

## Лекция 9. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРУДОВ И ВОДОХРАНИЛИЩ

### 9.1. Назначение и характеристика прудов и водохранилищ

Пруды и водохранилища – искусственные водоемы, создаваемые для снабжения водой населенных пунктов и промышленных предприятий, орошения земель, разведения и выращивания рыбы, для культурно-оздоровительных целей, регулирования стока реки, получения электроэнергии и т.д. На территории Республики Беларусь в проектах мелиорации земель было предусмотрено строительство 925 водоемов.

На балансе эксплуатационных организаций концерна “Белмелио-водхоз” находится 124 водоема, в том числе 99 с объемом каждого более 1 млн. м<sup>3</sup>. Водоемы с площадью водного зеркала до 1 км<sup>2</sup> и объемом до 1 млн. м<sup>3</sup> называют прудами, а водоемы с превышением указанных параметров – водохранилищами. Параметры наиболее крупных водохранилищ на территории Беларуси приведены в табл. 9.1.

Созданием прудов и водохранилищ решается ряд водохозяйственных проблем путем аккумуляции больших запасов пресной воды, улучшаются климатические условия прилегающей местности и рекреационная обстановка. Положительное значение имеет выравнивание среднегодового стока. Этому сопутствует срезка пиков половодья, вследствие чего уменьшаются затопления в нижнем бьефе. В меженный период дополнительные попуски из водохранилища обеспечивают несколько повышенные по сравнению с естественными условиями уровни и расходы воды в водотоках.

Таблица 9.1. Основные данные по крупнейшим водохранилищам Беларуси

| Наименование водохранилища | Площадь зеркала при НПУ, км <sup>2</sup> | Полезный объем, млн. м <sup>3</sup> |
|----------------------------|--|-------------------------------------|
| 1. Вилейское               | 77                                       | 235                                 |
| 2. Заславское              | 27                                       | 103                                 |
| 3. Красная Слобода         | 23,6                                     | 50                                  |
| 4. Погост                  | 16,2                                     | 44,8                                |
| 5. Селец                   | 20,7                                     | 41,5                                |
| 6. Любанское               | 22,5                                     | 32,7                                |

Однако создание водохранилищ имеет не только положительные, но и отрицательные стороны. Особенно ощутимы отрицательные последствия строительства водохранилищ для сельского хозяйства, так как значительные площади используемых угодий затопляются водой и находятся в зоне подтопления. Повышение уровня грунтовых вод в зоне подтопления изменяет

ход почвообразовательного процесса, который идет по типу грунтового заболачивания с торфонакоплением и интенсивным оглеением почвенного слоя. Сильное оглеение проявляется при влажности 78...85% от полной влагоемкости, а сплошное или почти сплошное наступает при постоянной или продолжительной влажности около 90%. Повышение уровня грунтовых вод существенно влияет на рост древесной растительности.

На берегах водохранилищ, используемых для целей водоснабжения, создают санитарно-охранные зоны, где запрещается пастьба скота, удобрение полей и вводятся другие ограничения, которые дают дополнительные потери сельхозпроизводству.

Водоохранилища многолетнего и сезонного регулирования в нижних бьефах гидроузлов изменяют водный режим заливных лугов и пашен, что ведет к снижению продуктивности сенокосов и пастбищ на значительных территориях.

По берегам водохранилищ имеет место зона временного затопления, расположенная между максимальным и минимальным уровнями воды в водоеме. Временному затоплению подвергаются большие территории. Отмечено, что со временем площадь мелководий увеличивается. Так за 10...13 лет площадь мелководий Каховского водохранилища увеличилась на 12,6%, Цимлянского – на 8,4%. Мелководья в настоящее время практически не используются и зарастают водной растительностью. Однако в качестве частичной компенсации потерь сельскохозяйственного производства возможно использование прибрежно-водной растительности в качестве корма для сельскохозяйственных животных. По биохимическому составу и питательности эта растительность не уступает луговым травам, а ее продуктивность в 2...3 раза выше. Из водной растительности можно приготовить белково-витаминную муку.

Прибрежно-водные растения имеют весьма существенное значение в жизни ряда диких животных, птиц и рыб. Учитывая большую роль прибрежной зоны мелководий, желательнее регулировать в ней процесс формирования растительных сообществ. При создании сообществ кормового значения особое внимание должно быть обращено на подбор культур в зависимости от климатических условий, режима уровня водохранилищ, почвенных условий и приспособленности растений к затоплению и подтоплению. Основная роль при этом принадлежит влаголюбивым злакам с высокой продуктивностью и ценными кормовыми качествами: бекмания обыкновенная, канаречник тростниковидный, манник большой и др. Велика роль мелководных зарослей в самоочищении вод от загрязнения, что особенно важно для водохранилищ питьевого назначения. Например, бытовая сточная вода, пропущенная через

заросли водных растений на площади 0,7...0,8 га со скоростью подачи  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$  при выходе из зарослей полностью очищаются от различных загрязнений. Установлена высокая степень поглощения водными растениями солей меди, свинца, цинка. Однако прибрежно-водные растения имеют ценность лишь при своевременной уборке зеленой массы и удалении из воды отмерших частей растений до начала их гниения. При этом улучшается санитарное состояние мелководий, предотвращается заболачивание берегов.

При создании и эксплуатации прудов и водохранилищ часто встает вопрос защиты площадей обвалованием от временного или постоянного затопления и подтопления. Защита от затопления, с одной стороны, приводит к уменьшению ущерба народному хозяйству, с другой – к увеличению стоимости сооружения и его эксплуатации. Затраты на инженерную защиту прибрежных территорий иногда составляют значительную часть в общей сумме затрат на строительство водоема. Опыт эксплуатации защищенных территорий на Каховском водохранилище, а также польдеров в Прибалтике показывает, что обвалование является эффективным при интенсивном использовании осушаемых земель под высокоурожайные культуры.

Значительное влияние оказывает подтопление на состояние берегов водохранилищ. Частые колебания воды и переувлажнение грунта вызывает размывы и обрушение берегов. Эти процессы усиливаются динамическим воздействием волн. Общие потери земель в результате переработки берегов, например вокруг Цимлянского водохранилища, за 12 лет составили около 12 тыс. гектаров.

## **9.2. Требования к качеству воды в водоемах**

Каждый вид водопользования предъявляет определенные требования к качеству воды. Оценка пригодности воды для различных нужд производится по ее физическим, химическим и биологическим показателям.

Наиболее разнообразны требования к воде, используемой для промышленности. Они определяются спецификой отдельных производств и непрерывно усложняющейся технологией многих из них. В целом можно считать, что потребляемая вода не должна вызывать ухудшение качества продукции и развитие коррозии или различных солевых отложений в аппаратуре, трубопроводах и отдельных сооружениях. Недопустимо применение воды, которая представляет опасность для здоровья работающего персонала или может создать аварийную производственную обстановку. Вода, забираемая для орошения, должна быть безвредной для растений, не ухудшать качество урожая.

Обычно водоемы и водотоки по требованиям к качеству воды разделяют на две категории. К первой из них относятся водоемы или отдельные их

участки, используемые для питьевого водоснабжения и обеспечения предприятий пищевой промышленности. Ко второй – участки, предназначенные для купания, спорта и отдыха населения, а также водоемы и водотоки, расположенные в населенных пунктах.

Важнейшими показателями состояния воды в водоемах являются следующие:

**Предельно допустимая концентрация (ПДК)** вредных веществ в воде. Нормативы ПДК разработаны для всех возможных веществ, поступающих в водоемы. Например, для бензола ПДК составляет 0,5 мг/л, свинца – 0,1, ртути – 0,05, железа – 0,5, бензина – 0,1 мг/л и т.д. Сточные воды, которые могут вызвать превышение ПДК, отводить в водоемы запрещается.

**Биохимическая потребность в кислороде (БПК)** указывает на содержание в воде кислорода, необходимого для окисления находящихся в ней загрязняющих, преимущественно органических веществ. Для бытовых сточных вод потребность в кислороде зависит от нормы водопотребления на человека: при 50 л/сут БПК составляет 600...800 мг/л, при 100 л/сут – 300...400, при 200 л/сут – 150...200 мг/л. Для промышленных сточных вод БПК зависит от характера производства и колеблется в довольно широких пределах (от 50 до нескольких тысяч мг/л). Пополнение кислорода происходит за счет соприкосновения воды с атмосферой и зависит от площади ее поверхности и интенсивности перемешивания воды.

**Водородный показатель (рН)** определяет концентрацию в воде ионов водорода и показывает ее кислотность или щелочность. У мест культурно-бытового водопользования рН желателен в пределах 6,5...8,5. Такая же концентрация необходима для самоочищения воды.

**Органолептические свойства воды** характеризуют запах, привкус и плавающие примеси. Эти свойства оценивают в баллах. Например, интенсивность запахов определяют по такой шкале баллов: 0 – нет запаха, 1 – очень слабый, 2 – слабый, 3 – заметный, 4 – отчетливый, 5 – сильный. У мест культурно-бытового водопользования запахи не должны превышать 2 балла. Аналогичную шкалу используют для оценки привкусов воды. Обычно вкусовые свойства определяются при концентрациях, превышающих предельные по запаху.

**Возбудители заболеваний.** Инфекционными являются сточные воды населенных пунктов, животноводческих хозяйств, боен, кожевенных предприятий, шерстомоек и др. В практике контроль за возбудителями заболеваний в основном проводят по количеству содержания в воде кишечных палочек, которые наиболее приспособлены к неблагоприятным факторам внешней среды. Водоемы, используемые для питьевого водоснабжения с содержа-

нием до 1 тыс. кишечных палочек в 1 л воды, считаются достаточно чистыми по бактериальным характеристикам для водопотребления после соответствующей очистки и дезинфекции воды на водопроводных сооружениях.

**Взвешенные вещества** ухудшают качество воды, а иногда могут оказаться вредными для организма. Поэтому “Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами” предусмотрено, что содержание взвешенных веществ не должно превышать 0,25 мг/л в водоемах, используемых для питьевого водопользования, и 0,75 мг/л – в водоемах, используемых для других целей.

#### **Основные требования к качеству воды:**

– количество растворенного кислорода в воде после смешения с ней сточных вод не должно быть меньше 4 мг/л в любой период года в пробе, взятой до 12 ч дня;

– биохимическая потребность в кислороде (БПК) – количество кислорода, потребляемое на биохимическое окисление органических веществ, – при 20° С не должна превышать 3 и 6 мг/л для водоемов и водотоков соответственно первой и второй категорий;

– содержание взвешенных веществ в воде после спуска стоков не может увеличиваться более чем на 0,25 и 0,75 мг/л для водоемов и водотоков соответственно первой и второй категорий;

– вода не должна иметь запахов и привкусов интенсивностью свыше двух баллов. Кроме того, она не должна придавать посторонний запах и привкус мясу рыб;

– после смешения вод водоема или водотока с промышленными и коммунальными стоками кислотность должна находиться в пределах  $6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$ ;

– окраска не должна обнаруживаться в столбике воды высотой 20 и 10 см соответственно для водоемов и водотоков первой и второй категорий;

– не допускается содержание ядовитых веществ в концентрациях, которые могут оказать вредное воздействие на людей и животных;

– на поверхности водоема не должно быть плавающих примесей (пленок, пятен минеральных масел и др.);

– не допускается наличие возбудителей заболеваний (сточные воды, содержащие болезнетворные бактерии, подвергаются обеззараживанию после предварительной очистки);

– повышение температуры в водоеме или водотоке при выпуске в него различных стоков допускается не более чем на 3° С (по сравнению с максимальной температурой воды в летний период времени);

– минеральный осадок не должен быть более 1000 мг/л, в том числе хлоридов – 350 и сульфатов – 500 мг/л.

Более высокие требования предъявляют к водотокам и водоемам, используемым для обитания и искусственного разведения рыб. В частности, не разрешается выпуск сточных вод на участках массового нереста и нагула рыб. Величина БПК при 20<sup>0</sup> С не должна превышать 2 мг/л. Особое внимание обращается на недопустимость загрязнения ядовитыми веществами.

По литературным данным предельно допустимая концентрация некоторых вредных веществ для таких водоемов не должна превышать следующих значений (в мг/л):

|                      |     |                                  |       |
|----------------------|-----|----------------------------------|-------|
| магний .....         | 50  | медь, никель, цинк .....         | 0,01  |
| соли аммония .....   | 5   | фенолы .....                     | 0,001 |
| сероуглерод .....    | 1   | сульфиды, хлор (свободный) ..... | 0     |
| аммиак, свинец ..... | 0,1 |                                  |       |

Эти нормативы являются довольно приближенными, ибо условия для нормального обитания и воспроизводства рыб зависят от их вида, возраста и количества, а также от сочетания концентраций различных вредных соединений, содержащихся в воде.

Для обеспечения требуемого качества воды разрабатываются эксплуатационные природоохранные мероприятия. Под эксплуатационными природоохранными мероприятиями подразумевается комплекс организационно-хозяйственных, агролесомелиоративных, агротехнических, лугомелиоративных, гидротехнических и других работ, способствующих поддержанию санитарной обстановки и равновесия экологических систем в водоохранной зоне и акватории водохранилища и обеспечивающих качество воды в водоеме на уровне действующих санитарных норм.

Водоохранной зоной является территория, прилегающая к акватории малых рек, прудов и водохранилищ на этих реках, на которой устанавливается специальный режим для предотвращения загрязнения, засорения и истощения вод. В пределах водоохранной зоны выделяется прибрежная полоса, на территории которой строго ограничивается хозяйственная деятельность. Размеры водоохранных зон и прибрежных полос, порядок использования земель, включенных в их состав, водоохранный режим устанавливаются облисполкомами и доводятся до сведения всех заинтересованных объединений, предприятий, организаций и граждан, которые должны обеспечить мероприятия, предотвращающие поступление загрязняющих веществ в водные объекты. Ширина водоохранной зоны устанавливается с учетом физико-географических, почвенных, гидрогеологических и других условий, а также интересов всех водопользователей и требований «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», но не менее 500 м.

В водоохранной зоне запрещается:

а) применение авиаопыления ядохимикатами при борьбе с вредителями, болезнями растений и сорняками;

б) размещение животноводческих ферм без осуществления водоохраных мероприятий, предотвращающих поступление загрязняющих веществ в пруды и водохранилища;

в) размещение складов для хранения минеральных удобрений и ядохимикатов;

г) оборудование площадок для заправки аппаратуры ядохимикатами; размещение и строительство складов нефтепродуктов, накопителей сточных вод животноводческих комплексов и ферм, механических мастерских, пунктов техобслуживания и мойки техники и автотранспорта, устройство свалок мусора и промышленных отходов, а также других объектов, отрицательно влияющих на качество вод;

д) производство строительных, дноуглубительных и взрывных работ, добыча полезных ископаемых, водных растений, прокладка кабелей, трубопроводов и других коммуникаций, рубка леса, буровые, сельскохозяйственные и другие работы без согласования с органами по охране природы и рыбнадзора.

Ширина прибрежной полосы устанавливается в зависимости от характеристики прилегающих угодий и крутизны склонов в размере 20-100 м от уреза воды. Прибрежные полосы, как правило, должны быть заняты древесно-кустарниковой растительностью.

В пределах прибрежной полосы запрещается:

а) распашка земель, выпас скота;

б) организация летних лагерей скота;

в) применение высокотоксичных ядохимикатов и минеральных удобрений; размещение баз отдыха, палаточных городков, стоянок автотранспорта и сельскохозяйственных машин, строительство зданий и сооружений (кроме водозаборных, водорегулирующих и других гидротехнических сооружений, водомерных постов, лодочных причалов и мест водопоя скота).

### **9.3. Основные источники загрязнения воды в водоемах и меры предупреждения**

Под загрязнением понимают такое состояние воды, при котором она становится частично или полностью непригодной для какого-либо вида водопользования.

Под засорением понимают поступление в водоемы посторонних нерастворимых веществ и предметов, практически не изменяющих качество воды (древесина, шлак, металлолом и т.д.).

Степень загрязнения определяется концентрацией в воде вредных примесей и оценивается обычно требованиями разных потребителей. Наиболее жесткими являются требования хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Почти все сточные воды, поступающие от промышленных предприятий, мест стоянки и хранения техники, автомобильных дорог загрязнены в большей или меньшей степени нефтепродуктами. Даже незначительное содержание нефти (0,2...0,4 мг/л) придает воде специфических запах.

Большую опасность представляют фенольные соединения, которые, обладая сильными антисептическими свойствами, нарушают биологические процессы в воде, придавая ей резкий, неприятный запах.

Города и другие населенные пункты дают большое количество загрязненных веществ. В составе коммунальных стоков содержится значительное количество вредных соединений от использования химических веществ в быту, а также от предприятий пищевой промышленности, общественного питания, торговли и т.д. Наличие в коммунальных стоках болезнетворных микробов и вирусов, а также яиц гельминтов делает их особенно опасными для здоровья людей. Населенные пункты загрязняют водные объекты поверхностными стоками с улиц и дворов при выпадении дождей или таянии снега. Эти стоки содержат в себе нефтепродукты и другие специфические загрязнения.

Животноводческие фермы и крупные животноводческие комплексы для промышленного производства свинины, говядины и молока являются также существенным источником загрязнения.

Для облегчения водопоя фермы иногда располагают по берегам водоемов или вблизи них. При отсутствии жижесборников и навозохранилищ их отходы легко смываются ливневыми стоками в водоемы и водотоки. Если учесть, что от фермы крупного рогатого скота ежедневно образуется 1 т навозной жижи от каждой сотни голов, то становится ясной степень возможного загрязнения водных источников. На небольших реках ниже ферм при отсутствии природоохранных мероприятий вода становится мутной и приобретает неприятные запахи, рыба погибает. Отходы животноводческих хозяйств опасны тем, что в них содержатся яйца гельминтов (глистов) и патогенные микроорганизмы, являющиеся источником заболеваний. Особенно опасны отходы свиноводческих комплексов. Одна свиноферма на 100 тыс. голов по результатам загрязнения равнозначна городу с населением 250 тыс. человек.

В сельскохозяйственном производстве применяют минеральные удобрения и химические средства защиты растений от сорняков, вредителей и болезней. В результате в окружающую среду поступает много химических веществ, в том числе пестицидов, некоторые из них устойчивы к воздействию внешних факторов и в течение длительного времени сохраняют свои свой-

ства. Пестициды накапливаются в почве, а затем смываются в водоемы. При обработке полей с помощью авиации пестициды могут попадать в водисточники непосредственно.

Особая опасность загрязнения вод удобрениями и пестицидами заключается в том, что стоки с полей невозможно пропустить через очистные сооружения. Кроме того, огромные площади сельскохозяйственных угодий являются основными речными водосборами, с которых вода поступает в водные объекты.

Исследованиями установлено, что из внесенных удобрений в водисточники попадает около 20 % азота, 2,5 % фосфора и 30 % калия. Таким образом сельское хозяйство стало основным загрязнителем водных объектов биогенными веществами.

Биогенные вещества способствуют интенсивному развитию фитопланктона (“цветению” вод), стимулируют рост нежелательных водных организмов, вызывают прогрессирующую эвтрофикацию (содержание в воде питательных веществ и первичной продукции) водных объектов, приводят к нарушению процессов самоочищения.

Цветение воды – результат развития сине-зеленых водорослей. Сине-зеленые водоросли относятся к группе низших, наиболее примитивных растений. В большинстве случаев это одноклеточные организмы, обычно соединяющиеся в колонии. У некоторых клетки при помощи слизи и выростов соединены в ценобии в виде нитей, давая внешнюю картину многоклеточности. Размножаются они преимущественно путем деления клеток. Живут сине-зеленые водоросли не только в воде, но и на суше (на берегах водоемов, в почвах и на их поверхности). Это самые распространенные растения земного шара. Они первыми заселяют бесструктурные почвы и совместно с бактериями подготавливают их для освоения другими растениями. Эти водоросли вообще аэробные организмы. Они способны к синтезу углеводов, но используют и распадающиеся органические вещества.

В сезоны массового размножения вода кажется окрашенной в зеленый, синий и другие цвета, потому данное явление называют “цветением” воды. “Синяя жидкость” образуется при распаде сине-зеленых водорослей в результате выхода из клеток водорастворимых пигментов – билихромпротеидов. При избыточном развитии водорослей качество воды резко ухудшается. В результате активно протекающих процессов брожения и гниения вода насыщается токсичными продуктами (фенолами, цианидами, высшими спиртами), обедняется кислородом, приобретает неприятные запахи. Это приводит к заболеванию и гибели рыб и других гидробионтов. Биологическое загрязнение воды отмирающими водорослями можно сравнить с загрязнением промышленными сточными водами.

Массовое развитие сине-зеленых водорослей наносит значительный ущерб вследствие нарушения режима водоснабжения населенных пунктов, возникновения заморов рыбы, загрязнения мест отдыха трудящихся и т. д. Сине-зеленые водоросли наиболее интенсивно развиваются в застойных водоемах.

В водохранилищах со значительной изрезанностью береговой линии и большим числом заливов возрастает доля внутриводоемных процессов, характерных для застойных зон, усиливаются процессы эвтрофирования. Эвтрофирование особенно усиливается под влиянием поступления в водоемы удобрений с полей и сточных вод.

Если в начальный период эвтрофирование приводит к увеличению продуктивности водоема в развитии фитопланктона и рыбы, то в последующем оно является причиной ухудшения качества воды и обеднения видового состава зообентоса и рыб, приводит к развитию сине-зеленых водорослей, менее требовательных к условиям обитания. Сине-зеленые водоросли при малой и средней интенсивности их развития (до  $10...20$  г/м<sup>3</sup> сухого вещества) играют, как и другие фотосинтезирующие организмы, положительную роль, обогащая воду свободным кислородом. Однако в водохранилищах они затем достигают такой интенсивности развития ( $300...500$  г/м<sup>3</sup> и более), при которой продукты их распада становятся источником загрязнения воды. В пятнах цветения, где биомасса сине-зеленых водорослей достигает  $5...10$  кг/м<sup>3</sup>, содержание аммонийного азота и минерального фосфора повышается в  $5...10$  раз, органического азота – в  $30...150$  раз, численность бактерий возрастает в  $25...100$  раз, а гнилостных бактерий – до  $400$  раз. В результате экранирующего действия пятен цветения (затенения) подавляются процессы фотосинтеза в толще воды, что сопровождается гибелью кормовых животных и замором рыб. При этом гибнет в основном молодь окуневых рыб (судак, окунь, ерш).

Ущерб от цветения воды значительны. Особенно отчетливо они проявляются в системах коммунального и технического водоснабжения, в рыбном хозяйстве, ограничивают, а иногда и исключают использование водных ресурсов для рекреации, лечения, спорта и туризма.

К мероприятиям, сдерживающим массовое развитие сине-зеленых водорослей в существующих водохранилищах, можно отнести следующие: резкое уменьшение притока дополнительных пищевых ресурсов в водохранилища за счет почвенных смывов и сточных вод; изъятие водорослевых масс с последующим использованием их в различных хозяйственных целях; локальное, в первую очередь в очагах заражения водохранилищ, удаление иловых отложений, аккумулирующих значительные запасы биогенных элементов и органических веществ, и использование их в качестве органических удобрений для улучшения структуры почвы; повышение степени кислородного насыще-

ния придонных слоев воды за счет дополнительной аэрации; применения воздушной защиты водосбора и водозабора, а также путем механического изъятия избыточной биомассы водорослей из водохранилищ, особенно в местах их массовых скоплений. Последнее весьма перспективно и с точки зрения использования сине-зеленых водорослей в народном хозяйстве как ценного сырья для микробиологической промышленности, непищевого сырья для бродильной промышленности и получения многих ценных биохимических продуктов (аминокислот, витаминов, антибиотиков и т.д.).

В первые годы эксплуатации возможно заметное ухудшение качества воды и обильное развитие фитопланктона. Биогенные элементы, освобождаемые при распаде органического вещества затопленных почв, создают условия кратковременного атрофирования водоема. В дальнейшем, по мере эксплуатации, происходит снижение продукции массы фитопланктона и улучшение качества воды.

Эти мероприятия не только решают проблему качества воды, но и дадут возможность получения прекрасных органических удобрений, обеспечат сельское хозяйство дополнительным сырьем в виде разнообразной по биохимическому составу растительной массы.

Загрязнение водоемов не является неизбежным спутником интенсификации сельскохозяйственного производства. Более того, при правильном использовании минеральные удобрения – эффективное средство защиты окружающей среды, так как их применение улучшает структуру почвы, повышает ее устойчивость к водной и ветровой эрозии.

Для предупреждения попадания удобрений в водосточники необходимо соблюдать соответствие норм внесения удобрений потребностям растений; устанавливать оптимальные сроки внесения удобрений с учетом биохимических особенностей почвы; проводить дробное внесение удобрений в период вегетации (особенно для почв легкого гранулометрического состава); вносить удобрения с оросительной водой, что позволяет уменьшить их дозу вдвое. Следует применять концентрированные формы удобрений для уменьшения внесения в почву балластных веществ; необходимо использовать медленно действующие азотные удобрения в виде гранул с защитной оболочкой или труднорастворимые удобрения типа конденсатов мочевины, отдающих питательные вещества в почву постепенно. Рекомендуется применение ингибиторов нитрификации, снижающих активность почвенных бактерий, переводящих аммонийный азот в легкорастворимую нитратную форму, следует исключить хранение удобрений под открытым небом.

Для ограничения поступления пестицидов в водные объекты предусматривают следующие мероприятия:

упорядочить системы их применения. Прежде всего нужно сокращать использование стойких препаратов, пестициды следует применять только при сильной зараженности вредителями;

с целью уменьшения рассеивания пестицидов в окружающей среде применять очаговую, ленточную или краевую обработку вместо сплошной. При такой обработке расход пестицидов снижается в несколько раз при том же производственном эффекте, так как сохраняются естественные враги вредителей (энтомофаги и др.);

шире применять биологические методы защиты растений вместо пестицидов;

разрабатывать менее опасные виды пестицидов, отличающиеся минимальной токсичностью, высокой скоростью разложения в воде и минимально возможной миграционной способностью. Последнему требованию отвечают гранулированные формы пестицидов;

запрещать химическую обработку земель путем авиаопыления. Основным способом применения пестицидов должно стать ультрамалообъемное опрыскивание.

Общей мерой по предотвращению попадания удобрений и пестицидов в открытые водоемы является создание прибрежных водоохраных зон с проведением лесных и гидротехнических мелиораций, а также агротехнических мероприятий.

**Лесные мелиорации** заключаются в создании защитных полос в пределах верхней и средней частей речных бассейнов, в результате чего уменьшается поверхностный сток и ослабляются процессы водной эрозии. Число и вид лесных полос определяются климатическими, топографическими, гидрологическими и гидрогеологическими условиями.

**Агротехнические мероприятия** предполагают соблюдение правильного ведения сельскохозяйственных работ. Так, на участках, подверженных эрозии вспашку проводят поперек склонов с последующим выращиванием растений, обладающих достаточно развитой корневой системой. В прибрежной водоохранной зоне склоны должны быть залужены. Выпас скота на крутых склонах запрещен.

**Гидротехнические мелиорации** заключаются в основном в поддержании благоприятного водно-воздушного режима почвогрунтов, препятствующего вымыванию питательных веществ из почвы. При орошении не допускать больших поливных норм, приводящих или к смыву удобрений, или к подъему грунтовых вод.

К мелиоративным мероприятиям относятся также работы по предотвращению образования оврагов, оползней и обрушений берегов. Для этого проводят террасирование крутых склонов, крепление откосов и прокладку спе-

циальных дренажей и каналов. Организованное проведение комплексных мелиоративных мероприятий позволяет существенно уменьшить загрязнение природных вод.

Характерной особенностью природных вод является способность к самоочищению от загрязнений. Способность воды к самоочищению – одно из наиболее важных и ценных ее свойств. Процессы самоочищения происходят под влиянием солнечной радиации, деятельности микроорганизмов и водной растительности, других факторов. Наиболее интенсивно они протекают летом.

Самоочищение загрязненных вод может происходить лишь при многократном (1:7...1:12) их разбавлении чистой водой. Самоочищение вод замкнутых водоемов происходит медленно.

Главным фактором процессов самоочищения воды является ее кислородное насыщение. Под влиянием растворенного кислорода происходит окисление органических веществ и выпадение их на дно водоемов в виде минерального осадка.

Вода насыщается кислородом в основном из воздуха. Наиболее интенсивно она насыщается в реках с быстрым течением и в водоемах при сильных ветровых волнениях. Этому способствует жизнедеятельность высших водных растений, насыщающих воду кислородом в результате фотохимических процессов под влиянием солнечной радиации.

Водные растения улучшают качество воды также за счет поглощения ряда растворенных и дисперсных веществ. Таким образом они являются важным компонентом процесса биологической очистки сточных вод.

Самоочищению вод в значительной степени способствует водная растительность. К особо благоприятно действующим на качество воды растениям относятся следующие.

**Тростник обыкновенный** – это крупное многолетнее и неприхотливое широко распространенное растение. Растет тростник по берегам прудов, водохранилищ, даже если его корни скрыты двухметровым слоем воды. Тростник способен расти в сильно загрязненных промышленными стоками водоемах, на полях фильтрации и др.

Под влиянием жизнедеятельности этого растения качество воды заметно улучшается, так как длинные трубчатые побеги и толстые корневища (до 5...6 см) имеют большие воздушные полости, которые являются своеобразными легкими растения и почвы. Именно поэтому тростник приспосабливается к крайне неблагоприятному газовому составу болотных почв, в которых почти нет кислорода, но содержится до 70% метана, около 10% двуокиси углерода, 2% сероводорода, 17% азота и 1% водорода. Благодаря тростнику водно-почвенная среда непрерывно обогащается кислородом, в ней происходят

процессы окисления. На 3...5 нижних узлах побега, покрытых водой, развивается густая мочковатая сеть дополнительных водно-воздушных корней. С их помощью задерживаются находящиеся в воде всевозможные мелкие частицы, в том числе мелкие растительные и животные волокна, жировые и нефтяные эмульсии, хлопья коллоидов и пр. Кроме того, эти корни извлекают из воды различные растворенные в ней питательные для тростника, но балластные и даже токсичные для водоемов и рек вещества и соли. Один гектар тростниковых зарослей извлекает за сезон из воды и почвы до 5...6 т различных солей, присутствующих в сточных водах.

Опыты показали, что многие токсичные вещества (аммиак, фенол, азотно-кислый свинец, азотно-кислая ртуть, серно-кислая медь, кобальт хлористый, азотно-кислый хром и некоторые другие) даже в достаточно высоких дозах не оказывают вредного влияния на тростник.

Заросли тростника, затеняя поверхность водоема и понижая температуру воды, а также поглощая биогенные вещества, сильно задерживают развитие сине-зеленых водорослей.

Прибрежные заросли тростника гасят волну и защищают берега от разрушительного прибоя, не дают воде замутниться, защищают от уноса в водохранилище плодородных земель.

Заросли тростника – прекрасная среда для обитания многих промысловых пушных зверей, водоплавающих птиц, а также для нереста и нагула ценных промысловых рыб.

Для эффективной деятельности тростника необходимо лишь ежегодное выкашивание его зарослей на нужной высоте, не повреждая корней.

**Камыш и рогоз**, как и тростник, относятся к гидрофитам – растениям, погруженным в воду только нижней частью, и обладают теми же положительными свойствами, но в несколько меньшей степени.

**Роголистник и рдест** являются гидафитами – растениями, полностью или большей частью погруженными в воду. Роголистник – это многолетняя плавающая в толще воды трава без корней. Стебли членистые, длиной 30...100 см, тонкие и ломкие. В верхней части стебли сильно ветвятся. Листья мутовчатые, без прилистников, вильчато рассеченные на нитевидные сегменты длиной 1,5...2 см. Это растение является эффективным помощником в борьбе с сине-зелеными водорослями.

**Рдест пронзеннолистный** – один из многих видов семейства рдестовых – многолетнее корневищное растение, погруженное в воду. Цветки, собранные в колосья, возвышаются над водой, колос густой, до 3 см длины на коротком цветоносе.

**Ряска** – очень распространенное плавающее на поверхности воды растение, иногда полностью покрывающее водное зеркало небольших водоемов. Ошибочно это явление называют цветением воды, считая его вредным. Меж-

ду тем ряска энергично поглощает углекислоту, обильно выделяет кислород и очищает воду от многих вредных веществ. Во многих стоячих водоемах жизнь животных и растений возможна только благодаря ряске.

Большую роль в очищении вод, особенно от фенольных соединений, играют харовые водоросли (хара, нителла, томпелла и др.), обитающие на глубине. Это споровые растения, похожие на хвощи.

Высокую очищающую способность водных растений успешно используют на ряде промышленных предприятий в нашей стране и за рубежом для очистки сточных вод. Для этого создают специальные бассейны с посадкой тростника и другой болотной и приболотной растительности.

При дефиците в воде растворенного кислорода процессы самоочищения резко сокращаются. Возникает необходимость искусственной аэрации, которую осуществляют специальными аэраторами, пропуском воды через водосливные плотины.

**Барботажный аэратор** представляет собой горизонтальную трубу, расположенную на глубине до 1 м, с присоединенными к ней пластмассовыми патрубками с отверстиями диаметром 1,5 мм. Нагнетаемый в трубу воздух выходит через отверстия патрубков и при движении к поверхности отдает часть кислорода воде. Эффективность барботажных аэраторов невысока и составляет около 1 кг кислорода на 1 кВт · ч. Использование кислорода воздуха равно всего 2,2%.

**Механический аэратор** представляет собой систему электрических аэраторов, располагаемых на понтонах, с вертикальными трубами, заглубленными под уровень воды до 1 м. Производительность его составляет 1,14 кг кислорода на 1 кВт · ч электроэнергии.

В качестве аэраторов можно также использовать механические поверхностные аэраторы, разбрызгивающие воду в воздушном пространстве. Достаточно высокую эффективность дает слив воды через плотину. При этом водослив должен быть со свободно падающей струей, а сопряжения бьефов – по типу затопленного прыжка. Для искусственной аэрации целесообразно строительство низких водосливных плотин высотой до 1 м.

#### 9.4. Организация эксплуатации прудов и водохранилищ

Действенная эксплуатация водохранилища базируется при учете притока и использовании водных ресурсов. Минимальный объем наблюдений при этом включает:

- а) наблюдения над уровнем воды в водохранилище;
- б) учет притока воды к водохранилищу;

в) учет забора воды на увлажнение земель и другие нужды водопотребления;

г) наблюдения за стоком реки.

Реки, питающие водохранилища в РБ, как правило, относятся к категории малых, для которых учет гидропрогнозов затруднителен и зачастую неэффективен в связи со значительными его погрешностями. Гидроинформации о продвижении водных масс не имеют никакого значения из-за кратковременности добегания.

Имеет значение прогноз весеннего половодья с указанием его водности, сроков вскрытия реки и водохранилища и прогнозы погоды, содержащие наряду с другими данными сведения о направлении и скорости ветра, об опасных явлениях и т.п. Прогноз половодья с заблаговременностью 2-3 декады и краткосрочные (на 2-5 дней) прогнозы погоды высылаются эксплуатирующей водохранилище организации.

При изменении режима работы водохранилища, который может создавать неблагоприятные или опасные условия расположенным рядом и ниже водохранилища населению и землепользователям (непредусмотренная сработка), эксплуатирующая водохранилище организация должна заблаговременно предупредить об этом местные органы. Также своевременно должны быть оповещены о переходе на урезанную водоотдачу заинтересованные водопотребители.

В интересах правильной эксплуатации водохранилища необходимо непрерывное накопление данных о наличии и использовании водных ресурсов потребителями, для чего следует вести тщательный учет притока и расходования воды. Ответственность за правильность и полноту учета водных ресурсов, о количестве расходуемой или забираемой воды возлагается на эксплуатирующую организацию.

Эксплуатирующая организация обобщает повседневные наблюдения по учету притока и расходования воды и составляет по этим данным и изменению объема воды в водохранилище его водные балансы. Изменение объема воды в водохранилище определяется по его топохарактеристикам (кривой зависимости объема воды от уровня) согласно проводимым эксплуатирующей организацией уровенным наблюдениям на водохранилище.

Началом постоянной эксплуатации водохранилищ и сооружений является дата утверждения акта государственной комиссии по приемке сооружений в постоянную эксплуатацию, определяющая момент завершения начального наполнения водохранилища и ввода его в нормальный режим работы. Особенности и характер эксплуатационной службы прудов и водохранилищ определяются их размерами и объемом, составом основных сооружений, условиями и задачами регулирования речного стока, инженерно-

геологическими и морфологическими условиями ложа и береговой линии водохранилища и др.

Приемка в эксплуатацию водохранилищ, образованных подпорными сооружениями IV класса, прудов мелиоративного назначения, русловых и берегоукрепительных сооружений, дамб обвалования государственными приемочными комиссиями производится после пропуска первого паводка через гидросооружения (независимо от процента водообеспеченности). До приемки государственными комиссиями прием законченных строительством отдельных объектов проводится рабочими комиссиями. Акт рабочей комиссии утверждается заказчиком в месячный срок и после подписания является основанием для включения в государственную отчетность введенных в действие производственных мощностей и основных фондов по принятым объектам.

Акт приемки, техническая и исполнительная документация и правила эксплуатации в одном экземпляре передаются водопользователю как руководство по эксплуатации водохранилища.

Организации, эксплуатирующей водоем, передаются:

- а) полный экземпляр технического проекта и рабочей документации;
- б) исполнительные чертежи по всем сооружениям, акты на скрытые строительные работы и промежуточную приемку отдельных сооружений и работ;
- в) акты приемки и пусковых испытаний отдельных сооружений и оборудования;
- г) генплан пруда или водохранилища;
- д) данные испытаний контрольных образцов бетона, арматуры, грунтов;
- е) ведомость постоянных реперов, акты геодезической разбивки сооружений.

Основными задачами службы эксплуатации являются:

- а) систематический надзор за состоянием сооружений;
- б) текущий ремонт сооружений;
- в) своевременное выявление причин, которые могут привести к тем или иным деформациям, и их ликвидация, устранение происшедших разрушений;
- г) обеспечение подачи необходимого количества воды водопотребителям в соответствии с графиком потребления;
- д) обеспечение безаварийного пропуска паводков;
- е) проведение мероприятий по подготовке к зимней эксплуатации;
- ж) регулярное измерение уровней воды в нижнем и верхнем бьефах, а также расходов воды потребителем и попусков в нижний бьеф;
- з) ведение журнала состояния сооружений, оборудования и ремонтных работ;
- и) ведение паспортов на каждое сооружение.

Состав эксплуатационного персонала по обслуживанию прудов и водохранилищ определяется в зависимости от видов водопользования, объема эксплуатационных работ, сложности и ответственности всего комплекса сооружений и назначается на основании штатных нормативов руководящих, инженерно-технических работников и служащих водохозяйственных эксплуатационных организаций. Для прудов и водохранилищ, предназначенных для бытовых нужд, водного благоустройства с любительским и спортивным ловом рыбы, а также сельскохозяйственного назначения, не имеющих насосных станций и сложных сооружений, – один ремонтер. Для водоемов, используемых в целях орошения земель, в штат обслуживающего персонала оросительной системы и насосной станции выделяется начальник водохранилища и один ремонтер.

Должностные обязанности обслуживающего персонала насосной станции и водохранилища могут совмещаться. В случае использования пруда (водохранилища) для рыборазведения количество обслуживающего персонала устанавливается по данным рыбоводно-биологических расчетов. Для выполнения ремонтных работ выделяется дополнительное количество рабочих. Эксплуатационный персонал в своей работе руководствуется должностными инструкциями, определяющими права, обязанности и ответственность каждого работника службы эксплуатации.

Пополнение и сработка водохранилища выполняется в соответствии с планом водопользования. Расчетные показатели режима работы водохранилища, использование его водных ресурсов при нормативном водопотреблении отражают в водохозяйственных балансах для условий года  $P=75\%$ . Однако в силу различных причин (исключительно маловодная весна и, соответственно, незначительный весенний сток, остро засушливый летний период, ведущий к увеличению водопотребления сверх расчетного (нормативного), может произойти более интенсивная сработка водохранилища) степень наполнения водохранилища к какому-либо моменту времени может оказаться меньше определенной водохозяйственным балансом. В этом случае необходимо уменьшать подачу воды потребителям.

Сроки поддержания уровней воды в водохранилище определяются правилами эксплуатации конкретного водохранилища. Опорожнение (сработка) и наполнение водохранилищ надо проводить такими темпами, которые не вызывают опасные деформации в теле плотины, обеспечивают устойчивость откосов, целостность креплений и сооружений. Скорость изменения уровней воды не должна превышать 0,5 м/сут при наполнении и 1,0 м/сут при опорожнении.

Первоначальное наполнение производится с указанной скоростью с перерывами на двое-трое суток после каждого заполненного метрового слоя. В период наполнения и опорожнения ведется систематический надзор за состо-

янием всех элементов сооружений. При аварийном состоянии сооружений наполнение прекращают и приступают к опорожнению.

### **9.5. Охрана прудов и водохранилищ от заиления**

Среди причин, вызывающих заиление прудов и водохранилищ, можно выделить основные: твердый сток, поступающий с водосбора через основные речные магистрали; твердый сток, образуемый в результате эрозионных процессов на прилегающих к водохранилищу склонах местности; размыв берегов и разрушение их волнобоем; оползневые явления. Объемы поступающих наносов зачастую достигают значительных величин. Так, в Куйбышевское водохранилище, водосборный бассейн которого равен 1,2 млн. км<sup>2</sup>, ежегодно поступает примерно 21 млн. м<sup>3</sup> твердых наносов. При наличии на реке каскада водохранилищ, приносимые рекой наносы в основном оседают в верхнем водохранилище. Это нужно учитывать при проектировании, размещении и применении различных видов защитных лесных насаждений, а также при применении других мероприятий, направленных на защиту водохранилищ.

Для защиты водоемов от заиления применяют комплекс мероприятий на водосборной площади, у берегов и на прилегающих склонах. В состав комплекса входят лесные насаждения, выращивание на склонах многолетников (сады, ягодные кустарники, травы), агротехнические мероприятия (вспашка поперек склона местности, глубокая вспашка, глубокое рыхление, поделка валиков при вспашке поперек склона).

Использование лесных насаждений является дешевым и экономически целесообразным приемом защиты прудов и водохранилищ от заиления, так как кроме выполнения защитных функций, леса долговечны и дают древесину, которая может использоваться для различных целей. Лес способен переводить поверхностный сток во внутрисочвенный, очищать поверхностные стоковые воды от мелкозема и химических веществ, скреплять почвы корнями и предохранять берега от размыва, снижать скорость ветра над водохранилищем.

В защите берегов водохранилищ от разрушения и заиления продуктами размыва их ложа, кроме древесных посадок, немаловажную роль могут играть полуводные растения – камыши, тростники и др. Наблюдения показывают, что заросли полуводных растений уменьшают высоту волн и гасят их энергию.

Естественно, что не все земли, прилегающие к водохранилищу, могут быть заняты лесными насаждениями. Пригодные площади в основном используют в сельскохозяйственном производстве и на этих площадях следует проводить специальный комплекс противоэрозионных мероприятий. На пло-

щадах, подверженных сильному смыву, необходимо вводить специальные противоэрозийные севообороты, в которых преобладают многолетние травы. Почвозащитное влияние трав эффективнее зерновых и пропашных соответственно в 100 и 200 раз. При ширине травяной ленты 100...150 м твердый сток может кольматироваться полностью.

Гидротехнические мероприятия направлены на удержание поверхностного стока и перевод его в подземный, для этого устраивают земляные валы и водоотводные борозды над оврагами. Отводимая вода должна направляться на прилегающие залуженные или облесенные площади или равномерно распределяться на полях для поглощения. Возможно устройство отстойников в местах сосредоточенных потоков поверхностных вод, стекающих с прилегающих склонов местности.

### **9.6. Деформации и повреждения сооружений прудов и водохранилищ**

Причины дефектов и разрушений сооружений прудов и водохранилищ разнообразны. Каждый случай разрушений требует всестороннего обследования и изучения. Часто аварии происходят вследствие комплекса причин. При разрушениях сооружений существенную роль играет вода, содержащаяся в грунтах в зависимости от их пористости и влагоемкости. Увеличение влажности уменьшает сцепление между частицами, способствует размоканию, выщелачиванию, а при установлении фильтрации – выносу мелких и затем крупных фракций. С течением времени пути фильтрации расширяются, что приводит к деформации и аварии сооружений.

Причинами деформаций земляных плотин могут послужить недостатки изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации. Так при строительстве возведение тела плотины может проводиться без должного уплотнения, неправильно может быть выполнено сопряжение насыпи с коренными берегами, допускают недостатки при устройстве водосброса, затворов и т.д.

При эксплуатации заполнение прудов иногда проводят сразу после завершения их строительства, т.е. без выдержки срока на осадку грунта, что приводит к появлению осадков с образованием трещин. Допускают несвоевременное открытие затворов для пропуска избыточной воды, несвоевременная очистка от снега и льда водосбросных сооружений приводит к их повреждениям и разрушениям.

В зимнее время происходит примерзание затвора к ледяному покрову со стороны нижнего и верхнего бьефов, примерзание затвора к пазам. Служба эксплуатации не всегда своевременно проводит скалывание льда. Освобожд-

дение и опробывание затворов на подъем и опускание. Сооружения часто разрушаются из-за отсутствия своевременного ремонта.

Во время работы гидротехнических сооружений на них воздействуют вода, волны, шуга и лед, колебания температуры, атмосферные осадки, ветер, солнечная радиация. Кроме того, происходит взаимодействие между сооружениями и их основаниями, а так же воздушной средой.

**Воздушная среда** насыщена массой химических соединений, пылью и газами, отрицательно влияющими на сооружения. Химические соединения, находящиеся в воздухе в сочетании с влагой, вызывают коррозию элементов сооружений, способствуют разрушению бетонных конструкций и механического оборудования. Основными загрязнителями воздушной среды являются продукты сгорания различного топлива и отбросы химических предприятий.

**Вода** оказывает на гидротехнические сооружения механическое, физико-химическое и биологическое воздействия.

Механические воздействия подразделяют на статические, динамические и абразивные. К статическим относятся давление воды, льда, грунта в засыпках, наносов, отложившихся перед сооружениями и т. д. Динамические возникают при ударе движущегося потока, льдин, плавающих предметов, волн.

Физико-химическое воздействие воды на сооружения проявляется в коррозии металла и бетона, разрушении бетона при замерзании и оттаивании и под действием агрессивных вод, суффозии грунта или бетона в результате фильтрации потока. При обтекании поверхностей элементов сооружений высокоскоростным потоком на них возникают локальные зоны с пониженным давлением, на которых происходит кавитационная эрозия, образующая каверны.

Биологическое воздействие воды объясняется жизнедеятельностью микроорганизмов, обитающих в водной среде и на элементах сооружений. Их воздействие проявляется в виде гниения различных элементов, зарастания трубопроводов, обрастания отдельных частей сооружений.

**Волны** оказывают динамическое давление на элементы гидротехнических сооружений. Сочетание нагона и наката волны может привести к переливу воды через гребень грунтовой плотины и ее разрушению.

**Шуга и лед** образуются в период от начала возникновения отрицательных температур до момента очищения реки от льда. Шуга (мелкие частицы льда, находящиеся в воде) может забивать сечение русла реки, образуя зазор, при этом выше по течению образуется подпор. Лед, скопившийся в зауженной части реки, создает затвор, ликвидация которого опасна, так как может привести к значительным навалам ледяных масс на сооружения.

**Низкая температура** может привести к частичному или полному промерзанию дренажных устройств, появлению трещин на откосах, значительному

раскрытию уплотнений, промерзанию труб, пучению глинистого грунта. Кроме того, она вызывает застывание смазки механического оборудования, снижает прочностные и пластичные качества элементов из искусственных материалов.

**Высокая температура** вызывает температурные деформации бетона и металлических частей оборудования, в результате чего могут появляться микротрещины. При значительной положительной температуре может вытекать смазка, размягчаться и выступать битумная композиция из уплотнений плит крепления откосов.

**Атмосферные осадки** в виде продолжительных ливней могут переполнять водохранилище, что иногда сопровождается переливом воды через гребень плотины. Ливни могут размывать и разрушить недостаточно закрепленный низовой откос плотины, лотки для сброса ливневых вод и т. п. Дождь со снегом приводит к обмерзанию сооружений в результате чего затрудняется их эксплуатация.

**Солнечная радиация** усиливает интенсивность таяния снега, и степень нарастания паводка. Она отрицательно влияет на резиновые материалы, полиэтиленовые пленки и другие искусственные материалы, применяемые в строительстве.

При **взаимодействии сооружения с основанием** меняется их напряженное состояние в зависимости от степени наполнения водохранилища, соотношения их модулей упругости, геологического строения основания берегов и т.д. На слабых основаниях иногда возникают значительные неравномерные осадки отдельных элементов сооружений. Это приводит к трещинам в теле бетонной (грунтовой) плотины или в ее противофильтрационных устройствах, вызывающим недопустимую фильтрацию либо потерю устойчивости сооружения. В отдельных случаях могут появиться перекосы затворов и т.п.

Многообразие воздействий на гидротехнические сооружения требует от эксплуатационного персонала систематических наблюдений за сооружениями и проведения эксплуатационных мероприятий, позволяющих обеспечить надежную их работу.

Наблюдения на водохранилище проводятся за уровнями воды, температурой, химическим составом, фильтрацией, ледовыми и ветровыми режимами, переформированием берегов, зарастанием чаши и др. Рекомендуемый перечень и сроки наблюдений приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2. Перечень и сроки наблюдений за сооружениями водохранилища

| № п/п | Вид наблюдения  | Периодичность   |
|-------|---|---|
| 1     | 2   | 3   |
| 1.    | Наблюдение за уровнями воды в верхнем и нижнем бьефах водохранилища                 | В период прохождения паводков, интенсивного притока или опорожнения – круглосуточно, в остальное время – 1 раз в 7 дней |
| 2.    | Визуальный осмотр плотины, водосброса, водозаборных сооружений, дренажных устройств | В период прохождения паводков – круглосуточно, после каждого обильного дождя, в остальное время – ежедневно             |
| 3.    | Замеры уровней воды в пьезометрах   | В период прохождения паводков, быстрого наполнения или сработки – ежедневно, в остальное время – 1 раз в 7 дней         |
| 4.    | Инструментальные замеры расходов фильтрационных вод, определение их мутности        | По мере необходимости, при возникновении опасной ситуации   |
| 5.    | Осмотр подводных частей сооружений водозамами                                       | 1 раз в три года  |
| 6.    | Обследование бетонных поверхностей и креплений откосов                              | После пропуска паводков, обильных дождей и опорожнения  |
| 7.    | Наблюдения за переработкой берегов  | После прохождения паводков, дождей и при сработке водохранилища   |
| 8.    | Отбор проб воды на химический анализ из водохранилища и дренажных систем            | 1 раз в квартал   |
| 9.    | Детальный осмотр сооружений гидроузла комиссией с составлением акта обследования    | 3 раза в год (до и после прохождения паводка, осенью)   |

Примечание. В случае аварийной ситуации наблюдения проводятся вне графика и принимаются срочные меры по локализации деформаций и повреждений, а также ликвидации последствий.

Уровни воды фиксируются показаниями водомерных реек, установленных в верхних и нижних бьефах всех сооружений. Абсолютные отметки уровня воды определяются с точностью до 1 см. По данным наблюдений за уровнями строятся графики колебаний уровней воды в водохранилище и устанавливаются объемы воды и площади его водной поверхности.

Для лабораторных анализов вода отбирается на расстоянии 20-30 м от уреза воды и в двух слоях: в поверхностном и придонном. Одновременно с отбором проб из водохранилища отбираются пробы из пьезометров, в местах выхода фильтрационной воды в нижнем бьефе. При усилении фильтрации воды и увеличении осадок сооружений отборы воды на анализ в нижнем бьефе должны проводиться чаще, по особому заданию.

В ледовом режиме водохранилища различают три периода: замерзание, ледостав, вскрытие.

Наблюдение за состоянием и толщиной льда на водохранилище необходимо для определения возможных последствий от навалов ледяных полей на откосы земляной плотины и на сооружения. В зимний период наблюдения ведутся за сроками появления льда, установления ледостава, вскрытия и очищения водоема от льда, состоянием ледяного покрова и его деформации при подъемах уровней воды, толщиной льда, сплошным покровом и т.д. Наблюдения ведутся визуально и с помощью ледемерных реек стандартного типа, погружаемых в пробитую во льду лунку. Измерения проводят 1 раз в 5-10 дней на расстоянии 3 м от берега, а при толщине льда более 15 см – на расстоянии 20-30 м от уреза воды. Данные наблюдений регистрируются в журнале и наносятся на график измерения толщины покрова.

Наблюдения за зарастанием водохранилища проводятся в летнее время. На план водохранилища наносятся ориентировочные границы зарастаний, которые уточняются съемкой.

Наблюдения за высотой ветровых волн и наката ведут по рейкам, укладываемым на верховом откосе плотины. Элементы волны (высота, период и т.д.) определяют при помощи волномерных вех, волномеров, волнографов. Одновременно замеряют направления и скорость ветра. Данные заносят в журнал.

При наблюдениях за возможными береговыми переформированиями под воздействием ветро-волнового режима проводят: рекогносцировочное обследование побережья, сбор материалов по затопляемым участкам берега, топографическую съемку береговой полосы, контрольную нивелировку поперечников и промеры глубины воды, геологическое обоснование с отбором образцов грунта, а также наблюдения за развитием оползневых явлений.

Наблюдения за берегами проводят 2 раза в год – весной, после прохождения паводка, и осенью – после окончания интенсивных дождей, а также при сработке водохранилища. Журналы за переработкой берегов, оползневыми явлениями составляют в произвольной форме – указывается дата, время наблюдений, глубины воды в местах измерения.

Визуальные наблюдения состояния сооружений осуществляют путем регулярных обходов и осмотров. Все нарушения в режиме их работы фиксируют на месте, наносят на планах и разрезах с описанием, зарисовками, обмерами, фотографированием. В журнале указывается дата обнаружения деформаций; местонахождение, номер пикета, размеры и т.д. Организация наблюдений возлагается на ответственного по гидроузлу, проведение осмотра – на наблюдателей (обходчиков-рементеров). Для четкого выполнения своих обязанностей наблюдатель должен быть обеспечен соответствующими инструк-

циями, журналами, бланками, чертежами сооружений. Во время обходов наблюдатель осматривает сооружения и замеченные дефекты наносит на схемы сооружений, участки деформаций и повреждений оконтуривает. О всех замеченных повреждениях он обязан доложить начальнику. Все результаты обследований и произведенного ремонта сооружений заносятся в журнал наблюдений. В нем фиксируется состояние, характер и степень повреждения, рекомендуемые мероприятия и сроки их устранения. Если во время осмотров не обнаружено никаких заметных изменений в состоянии сооружений, об этом также делается запись в журналах наблюдений.

Во время наполнения водохранилища и в первый год эксплуатации наблюдения ведут ежедневно, в последующие 3...4 года – 1...2 раза в неделю, а в дальнейшем – не реже 1 раза в неделю при нормальной работе сооружения. При обнаружении трещин, развитии замеченных дефектов наблюдения осуществляют чаще (через 3...5 сут) или ежедневно. Во время паводка наблюдения проводят ежедневно, а в аварийной ситуации – проводят вне графика.

Железобетонные сооружения в процессе эксплуатации подвергаются общим и местным деформациям. К общим относятся смещения всего сооружения в целом и деформации отдельных его элементов (секций) – горизонтальные, вертикальные, поворот, наклон и т.д.

К местным деформациям относятся образование и развитие трещин, раскрытие строительных швов, отслоение бетона, выпучивание или размыв дна у сооружения.

При наблюдениях за водозаборами, водосбросами, шлюзами-регуляторами и др. сооружениями следует отмечать:

- а) состояние поверхности бетона;
- б) осадку сооружений;
- в) прочность и водонепроницаемость бетона;
- г) фильтрацию через сооружения;
- д) выпор оснований;
- е) горизонтальные перемещения;
- ж) давление воды на подошву;
- з) гидравлический режим сооружений;
- и) состояние нижнего бьефа.

При осмотре внешнего вида бетонных поверхностей надо отмечать появившиеся дефекты: деформации, потеки, трещины, наличие раковин, отслаивание и выкрошивание бетона, обнажение арматуры и т.д. как на наружных, так и на внутренних поверхностях, доступных для осмотра. Поверхности бетона в зоне переменного уровня летом осматривают с лодки, зимой – с по-

верхности льда (при прочном ледяном покрове). Подводная часть сооружений, при необходимости, обследуется водолазами. При осмотре необходимо производить простукивание бетона молотком и опробование зубилом. Глухой звук, вмятины при ударе и слабое сопротивление отколу указывают на снижение прочности бетона. Простукивание сборных плит обнаруживает места неполного прилегания.

Прочность бетонных и железобетонных элементов можно определять различными способами, которые подразделяются на две основные группы: разрушающие и неразрушающие. Разрушающие способы более трудоемки, сложны и не всегда приемлемы, так как могут привести к уменьшению прочности и ухудшению внешнего вида исследуемого элемента. Поэтому наибольшее распространение находят неразрушающие способы контроля прочности конструкций. К ним относятся ультразвуковые, радиационные, электромагнитные. Наибольшее применение при толщине конструкции до 15 м нашел ультразвуковой способ. При этом используют приборы (рис. 9.1) УКБ-1, УКБ-1М, «Кварц-6», ИНТ-М2, ИТП-1 и др.

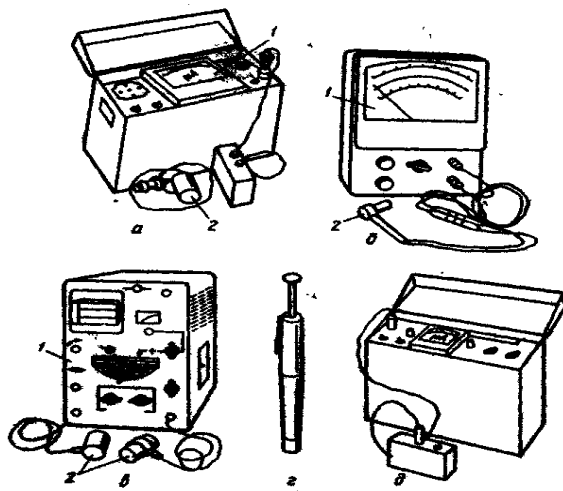


Рис. 9.1. Внешний вид приборов неразрушающего контроля железобетонных конструкций: а – ультразвуковой прибор УКБ-1М; б – ультразвуковой толщиномер «Кварц-6»; в – измеритель напряжений и трещин ИНТ-М2; г – измеритель толщины покрытия ИТП-1; д – измеритель параметров армирования; 1 – регистрирующий прибор; 2 – преобразователь.

При осмотрах сооружений устанавливают очаги фильтрации через бетон – влажные места, мокрые, сочащиеся участки поверхности, свищи (отдельные струйки). Все видимые трещины фиксируются, нумеруются и заносятся в специальный журнал наблюдений за трещинами – местонахождение, дата появления, размеры, ориентация, наличие или отсутствие фильтрации воды через трещину. Наблюдениями за фильтрацией воды через бетон выявляются суффозионные процессы, интенсивность выщелачивания бетона фильтрующейся водой, расходы фильтрации. Если появляются интенсивные выходы фильтрации в виде свищей – целесообразнее произвести расчистку и установить расход и величину напора. Результаты наблюдений заносятся в журнал.

При изучении данного вопроса следует учитывать, что максимальный расход через швы и трещины наблюдается в холодное время, а минимальный – летом. Если такая цикличность нарушается, то это свидетельствует или о кольматации трещин, или об их раскрытии и интенсивном выщелачивании бетона.

Трещины, возникающие в элементах гидротехнических сооружений, подразделяются на усадочные, осадочные, температурные и эксплуатационные. Усадочные появляются в период твердения бетона при его сжатии, вызванном усадочными явлениями материала. Осадочные трещины возникают при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений в результате неравномерных осадок или подъемов. Они чаще всего пронизывают значительную часть сооружения или всю его толщу и являются наиболее опасными. Температурные трещины образуются в период твердения бетона (микротрещины волосяные) и при изменении температурных или температурно-влажностных воздействий. Эксплуатационные трещины возникают в результате перегрузок отдельных элементов или всего сооружения. Они также относятся к категории опасных и со временем могут изменять свои геометрические параметры. В зависимости от характера развития трещины подразделяют на прогрессирующие (активные), возрастающие с течением времени; стабилизирующиеся (затухающие), развитие которых уменьшается; неактивные (пассивные), имеющие практически стабилизовавшиеся размеры.

Раскрытие трещины зачастую анализируют совместно с интенсивностью фильтрации через нее. Повышенная фильтрация указывает на увеличение раскрытия трещины или, если размеры трещины не изменились, на интенсивное выщелачивание бетона. Уменьшение фильтрации может быть вызвано кольматацией трещины. При наблюдениях за трещинами оценивают расположение их относительно направлений максимальных растягивающих напряжений. Трещины обычно развиваются перпендикулярно направлению растяжения.

При визуальных наблюдениях за швами особое внимание обращают на заполнение их уплотнителем и недопустимость образования в них льда. Значительная фильтрация через шов свидетельствует о нарушении уплотнения. Наибольшее раскрытие швов имеет место зимой, а наименьшее – летом. Увеличение раскрытия швов в другое время свидетельствует о неравномерных осадках или горизонтальных смещениях. В этом случае переходят на систематические, более частые инструментальные наблюдения.

В процессе наблюдений за работой грунтовых сооружений обращают внимание на их общее состояние (размывы, осадки, просадки, оползни, трещины, подвижки грунтовых масс, состояние примыканий и т. п.) и местные деформации. При описании их характера в журнале наблюдений можно пользоваться следующей терминологией: **обвалы** – отрыв и падение отдельных масс грунта под воздействием дополнительных нагрузок; **оползни** – оползания масс грунта обычно по контакту разнородных слоев (глинистых), смоченных водой; **оплывы** – оползание грунта под влиянием сильного насыщения водой; **осыпи** – оползание или осыпание сухого сыпучего грунта откосов или крутых склонов; **трещины** – разрыв грунта на поверхности сооружения вследствие неравномерной его осадки, возникновения обвалов, оплывов, оползней или от действия внешней нагрузки; **борозды** – смыв грунта с откосов потоками дождевой воды; **просадки** – образование местных впадин на поверхности сооружения из-за местного уплотнения грунта или его суффозии; **просадочные трещины** – то же, что и общие трещины, но обусловленные просадкой; **выпор** – местный подъем грунта в теле грунтового сооружения или у его основания под давлением сооружения и фильтрационного потока; **пучение** – местный подъем водонасыщенного разуплотненного грунта, вызванный его промерзанием и оттаиванием; **размывы** – смыв грунта с откосов или горизонтальных участков текущей водой; **полосы приобоя** – границы смыва грунта под воздействием волн; **полосы навала льда или плавающих тел** – смещение грунта под воздействием льда или плавающих тел на склонах или откосах.

По земляной плотине необходимо следить за:

- а) общим состоянием гребня, берм, откосов, осадками, просадками, оползнями и другими деформациями на склонах;
- б) состоянием крепления верховых и низовых откосов плотины;
- в) выходами фильтрационных вод на откосах сооружений и в обход их;
- г) состоянием и работой дренажных устройств;
- д) состоянием элементов контрольно-измерительной аппаратуры (КИА), выступающих над поверхностью земли.

К деформациям креплений откосов относятся: смещение бетонных плит крепления от волновых воздействий, от давления грунтовой воды, от подвижек льда, разрушения каменной наброски, вымыв фильтрационных материалов и грунта из-под плит или мощения, разрушения от навала крупных плавающих предметов (бревен, коряг и т.д.). Подводные обследования производятся при наиболее низких уровнях воды, результаты обследования заносят в журнал.

Фильтрация через тело плотины и основание проявляется мокрыми пятнами, просачиванием, протечками, грифонами, свищами, ключами в пределах низового откоса плотины, в местах примыкания его к берегам и сооружениям, у подошвы плотины. **Мокрые пятна** – слабая фильтрация в виде пятен на сухом грунте; **просачивание** – слабая фильтрация в виде отдельных капель, скатывающихся по откосу, или незначительных лужиц на поверхности грунта; **протечки** – фильтрация в виде слабых струй воды, выходящих из грунта, или лужиц; **свищи** – появление сосредоточенной фильтрации в виде отдельных струй, выходящих из тела плотины или на контакте грунтового сооружения с бетонным; **грифоны** – появление фильтрации в виде небольших фонтанчиков смеси несвязного грунта с водой («кипение» грунта), могут наблюдаться за пределами низового откоса, в зоне выхода фильтрационных вод из основания сооружения; **ключи** – выходы сосредоточенной фильтрации в виде отдельных струй воды на берегах, откосах, котлованах, в «сухом» русле нижнего бьефа или за низовым откосом плотины на склонах.

Наблюдения за фильтрацией наиболее ответственны в отношении прочности и устойчивости грунтовых плотин. К более опасным явлениям, которые могут быть зафиксированы при визуальных наблюдениях, относятся: выход фильтрационных вод на низовой откос, в береговых примыканиях, выше дренажных устройств (дренажной призмы); выпор грунта из-под сооружения за низовым откосом; появление мутной профильтровавшейся воды из основания в нижний бьеф, ощутимые просадки, образуемые в зонах усиленной суффозии; образование значительной фильтрации в виде свищей, ключей и т. п. Особое внимание нужно уделять фильтрации с выносом частиц грунта. Следует срочно принимать меры по выяснению причин, замерам фильтрационных расходов и ликвидации таких явлений.

Фильтрация воды в нижнем бьефе сооружений подразделяется на общую и местную. Общая характеризуется суммарным расходом воды, поступающим через дренажные устройства, и считается допустимой в размерах, предусмотренных в проекте.

Местная фильтрация проявляется в виде отдельных выходов воды на откосах земляных сооружений, на склонах в нижнем бьефе, в контактных зонах и др.

Все обнаруженные очаги фильтрации детально осматривают на месте, фиксируют записями в журнале визуальных наблюдений и сообщают ответственному по гидроузлу. Замеры расходов из очагов сосредоточенной фильтрации должны начинаться немедленно после их появления и проводиться ежедневно до полного прекращения фильтрации или стабилизации расходов. После стабилизации расходов замеры проводятся не реже одного раза в неделю. Для определения расходов фильтрации используют мерные сосуды или общеизвестные мерные водосливы – треугольные, трапециевидные, прямоугольные.

В случае интенсивной фильтрации в сопряжениях земляной плотины с бетонными сооружениями или через трещины в теле плотины, при угрозе ее прорыва принимаются срочные меры по мобилизации людских и материальных ресурсов с оповещением о создавшейся опасности предприятий и населенных пунктов, расположенных ниже ожидаемого прорыва земляной плотины. Необходимо немедленно перекрыть верховой откос пленкой или брезентом в зоне фильтрации с пригрузкой мешками с грунтом или песком, расчистить места выходов сосредоточенной на низовом откосе фильтрации, заполнить эти места песком, щебнем, произвести пригрузку для предотвращения выноса грунтов из контактных зон. При разрушении крепления верхового откоса следует немедленно производить пригрузку участков наброской из камня.

При наблюдениях за фильтрационным режимом с помощью пьезометров и дренажных устройств следует определять:

а) положение депрессионной поверхности фильтрационного потока в теле земляной плотины;

б) величины фильтрационных расходов;

в) очаги сосредоточенной и контактной фильтрации;

г) скорость течения и вынос грунта фильтрационным потоком.

По данным замеров уровней воды в пьезометрах определяется положение депрессионной поверхности фильтрационного потока и сравнивается с проектной. В случае превышения уровней немедленно сообщать начальнику для выявления причин и принятия срочных мер для недопущения аварийного состояния. Определение уровня воды в пьезометрах должно производиться двухкратным замером и приниматься равным полусумме полученных значений, если расхождение не превышает 1-2 см. Если расхождение более 2 см, проводят третий замер и принимается средняя величина. Одновременно с

замерами уровней воды в пьезометрах должны быть измерены уровни в верхнем и нижнем бьефах водохранилища. Одновременно с измерениями в журнале записывают данные об уровнях верхнего и нижнего бьефа водохранилища, а также сведения о прошедших атмосферных осадках.

При явлении суффозии – вымыв мелких частиц грунта фильтрующей водой – отбирают пробы воды для определения мутности.

При увеличении фильтрационных расходов, не связанных с подъемом воды в водохранилище или атмосферными осадками, пробы отбираются чаще. В журнале наблюдений делается запись об отборе проб на мутность и полученном результате лабораторного определения.

В процессе эксплуатации необходимо производить проверку чувствительности пьезометров заливкой воды. Уровень воды после заливки должен восстанавливаться не более чем за 1 час при песчаных и супесчаных грунтах тела плотины. Если в результате промывки чувствительность пьезометра не восстанавливается, то его водоприемник подлежит замене. Все случаи выхода пьезометра из строя, включая и временные повреждения, должны фиксироваться в специальном журнале.

Отметка верха трубы пьезометра должна ежегодно проверяться двойной нивелировкой. При подготовке пьезометров к зиме необходимо утеплить их устья, установить вехи, которые могут служить ориентирами при занесении пьезометра снегом; обеспечить незамерзаемость воды в пьезометрах, уровень в которых располагается в пределах зоны промерзания.

Состояние крепления верховых откосов определяют по зазорам между камнями, просадкам крепления, деформациям и разрушениям плит, расхождению и деформациям швов, оползням или перемещениям плит и т. п.

Низовые откосы характеризуются состоянием травяной растительности, повреждениями землеройными животными, размывами и деформациями.

При визуальных наблюдениях обращают внимание на состояние ливне-сбросной сети. Возможно ее засорение, заиливание, зарастание, разрушение, деформация лотков, кюветов и водосбросных каналов. Наличие открытых трещин, подвижек и других деформаций, а также засорение лотков, расположенных на откосах, приводит во время ливня к попаданию на откосы сосредоточенных токов воды, вызывающих значительные размывы, а иногда и разрушения элементов сооружения. Кроме того, могут быть осадки обратных насыпок, паух устоев, зон контакта земляных и бетонных частей сооружений.

Важно также осмотреть контрольно-измерительные устройства, пикеты, створные знаки и другие контрольные приспособления, используемые при наблюдении и исследованиях; определить состояние каналов, отводящих дре-

нажные воды; состояние берегов, оврагов в районе водоема. В некоторых случаях в этих местах возникают совершенно неожиданные явления, отрицательно влияющие на работу отдельных элементов сооружений, вызванные обычно фильтрационным потоком.

В местах сосредоточенной фильтрации устраивают ловчие канавки для отвода и измерения расхода профильтровавшейся воды. При этом обращают особое внимание на появление в фильтрате мутных струек, глинистых частиц, отложений песка. Для фиксирования отложений, выносящихся из тела сооружения, за канавкой устраивают небольшой отстойник.

В осенне-зимний период с отрицательными температурами в местах выхода сосредоточенной фильтрации возникают наледи. Они могут образовываться также у подошвы низового откоса плотины, в зоне устьев дренажных систем.

Инструментальные наблюдения за состоянием и перемещениями элементов сооружений прудов и водохранилищ проводят с помощью геодезических приборов и приспособлений: реперов, марок, створных знаков и указателей. **Реперы** – исходные знаки высотной основы, практически неподвижные в течение всего периода эксплуатации. Они служат для определения высотного положения отдельных точек сооружений с помощью нивелирования. **Марки** – устройства с фиксированной в плане точкой, закладываемые в исследуемое сооружение или основание и перемещающиеся совместно с ним. По перемещениям марок относительно реперов судят о перемещениях сооружений. **Указатели** – наземные знаки, указывающие оси сооружений, места их поворота, начало и конец скрытых конструкций и устройств (дренажей, экранов и т. п.). **Створные знаки** – указатели, устанавливаемые для фиксации расстояний по длине сооружения.

По результатам наблюдений составляют графики изменения уровней воды в бьефах; графики осадок высотных марок за время строительства и работы сооружения; профили осадок или выпучивания в характерных створах (сечениях); эпюры депрессионных кривых и противодавлений; продольные и поперечные профили местных размывов с нанесением геологии; планы размывов или намывов в горизонталях; совмещенные профили отложений наносов в водохранилище; графики расходов воды во времени; эпюры скоростей воды в характерных створах и вертикалях; графики раскрытия швов во времени. Результаты наблюдений анализируют и при отклонении от закономерностей следует тщательно разобраться, а при необходимости принять срочные меры.

## 9.7. Уходные работы при обслуживании прудов и водохранилищ

Передача в эксплуатацию прудов и водохранилищ осуществляется после пропуска первого паводка и наполнения их водой до проектного уровня. После ввода сооружений пруда или водохранилища в эксплуатацию масляной краской наносят на установленную рейку рабочий и форсированный уровни воды, предусмотренные проектом. Повышение уровня выше проектного не разрешается. Щитовые затворы должны быть пронумерованы – на каждом щите указывают номер пролета, к которому он относится.

Для учета работы сооружений, срока их службы и ремонтов на каждый элемент (паводковый водосброс, донный водовыпуск, земляную плотину и т.д.) оформляют технический паспорт. В паспорте приводят описание и год строительства сооружения, его габариты, рабочий номер, начальную стоимость. В процессе эксплуатации в паспорте регистрируют выполненные ремонтные работы и затраты на них по годам, результаты годичных осмотров и наблюдений, характеристику прохождения паводков и какой был максимальный напор, причины и виды повреждений сооружения.

Систематический надзор и уход за элементами сооружений прудов и водохранилищ осуществляет эксплуатационный персонал, который на основании анализа наблюдений, обследований и выводов о работе сооружений ежегодно разрабатывает планы мероприятий по улучшению их функционирования, проведению ремонтно-восстановительных работ и, если необходимо, реконструкции.

Деятельность службы эксплуатации регламентируется Республиканским водным кодексом, приказами вышестоящих организаций, типовыми инструкциями, правилами и другими инструктивными или нормативными документами общего назначения. Кроме того, могут быть инструкции применительно к конкретному объекту или сооружению, которые регламентируют условия их эксплуатации.

Перечень текущей технической документации, которая должна вестись службой эксплуатации, определяется для каждого водохозяйственного объекта конкретно. Например, для условий эксплуатации гидротехнических сооружений водохозяйственных систем ведут следующие журналы: наблюдений за уровнями воды в водохранилище (полевой), дежурств, распоряжений, инструктажа по технике безопасности, наблюдений за уровнями в пьезометрах, маневрирования затворами, расхода воды и ее уровней в бьефах, баланса водных ресурсов водохранилища, наблюдений за осадками и деформациями сооружений, наблюдений за чашей водохранилища и переработки берегов, визуальных наблюдений и надзора, учета ремонтных работ, реконструкций, анализа проб мутности профильтрованного потока, учета фильтрационных расходов через сооружения, под ними или в обход сооружений, химических

анализов проб воды, заиления водохранилища, характера местных размывов и другие документы.

По результатам наблюдений, обследований, надзора, ремонтных работ и других эксплуатационных мероприятий составляются отчеты, который является составной частью годового отчета службы эксплуатации водохозяйственного объекта. В нем приводятся анализ всех данных с точки зрения нормальной работы, отклонения отдельных параметров от проектных. Там же даются рекомендации о необходимости проведения ремонтно-восстановительных работ и реконструкции сооружений или их элементов.

Уходные работы за гидротехническими сооружениями в значительной мере зависят от номенклатуры и состояния механического оборудования, служащего для перекрытия водопропускных отверстий, позволяющего регулировать уровень верхнего бьефа и расход воды, а также задерживать или пропускать плавающие тела. Механическое оборудование и металлоконструкции во время эксплуатации подвергаются постоянному надзору, ревизиям, профилактическим, плановым и другим ремонтам, что позволяет поддерживать их в работоспособном техническом состоянии. В зависимости от опасности выявленных дефектов определяют время их устранения, конкретный перечень мероприятий по поддержанию механического оборудования в рабочем исправном состоянии.

Ремонт бетонных поверхностей заключается в заделке отдельных выбоин пластичным мелкозернистым бетоном по подготовленной поверхности. Края выбоин вырубаются под углом  $60^\circ$  к плоскости бетона на глубину 3-5 см с очисткой и насечкой поверхности, затем наносится новый бетон и затирается заподлицо с существующей поверхностью. Участки бетонных элементов с повышенной водопроницаемостью и пониженной прочностью укрепляют инъекцией цементного раствора под давлением через пробуренные скважины или путем замены бетона с применением арматурных сеток.

Водопроницаемость бетона может устраняться торкретированием. Поверхность должна быть зачищена металлическими щетками. Толщина слоя наносимого за один прием, должна быть не более 20 мм при торкретировании снизу вверх и 30 мм – сверху вниз.

Простейший ремонт швов заключается в очистке и заливке шва жидким битумом с конопаткой просмоленным канатом. Тонкие трещины могут быть залиты горячим битумом.

Особое внимание следует уделять состоянию понура, водобоя, рисбермы, выявлять возможные размывы дна за рисбермой, обращать внимание на наличие выноса грунта из основания и др.

До наступления паводков производится необходимый ремонт сооружений, очистка от снега и льда, проверяется работа подъемников и затворов.

Пропуск паводков осуществляется при открытых затворах водосброса. Наивысший горизонт пика паводка регистрируется по установленной водомерной рейке. До наступления низких температур проводится тщательный осмотр швов бетонных сооружений и выполняются мероприятия по устранению всех дефектов.

Все металлоконструкции и механическое оборудование гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации должны находиться под постоянным надзором, подвергаться периодическим ревизиям, профилактическим и плановым ремонтам. Обнаруженные в процессе эксплуатации дефекты, повреждения или отклонения в работе механического оборудования устраняются силами обслуживающего персонала при текущем ремонте или включаются в план капитального ремонта. Затворы рабочие и ремонтные считаются исправными, когда они при работе под напором не имеют перекосов и заметных деформаций, когда движения их совершаются плавно, а прилегание и посадка на порог исключают утечку воды.

При ревизиях проверяют наличие деформаций и коррозионных повреждений основных связей конструкции, состояние уплотнений, планок и болтов для их крепления, надежность свободного от руки вращения колес (для колесных затворов), состояние крепления грузовых винтов к проушинам затворов, опорных шарниров и др. Периодически проверяется работа ходовых частей, соединений, передач, проводящих частей затворов и других механизмов. Затворы, пазы, опорные и ходовые части должны регулярно очищаться от грязи, случайных предметов, а в зимнее время – ото льда и снега. Перед каждым рабочим подъемом или опусканием затворов необходимо осмотреть механизмы, пазы и уплотнения.

При осмотрах и ремонтах затворов рекомендуется:

- а) проверить сварные соединения, при необходимости вырубить и заварить лопнувшие сварные швы;
- б) проверить надежность затяжки болтовых соединений;
- в) произвести разборку и промывку деталей, нанести новую смазку на трущиеся поверхности;
- г) проверить состояние резины и металла в уплотняющих устройствах, заменить износившиеся элементы новыми;
- д) проверить состояние закладных частей, очистить их от грязи, продуктов коррозии, при необходимости заварить раковины.

Участки с местными коррозионными повреждениями глубиной до 10% толщины металла зачищают и покрывают антикоррозийной краской. Ремонтные затворы и решетки должны быть пронумерованы и размещены в местах хранения в порядке, обеспечивающем последовательность установки на сооружении. Металлические части должны быть покрыты консервирую-

щей смазкой, деревянные – антисептированы. Metalлоконструкции служебных мостиков, площадок, решетки, лестницы, перильные ограждения, металлические трубопроводы и т.п. подлежат текущему надзору и профилактическому ремонту. Устраняют деформации металлоконструкций, вырубают и заваривают вновь дефектные сварные швы. Metalлоконструкции окрашивают не реже одного раза в год.

Исправный затвор под напором не должен иметь перекосов, заметных деформаций и двигаться плавно, без рывков, заеданий. После посадки его на порог он не пропускает воду через боковые и донные уплотнения. Ходовые части, соединения своевременно исправляют, а трущиеся части смазывают. Сварные швы обшивки и места крепления элементов к ней не должны пропускать воду. Уплотнения должны плотно прилегать к закладным частям, не имеющим задигов, повреждений, заусенцев, вмятин с острыми краями, следов набрызга электросварки, цемента, сгустков промасленной и засохшей грязи. В порядке профилактики опорно-ходовые части, пазы и в целом затворы систематически очищают от грязи, льда, снега, мусора, случайных предметов. В процессе профилактических осмотров и текущих ремонтов обращают внимание на состояние сварных соединений (при необходимости швы заваривают); надежность затяжки болтовых соединений; состояние трущихся частей, которые периодически очищают от старой смазки и смазывают новой; состояние резины и металла; появление коррозии. Коррозия повышает шероховатость, что приводит к дополнительным гидравлическим сопротивлениям в металлических водоводах и на других обтекаемых плоскостях. Интенсивность и характер коррозии зависят от состава металла, влажности и температуры среды, насыщенности ее химическими соединениями, скорости воды, электрических влияний, абразивного воздействия взвешенных или перекатывающихся частей грунта. На процесс образования коррозии в значительной мере влияют такие факторы, как сбросы в водохранилища или водотоки промышленных сточных вод, содержащих различные химические соединения: сульфаты, хлориды, соединения кислот, щелочей и т. д. В этом случае интенсивность коррозии увеличивается в несколько раз. Если толщина слоя коррозии на затворах составляет более 10% толщины металлического элемента, то рассматривают вопрос о его замене или капитальном ремонте.

Кроме химической и электрохимической возникает также биологическая коррозия, которую вызывают содержащиеся в воде микроорганизмы. Коррозионно-опасные бактерии делятся на аэробные и анаэробные. Первые развиваются в присутствии кислорода, а вторые – без него. Существуют также другие виды коррозионно-опасных бактерий.

Среди растительных и животных организмов, живущих в воде, имеются такие, которые закрепляются на элементах гидротехнических сооружений. Это явление называют биологическим обрастанием. Плотность нарастающей

биомассы иногда достигает 20...30 кг/м<sup>2</sup>. Наиболее часто встречающемся таким организмом является моллюск дрейссена. Известны такие способы борьбы и защиты элементов сооружений от биологического обрастания как механический, химический, биологический и др. При механическом способе поверхность сооружения очищают скребками, лопатами, ершовыми щетками. Химический способ – обработка поверхностей хлоросодержащими растворами, применение противообрастающих лакокрасочных покрытий. Биологический способ заключается в том, что такие рыбы как плотва, язь, лещ, сазан, а также рак поедают за сутки примерно по 100 экземпляров дрейссены длиной 1...5 мм. Выросшие моллюски более 12 мм ракам не поддаются.

В отдельных случаях на твердых предметах, находящихся в воде, в том числе на металлических частях механического оборудования, образуется донный лед. На обшивке затворов зимой с нижней стороны появляется наледь. При сильном обмерзании подъем их становится затрудненным, а иногда невозможным. В таком случае затвор очищают от намерзшего льда, чтобы он плотно примыкал к бетонным поверхностям.

Если по всей поверхности плохо прилегает уплотняющая резина, то до ее замены устанавливают местные стальные, резиновые или деревянные клиновые прокладки, которые выравнивают уплотняющую резину и тем самым устраняют очаги фильтрации. Резиновые уплотнения должны быть эластичными, не иметь трещин, в противном случае их заменяют.

### **9.8. Маневрирование затворами сооружений**

Во время эксплуатации прудов и водохранилищ возникает необходимость сброса избыточных вод, шуги, льда и других предметов через водосливные сооружения. Последовательность и скорость открывания отверстий водосбросного сооружения имеют важное значение для сохранности рисбермы и всего флютбета, а также участка русла за сооружением. Наиболее благоприятны для многопролетного сооружения равномерные пропуски расходов по всей его ширине. Но не всегда возможен такой порядок, и часто приходится открывать одни отверстия полностью, другие частично, а остальные совсем не открывать. В этом случае против полностью открытых отверстий будут наибольшие скорости течения и большая опасность размыва рисбермы и дна.

Порядок маневрирования затворами водосбросного сооружений зависит от ряда факторов: расходов, сбрасываемых в нижний бьеф; конструкции затворов; задач, решаемых путем пропуска воды через пролеты; конструктивных особенностей плотины и ее нижнего бьефа; состояния крепления нижнего бьефа; конфигурации отводящего русла и т. д.

При сбросе в нижний бьеф небольших расходов открывают один или несколько пролетов. Желательно в первую очередь приоткрывать средние пролеты. Однако возможен режим, при котором открывают и другие пролеты, если это допустимо схемой маневрирования затворами. При сбросе сравнительно больших расходов открывают большее число отверстий, рассредоточенных равномерно по всей ширине водосливного фронта.

Конструкция затвора предопределяет режим его работы. Так, через затвор, оборудованный клапаном, небольшие расходы пропускают путем опускания клапана. Тем более если в работе клапана есть необходимость, определяемая пропуском мусора, плавающих тел. Через опускные затворы расход пропускают только сверху.

Чтобы обеспечить равномерность сброса воды по фронту водосброса в условиях нарастания паводка, затворы необходимо открывать последовательно, равномерно, ступенями, начиная от средних пролетов плотины, передвигаясь к берегам. Причем ни один из затворов не должен подниматься на очередную ступень до тех пор, пока не будут подняты все затворы на предыдущую ступень. Высоту каждой ступени поднятия затвора назначают в зависимости от конкретных условий. Для крупных водосбросных плотин ее принимают до 0,5...1 м, а для более мелких сооружений – 0,2...0,5 м. На спаде паводка затворы закрывают в обратном порядке. В условиях сброса большого количества плавающих тел или льдин, когда необходимо полностью открывать пролеты плотины, принятый режим маневрирования затворами нарушается.

Степень поднятия затворов определяется в основном двумя условиями. На основе наблюдений установлено, что при частичном открытии затвора на  $(0,25...0,35) H$ , где  $H$  – напор перед затвором, возможно подныривание под него льда и других плавающих тел. При этом они могут застревать в отверстиях, повреждать уплотнения затворов или вызывать повышенные динамические нагрузки. Поэтому при ледоходе затворы поднимают до  $(0,2...0,3) H$ , а затем при необходимости отверстие пролета открывают полностью.

В условиях, когда до открытия всех пролетов на  $(0,2...0,3) H$  лед в водохранилище успевает растаять или находится в рыхлом состоянии и движение его через отверстия приоткрытого затвора не представляет опасности, продолжают приоткрывать отверстия до  $(0,4...0,5) H$ , реже на  $0,6 H$ . При больших открытиях может возникать неустойчивый режим потока с периодической сменой истечения то из-под затвора, то свободно через водослив, когда верхние струи потока не касаются нижней кромки затвора. Неустойчивые режимы сопровождаются повышенными динамическими нагрузками и вибрацией затворов, поэтому их стараются не допускать. При необходимости

полного открытия пролетов их чередуют через смежный пролет, открытый частично.

В отдельных случаях, когда обшивка затвора и его нижний брус изготовлены из стали или прочность затвора проверена на удары плавающих тел, допускают пропуск их путем подсосывания под частично поднятый затвор. Существует мнение, что при пропуске большого количества плавающих тел допускается кратковременное (на 10...15 мин) поочередное поднятие затворов на полную высоту, несмотря на значительную неравномерность потока в нижнем бьефе. Однако при этом нужно очень внимательно следить за режимами потока в нижнем бьефе, не допуская появления сбойных течений.

Для водосбросной плотины разрабатывают специальную инструкцию, в которой рассматриваются расчетные эксплуатационные режимы, характеризующиеся особенностями пропуска основного расчетного и поверочного расхода; возникновения наибольших неравномерностей распределения удельных расходов по ширине водосливного фронта; минимальных уровней в нижнем бьефе при прочих равных условиях.

С появлением отрицательных температур воздуха в водоемах и водотоках возникают ледовые образования: шуга, донный лед, забереги, ледостав. Их характеристики зависят от температуры воздуха, воды, ее скорости, глубин потока, конфигурации ложа русла и продуктов отложения на ее поверхности. **Шуга** – это частицы льда, образованные в толще потока при охлаждении воды до температуры  $-0,02...-0,05^{\circ}\text{C}$ , а иногда до  $-0,1^{\circ}\text{C}$ . Частицы шуги могут быть представлены в виде игл, зерен чечевицы или горошин, пластин, комьев и т. п. **Донный лед** – это внутриводный лед, появляющийся на дне водотока, чаще покрытого камнями, валунами и т. п. **Забереги** – неподвижный лед, расположенный у берегов и скрепленный с ними. **Ледостав** – установление и существование на водоемах и водотоках неподвижного ледяного покрова.

Перечисленные ледовые явления создают заторы или зажоры льда. **Затор** – скопление и нагромождение льда в русле, стесняющие живое сечение и приводящие к повышению уровней воды в водотоке. Подплывающие льдины увлекаются потоком под остановившиеся либо выталкиваются на них, образуя **торосы**. **Зажор** – скопление шуги и других образований внутриводного льда в русле реки, также стесняющее живое сечение потока и приводящее к подпору, снижению пропускной способности русла или отверстия водопропускного сооружения.

Зажоры имеют обычно существенно большую длину по сравнению с заторами. Они возникают в результате остановки плывущих шуговых ковров и их смерзания. Остановка ковров обуславливается механической задержкой

(крутые повороты русла, острова, мосты и т. п.) либо значительным уменьшением скоростей потока (при снижении уклонов реки, на входе в водохранилище и т. д.). Внутриводный лед перемещается под формирующийся зазор, который может перекрывать площадь живого сечения потока до 70...85%. Зазоры образуются чаще осенью в период ледостава и реже весной. Затопы возникают, как правило, весной, в период ледохода. Сформировавшиеся затопы и зазоры могут значительно повысить уровни воды, что в определенных условиях обуславливает появление наводнений, переливов воды через гребень ограждающих дамб, а также оказывать значительные статические и динамические воздействия на элементы гидротехнических сооружений.

Необходимо проводить разные эксплуатационные мероприятия (в том числе маневрирование затворами), позволяющие влиять на появление шуги и льда и способствующие движению потока без возникновения затопов и зазоров.

## **9.9. Пропуск весеннего паводка**

Наиболее ответственным периодом в эксплуатации водоемов является пропуск весеннего паводка. В это время с водосборной площади поступает большое количество воды, которое должно быть пропущено через паводковые водосбросы, а при небольших расходах через донные водоспуски или другие водопропускные сооружения при земляных плотинах.

Пропуск паводка через гидротехнические сооружения должен проводиться под особым контролем. В этот период сооружения испытывают повышенные нагрузки, что может привести к повреждениям, а при неисправности – к авариям. Поэтому сооружения тщательно готовят к пропуску паводковых вод. Для этого в обязательном порядке выполняют осмотр сооружений гидроузла: осенью – перед ледоставом и весной – перед паводком и после его прохождения. В период осеннего обследования обращают особое внимание на устранение трещин, просадок, ходов землеройных животных, поврежденных креплений верхнего бьефа. Водобойные колодцы и другие устройства гашения избыточной энергии потока, находящиеся зимой в нерабочем состоянии, до наступления морозов должны быть освобождены от воды. В противном случае они могут зимой промерзнуть и при пропуске весеннего паводка оказаться в нерабочем состоянии. Это может привести к разрушению устройств нижнего бьефа в период пропуска сбросного расхода. Весной, до наступления паводка, проверяют состояние грунтовых плотин, дамб обвалований, берегов водохранилищ, ледяного поля. Выявленные опасные повреждения срочно устраняют.

Пропуск паводка делится на три периода: подготовку к пропуску, пропуск паводка и послепаводковый. В зависимости от специфики гидротехнических сооружений, климатических, гидрологических, топографических и других условий пропуск паводка организуется не всегда одинаково. Основные положения и принципы его осуществления в каждом периоде обычно сводятся к следующим мероприятиям.

**Подготовка к пропуску паводка.** Учитывая ответственность этого периода, не позже чем за месяц до начала половодья организуют паводковую комиссию. В задачу комиссии входит разработка плана мероприятий по пропуску половодья при минимальном ущербе, который может быть нанесен паводковыми водами, льдом и т. п. При этом учитывают прогнозы гидрометслужбы, специфику сооружений, особенности региона расположения водоема, а также используют опыт пропуска паводков, полученный как на рассматриваемом, так и на других подобных гидроузлах.

Планом мероприятий паводковой комиссии должно предусматриваться решение следующих основных вопросов:

- общий осмотр всех сооружений гидроузла, креплений нижнего и верхнего бьефов, подводящего и отводящего русл;
- оценка состояния водобойного колодца с обязательной очисткой его от льда и других предметов;
- обследование ледового покрова водохранилища с целью прогноза и недопущения возможных заторов льда;
- разработка графика предварительной сработки и последующего наполнения водохранилища;
- завершение всех ремонтных работ, которые могут помешать пропуску паводка;
- опробование затворов и другого механического оборудования с ручным, механическим или автоматическим действием, которое может потребоваться во время пропуска паводка, обеспечение надежной работы затворов и их подъемных устройств;
- демонтаж и разборка временных сооружений, устанавливаемых на период зимней эксплуатации;
- удаление до наступления высоких вод с затопляемых территорий оборудования, механизмов, материалов, имущества, временных сооружений;
- согласование режима пропуска паводка с администрацией выше и ниже расположенных по реке гидроузлов и заинтересованных организаций;
- очистка водопропускных устройств от предметов, препятствующих пропуску паводка;
- усиление крепления откосов грунтовых сооружений в местах, подвергающихся размыву;

– подготовка аварийного запаса материалов (камня, гравия, песка, цемента, бревен, досок, мешков, проволоки, канатов, скоб, гвоздей и т. д.), орудий труда (багров, ломов, лопат, захватов, пил), спецодежды, машин и механизмов, транспортных средств, плавсредств (лодок, катеров, плотов); при этом перечень, местонахождение и число указанных предметов определяют в каждом конкретном случае;

– дополнительное усиление освещения территорий на подходах и в зоне расположения водопропускных сооружений, а также подготовка местных осветительных установок на случай отключения подачи электроэнергии на гидроузел;

– организация и проверка оперативной связи с местными паводковыми комиссиями ближайших населенных пунктов, районными и областными организациями, а также разработка совместных планов с местными районными организациями на случай оказания помощи службе эксплуатации гидроузла в сложной аварийной ситуации;

– проведение срочного ремонта дорог и подъездов к гидротехническим сооружениям, складам строительных материалов, проездов по дамбам подводящего и отводящего русла;

– подготовка взрывных средств или службы, выполняющей эти функции, на случай появления ледовых заторов или необходимости ослабления ледяного покрова;

– организация, обучение, инструктаж аварийных бригад на период прохождения паводка и подготовка расписания дежурств. При обучении работников аварийных бригад обращают особое внимание на возможные ситуации и соблюдение техники безопасности при пропуске паводка, разрушения ледовых заторов, устройстве каменной наброски в подводных условиях, устранении прорывов воды с помощью мешков, заполненных сыпучим материалом, сборке и разборке запоней и т.п.

Списки аварийных бригад, место сбора и расписание дежурств вывешивают на видном месте. Практически все подготовительные работы заканчивают за 10...15 дней до начала половодья.

**Пропуск паводка.** В это время устанавливают круглосуточное дежурство членов паводковой комиссии и аварийных бригад. В распоряжение дежурного (ответственного лица от паводковой комиссии) передаются необходимое оборудование, машины, механизмы и стройматериалы. В период сложной ситуации начальник участка обязан немедленно информировать вышестоящее предприятие эксплуатации и паводковые комиссии смежных участков о состоянии уровней воды в водохранилище, расходах, сбрасываемых в нижний бьеф, мерах, принимаемых на объекте, и их последствиях.

Режим сброса воды в нижний бьеф должен осуществляться в соответствии с ранее разработанным графиком. Одним из основных условий маневрирования затворами плотины должно быть обеспечение безаварийной работы гидромеханического оборудования, водосбросного тракта и устройств нижнего бьефа. Реализация графика открытия (маневрирования) затворами должна сопровождаться систематическими наблюдениями за состоянием верхнего бьефа и режимами потока в нижнем бьефе.

При пропуске паводка необходимо строго следить за образовавшимися трещинами, просадками, оползнями, выпучиванием грунта в отдельных частях сооружений и другими возможными разрушениями. Особенно нужно обращать внимание на участки сооружений, которые подвергались ремонту. Необходимо наблюдать за фильтрацией воды через сооружения, обращая внимание на изменения ее интенсивности и на появление выноса грунта. Появление мути в фильтрующейся воде указывает на начало разрушения насыпи или основания сооружения. Развитие фильтрации угрожает аварией, и для ее предотвращения принимают следующие меры.

На участок выхода фильтрационного потока в низовом откосе последовательно накладывают пригрузку из песка, гравия и камня. Просачивания воды это не остановит, но вынос грунта прекратит, а следовательно, предохранит насыпь плотины или дамбы от размыва. Затем, отыскав место фильтрации в верхнем бьефе, его заделывают водонепроницаемым покрытием. При сильно фильтрующем потоке участки верхового откоса или понура сооружения заделывают мешками с песком или землей, с присыпкой грунтом. Небольшие потоки фильтрации могут быть прекращены отсыпкой суглинка. Если все же образуются промоины, то их срочно заделывают наброской камня с пригрузкой его грунтом, или мешками с грунтом.

Необходимо своевременно предупреждать все населенные пункты и предприятия о возможных катастрофических поднятиях уровней воды. Вся информация, предназначенная населенным пунктам и предприятиям о проводимых мероприятиях, состоянии на прилегающей к гидроузлу территории должна регистрироваться в специальном журнале с указанием даты, времени, порядкового номера, адресата, которому передали сведения, и четкой подписи лица, сделавшего это. Таким же образом в другой журнал заносят все телефонограммы и сообщения, получаемые гидроузлом от других организаций или должностных лиц.

Особенность пропуска ливневых паводков – отсутствие необходимого подготовительного периода. Поэтому стараются использовать данные метеостанций. Для исключения катастрофических последствий на гидроузле по

возможности создается резервная аккумулирующая емкость с тем, чтобы можно было срезать пик паводка.

Ливневые паводки отличаются коротким периодом и требуют большой оперативности от служб эксплуатации. При выпадении сильного дождя ливневого характера в период максимальных уровней воды в водохранилище водосбросные и водозаборные сооружения должны открываться для пропуска поступающей воды с учетом пропускной способности сооружения.

В случае выявленных на сооружениях неисправностей, устранить которые к паводкам не представляется возможным, но они могут повлечь разрушения, необходимо принять меры по незаполнению водоема.

При достижении паводковых расходов, соответствующих максимальным расчетным значениям, руководство гидроузла ходатайствует в вышестоящей организации о вызове дополнительных аварийных бригад. Срочно наращивают дамбы, чтобы избежать перелива потока через сооружения и их разрушения, устраняют недопустимые выходы фильтрационного потока и разрушения креплений.

**Послепаводковый период.** По завершении пропуска половодья паводковая комиссия осматривает, фотографирует, зарисовывает выявленные неисправности и повреждения. Подводные части сооружений обследуют в соответствии с планом проведения подводно-технических работ. Если работы с помощью водолазов не предусмотрены, то информацию о состоянии затопленных элементов сооружений получают всеми доступными методами (промеры глубин, прощупывание с помощью шестов, осмотр с применением ящика со стеклянным дном, специальных смотровых труб с иллюминаторами, перископов и т. д.). После обследования составляют акт, в котором должны быть отражены состояние элементов сооружений, виды возникших повреждений с указанием причин появления дефектов и разрушений; основные мероприятия по приведению сооружений в надлежащее состояние; выводы по имевшим место недостаткам, которые должны учитываться при пропуске последующих паводков и ремонте сооружений. Кроме того, составляют отчет с полным описанием условий пропуска паводка (гидрометеорологические, нарастание паводка и его спад, ледовые явления, максимальные уровни и расходы, наблюдавшиеся в рассматриваемый период), причин и характера повреждений или аварий, методов их устранения, объема затрат денег, материалов, использования рабочей силы, транспорта, механизмов. На устранение значительных повреждений аварийного характера проектные организации составляют проекты и сметы. Отчет сопровождается схемами, чертежами, фотографиями, актами и другими поясняющими и подтверждающими факты материалами.

В зависимости от типа и класса сооружений могут возникать свои специфические мероприятия, характеризующие работу сооружений в экстремальных аварийных условиях. Причинами аварийных ситуаций могут быть: катастрофический паводок с расходом, превышающим максимальную пропускную способность водопропускных сооружений; мощные ливни, снегопады; катастрофическая фильтрация сооружений, их оснований или в обход их; чрезмерные перегрузки элементов сооружений под воздействием льда или его нагромождения с забивкой водопропускных отверстий; неожиданное снижение прочности и устойчивости отдельных элементов сооружений или механического оборудования.

В целях своевременного предупреждения катастрофических ситуаций принимают следующие основные меры: оперативно снижают уровень воды в водохранилище; срочно наращивают гребень и укрепляют откосы; устраивают дополнительные прораны или отверстия в наиболее благоприятных и менее опасных местах для сброса части паводковых вод; заклинившие затворы подрывают ВВ; забрасывают камнем, гравием и крупногабаритными предметами появившиеся места недопустимых размывов; взрывают образовавшиеся заторы.

При возникновении угрозы разрушения водоподпорных гидротехнических сооружений срочно оповещают все нижележащие населенные пункты, предприятия и эвакуируют население в безопасные зоны. Повреждения аварийного характера, которые могут принести большой материальный ущерб или создать опасность для жизни людей, устраняют немедленно любыми доступными средствами.

### **9.10. Ремонт сооружений прудов и водохранилищ**

Для поддержания гидротехнических сооружений прудов и водохранилищ в надежном рабочем состоянии осуществляют планово-предупредительные (уход за сооружениями), текущие и капитальные ремонты. Кроме того, существует еще аварийный (непредвиденный) ремонт.

**Надежность** гидротехнических сооружений – это способность сооружений или их отдельных элементов в нормальных эксплуатационных условиях в течение срока службы выполнять свои функции без отказов.

Основные показатели эксплуатационной надежности подразделяются на следующие: показатели конструктивной надежности – прочность, устойчивость, водонепроницаемость, морозостойкость и др.; показатели технологической надежности – напор, расход, объем воды в водохранилище, обеспечение водозабора и водоподачи; показатели архитектурного соответствия – со-

блюдение архитектурных форм с учетом ландшафта, фактура поверхности, цвет, внешний вид.

Надежность гидротехнических сооружений обуславливается проектированием, качеством материалов и выполнении работ при строительстве. В процессе эксплуатации надежность может практически оставаться на том же уровне, повышаться или понижаться. В первые годы эксплуатации, когда происходит период приработки отдельных сооружений или их элементов (5...7 лет), наблюдается большее число отказов, т. е. надежность имеет пониженные значения. В последующие годы наступает период нормальной работы сооружения, когда число отказов уменьшается. В дальнейшем надежность сооружений снижается и число отказов возрастает.

Следует отметить, что отдельные элементы гидротехнических сооружений могут иметь различные закономерности распределения надежности во времени. Например, дренажные устройства могут иметь более высокую надежность в начальный период, а затем она снижается; противофильтрационные конструкции могут в начальный период работать менее надежно, а после их кольматации надежность возрастет или, наоборот, уменьшится, если в процессе эксплуатации возникнут деформации, разуплотняющие грунт противофильтрационного элемента.

Надежность гидротехнических сооружений определяется безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью. **Безотказность** характеризуется способностью сооружения сохранять свою работоспособность в течение заданного времени при нормальных условиях эксплуатации. Под **долговечностью** понимают свойство сооружения сохранять эксплуатационные качества до момента выхода его из строя. **Ремонтпригодность** сочетает в себе совокупность времени и стоимости, необходимых для устранения повреждений или отказов. Она устанавливается технико-экономическими обоснованиями.

Потеря сооружениями или их элементами требуемых эксплуатационных качеств называется старением или износом. Различают физическое старение, когда сооружение теряет свои первоначальные физико-технические свойства (прочность, устойчивость, обеспечение гашения избыточной энергии потока, водонепроницаемость, морозостойкость и т. д.), и моральное старение, когда наблюдается технологическое несоответствие современным требованиям и современному уровню научно-технического прогресса. На практике чаще срабатывает фактор физического старения и возникает необходимость проведения ремонтно-восстановительных работ или реконструкции сооружений.

Основными факторами, влияющими на долговечность и продолжительность межремонтного периода, являются уровень надежности технических

решений, заложенный при составлении проекта; качество выполнения строительных работ; уровень эксплуатации гидротехнических сооружений.

Уход за сооружениями и текущий ремонт осуществляет в течение всего периода работы сооружений эксплуатационный персонал водоема. При текущем ремонте исправляют отдельные повреждения сооружений или механического оборудования, как правило, без замены элементов конструкций. В номенклатуру работ по текущему ремонту сооружений входят мелкие работы по восстановлению частей понура, водобоя и рисбермы, досыпка грунта за устои, расчистка и заделка каверн, выбоин и других мелких разрушений бетонных сооружений, ремонт креплений дамб, заделка промоин, промывка наносов, околка льда у сооружений, очистка от сора и снега, ликвидация фильтрации через сооружения и затворы, окраска металлоконструкций, ремонт дренажа и др.

Объемы ремонтных работ и сроки их проведения определяют на основании дефектных актов, которые составляют специальные комиссии, осматривающие гидротехнические сооружения. Сметы на выполнение ремонтно-эксплуатационных работ и графики их проведения утверждают вышестоящие организации.

Капитальный ремонт осуществляют в соответствии с проектом. При этом устраняют крупные повреждения и разрушения, заменяют конструкции вследствие их износа, а также с целью повышения их эксплуатационных качеств. Капитальный ремонт подразделяют на комплексный, охватывающий сооружение в целом или комплекс сооружений, и выборочный, предусматривающий ремонт или замену отдельных элементов.

Проект капитального ремонта составляют на основании изысканий, технического осмотра сооружений и материалов наблюдений за их работой в прошлые годы.

Аварийные работы выполняют с момента выявления аварийного состояния, применяя все меры по сокращению объема аварии.

Работы по ремонту бетонных сооружений подразделяют на четыре основных цикла: подготовку бетонной поверхности для ремонта, приготовление бетонной смеси, бетонирование и уход за бетоном.

Подготовка бетонной поврежденной поверхности проводится для обеспечения прочного сцепления нового бетона со старым. Существует механическая и химическая подготовка поверхности. Наиболее применима механическая, которая выполняется в такой последовательности. Снимают цементную пленку с ремонтируемой поверхности, если она имеется, и делают ее шероховатой путем насечки старого бетона с помощью металлических щеток, перфораторных молотков, пескоструйных агрегатов. Разделяют до прочно-

го бетона раковины, трещины и каверны. Удаляют до чистого бетона жирные пятна мазута, битума, нефти, масла. Очищают от ржавчины обнаженную арматуру. При необходимости бурят скважины, устанавливают анкера и дополнительную арматуру. Перед бетонированием поверхность очищают от пыли, смачивают или промывают струей воды. Для обеспечения повышенной прочности на обрабатываемую поверхность рекомендуется наносить промежуточный слой, выполненный из жирного цементного раствора, коллоидно-цементного раствора или коллоидно-цементного клея.

Бетонную смесь уплотняют вибраторами. При этом не допускается укладывать бетон на основание с его температурой ниже  $+5^{\circ}\text{C}$ . Температурный режим твердения бетона под наблюдением обеспечивают до получения 50% марочной прочности, т. е. в течение 7...14 сут. При температуре воздуха до  $-10^{\circ}\text{C}$  бетонировать в открытых блоках методом "термоса", т. е. укладывают теплый бетон на поверхность с положительной температурой, а затем укрывают теплоизоляционным материалом. При температуре воздуха ниже  $-10^{\circ}\text{C}$  бетон укладывают в тепляках, где поддерживается положительная температура не ниже  $+5...10^{\circ}\text{C}$ .

Уход за бетоном осуществляют все время до набора им 50...60% прочности. Чтобы предупредить трещинообразование, предусматривают защиту открытых поверхностей от всех видов воздействий, систематическую поливку водой бетона на портландцементе в течение 7 сут, с пластифицирующими добавками – 14 сут.

При неглубоких повреждениях поверхности бетона для ее восстановления используют торкретирование. Однако без арматурной сетки оно недолговечно (3...5 лет). Арматурная сетка позволяет обеспечить качественное покрытие на более длительный период. Вместе с тем качество торкрета в значительной степени зависит от квалификации персонала, выполняющего работы. Поверхность, подвергающуюся торкретированию, тщательно очищают от загрязнений, рыхлых, пористых и трещиноватых слоев, промывают и продувают сжатым воздухом. Арматуру очищают от прилипшего бетона, грязи и ржавчины. Поверхность обрабатывают перфораторными молотками.

Для торкрета применяют цемент марки не ниже 400, песок обычно кварцевый. Максимальная толщина одновременно наносимого слоя на вертикальную поверхность составляет 40 мм. Очередной слой наносят после схватывания предыдущего.

В процессе эксплуатации грунтовых водоподпорных сооружений возникает необходимость досыпки гребня и тела плотины до проектных отметок, суглинка на верховой откос с целью его кольматации, заделки поперечных или продольных трещин и пустот, ремонта креплений откосов, одерновки,

посева трав и др. Эти работы в большинстве случаев на низконапорных плотинах выполняют в течение календарного года.

При наличии продольных и поперечных трещин на гребне и откосах плотин отрывают трапециевидную, сужающуюся книзу траншею вдоль оси трещины на 0,3...0,5 м ниже ее глубины (рис. 9.2) и длиной на 1 м в каждую сторону больше трещины. Траншею заполняют тем же грунтом, из которого состоит плотина. Грунт укладывают слоями по 10...15 см с трамбованием до проектной плотности.

Заделку трещин обычно выполняют в теплое время года. При проведении ремонтных работ зимой траншею заполняют только талым грунтом, не допускают промерзания слоев при их укладке. Если уровень дна в траншее ниже уровня воды в верхнем бьефе и возможно ее проникновение в траншею, то место проведения ремонтных работ огораживают шпунтом.

Гребень досыпают обычным способом, при котором вначале рыхлят поверхность, перемещают материал покрытия во временные отвалы, проводят планировку и боронование поверхности, доувлажняют грунты на гребне до оптимальной влажности, отсыпают карьерный материал с оптимальным увлажнением, разравнивают и уплотняют. По мере достижения проектной отметки устраивают дорожное полотно.

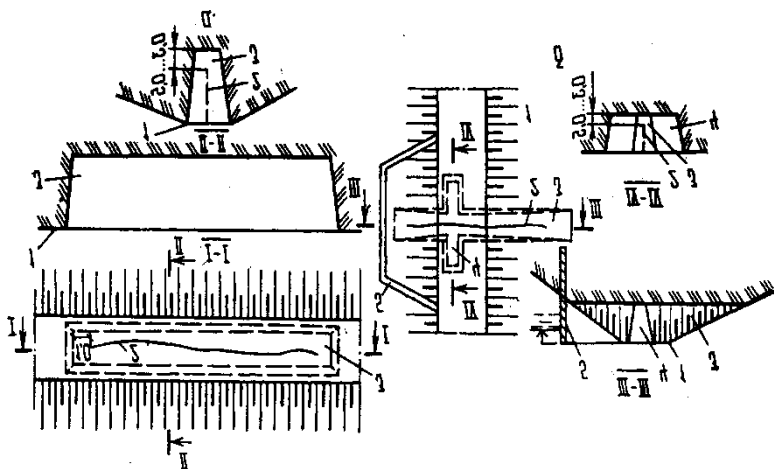


Рис. 9.2. Заделка трещин грунтовых плотин:  
а – продольной; б – поперечной; 1 – гребень плотины; 2 – трещина;  
3 – траншея; 4 – замок траншеи; 5 – шпунтовое ограждение.

Восстановление обрушенных откосов или их уполаживание осуществляют путем возврата сползшего грунта на прежнее место, отсыпки и уплотнения грунта наклонными слоями по всей высоте откоса (поперечный способ) или горизонтальными слоями по всей длине откоса (продольный способ) (рис. 9.3). В качестве материала для отсыпки можно использовать тот же сползший грунт при соблюдении технологии его отсыпки. Для повышения устойчивости отсыпаемого грунта выполняют ступенчатую подрезку низового откоса.

При продольном способе минимальную ширину площадки принимают на 0,5...1 м больше ширины принятого катка для уплотнения, бульдозера или автосамосвала.

При нарушении насыпей грунтовых сооружений землероями (ондатры, бобры, кроты, мыши) перекапывают и утрамбовывают грунт. При этом норы заливают глиняным или песчано-цементным раствором. В отдельных случаях устраивают “замки” путем откапывания траншей из условия удобства химической обработки норы и засыпки траншей грунтом оптимальной влажности с послойным его уплотнением.

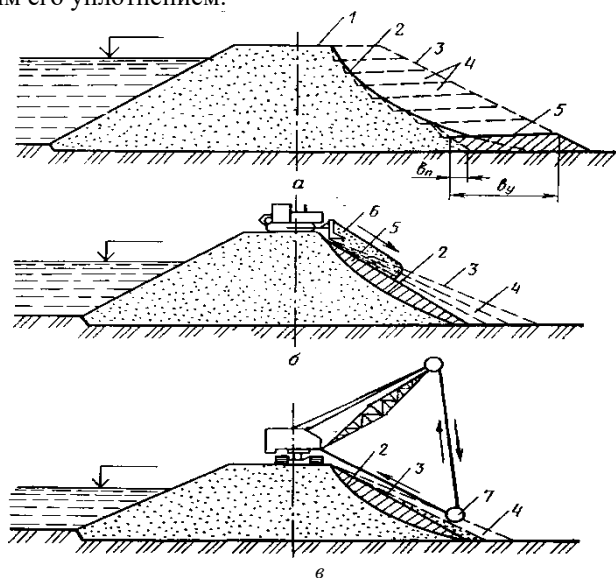


Рис. 9.3. Схема уширения и уполаживания откосов грунтовых плотин:  
 а и б – продольный и поперечный способы; в – уплотнение грунта катком;  
 1 – гребень плотины; 2 – низовой откос до ремонта; 3 – проектный откос;  
 4 – слой отсыпки и уплотнение грунта; 5 – уплотненный грунт;  
 6 – грунт, разравниваемый бульдозером; 7 – каток.

При появлении течей необходимо выяснить причины их возникновения. Вначале в местах повышенной фильтрации на верховом откосе накладывают пластырь из полиэтиленовой пленки с пригрузкой ее грунтом, а на низовом откосе устраивают дренаж. Затем выясняют причину фильтрации и выполняют ремонт.

Каменное крепление верхового откоса ремонтируют как насухо, так и с плавсредств. При осушении откоса часто требуется значительная сработка водохранилища, что не всегда оправдано. При подводном ремонте монтируют плавучую платформу, состоящую из системы понтонов, средств перемещения, мерных приспособлений и средств для выгрузки камня на откос. С помощью рейки промеряют глубины и определяют объем зоны разрушения, которую предварительно разбивают на захватки. После этого приступают к выполнению работ. Толщину отсыпки принимают не менее 2,5...3 слоев расчетного диаметра камня и контролируют при помощи рейки, опускаемой с платформы вертикально вниз.

Ремонт верховых откосов можно выполнять путем нанесения плотного гидротехнического асфальтобетона, укладываемого и уплотняемого в горячем состоянии. Перед укладкой асфальтобетонного покрытия на разрушенный откос насыпают песчано-гравийный грунт, который выравнивают и уплотняют. Основание обрабатывают гербицидами и битумной эмульсией. Чтобы повысить водонепроницаемость асфальтобетонного покрытия, его поверхность поливают горячим битумным сплавом, посыпают каменной крошкой или крупнозернистым песком из расчета 5...10 кг/м<sup>2</sup> и прикатывают легким катком. Толщину асфальтобетонного покрытия принимают в зависимости от напора от 3...4 до 9...12 см. Оно обладает следующими достоинствами: высокой водонепроницаемостью, трещиностойкостью, деформативностью. К недостаткам относят то, что оно разрушается при толщине льда более 1 м, быстром снижении уровня воды в водоеме ( $\geq 50$  см/сут).

В зоне подножия низового откоса земляной плотины может появиться выклинивание воды. Выход воды в виде ключей – серьезный сигнал об аварийной ситуации плотины. Чтобы устранить фильтрацию можно заложить дренаж или применить другие способы в зависимости от причины. Причиной может стать образование трещин в экранях и ядрах грунтовой плотины из-за неравномерных осадок.

Грунтовые ядра и экраны восстанавливают различными способами: сооружают буронабивные сваи; устраивают сплошную стенку в грунте (в ядре); погружают шпунты; выполняют инъекцию грунта; укладывают полимерную пленку; проводят ремонт путем вскрышных работ.

## **9.11. Техника безопасности при эксплуатации прудов и водохранилищ**

При эксплуатации прудов и водохранилищ должны соблюдаться правила техники безопасности, установленные для каждого вида работ сборником действующих правил и положений по технике безопасности и производственной санитарии для предприятий и организаций.

Общее руководство и соблюдение правил по технике безопасности осуществляет начальник управления эксплуатации. Каждый работник службы эксплуатации обязан знать и выполнять правила техники безопасности на своем рабочем месте и немедленно сообщать вышестоящему руководителю о всех неисправностях и нарушениях, представляющих опасность для людей или сохранности сооружений и оборудования. Все работники службы эксплуатации обязаны уметь плавать, пользоваться весельными лодками, знать правила спасения утопающих и уметь оказывать первую помощь пострадавшим.

Допускаются работники к исполнению своих обязанностей только после инструктажа по технике безопасности. Нарушение правил техники безопасности недопустимо.

При выполнении работ ночью и при авариях выделяются специальные лица для наблюдения за выполнением правил по технике безопасности.

Производство работ в чаше прудов и водохранилищ, по берегам и напорному откосу плотин должно обеспечиваться спасательными средствами, которые всегда должны содержаться в состоянии полной готовности. Защитные ограждения, особенно в местах повышенной опасности, должны быть постоянно исправными. Работа на воде в непосредственной близости от открытого затвора (в зоне кривой спада) категорически запрещается.

При работе осенью и ранней весной при температуре воды ниже 10°, а на выходе из дренажей – круглый год пребывание в воде разрешается не более 30 мин с последующим переодеванием и обогреванием не менее одного часа. При работах на льду обязательно устройство настила из досок, работу следует выполнять группой, при опасности необходимо взаимно страховать привязкой веревками.

Особое внимание следует обращать на точное соблюдение правил техники безопасности при работе с электрооборудованием, электроприборами, с взрывчатыми и легковоспламеняющимися материалами.

Взрывные работы в непосредственной близости от сооружений водохранилища должны проводиться с особой осторожностью; на земляных сооружениях, находящихся под напором, взрывные работы не допускаются.

Места ремонтов должны освещаться и обозначаться предупредительными знаками. Подъемные устройства и механизмы должны ограждаться и закрываться на замок, а ключи и съемные ручки храниться в назначенном месте. При работе механизмов на откосах плотины и крутых косогоорах принимаются меры против их оползания и опрокидывания.

Для выкашивания растительности на водохранилище применяются самоходные камышекосилки. К обслуживанию плавучих самоходных камышекосилок могут допускаться лица, практически обученные этому делу, сдавшие экзамены по технической эксплуатации и технике безопасности, а также прошедшие медицинское освидетельствование. Для каждого типа применяемых плавучих самоходных камышекосилок должна быть специальная инструкция по технической эксплуатации и ремонту, которой обеспечиваются обслуживающие рабочие. Выкос водной растительности в водохранилище плавучими самоходными камышекосилками в ночное время не разрешается.

Запрещается:

а) выкос водной растительности плавучей самоходной камышекосилкой, если в радиусе до 10 м от нее находятся люди или домашние животные;

б) эксплуатация камышекосилок со снятыми предохранительными устройствами (кожухами у ременных и шестереночных передач и т.п.);

в) ремонт, смазка, регулирование камышекосилок, а также очистка режущего аппарата от срезанной растительности и других предметов во время работы;

г) очищать ножи режущего аппарата и производить их смену незащищенными руками;

д) оставлять без присмотра камышекосилку с работающим двигателем.

При эксплуатации камышекосилки на ее борту должен находиться только обслуживающий персонал.