрующихся вод, хорошо поддаются визуальному контролю. При этом важно оценить характер развития наледи и ее влияние на режим фильтрации и работу плотины. Постоянно разрастающаяся внутрь и в высоту наледь (прогрессирующая) обычно с поверхности имеет волнообразный рельеф (наслоение наплывов). Она свидетельствует о фильтрационной природе образования наледи, величине фильтрации с перекрываемой ею площади основания (или низового откоса, берегового склона), а также создании наледью затруднений для разгрузки фильтрационного потока на дневную поверхность. Последнее обстоятельство может быть проверено путем пробивки лунок через толщу наледи до грунта и их заполнения (самопроизвольно) водой.

Наличие в льде наледи частиц грунта, следов ржавчины или мутности различных оттенков указывает на суффозионный вынос грунта из основания, тела плотины, трещин скального массива или на растворение и вынос потоком солей в породах основания.

4.6.14. Неразвивающаяся во времени наледь обычно возникает не вследствие намораживания фильтрующейся из основания и плотины воды, а из-за перемерзания воды в водоемах и вод поверхностного стока.

4.6.15. При первичном наполнении водохранилища и в начальный период эксплуатации плотины при визуальных наблюдениях часто фиксируется обильное воздуховыделение в водоемах, расположенных на примыкающей к низовому откосу территории. Наглядно это проявляется в виде периодических отрывов и подъемов от дна водоема на водную поверхность гирлянд из воздушных пузырей (см. условное обозначение в табл 3.2, № 31). При подъеме УВБ этот процесс носит интенсивный характер, а затем - затухает и исчезает. Причиной воздуховыделения является вытеснение воздуха из пор грунта основания фильтрационным потоком Опасности для плотины это явление не представляет, но свидетельствует о том, что в основании идет пропитка грунта водой и формируется фильтрационный поток, движущийся в сторону нижнего бьефа, поэтому необходимо усилить наблюдения за возможными выходами потока на дневную поверхность, в дренаж, под уровни водоемов, на береговые склоны и т.д.

4.6.16. На территории, примыкающей к низовому откосу плотины и подтопленной нижним бьефом, состав визуальных наблюдений становится весьма ограниченным. В этих случаях наблюдениями следует контролировать признаки и места размывов (подмывов) низового откоса и берегов, деформации их креплений, явления просадок грунта на низовой берме, общее состояние и устойчивость береговых склонов.

4.6.17. При небольших глубинах воды у низового откоса значительные выходы фильтрации через плотину, разгружающиеся под уровень через дренажную призму или водовыпуски, можно обнаружить зимой по майнам в ледовом покрове вблизи откоса. В летние периоды с этой целью полезно тщательно изучить характер распределения подводной растительности и донных отложений вдоль уреза воды. Явление значительной механической суффозии может быть отмечено по шлейфам мутной воды, выходящим от откоса плотины в акваторию.

Наблюдениями за водной акваторией вблизи низового откоса важно выявить наличие неблагоприятных сбоев потока, водоворотных зон, способных произвести локальные размывы грунта или креплений в плотине и на береговых склонах.

4.6.18. При наличии в нижнем бьефе вблизи плотины водоотводящих каналов визуальными наблюдениями контролируется состояние разделяющей их территории в части размывов, обрушений, просадок и т.п.

**4.7. Наблюдения за растительным покровом и землеройными животными на плотине.**

4.7.1. Травяное крепление поверхности низового откоса от размывов верховодкой во многих случаях является достаточно эффективным. Однако травяной покров затрудняет контроль за выходами профильтровавшихся

через плотину вод на откос (если таковые имеют место). Развитие на откосе кустарниковой растительности, с этой точки зрения, также нежелательно. Предусмотренная проектом растительность на откосе должна своевременно скашиваться, а непредусмотренная - удаляться.

Наличие крупных деревьев с развитой вглубь корневой системой на откосе недопустимо. Корнями могут пронизываться и нарушаться водоупорные и грунтовые элементы, забиваться фильтровые слои и дренажные устройства. При отмирании крупных корней по ним могут формироваться сосредоточенные очаги фильтрации. Визуальными наблюдениями все эти обстоятельства должны контролироваться.

При осмотрах низового откоса, покрытого травой, необходимо обращать внимание на густоту и цвет травы. В местах повышенной влажности, которые могут быть выходами фильтрационных вод или скоплениями верховодки, трава обычно растет более густой и имеет более яркий зеленый цвет, чем на сухих участках.

4.7.2. При обнаружении на поверхности откоса признаков жизнедеятельности землеройных и норных животных следует с помощью соответствующих специалистов установить их вид и особенности устраиваемых ими подземных ходов. При создании животными глубоких ходов в теле плотины, особенно в областях фильтрации, противофильтрационных элементов и фильтров, должны быть приняты необходимые меры по защите сооружения или переселению животных в другие места

**4.8. Наблюдения в потерне (галерее), встроенной в плотину.**

4.8.1. Встроенная под противофильтрационным элементом (ядро, экран, диафрагма) или в теле плотины цементационная потерна при ее повреждении или разрушении представляет реальную угрозу для сооружения. Основными опасными дефектами потерны являются: повреждение бетонных стенок и свода (вывалы бетона, трещины, разрушение бетона от перенапряжения и т.п.); выщелачивание некачественного и трещиноватого бетона фильтрующей водой; нарушение герметичности и чрезмерное раскрытие швов между секциями; ступенчатые с образованием уступов вертикальные смещения секций относительно друг друга и др.

Визуальными наблюдениями контролируются признаки и проявления отмеченных выше дефектов, оценивается характер их развития во времени и степень опасности для сооружения.

4.8.2. Для контроля за раскрытием межсекционных швов потерны их следует оснастить простейшими щелемерами либо металлическими анкерами, устанавливаемыми по обе стороны шва в точке измерения. Рассто-

яние между анкерами можно измерять штангенциркулем или миллиметровой линейкой. Параллельно с измерениями раскрытия швов обязательно выполняются единовременные измерения температуры воздуха в потерне в контрольных точках, а при фильтрующих швах - и температура воды на выходе из шва.

Результаты систематических наблюдений представляются в виде сводных графиков изменения во времени контролируемых параметров (раскрытие швов, температура воздуха, воды, УВБ).

4.8.3. Осадки и взаимные смещения секций потерны контролируются геодезическими способами.

4.8.4. При наличии в потерне фильтрации воды через швы, трещины, пористый бетон стенок и свода необходимо: тщательно измерять расходы воды через каждый шов и их совокупность, а также общий расход по потерне; систематически определять мутность профильтровавшейся через швы, трещины и бетон воды; одновременно с измерениями раскрытия швов и трещин измерять температуру воды на выходе ее из стенок.

4.8.5. При обнаружении на стенках потерны очагов выщелачивания бетона необходимо организовать систематические отборы проб профильтровавшейся воды в этих местах и определение ее химического состава. Периодически делать количественную оценку продуктов выноса путем соскабливания отложений с единицы площади стенки и тщательного взвешивания их.

4.8.6. При наличии в потерне глубинного дренажа организуются систематические наблюдения за расходами воды, поступающими через отдельные скважины, их совокупность (левобережные, правобережные, русловые и т.п.) и со всей дренажной системы.

4.8.7. В галереях, расположенных в теле плотины вне области фильтрации, необходимо контролировать осадку пола и взаимные смещения секций, раскрытие швов, состояние бетона. При специальном назначении галерей контролируются специальные параметры (льдообразование, температурный режим, пучение грунта и т.п.).

**4.9. Наблюдения за геологической средой в районе гидроузла.***

4.9.1. Плотина и водохранилище взаимодействуют с основанием и окружающей геологической средой, вызывая их деформации, обводнение, изменения физико-механических характеристик пород и их напряженного состояния, другие изменения, которые могут отразиться на состоянии сооружения.

---

* Раздел 4.9 составлен С Е Могилевской

4.9.2. Взаимодействие системы "плотина - геологическая среда" зависит от геолого-структурных и инженерно-геологических особенностей пород и их способности изменяться во времени под влиянием различных факторов [22].

4.9.3. Инженерно-геологические особенности пород, которые могут способствовать деформациям основания сооружения и геологической среды и приводить к ухудшению работы системы "плотина-основание" во времени, следующие:

Нескальные основания - наличие слабых пропластков пород; наличие пород, характеризующихся особыми свойствами (плывунные, просадочные, склонные к пучению); наличие растворимых пород; фильтрационно-суффозионные свойства пород.

Скальные и полускальные основания - элементы залегания осадочных пород (падение пород в сторону нижнего бьефа, вдоль склона и т.п.); степень трещиноватости пород и наличие зон интенсивного выветривания и разгрузки; наличие карстующихся пород; элементы залегания разломов, тектонических зон, протяженных трещин, а также блокообразующих систем трещин, обусловливающих прочность и устойчивость оснований и пути фильтрации; заполнитель трещин и разломов, как фактор, обусловливающий суффозионно-фильтрационные свойства пород

4.9.4. Все эти инженерно-геологические особенности оснований и береговых примыканий следует учитывать при организации и проведении визуальных натурных наблюдений, анализе и прогнозе деформаций пород во времени.

При проведении наблюдений, включая визуальные, необходимо фиксировать инженерно-геологические особенности пород на участках деформаций для анализа причин, их вызывающих, с целью разработки рекомендаций по их ликвидации и предотвращению дальнейшего развития.

4.9.5. Визуальные наблюдения за геологической средой в районе расположения сооружения должны выявлять и фиксировать: наличие, состояние и поведение крупных трещин в береговых скальных массивах и в основании; подвижки склонов в районах плотины и потенциально неустойчивых протяженных массивов в береговой зоне водохранилища (особенно в горных районах); взаимные смещения отдельных массивов, блоков, разделенных субвертикальными или наклоненными в сторону русла реки трещинами; наметившиеся оползни на склонах и в районе промплощадки сооружения; вывалы крупных блоков пород; провальные явления в виде воронок карстового происхождения и др.

4.9.6. Контроль за состоянием и поведением крупных трещин в породах осуществляется путем визуальной оценки их стабильности во време-

ни, простейшими измерениями их раскрытия и взаимных смещений массивов по трещине (щелемерами, щупами, маяками и др.). Измерения раскрытия трещин, смещений массивов по ним следует производить в увязке с измерениями температуры наружного воздуха и уровня верхнего бьефа.

4.9.7. Возможные подвижки склонов и потенциально неустойчивых массивов (в особенности подрезанных у подошвы строительными выработками, террасами, карьерами) следует контролировать тщательными визуальными осмотрами и геодезическим способом.

Наметившиеся опасные оползни на склонах и промплощадках необходимо обследовать только инструментальными способами с достаточной точностью измерений.

4.9.8. При визуальных наблюдениях за оползнями должны выявляться и учитываться: наличие пластов, слабых (глинистых) прослоек и крупных трещин с заполнителем, имеющих наклонное падение в сторону русла реки, а также характер обводнения массива и фильтрации через трещины Особое внимание следует обращать на состояние ранее выявленных и оконтуренных участков древних оползней, склоны, подсеченные строительными выемками, и на распространение протяженных трещин, которые в случае неблагоприятного развития (например, при обводнении и последующем перемерзании) могут обусловить отчленение и оползание больших массивов пород.

4.9.9. В результате визуальных геологических наблюдений должна быть предварительно оконтурена область развития оползня, выявлены потенциально опасные плоскости скольжения и с учетом инженерно-геологических особенностей участка сделан предварительный прогноз развития оползня или формирования потенциально неустойчивого участка пород.

4.9.10. При образовании в районе гидроузла значительной воронки оседания территории под действием нагрузки от веса водохранилища визуальными наблюдениями необходимо контролировать видимые деформации оседания берегов, образование и развитие протяженных трещин и разломов, смещений массивов в сторону русла реки и других явлений на примыкающей к водохранилищу территории.

4.9.11. Визуальные наблюдения за геологической средой, проводимые на дневной поверхности в районе гидроузла, весьма полезно дополнять систематическими наблюдениями аналогичного состава в различного рода действующих и законсервированных подземных выработках типа тоннелей, штолен, камер, шурфов и т.п.

**4.10. Наблюдения на водохранилище.**

4.10.1. На водохранилище, находящемся на балансе электростанции, должны проводиться систематические визуальные наблюдения за переработкой берегов, засорением акватории вблизи гидроузла лесом, торфом, другим мусором; заилением и зарастанием; температурным и ледовым режимами; качеством воды, соблюдением природоохранных требований в пределах водоохранных зон.

4.10.2. В прибрежной полосе контролируются места фильтрационных утечек воды из водохранилища и заболачивания прилегающей территории.

4.10.3. На водохранилищах, расположенных в зоне вечной мерзлоты, должны контролироваться также криогенные процессы, деформации ложа и берегов в зоне сработки уровня [9, 16, 22].

4.10.4. На сооружениях, вдоль напорного фронта которых зимой устраивается искусственная полынья, проводятся наблюдения за поддержанием ее в свободном от льда состоянии. В период пропуска через сооружения льда или леса организуются временные посты наблюдений за их прохождением и возможными заторами.

**4.11. Внеочередные обследования сооружений.**

4.11.1. Данные обследования сооружений проводятся после неординарных и чрезвычайных событий природного и техногенного характера, способных повредить или заметно изменить их работу и состояние. К таким событиям относятся: землетрясения, ураганы, сильные штормы и ливни, интенсивные паводки, небывало сильные морозы, мощные производственные или военные взрывы вблизи сооружения, оползание больших объемов грунта в водохранилище или в зоне промплощадки и др.

4.11.2. Обследование сооружения рекомендуется проводить оперативно (сразу после события) и с привлечением специалистов-гидротехников. Осмотры должны быть выполнены по полной программе визуальных наблюдений, а их результаты подвергнуты анализу совместно с данными контрольных инструментальных наблюдений, проводимых одновременно.

4.11.3. По результатам внеочередного обследования сооружения комиссией из специалистов-гидротехников составляется соответствующий акт, в котором должны быть отражены все замеченные изменения в его работе и обнаруженные вновь дефекты или повреждения.

**4.12. Наблюдения сооружений с механическим оборудованием.**

4.12.1. Необходимость этих наблюдений обусловлена тем, что при повреждениях указанных сооружений или отказе механического оборудования может оказаться невозможным нормальный пропуск расходов воды

через гидроузел, что приведет к переполнению водохранилища, переливу воды через гребень и разрушению плотины.

4.12.2. Механическое оборудование гидросооружений (затворы, защитные заграждения, подъемные механизмы, средства автоматики, электрозащиты и др.) должно, как правило, периодически освидетельствоваться и проверяться механиками в соответствии с утвержденным графиком.

Визуальные наблюдения следует в большей мере направлять на выявление явлений и дефектов сооружения, препятствующих нормальной эксплуатации смонтированного на нем оборудования.

Наблюдениями контролируются: качество бетона, наличие и характер трещин, раковин, обнажений арматуры в местах опирания затворов; механические и коррозионные повреждения затворов и закладных частей, наличие и размеры наледей на затворах, в пазах, на водосливных поверхностях и других узлах; наличие и толщина ледового припая с верховой стороны затворов или чистота полыньи, если поддержание таковой предусмотрено условиями эксплуатации оборудования; целостность линий электропитания, распределительных щитков, лебедок и других важных узлов; состояние утеплений или работа систем обогрева пазов, опорных устройств, пролетных строений и затворов; наличие и размеры полей плавающего в верхнем бьефе перед затворами леса, торфа, мусора, льда.

4.12.3. Информация по результатам визуальных наблюдений за сооружениями с механическим оборудованием должна заблаговременно передаваться ответственному лицу для принятия необходимых мер по приведению оборудования в нормальное рабочее состояние.

## 5. АНАЛИЗ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ И ОБСЛЕДОВАНИЙ

**5.1.** В общем случае анализ визуальных наблюдений и обследований напорного гидротехнического сооружения должен проводиться квалифицированным персоналом из числа инженеров-гидротехников. В данном разделе Рекомендаций приводятся основные положения анализа, доступные для практического использования эксплуатационным персоналом при оценке данных наблюдений.

**5.2.** Анализ данных визуальных наблюдений следует проводить отдельно для каждого из наблюдаемых объектов и в их совокупности, применительно к сооружению в целом.

**5.3.** Для каждого объекта должен быть получен ряд наблюдаемых качественных показателей или количественных параметров путем много-

кратных его освидетельствований во времени. Для последующей сравнимости данных, составляющих ряд наблюдений, они должны быть получены с соблюдением в каждом цикле наблюдений идентичного подхода в осмотрах, измерениях, изображениях на схеме или фотографии, в описании процесса и т.п.

**5.4.** Полученные ряды наблюденных тех или иных показателей или параметров представляются в виде таблиц, графиков, масштабных схем или фотографий, последовательных описаний одних и тех же качественных признаков процесса или явления, отображающих все изменения и развитие во времени наблюдаемых повреждений или дефектов сооружения. Например, ряды данных наблюдений за расходами очагов фильтрации, раскрытием трещин, просадками и т.п. следует отображать на графиках изменения контролируемых параметров во времени (см.рис.4.13, *ж*, *з*), а данные наблюдений за изменениями геометрии верхового откоса плотины - на масштабных схемах профиля откоса на различные даты, с наложением их друг на друга.

**5.5.** После представления данных наблюдений, согласно рекомендации по п.5.4, проводится ретроспективный (за весь период наблюдений) сравнительный анализ изменений во времени контролируемых показателей и параметров, На основе этого анализа делается вывод о динамике развития наблюдаемых процессов, периодичности повторения того или иного явления, расширения какой-либо дефектной зоны, изменениях в очертании откоса и др.

**5.6.** Важнейшим моментом в анализе данных наблюдений является выявление первопричин имеющихся в сооружении повреждений, дефектов или процессов. Для этого, как отмечалось ранее, должна быть подвергнута тщательному анализу вся имеющая отношение к возможным причинам того или иного неблагоприятного проявления или процесса информация, включая проектные материалы, строительно-технологическую документацию, данные специальных исследований, опытов, акты комиссионных обследований и т.п.

Кроме того, должна быть выполнена проверка на наличие или отсутствие корреляционных связей между изменениями наблюденных показателей и параметров и внешними факторами, включая уровни бьефов, температуру воздуха или воды в водохранилище, осадки, динамические воздействия, режимы работы ГЭС или водосброса и др.

**5.7.** Приведенные выше рекомендации по анализу данных визуальных наблюдений и обследований поясняются следующим методическим примером.

*Исходная информация, полученная визуальными наблюдениями:*

наблюдениями на однородной плотине, отсыпанной из моренного грунта, установлено периодическое намокание верхней части низового откоса на отметке на 2 м ниже НПУ, вода на поверхности откоса появляется в мае и исчезает в октябре

*Действия эксплуатационного персонала:*

а) при очередном проявлении намокания грунта на низовом откосе проводится сплошное зондирование стальным щупом поверхности откоса в местах выходов воды и на смежных участках, на обследуемом участке на поверхности откоса открыты мелкие шурфики глубиной 30-40 см;

б) мероприятиями, перечисленными выше (*а*), устанавливаются границы участка, на котором грунт насыщен водой (длина участка - 54 м, ширина по откосу - 3 м);

в) наблюдениями уровней воды в шурфиках и измерениями ее температуры устанавливается, что вода на откос фильтрует из тела плотины, т.к. температура профильтровавшейся воды коррелируется с температурой воды в грунте откоса на отметке на 2 м ниже НПУ и существенно отличается от температуры воздуха на поверхности откоса и воды в озерцах и бочажках, наполняемых осадками;

г) анализом устанавливается, что появление и исчезновение воды на низовом откосе приурочивается к уровню верхнего бьефа, когда он находится на 2 м ниже НПУ, при превышении этой отметки (май) - вода на откосе появляется, при снижении более 2 м - исчезает (октябрь), делается вывод о том, что очаг фильтрации воды через тело плотины находится примерно на этих отметках,

д) изучением строительно-технологической документации, относящейся к возведению плотины на данных отметках, устанавливается, что именно на отметках ниже 0,5 - 2 м от НПУ в пределах контролируемого участка в процессе строительства в тело плотины был уложен 1,5-метровый слой некондиционного грунта, который был промерзен и не уплотнен (на что составлен акт); делается вывод о том, что именно эта прослойка неуплотненного грунта после оттаивания и явилась причиной повышенной фильтрации и выхода фильтрующейся воды на низовой откос, достоверность вывода проверяется результатами пьезометрических наблюдений по створу, расположенному на контролируемом участке плотины;

е) принимается решение по перекрытию фильтрующей прослойки водонепроницаемой преградой в виде шпунтовой или глинистой стенки,

ж) в процессе реализации принятого инженерного решения по "лечению" плотины ведется контроль его эффективности

**5.8.** Примерно по таким же методическим схемам проводится анализ других неблагоприятных проявлений в плотине. С учетом выявленных визуальными наблюдениями и обследованиями повреждений, дефектов и процессов производится оценка эксплуатационной надежности и безопасности сооружения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. **СНиП 2.06.05.-84.** Плотины из грунтовых материалов - М. ЦИТП Госстроя СССР, 1985.

2. **Правила** технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации: РД 34.20 501-95. 15-е издание. - М., 1996.

3. **Угинчус А.А., Бомбчинский В.П.** Контрольно-измерительная аппаратура гидротехнических сооружений. - М.: Госстройиздат, 1954.

4 **Гинзбург М.Б.** Натурные исследования крупных гидротехнических сооружений. - М.-Л.: Энергия, 1964

5 **Вараксин В.А.** Опыт эксплуатации гидротехнических сооружений гидроэлектростанций - М -Л · Госэнергоиздат, 1950

6 **Малаханов В.В.** Техническая диагностика грунтовых плотин. - М . Энергоатомиздат, 1990

7 **Розанов Н.Н.** Плотины из грунтовых материалов. - М . Стройиздат, 1983.

8. **Методические** указания по организации визуальных контрольных наблюдений за состоянием гидротехнических сооружений электростанций. - М Союзтехэнерго, 1979

9 **Типовая** техническая программа обследования гидротехнических сооружений электростанций - М. Союзтехэнерго, 1982.

10 **Методические** указания по составу и периодичности эксплуатационного контроля за состоянием гидротехнических сооружений гидравлических и тепловых электростанций· РД 34 21.341-88 - М Союзтехэнерго, 1989

11. **Тейтельбаум А.И., Мельник В.Г., Саввина В.А.** Трещинообразование в ядрах и экранах каменно-земляных плотин. - М. Стройиздат, 1975.

12 **Кузнецов В.С.** Некоторые результаты натурных наблюдений за плотиной Серебрянской ГЭС-1 // Гидротехническое строительство - 1974. - № 4. - С 25-29.

13 **Авдеев В.А., Когодовский О.А., Кузнецов В.С.** и др Натурные наблюдения за плотиной Колымской ГЭС в строительный период // Энергетическое строительство - 1986 - № 5, С. 39-43.

14. **Гельфер А.А.** Причины и формы разрушения гидротехнических сооружений - Л -М : ОНТИ, 1936

15 **Цытович Н.А., Ухова Н.В., Ухов С.Б.** Прогноз температурной устойчивости плотин из местных материалов на вечномерзлых грунтах - Л · Стройиздат, 1972

16. **Биянов Г.Ф.** Плотины на вечной мерзлоте. - М.. Энергия, 1975.

17. **Чугаев Р.Р.** Земляные гидротехнические сооружения. - Л Энергия, 1967

18. **Шайтан В.С.** Крепление земляных откосов гидротехнических сооружений - М . Стройиздат, 1974.

19 **Пышкин Б.А.** Динамика берегов водохранилищ Издание 3-е. - Киев· Наукова думка, 1973.

20. **Sherard J.L., Woodward R., Girienski S.** and oth. Earth and earth-rock dams - New York, 1966.

21. **Гидротехнические сооружения**. Справочник проектировщика. - М : Стройиздат, 1983

22. **Маслов Н.Н.** Инженерная геология. - М.. Госстройиздат, 1957.

23. **Руководство** по проектированию плотин из грунтовых материалов, возводимых в северной строительно-климатической зоне. П 48-76/ВНИИГ. - Л., 1976.

*Приложение 1*

Предприятие_____
Сооружение_____
Участок осмотра №_____

**КОНТРОЛЬНЫЙ ЛИСТ**
обследования, наблюдений и выполнения мероприятий
по ликвидации повреждения (дефекта, процесса, явления)
№_____ (по карте-развертке №_____)

1. Характер контролируемого повреждения (дефекта, процесса, явления) №_____
2. Дата обнаружения _____, отм. УВБ_____, отм. УНБ_____
3. Местоположение_____
4. Привязка к сооружению (ПК, отм., расстояние до осей и др.) _____
5. Подробное описание повреждения (дефекта, процесса, явления) на момент его обнаружения_____
6. Схемы, фотографии, рисунки, характеризующие повреждение
7. Мероприятия по выявлению основных причин повреждения (дефекта, процесса) и их результаты _____
8. Установка КИА для контроля повреждений _____
9. Изменения в характере проявления повреждения (дефекта, процесса, явления) за период наблюдений _____
10. Инженерные мероприятия по ликвидации повреждения (дефекта, процесса, явления) и их техническая эффективность _____
11. Оценка характера проявления повреждения (дефекта, процесса, явления) после выполнения инженерных мероприятий по п.10 _____
12. Отметка ответственного лица о продолжении (прекращении) контроля _____

Контрольный лист составил:

*Приложение 2*

Предприятие_____
Объект_____

**ЖУРНАЛ**
**ВИЗУАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ**

_____
(сооружение)
_____

Начат "___"_____19___г.

Закончен "___"_____19___г.

Год _____

Участок осмотра №_____
Наименование участка _____
Местоположение участка _____

| №№ и наименование объектов осмотра, повреждений (дефектов, процессов, явлений) | Дата осмотра | Отметки бьефов | | Описание результатов наблюдений объектов, повреждений (дефектов, процессов, явлений) | Примечание |
|---|---|---|---|---|---|
| | | УВБ | УНБ | | |
| | | | | | |

Фамилия и подпись
наблюдателя _____

## СОДЕРЖАНИЕ


Предисловие . . . . . 3

1. Общие положения . . . . . 4
   Назначение Рекомендаций . . . . . 4
   Визуальные наблюдения и обследования, их значение в контроле состояния плотин . . . . . 4

2. Объекты и состав визуальных наблюдений и обследований на грунтовых плотинах . . . . . 6
   Объекты визуальных наблюдений и обследований . . . . 6
   Состав визуальных наблюдений и обследований . . . . . 7

3. Организация и подготовка визуальных натурных наблюдений и обследований . . . . . 8

4. Методика и техника проведения визуальных наблюдений и обследований . . . . . 19
   4.1. Основные положения . . . . . 19
   4.2. Визуальные наблюдения и обследования гребня (берм) плотины . . . . . 20
   Наблюдения и обследование трещин . . . . . 20
   Наблюдения и обследование просадок гребня . . . . . 28
   Наблюдения за пучением грунта гребня плотины . . . . . 29
   Выявление очагов формирования оползней на гребне . . . 31
   4.3. Визуальные наблюдения за состоянием и устойчивостью откосов плотины и береговых склонов . . . . . 31
   Наблюдения за устойчивостью откосов . . . . . 32
   Наблюдения за креплением верхового откоса . . . . . 35
   Наблюдения за креплением низового откоса . . . . . 37
   Наблюдения за водосборными и отводящими кюветами . 38
   Наблюдения за просадками грунта на откосах . . . . . 40
   Наблюдения за изменением геометрии (очертанием) откосов . . . . . 40
   Наблюдения за выветриванием каменного материала плотины . . . . . 41
   Наблюдения за рассредоточенными выходами фильтрации на низовой откос. . . . . 41
   Наблюдения за сосредоточенными выходами фильтрации (грифоны, ключи, ручьи) . . . . . 45
   4.4. Наблюдения за дренажными устройствами плотины . . 49
   4.5. Визуальные наблюдения за сопряжениями плотины с бетонными сооружениями и склонами . . . . . 52
   4.6. Визуальные наблюдения и обследования территории нижнего бьефа плотины и береговых склонов . . . . . 53

4.7. Наблюдения за растительным покровом и землеройными животными на плотине . . . . . 58
4.8. Наблюдения в потерне (галерее), встроенной в плотину 59
4.9. Наблюдения за геологической средой в районе гидроузла . . . . . 60
4.10. Наблюдения на водохранилище . . . . . 63
4.11. Внеочередные обследования сооружений . . . . . 63
4.12. Наблюдения сооружений с механическим оборудованием . . . . . 63
5. Анализ и оценка результатов визуальных наблюдений и обследований. . . . . 64
Список литературы. . . . . 67
Приложения . . . . . 68

Редактор *Т. С. Артюхина*
Технический редактор *Т. М. Бовичева*
Компьютерная верстка *Н. Н. Седова*

Лицензия ЛР № 020629 от 14.01.98.
Подписано в печать 28.02.2000. Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Печ.л. 4,5. Тираж 300. Зак. 39.

Издательство и типография ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева».
195220 Санкт-Петербург, Гжатская ул.21.

gost.e-ecolog.ru