РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
И ЭЛЕКТРИФИКАЦИИ «ЕЭС РОССИИ»
Департамент научно-технической политики и развития

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

РД 153 - 34.2 - 02.409 - 2003

ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева»
Санкт-Петербург
2003

gost.e-ecolog.ru

Разработано ОАО «ВНИИГ им. Б Е Веденеева» и ОАО «Ленгидропроект»

Исполнители: *А.Б ВЕКСЛЕР, В.М ДОНЕНБЕРГ, А.А КАГАН, Н Ф КРИВОНОГОВА, Д.В. СТЕФАНИШИН, Г.А ТРЕГУБ, Р.С. ФРИД, И.Н. ШАТАЛИНА* (ВНИИГ),

А.Я. МИРЗАЕВ, О Г АВРАМЕНКО, Л.Е АНДРЕЕВА, Т.П. БУКАРИНОВА, В.М ИВАНОВ (Ленгидропроект)

Согласовано с ОАО «Институт Гидропроект» 2.12.2002 г.

Главный инженер *В Д НОВОЖЕНИН*

Утверждено Департаментом научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России» 24.01.2003г.

Заместитель начальника *А В. БОБЫЛЕВ*

Срок первой проверки настоящего РД – 2007 г.
Периодичность проверки – один раз в 5 лет

Ключевые слова: гидротехнические сооружения; окружающая среда; водоток; гидравлический, русловой, ледотермический, гидрогеологический, гидрохимический, гидробиологический режимы; климат; атмосфера; биота; хозяйственная деятельность; социально-демографическая среда; природопользование.

ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2003

УДК 626/627:502.7

Методические указания по оценке влияния гидротехнических сооружений на окружающую среду	РД 153 - 34.2 - 02.409 - 2003 Вводится впервые

Дата введения 2004 – 01 – 01

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Назначение и область применения

1.1. Настоящие Методические указания разработаны для оценки последствий гидротехнического строительства на окружающую среду. Оценка влияния на окружающую среду (ОВОС) производится комплексно на основании действующих законов, кодексов, других нормативных актов и утвержденных методик. Также может учитываться отечественный и зарубежный опыт строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений (ГТС) путем подбора объектов-аналогов при условии наличия по ним опубликованных данных или изыскательских, научно-исследовательских и прочих видов работ, выполненных организациями и специалистами соответствующего профиля и квалификации.

1.2. Оценка влияния на окружающую среду производится с различной степенью детализации и достоверности (допустимой погрешности) в зависимости от этапа проектных работ и эксплуатации гидроузла, степени влияния оцениваемых параметров на окружающую среду (ОС) (табл.1).

1.3. При строительстве и эксплуатации ГТС влияние на окружающую среду для затрагиваемого региона может оказывать гидроузел в составе нового природно-технического комплекса (ПТК), ПТК в целом, а также отдельные элементы гидроузла и ПТК:

подпорные сооружения;
водопропускные сооружения;
водохранилище;
нижний бьеф;

Издание официальное
Настоящий РД не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения организации -разработчика

Таблица 1

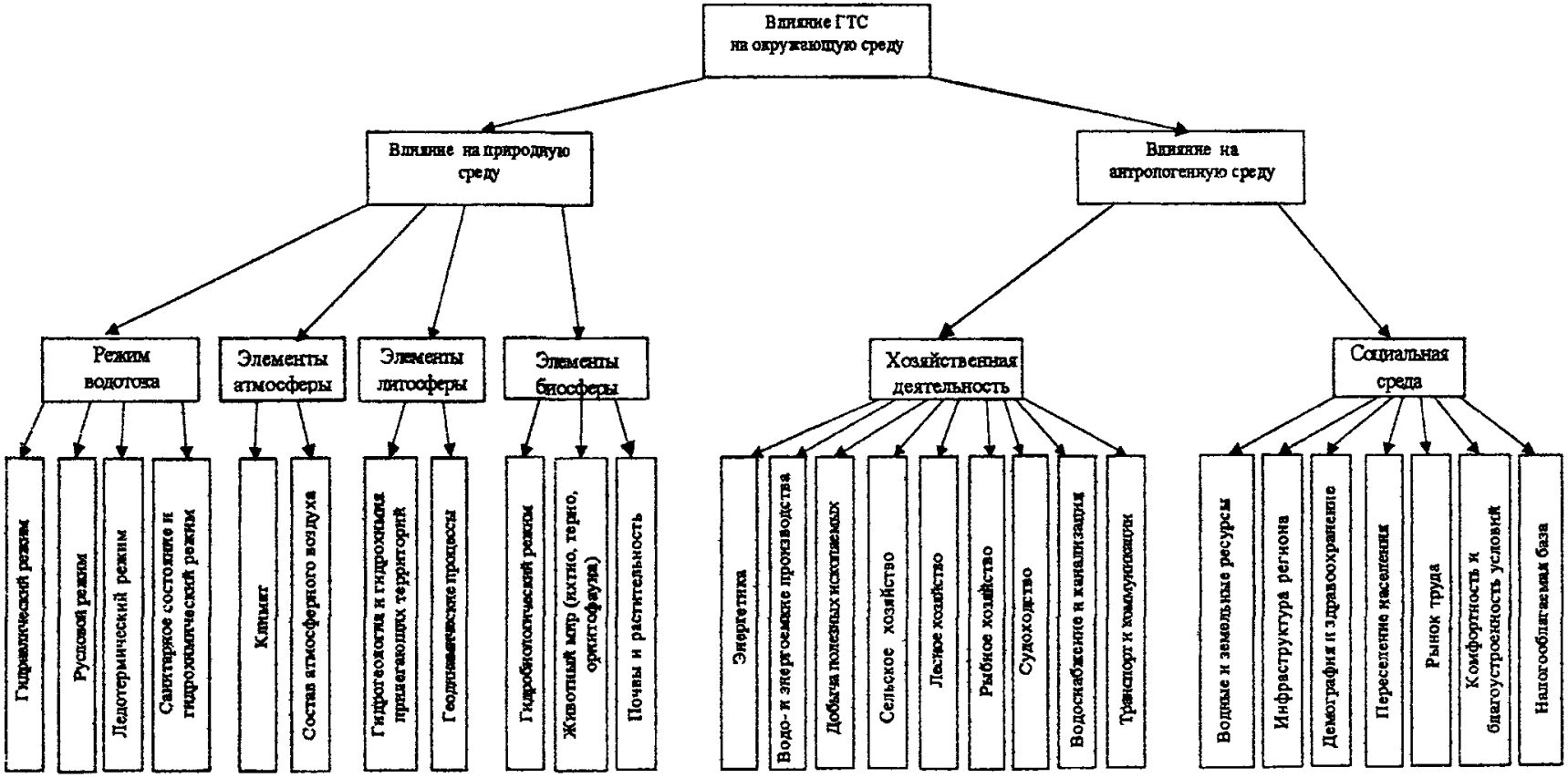
Виды оценки влияния ГТС на окружающую среду, производимые на различных этапах проектирования и эксплуатации

Состояние ГТС	Подбор объекта-аналога	Экологическое сопровождение		Мониторинг	Математическое моделирование	Специализированные исследования	Экологический аудит	Экспертиза (МПР, КПР, общественная)
		ОВОС	мероприятия по охране окружающей среды					
Предпроектные разработки	+	+		+		+	+	+
Проект	+	+	+	+	+	+	+	+
Строительство			+	+		+	+	
Реконструкция		+	+	+		+	+	+
Временная эксплуатация (до достижения проектных параметров или принятия объекта Госкомиссией)			+	+		+	+	
Эксплуатация			+	+		+	+	
Эксплуатация в аварийном режиме, поставарийная		+	+	+	+	+	+	+
Ликвидация		+	+	+	+	+	+	+

водохозяйственный комплекс, возникший на базе гидроузла и водохранилища;

производственная и социально-экономическая инфрастуктура, развитая на базе гидроузла и водохранилища.

Влияние ГТС на окружающую среду может касаться различных компонент природно-технического комплекса: не только элементов природной среды, но и отраслей хозяйства и социально-демографической сферы [1,37]. На представленной схеме показаны различные аспекты влия-



Основные направления воздействия ГТС на окружающую среду

ния ГТС на компоненты ПТК. В последующих разделах Методических указаний дается описание большинства из указанных на схеме проявлений воздействия ГТС на окружающую среду. При этом очевидные положительные эффекты гидротехнического и, в частности, гидроэнергетического строительства (такие, как введение новых энергетических мощностей, развитие на их основе промышленности и комфортных условий жизнедеятельности, многие другие выгоды, включая несомненные преимущества гидроэнергетики перед другими способами выработки электроэнергии) в настоящем документе не рассматриваются. Основное содержание его посвящено рассмотрению возможных негативных воздействий, проявляющихся в процессе нормальной эксплуатации ГТС и на которые должно быть обращено особое внимание, а их прогнозирование и разработка мер по их снижению и/или нейтрализации должны в соответствии с требованиями СНиП 11-01-95 войти в проект ГТС в качестве одного из важнейших его разделов. При составлении этого раздела проекта следует руководствоваться рекомендациями, содержащимися в Пособии [2] и в настоящем нормативном документе.

Основное внимание в Методических указаниях уделено влиянию на окружающую среду гидроузлов, возведенных на реках. Решение многих из рассмотренных вопросов могут быть применены при оценке воздействия на окружающую среду таких специальных видов гидроэнергетических сооружений, какими являются гидроаккумулирующие и приливные электростанции (ГАЭС и ПЭС). Однако в виду отсутствия достаточного для обобщения опыта эксплуатации подобных сооружений их влияние на окружающую среду в Методических указаниях не рассматривается. Также не рассматривается воздействие ГТС на окружающую среду при авариях на них.

1.4. В связи со строительством (реконструкцией) и эксплуатацией ГТС может быть оказано прямое и косвенное влияние на окружающую природную среду с прямыми и косвенными эффектами для нее. Эффекты могут быть положительными и отрицательными, планируемыми и сверхпланируемыми или же побочными, как правило, не учитываемыми при принятии решений.

Большое значение для принятия в случае необходимости срочных мер по недопущению нежелательных эффектов или их смягчению имеет (в соответствии с требованиями Федерального закона №7-ФЗ) организация мониторинга взаимодействия ГТС с окружающей средой. Состав мониторинговых исследований определяется на основании анализа конкретных аспектов влияния ГТС на окружающую природную среду.

1.5. Планируемые эффекты определяются, как правило, на этапе принятия решений при проектировании, ремонтах, реконструкции,

консервации либо ликвидации ГТС, побочные эффекты выявляются при эксплуатации (строительстве или проведении ремонтно-восстановительных и пр. работ) в ходе проведения мониторинга, экологического аудита или лицензирования объекта. При принятии решений по ГТС должны рассматриваться различные по методам строительства, компоновке сооружений и глубине регулирования стока варианты, включая так называемый нулевой вариант – отказ от возведения ГТС.

Эффекты от воздействия ГТС на окружающую среду должны учитываться при оценке экономическсй эффективности варианта.

1.6. При выявлении превышения суммарного (интегрального) отрицательного эффекта от создаваемого ПТК с ГТС над положительным (либо при выявлении существенных дисбалансов положительных и отрицательных эффектов по отдельным компонентам окружающей среды) необходим пересмотр параметров сооружений, режима использования водных ресурсов, организации методов ведения строительных работ и развития ПТК.

Нормативные ссылки

1.7. В Методических указаниях приведены ссылки на следующие нормативные документы:

Федеральный закон от 14.03.1995 № 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях».

Федеральный закон от 16.11.1995 № 167-ФЗ «Водный кодекс РФ» (с изменениями от 30.12.2001).

Федеральный закон от 22.11.1995 №173-ФЗ «Об экологической экспертизе».

Федеральный закон от 30.03.1999 №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».

Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

Положение об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в РФ. Утверждено Комитетом по ООС РФ 16.05.2000, № 372.

ГОСТ 19185-73. Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения. М.: Госстандарт СМ СССР. 1973.

СНиП 2.06.15-85. Инженерная защита территории от затопления и подтопления. М.: Госстрой СССР. 1986.

СНиП 2.06.01-86. Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования. М.: Стройиздат. 1989.

СНиП 11-01-95. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений. М.: Минстрой России. 1995.

Методические рекомендации по прогнозированию переформирований берегов водохранилищ: П 30-75/ВНИИГ. Л. 1975.

Рекомендации по прогнозированию подтопления берегов водохранилищ и использованию подтопленных земель: П 71-78/ВНИИГ. Л. 1978.

Рекомендации по термическому расчету водохранилищ: П 78-79/ ВНИИГ. Л. 1979.

Рекомендации по расчету трансформации русла в нижних бьефах гидроузлов: П 95-81/ВНИИГ. Л. 1981.

Рекомендации по расчету длины полыньи в нижних бьефах ГЭС: П28-86/ВНИИГ Л. 1986.

Рекомендации по прогнозированию изменений местного климата и его влияния на отрасли народного хозяйства в прибрежной зоне водохранилищ: П 850-87/ Гидропроект. М. 1987.

Терминология

1.8. Термины, используемые в настоящих Методических указаниях, даны в трактовке ГОСТ 19185-73, а также нормативных документов, указанных в п. 1.7.

2. ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА РЕЖИМ ВОДОТОКА

2.1. Гидравлический режим водотока

2.1.1. Создание крупных гидроузлов на реках вносит большие изменения в их естественный гидрологический режим. В результате регулирующего действия водохранилища сток реки в нижнем бьефе становится более равномерным в течение года. Регулирующее влияние водохранилищ сказывается на значительных по протяжению участках реки ниже плотин и распространяется до ее устья. Условно можно считать, что протяженность нижних бьефов определяется по границе восстановления естественного гидрологического режима (главным образом, под влиянием крупных притоков).

2.1.2. Регулирующее влияние водохранилища приводит к существенному перераспределению стока по сравнению с бытовым состоянием: уменьшаются расходы паводка и увеличиваются расходы межени. Это перераспределение тем существенней, чем больше регулирующая (полезная) емкость водохранилища. Суточное и недельное регулирование мощности ГЭС вносит в гидравлический режим рек своеобразие, характерное только для нижних бьефов, — прохождение волн попусков, влияние которых может охватывать участки значительной протяженности. Неустановившийся режим течения, возникающий при прохождении волн попусков, сказывается как на гидравлических условиях, так и на русловых переформированиях в нижних бьефах.

2.1.3. Естественный водный режим реки в нижнем бьефе может быть нарушен также при комплексном использовании водохранилища и отъеме из него более или менее значительных объемов воды для целей ирригации или переброски стока в бассейны других рек. В случае переброски стока из бассейнов других рек в рассматриваемой реке происходит общее увеличение жидкого стока.

2.1.4. Влияние неустановившегося движения, возникающего в нижних бьефах энергетических гидроузлов в результате суточного и недельного регулирования стока, распространяется на равнинных реках на расстояние до нескольких сотен километров от плотины. Причем длина, на которую распространяется влияние режима работы ГЭС, зависит от "полноты" осуществляемого ею регулирования мощности.

Под полным недельным регулированием понимается режим, при котором ГЭС может полностью останавливаться в нерабочие дни; под полным суточным регулированием понимается режим, при котором в течение суток в часы ночного и дневного провалов графика потребительской нагрузки ГЭС может полностью останавливаться, а в часы утреннего и вечернего максимума работать с полной располагаемой мощностью.

Протяженность зоны влияния недельного регулирования может в 3 – 5 раз превосходить длину зоны влияния суточного регулирования. Колебания уровней и распространение волн суточного регулирования прослеживается на расстоянии нескольких десятков километров. Скорость распространения волн попуска суточного регулирования в нижнем бьефе может достигать 3 – 4 м/с, скорость перемещения гребня волны в 2 – 4 раза превышать скорость течения. Амплитуды колебания уровней могут достигать нескольких метров, однако обычно они регламентируются с учетом требований водного транспорта и других водопользователей.

2.1.5. Прогнозирование параметров неустановившегося режима в нижнем бьефе (диапазона колебания уровней, скорости течения, протяженности зоны влияния и т.п.) должно выполняться методами мате-

матического моделирования на основе численного интегрирования одномерных или двумерных уравнений Сен-Венана [3] с учетом морфологических особенностей русла, наличия притоков и их водности, подпора со стороны водохранилища нижерасположенного гидроузла или водоема.

2.1.6. Степень недельного и суточного регулирования мощности ГЭС определяется их местом в энергосистеме и в каскаде, а также требованиями неэнергетических водопользователей к уровням воды в нижних бьефах гидроузлов. На ГЭС, нижние бьефы которых находятся в неподпертом состоянии, в маловодных условиях возможно полное прекращение суточного и недельного регулирования мощности, т.е. переход ГЭС из пиковой зоны графика нагрузки в базовую. При наличии подпора в нижнем бьефе, существенно снижающего размах колебаний уровня воды, ГЭС могут осуществлять более глубокое недельное и суточное регулирование мощности. Оно либо не ограничивается совсем, либо ограничивается незначительно требованиями обеспечения обязательного базового попуска. Во многих случаях при осуществлении суточного регулирования необходимо учитывать, что резкие подъемы уровня нижнего бьефа при одновременном включении нескольких агрегатов ГЭС и значительный размах суточных колебаний неблагоприятны и опасны не только для инфраструктуры нижнего бьефа, но и для населения (в частности, в рекреационный период).

Зимой при осуществлении суточного и недельного регулирования мощности снимается ограничение по обеспечению нормируемой глубины по условиям судоходства, благоприятных условий для рыбного хозяйства и т.п., но во многих случаях должны учитываться условия неподтопляемости территорий, находящихся в нижних бьефах гидроузлов, а также санитарно-гигиенические условия водопользования при наличии в нижнем бьефе сбросов сточных вод.

2.1.7. Существенное значение при оценке приемлемости гидравлического режима, обусловленного суточным регулированием мощности ГЭС, имеет направление и скорость течения воды в местах выпусков сточных вод. При этом абсолютно недопустимы ситуации, когда сточные воды, перемещаясь вверх по течению, могут попадать в водозаборы питьевой воды.

2.2. Русловой режим водотока

2.2.1. Задержка водохранилищем твердого стока и перераспределение во времени стока воды приводит к изменению руслового процесса в

верхнем и нижнем бьефах гидроузла. Преобладающие в естественных условиях обратимые деформации русла, обусловленные транзитным транспортом наносов, поступающих с площади водосбора, после возведения гидроузла сменяются необратимыми деформациями. Создание водохранилища приводит к тому, что большая часть наносов (а в крупных водохранилищах на равнинных реках практически все наносы) осаждается в нем, и в нижний бьеф вода поступает осветленной. В результате происходит постепенное занесение чаши водохранилища донными наносами и его заиление взвешенными наносами. В этих условиях в нижнем бьефе поток, транспортирующая способность которого оказывается недостаточной, начинает насыщаться за счет размыва примыкающего к гидроузлу участка нижнего бьефа. Этот участок превращается в зону питания наносами расположенной ниже части реки. В русле начинают развиваться необратимые деформации, в которых преобладает общий размыв.

Как правило, это происходит уже в строительный период при стеснении русла перемычками. В дальнейшем, при временной, а затем и при постоянной эксплуатации гидроузла, зона переформирования русла распространяется вниз по течению. На этот процесс накладывается влияние изменения водного режима. Происходит трансформация русла нижнего бьефа – изменение геометрических и гидравлических характеристик русла реки, проходящее на значительном ее протяжении и обусловленное нарушением ранее существовавших режимов твердого и жидкого стока [4]. Трансформация русла влечет за собой изменение связей расходов и уровней воды, характеризовавших отдельные сечения водотока.

2.2.2. Преобладание общего размыва в процессе трансформации русел нижних бьефов является определяющим для равнинных рек, несущих сравнительно небольшое количество наносов. В условиях гидротехнического строительства в горных районах на реках с большим объемом твердого стока при малых объемах водохранилища происходит сравнительно быстрое его заиление и наносы вновь начинают поступать в нижний бьеф. Процесс общего размыва в этом случае прекращается, в ранее размытом русле начинают откладываться сбрасываемые через гидроузел наносы и происходит так называемый завал нижнего бьефа. Срок заиления равнинных водохранилищ, преобладающих на территории России, исчисляется сотнями лет, что и определяет основную роль общего размыва в процессе трансформации русел нижних бьефов гидроузлов, возведенных на равнинных реках.

2.2.3. Наряду с трансформацией русла нижнего бьефа, строительство гидроузлов вызывает его местные деформации, обусловленные повышенной турбулизацией, местным сосредоточением и изменением направ-

ления потока под воздействием гидротехнических сооружений и регуляционных работ.

2.2.4. В строительный и пуско-наладочный периоды работы гидроузла в русле реки, стесненном перемычками, а затем сооружениями, происходят интенсивные местные деформации, причиной которых являются чаще всего неблагоприятные гидравлические условия пропуска строительных расходов через не полностью построенные водопропускные сооружения, а также незавершенность работ по креплению нижнего бьефа. Объем размыва в русле реки (включая размыв перемычек) может значительно превосходить объем твердого стока, соответствующий транспортирующим возможностям потока в естественном русле. Ниже сооружений поток откладывает большую часть наносов в виде переката, отметки гребня которого постепенно нарастают. По мере затухания процесса местного размыва за сооружениями рост переката замедляется, а его гребень смещается вниз по течению. В ряде случаев этот перекат создает временный подпор на сооружения гидроузла со стороны нижнего бьефа. Со временем подпор уменьшается, что обычно связано с постепенным смывом переката, передвижением вниз по течению зоны отложений и с общим понижением уровней нижнего бьефа.

2.2.5. После завершения или временной стабилизации процесса местного размыва за водопропускными сооружениями начинается постепенный размыв русла нижнего бьефа и перемещение зоны наибольших отложений наносов вниз по течению. На ближайшем к сооружениям участке нижнего бьефа преобладающим видом деформации русла становится размыв. Зона размыва, продвигаясь вслед за зоной отложений, постепенно охватывает все большую длину бьефа, оставляя выше по течению участок более устойчивого, стабилизировавшегося русла, при взаимодействии которого с потоком уже не происходит значительных деформаций дна реки и существенного насыщения потока наносами. Повышение устойчивости русла в этой зоне обусловлено увеличением глубин за счет размыва, снижением скоростей потока и, как следствие, уменьшением подвижности донного материала по сравнению с бытовыми условиями в неразмытом русле.

Характер распространения зоны размыва зависит от уклона реки, геологического строения ее ложа и т. д.[5]. При малых уклонах реки, не очень больших скоростях течения, больших скоплениях аллювия (в том числе в виде островов, побочней и тому подобных русловых образований) общий размыв в длину развивается сравнительно медленно. Поэтому даже при больших глубинах размыва русла понижение уровней воды из-за малой протяженности зоны размывов и малого уклона реки получается очень небольшим.

При ограничении размывов выходами коренных пород или образованием естественной отмостки, чему особенно благоприятствует сложное геологическое строение русла, размыв может быстро развиваться в длину, особенно при больших уклонах водотока. Снижение уровней воды в этих случаях может быть весьма значительным при сравнительно быстрой стабилизации процесса [5, 6].

При возведении гидроузлов на участках рек, где в бытовых условиях происходило постепенное повышение русла за счет осаждения большого количества транспортируемых наносов при выходе реки с горного или предгорного участка на равнину, при зарегулировании реки происходит изменение общей направленности руслового процесса и начинается "врезка" русла за счет размыва его осветленным потоком.

2.2.6. Вследствие того, что в пределах зоны общего размыва нижнего бьефа расход наносов остается меньше транспортирующей способности потока, происходит размыв зоны отложений. В результате этого поток оказывается полностью насыщен наносами и вновь откладывает их ниже по течению. Таким образом, происходит перемещение вниз по течению зоны отложений.

Это общее для абсолютного большинства исследованных гидроузлов явление наиболее отчетливо проявляется в смещении лимитирующих судоходство перекатов.

В верхнем бьефе, в зоне выклинивания подпора происходит отложение наносов, постепенно смещающееся вверх по течению (регрессивная аккумуляция наносов), иногда с образованием дельты. При этом может происходить повышение уровней воды и распространение подпора вверх.

2.2.7. При резком колебании уровней нижнего бьефа, обусловленном суточным регулированием мощности ГЭС, процесс продвижения вниз по течению зоны интенсивного переформирования и зоны стабилизации русла может несколько замедляться за счет увеличения притока наносов в русло при обрушении и оползании берегов (боковая эрозия) после прохождения попусковых волн. Приток наносов в русло, происходящий за счет боковой эрозии, увеличивает заносимость перекатов и уменьшает их устойчивость. Однако, поскольку зона интенсивной боковой эрозии русла, как и весь процесс его переформирования, смещается вниз по течению, общая направленность этого процесса, выражающаяся в постепенной стабилизации примыкающего к гидроузлу участка нижнего бьефа, сохраняется.

2.2.8. Причиной обрушения берегов в нижнем бьефе является, как правило, интенсивная суффозия грунта береговых откосов фильтрационным потоком, направленным в русло в периоды резкого спада уровней воды в реке при практически мгновенном отключении агрегатов ГЭС.

Увеличение боковой эрозии непосредственно ниже сооружений может происходить в результате изменения направления потока и перераспределения расходов воды на отдельных участках русла реки в нижнем бьефе.

Эрозия берегов бывает также связана с волнами от проходящих судов или другого происхождения, например с волнами, обусловленными работой водосливов.

2.2.9. В процессе переформирования русла нижнего бьефа, перестраивающегося в соответствии с новым гидрологическим режимом потока, во многих случаях отмечается уменьшение извилистости русла и выравнивание разницы между объемами русла на плесовых и перекатных участках. Наряду с размывом перекатов и занесением плесовых участков при взаимодействии зарегулированного потока и русла, этому выравниванию способствуют землечерпательные работы на перекатах, при проведении которых плесовые участки используются для отвалов грунта. В результате речное русло приобретает форму, приближающуюся к форме канала.

В реках с побочневым типом руслового процесса зарегулирование стока может привести, наоборот, к увеличению извилистости русла в связи с тем, что срезка паводков и уменьшение затопления отмелей обусловливает закрепление и зарастание песков и, как следствие, преобразование побочней в пойму.

2.2.10. Процесс трансформации русла нижнего бьефа, имеющий общую тенденцию к затуханию русловых переформирований и к стабилизации русла на участке большой протяженности, заметно интенсифицируется при прохождении высоких паводков. При этом в руслах со сравнительно однородным по крупности грунтом происходят дополнительные размывы и увеличение транспорта наносов, а в руслах, сложенных разнозернистыми грунтами, нарушается слой естественной отмостки, и они становятся не защищенным от размыва меньшими расходами.

Пропуск паводков редкой повторяемости через сооружения гидроузла в период завершения его строительства или в начальный период эксплуатации может вызвать очень быстрое продвижение зоны интенсивной трансформации русла вниз по течению. В этом случае подпор, создаваемый перекатом, образованным в результате отложения продуктов размыва, не распространяется до створа гидроузла.

2.2.11. В зимний период эксплуатации гидроузлов волны суточного регулирования могут явиться причиной подвижек льда и заторных явлений, когда ледяные поля, приведенные в движение волнами попусков, нагромождаясь друг на друга, могут перекрыть отдельные рукава

многорукавных русел. Последующие за этим прорывы потока в другие протоки могут привести к существенному их размыву и, как следствие, к увеличению живого сечения и пропускной способности по сравнению с бытовым состоянием. При этом возможно перераспределение потока между рукавами и уход основной части расхода реки во второстепенные рукава. Такие явления особенно важно учитывать в тех случаях, когда они могут нарушить работу водозаборных сооружений и судоходство.

2.2.12. При возведении гидроузлов в створах, характеризующихся наличием проток или рукавов, в период производства работ по возведению бетонных сооружений одна из проток часто бывает перекрыта и весь сток сосредотачивается во второй протоке. Такое перераспределение стока в течение периода, длительность которого может исчисляться несколькими годами, приводит к размыву отложений в работающей протоке с выносом их в основное русло; в перекрытой протоке за это время может произойти интенсивное развитие подводной растительности и кустарника, обусловливающее увеличение шероховатости русла.

2.2.13. Задержка водохранилищем пика паводка и его снижение могут приводить к увеличению отложений на перекатах зарегулированных рек в местах слияния их с незарегулированными притоками. Происходящее при этом увеличение уклонов свободной поверхности в устьевой части притока приводит к увеличению скоростей притока, размыву его русла и выносу большого количества наносов, которые, осаждаясь в русле основной реки, способствуют росту отметок перекатов, расположенных в месте слияния.

2.2.14. Следствием трансформации русла ниже гидроузла является изменение уровенного режима реки в его нижнем бьефе. Это изменение в створе гидроузла и других створах нижнего бьефа характеризуется смещением кривых связи расходов и уровней относительно положения этой кривой к моменту пуска гидроузла. При этом в ряде случаев, как отмечалось в п. 2.2.4, переформирования руспа нижнего бьефа в строительный период могут вызвать уже к моменту пуска гидроузла смещение кривой расходов по отношению к ее среднемноголетнему (как правило, устойчивому) положению в бытовых условиях. Эти изменения, наиболее ярко проявляющиеся в нижних бьефах, не подпираемых ниже расположенным водохранилищем, могут быть проиллюстрированы сводной таблицей, приведенной в Приложении 1, а также помещенными в этом же приложении рисунками, на которых показаны кривые связи расходов и уровней в нижних бьефах ряда гидроузлов.

2.2.15. Прогноз трансформации русла в нижнем бьефе производится в соответствии с Рекомендациями П 95-81/ВНИИГ и методом, изложен-

ным в работе [7], прогноз переработки берегов водохранилищ – в соответствии с Рекомендациями П 30-75/ВНИИГ, а прогноз заиления – по Указаниям [8].

2.3. Ледотермический режим водотока

2.3.1. Эксплуатация гидроузла оказывает существенное влияние на преобразование ледотермического режима водотока как в верхнем, так и в нижнем бьефах [33].

2.3.2. В верхнем бьефе гидроузла, как правило, происходит увеличение глубины и ширины потока, что ведет к снижению скоростей течения и интенсивности турбулентного перемешивания на этом участке реки.

Температурный режим верхнего бьефа зависит от времени полного водообмена, объема и глубины в его приплотинной части, морфометрических параметров рельефа, температуры и расхода воды и льда, поступающих в верхнюю часть водохранилища. Существенное влияние на температурный режим верхнего бьефа оказывает компоновка гидроузла, конструкция водозаборных и водосбросных сооружений. Работа гидроузла изолированно или в каскаде также влияет на температуру воды и ледотермический режим водотока.

2.3.3. Водохранилища различаются по глубине и проточности; эти различия не являются неизменными характеристиками конкретного водохранилища, так как могут меняться в течение года и даже суток, быть различными на разных участках водохранилища. Классификация по глубине позволяет выделить три типа водохранилища:

Мелкое водохранилище характеризуется тем, что разность температур по глубине остается все время незначительной, изменчивость температуры у дна почти такая же, как у поверхности, а теплообмен с дном соизмерим с теплообменом с атмосферой. Это позволяет при выполнении тепловых расчетов мелких водохранилищ оперировать средней по глубине температурой воды, но обусловливает необходимость учета теплообмена с дном. Первое положение упрощает постановку и решение гидротермических задач, второе – усложняет их.

Глубокое водохранилище отличается от мелкого наличием перепада температур по глубине; изменчивость температуры у дна невелика, теплообмен с дном составляет незначительную часть теплообмена с атмосферой. В этих условиях при выполнении приближенных расчетов допускается пренебрегать теплообменом с дном, полагая процесс адиабатическим.

Очень глубокое водохранилище характеризуется постоянством температуры у дна и отсутствием теплообмена с ним. В тепловых расчетах

можно принимать водохранилище бесконечно глубоким, что позволяет пользоваться решениями тепловых задач для полуограниченных тел.

По степени проточности водохранилища разделяются на слабопроточные и проточные водохранилища. В слабопроточных водохранилищах скорости течения относительно велики и температура воды на каждом участке зависит от температуры на вышерасположенном участке водохранилища.

2.3.4. В годовом термическом цикле водохранилищ выделяются 5 периодов:

I период (весеннее нагревание до 4 °С) наступает вслед за вскрытием водохранилища ото льда. Вскоре после вскрытия водохранилища устойчивая стратификация, имевшая место в зимний период, нарушается и возникает свободно-конвективное перемешивание. Толщина слоя воды, охваченного конвекцией, постепенно увеличивается, причем в этом слое практически имеет место гомотермия. Конец I периода совпадает с моментом нагрева воды до температуры 4 °С (температуры наибольшей плотности), при которой свободная конвекция прекращается.

Во II периоде происходит интенсивное прогревание воды от 4 °С и выше. Перенос тепла внутри водной толщи осуществляется за счет турбулентного перемешивания. Так как его интенсивность меньше интенсивности весенней свободной конвекции, то II период характеризуется наличием значительных вертикальных градиентов температуры.

В течение III периода (осеннего охлаждения до 4 °С) так же, как и в I периоде, наблюдается интенсивное свободно-конвективное перемешивание, а турбулентное перемешивание по сравнению с ним играет подчиненную роль. Отличие состоит в том, что продолжительность этого периода значительно больше первого.

В IV периоде происходит предледоставное охлаждение ниже 4 °С и вновь возникает устойчивая стратификация, основную роль играет турбулентное перемешивание. В мелких водохранилищах охлаждение может распространяться до дна. В глубоких водохранилищах охлаждению подвержены лишь поверхностные слои, а в глубинных наблюдаются значительные вертикальные градиенты температуры. Наличие или отсутствие ветрового перемешивания имеет важное значение, так как этим определяется возможность переохлаждения воды, образование шуги, сроки ледостава, температура воды зимой.

Начало V периода (зимнего режима под ледяным покровом) совпадает с моментом установления ледостава на водохранилище. Температурный режим этого периода отличается большей стабильностью по сравнению с режимом других периодов. Так как температура воды ниже 4 °С и с глубиной повышается, то свободная конвекция не наблюдается, а на-

личие ледяного покрова не только изолирует в термическом отношении водную толщу от атмосферы, но и исключает возникновение ветрового перемешивания воды.

В самом начале V периода вертикальные градиенты температуры невелики. Затем они возрастают. В относительно неглубоких водохранилищах в течение первой половины зимы наблюдается медленный плавный рост придонных температур, вызванный теплообменом с грунтом дна. В более глубоких водохранилищах температура глубинных и придонных слоев воды практически почти не изменяется. В конце зимы, после таяния снежного покрова на льду, происходит повышение температуры поверхностных слоев, вызванное непосредственным поглощением солнечной радиации и стоком талых вод. Сразу же после вскрытия водохранилища начинается весенняя конвекция (I период годового термического цикла).

Указанные общие черты термического режима могут видоизменяться под влиянием различных факторов, причем наибольшее значение имеют скоростной режим и глубина водохранилища.

2.3.5. Особенности ледового режима водохранилищ связаны с особенностями их термического режима. Ледовые условия изменяются не только во времени, но и по площади акватории водохранилища. Эти изменения могут быть весьма существенными и зависят, главным образом, от глубин: в результате у берегов, где глубины меньше, ледяной покров возникает раньше, оказывается более толстым и исчезает обычно позже, чем в открытой части. Большое влияние на образование ледяного покрова оказывает ветер, причем его воздействие может быть не только термическим, но и механическим. Термическое воздействие сказывается на увеличении теплообмена с воздухом и выравнивании температуры воды по глубине, что существенно поздней осенью в предледоставный период, когда плотностная стратификация является устойчивой и, следовательно, свободная конвекция отсутствует. Механическое воздействие выражается в изменении условий образования ледяного покрова – переохлаждении воды, нагоне ледового материала к наветренному берегу и т.д.

Образование ледяного покрова может происходить при отсутствии и при наличии слоя ветрового перемешивания. Образованию льда в обоих случаях предшествует переохлаждение воды, причем температура воды у поверхности при охлаждении всегда ниже, чем на глубине, поэтому переохлаждение и, следовательно, зарождение кристаллов шуги начинается у поверхности.

Если ветрового перемешивания нет, то происходит спокойное замерзание поверхности водохранилища: свободная поверхность воды

быстро покрывается очень тонким слоем льда (генетически это шуга), после чего начинается нарастание снизу обычного поверхностного льда.

При ветровом перемешивании из-за значительной турбулизации водной толщи частицы шуги уносятся вглубь, теплообмен воды с атмосферой сохраняется, переохлаждение воды продолжается, захватывая все более толстый слой. Происходит объемное образование шуги, которое затухает по мере увеличения размеров шуговых образований, их всплытия, уменьшения открытой части поверхности воды и одновременно происходящего угасания волнения, а следовательно, и турбулентности; всплывшая шуга образует шуговый ковер, который замерзая и составляет ледяной покров. Срок начала образования ледяного покрова, возникающего таким путем, наступает несколько позже, чем при спокойном замерзании. Однако скорость роста ледяного покрова оказывается выше за счет шугового ковра.

2.3.6. В хвостовой части водохранилищ, как правило, формируются заторы вследствие резкого замедления скорости движения ледяных полей, поступающих с верхних участков реки, торошения и подныривания льдин под остановившуюся ледовую массу в период осеннего и весеннего ледоходов. При снижении уровней воды в водохранилище может происходить осаждение массы затора на дно, а при подъеме уровней – ее всплывание и перемещение по водохранилищу. Подпор от затора может распространяться вверх по реке и вызывать подтопление окружающей местности. Такие заторы на равнинных реках могут приводить к подъемам уровней воды и навалам льда на берега высотою до 3 – 4 м.

2.3.7. К числу факторов, под воздействием которых формируется ледотермический режим нижних бьефов ГЭС, относятся:

температура воды, поступающей из верхнего бьефа в нижний;

режим расходов, проходящих через ГЭС;

скорости течения и уровни воды в нижнем бьефе;

морфометрические характеристики русла в нижнем бьефе;

работа гидроузла изолированно или в каскаде;

климат региона: температура и влажность воздуха, облачность, скорость и направление ветра, количество выпавших осадков;

химический состав воды в потоке (минерализация);

температурные и криогенные характеристики грунтов ложа;

наличие притоков и сбросов коммунальных и промышленных предприятий.

Степень влияния каждого из факторов на ледотермический режим нижнего бьефа различна, некоторые из них взаимосвязаны между собой. Например, режим скоростей и уровней связан с режимом расходов и морфометрическими параметрами русла; климат региона зависит от

температурного режима как верхнего, так и нижнего бьефов, возможно даже изменение климата вследствие создания гидроузла (см. п. 3.1).

Грунты ложа определяют не только шероховатость русла (и следовательно, гидравлический режим потока), но и оказывают влияние на теплоприток от дна и температуру воды, а также на процесс образования донного льда.

2.3.8. Количественные закономерности ледовых процессов для рек и водохранилищ, как правило, получают на основании анализа и обобщения материалов многолетних натурных наблюдений и расчетно-теоретических проработок. В основе обработки исходной информации лежит, главным образом, статистический анализ многолетних рядов наблюдений. Выявленные закономерности ледовых и термических процессов для конкретных водотоков и нижних бьефов гидроузлов можно использовать в качестве аналогов для малоизученных водотоков и водоемов с учетом их особенностей.

2.3.9. Существенное влияние на процессы льдообразования в нижнем бьефе оказывает химический состав воды. Так в нижних бьефах гидроузлов, расположенных на устьевых участках рек, впадающих в море, вследствие смешения пресных речных и соленых морских вод часто наблюдается интенсивное шугообразование, вызывающее формирование зажоров, подъем уровней и подтопление примыкающих территорий.

2.3.10. Глубина регулирования стока реки вызывает также значительное изменение не только расходов, но и температуры воды попусков, что обусловливает различие в формировании ледового и термического режимов в нижних бьефах ГЭС с многолетним, сезонным, недельным и суточным регулированием.

Создание глубоких водохранилищ большой емкости приводит к поступлению в нижний бьеф воды более низкой температуры летом, более высокой зимой, особенно если водозабор ГЭС производится из глубинных слоев. В зимний период средние декадные температуры воды в нижних бьефах большинства ГЭС могут достигать 5 °С; в некоторых случаях они доходят до 8°С. Следовательно, в зарегулированных условиях температура воды в нижних бьефах ГЭС достаточно высокая, в то время как в естественных условиях, уже к началу льдообразовательных процессов температура воды в речных потоках близка к нулю.

2.3.11. На температуру воды в нижних бьефах ГЭС большое влияние оказывает проточность водохранилища. Чем больше проточность, тем интенсивнее турбулентный теплообмен в водохранилище, тем, при прочих равных условиях, теплее вода, сбрасываемая в летний период, и холоднее в зимний.

В связи со сбросом воды из водохранилища с температурой более 0 °С, а также с "отсечением" льда, поступающего с верхних участков реки, сооружениями гидроузла, сроки ледостава в нижнем бьефе по сравнению с бытовыми условиями сдвигаются: ледостав наступает позже. Поступление в течение всего зимнего периода воды с положительной температурой обусловливает наличие полыньи в нижних бьефах ГЭС. Подобное явление наблюдается и в бытовых условиях на реках, вытекающих из больших и глубоких озер (например, р. Ангара [9], р. Нарва).

Длина полыньи зависит от значений сбросных расходов, метеорологических условий, температуры воды, поступающей из верхнего в нижний бьеф, морфологических характеристик русла, а также от количества тепла, поступающего от тепловых источников и боковых притоков. Примеры влияния водохранилищ ГЭС на температуру воды и минимальную длину полыньи в нижних бьефах ГЭС приведены в Приложении 2.

2.3.12. В начале зимы, когда створ нулевых температур в нижнем бьефе располагается к ГЭС ближе, чем кромка ледяного покрова, движение кромки к плотине, как правило, осуществляется задержкой подплывающих шуго-ледяных масс. Выше кромки на подпорном участке скорости снижаются, что создает благоприятные условия для продвижения кромки вверх по течению и приближения ее к створу гидроузла.

Характерным является отсутствие или снижение доли внутриводного льда в период осеннего шугохода-ледохода на примыкающем к гидроузлу участке нижнего бьефа, связанное с тем, что на участке "ГЭС – нулевая изотерма" шугообразование не происходит, а в мелководных застойных зонах, охлаждающихся быстрее, происходит образование поверхностных форм льда.

2.3.13. Снижение пропускной способности русла при наличии ледяного покрова в нижних бьефах ГЭС вызывает подпор уровня воды, причем на равнинных реках подпор у плотины может сказываться, когда кромка ледяного покрова находится на расстоянии 100 и более километров ниже плотины.

Наибольшие подпоры уровней воды в нижних бьефах наблюдаются, в основном, в начале ледостава (в первые 10 суток).

Со второй половины зимы кромка льда начинает медленно отступать вниз по течению со скоростью 2 – 3 км/сут и лишь при больших попусках ГЭС и резком повышении температуры воздуха скорость отступления кромки льда может составлять до 30 км/сут.

2.3.14. Интенсивность и последовательность развития зажорных явлений по длине нижнего бьефа определяются, главным образом, морфологическими особенностями русла: чередованием участков с боль-

шими и малыми уклонами дна (перекат – плес) в сочетании с гидрометеорологическими условиями и режимами работы ГЭС.

Местами образования зажоров в зарегулированных условиях, как и в естественных, являются участки с резким изломом продольного профиля – от большого уклона к малому, крутые повороты русла, мели, острова и другие препятствия.

Гидравлические условия зажорных участков характеризуются значениями числа Фруда от 0,06 до 0,12 в зависимости от пористости шуговых масс. Непрерывно подплывающие с верхнего участка нижнего бьефа к кромке ледяного покрова (или к ледяной перемычке) массы шуги подныривают под кромку и закупоривают русло реки, вызывая подпор уровней, снижение уклонов водной поверхности и уменьшение скоростей течения. Иногда зажоры образуются в нижних бьефах в течение всей зимы вследствие интенсивного шугообразования в приплотинной полынье.

2.3.15. Объем ледяного материала в зажорах зависит от температуры воздуха в период их формирования. Чем ниже температура воздуха, тем меньше объем ледяного зажора. Это объясняется тем, что происходит резкое уменьшение длины полыньи, а следовательно, резко сокращается длина шугообразующего участка.

В нижних бьефах гидроузлов, возведенных на крупных реках, среднее количество льда в зажорных скоплениях обычно составляет до 10 млн.т, а наибольшее достигает 24 – 28 млн.т. Зашугованность русла может составлять 50 – 80%. Протяженность зажоров в нижних бьефах ГЭС может достигать в среднем 5, а иногда 10 км, толщина льда и шуги и зажорный подъем уровней воды – от 3 до 8 м. Поверхность заторов торосистая, с высотой торосов до 3 м. Наблюдаются навалы льда на берегах высотой 3 – 4 м [10].

Чем больше объем зажорных скоплений льда, а также, чем больше объем и продолжительность попусков, тем выше зажорные подъемы уровней в нижнем бьефе ГЭС.

2.3.16. Заторы льда в нижних бьефах гидроузлов образуются, главным образом, в зимний период, тогда как в естественных условиях рек ледяные заторы образуются обычно весной во время весеннего снеготаяния и половодья.

Основными факторами заторообразовательных процессов в нижних бьефах гидроузлов являются объем и продолжительность попусков, воздействующих на ледяной покров нижнего бьефа, отрицательная температура воздуха и амплитуда колебаний уровней воды по длине нижнего бьефа.

В период повышенных попусков воды (амплитуда суточных колебаний уровней воды непосредственно у плотины при регулировании мощности ГЭС в зимний период может достигать 2 – 3 м, а иногда и больше)

происходит нарушение гидродинамической устойчивости ледяного покрова. Кромка ледяного покрова срывается потоком и уносится вниз по течению, при этом происходит торошение и нагромождение льда в затор. Как показывают наблюдения (нижние бьефы волжских и ангарских ГЭС) [33], срыв кромки и образование заторов наблюдаются, когда амплитуда колебания уровня при попусках в 3 – 4 раза превышает толщину льда на кромке.

2.3.17. На участках нижнего бьефа, где подъемы уровней воды превышают толщину ледяного покрова, происходит образование береговых трещин и ледяной покров поднимается вместе с уровнем воды и разламывается на отдельные ледяные поля размерами в десятки и сотни метров.

Примерзший к береговым склонам лед (забереги) при минимальных суточных уровнях частично ложится на дно и примерзает к нему. При повторении суточного цикла лед, образовавшийся при высоких уровнях, садится на примерзший ко дну лед и смерзается с ним. В результате толщина заберегов становится равной амплитуде суточных колебаний уровня в нижнем бьефе. Плавающий лед отделяется от заберегов постоянной трещиной. Периодические попуски могут вызвать образование наледи [11, 33].

2.3.18. Под влиянием водного потока и ветра на участках разрушения ледяных полей происходит торошение и сжатие льда, в результате чего толщина кромки ледяного покрова увеличивается. Дальнейшее увеличение расходов попусков способствует формированию в нижнем бьефе поля битого льда удвоенной или утроенной толщины. В результате взаимодействия между битым льдом и потоком происходит уплотнение масс битого льда и его выдавливание вверх и вниз по вертикали. На участке нижнего бьефа, где имеет место торошение, возможно стеснение русла битым льдом до 70 – 80% на большом протяжении (как правило, не менее 0,5 км), в результате которого заторный подъем уровней воды может вызывать снижение напора на ГЭС (иногда до 7 м). При резком увеличении объема попусков развиваются подвижки заторов льда, охватывающие участки нижнего бьефа протяженностью до 20 км. Продолжительность таких подвижек составляет 2 – 3 часа, а толщина заторных масс льда может достигать при этом 10 – 12 м. Подвижки заторов сопровождаются навалами льда на берега, высота которых может достигать 3 – 4 м.

2.3.19. Протяженность зоны термического влияния ГЭС в нижнем бьефе определяется расстоянием, на котором режим расходов, уровней, ледовый режим приближаются к естественным условиям, и может измеряться сотнями километров. По наблюдениям, выполненным на большом

числе нижних бьефов ГЭС, продолжительность периода ледостава после зарегулирования стока сокращается на 20 – 60 суток по сравнению с естественными условиями за счет более позднего начала ледостава и более раннего вскрытия.

2.3.20. Вскрытие нижних бьефов происходит путем последовательного отступления кромки льда вниз по реке вследствие интенсивного *таивания льда с нижней поверхности и на кромке при повышении* температуры воздуха и перемещении нулевой изотермы под ледяной покров. Повышение температуры воздуха влечет за собой уменьшение прочности льда, а при увеличении сбросных расходов, например, при пропуске весеннего паводка, происходит отрыв кромки и взлом ледяного покрова с образованием заторных явлений в нижнем бьефе.

2.3.21. Зарегулирование существенно влияет на количество тепла, *приносимого со стоком реки, т. е. на тепловой сток. Так, тепловой сток Енисея* на приустьевом участке после зарегулирования уменьшился вдвое [12]. Снижение теплового стока, изменение расходов рек при зарегулировании, особенно в период весеннего половодья, когда осуществляется заполнение водохранилищ, должно учитываться при оценке воздействия на экологические процессы (воспроизводство рыбных богатств, микроклимат долин рек и т.д.).

2.3.22. Прогнозирование термического режима водохранилищ, длины полыньи и заторных явлений в нижних бьефах производится в соответствии с Рекомендациями П 78-79/ВНИИГ, П 28-86/ВНИИГ, а также [13].

2.4. Гидрохимический режим водотока

2.4.1. Создание водохранилищ приводит к значительным изменениям условий формирования качества воды. Гидрохимический режим бьефов ГЭС является следствием естественных процессов образования и таяния льда, испарения и выпадения осадков, антропогенной нагрузки на водоем, а также следствием процессов самоочищения, складывающихся под влиянием притока в водохранилище, боковой приточности, режимов сброса расходов воды через ГЭС. При этом существенными факторами, под воздействием которых происходит формирование гидрохимического режима, являются:

природные фоновые характеристики качества воды;

морфометрические характеристики водохранилища, в том числе глубина сработки уровня воды и мертвый объем;

водообмен, степень проточности;

сброс хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод в водные объекты и на рельеф местности;

процессы образования и таяния льда;

процессы биологического самоочищения водоема;

температура воды;

смещение фаз гидрохимического режима и амплитуды максимумов концентрации примесей;

режим поступления загрязняющих веществ, в том числе химических веществ, с высокой сорбционной способностью, аккумулированных в ледяном покрове, включая нефтепродукты (особенно при их аварийном поступлении на ледяной покров);

химический состав пород и подземных вод ложа и бортов водохранилища.

Водообмен или степень проточности сказывается на времени запаздывания прохождения менее минерализованной паводочной воды по отношению ко времени наступления фаз гидрохимического и термического режимов. Под действием этого фактора движение с малыми скоростями в пределах водохранилищ ведет к накоплению излишних примесей в единице объема. Чем больше время водообмена в водохранилище, тем больше примесей оно накапливает, тем больше загрязнений сбрасывается с водой в нижний бьеф. Процессы образования и таяния льда являются тем механизмом, который разбавляет воду в период половодья за счет таяния льда до минимальных концентраций в конце паводка и увеличивает ее концентрацию в период ледостава за счет вытеснения примесей в подледный поток в процессе роста льда. Лед является одним из источников поступления чистой воды в водоемы и водотоки, причем объем весеннего снего- и льдотаяния определяет уровень минерализации водоема к весне будущего года. Чем больше сбрасывается в водоем талой воды, тем более глубокая очистка водоема производится.

2.4.2. Факторами, непосредственно не связанными с гидравлическими аспектами работы гидроузла, но часто оказывающими прямое воздействие на гидрохимический режим водотока и водные экосистемы являются:

высокая степень антропогенного воздействия на бассейн в зоне строительства гидротехнических сооружений: механическое перемещение грунта, прокладка дополнительных дорог и увеличение потока автотранспорта, работа строительной техники и оборудование специальных мест для ее стоянки, ремонта, заправки;

увеличение численности населения (обслуживающего персонала) и, как следствие, создание строительных баз и поселков гидростроителей;

образование и размещение отходов, образующихся в результате производственной деятельности и жизнедеятельности человека и пр.

При определении степени и вида воздействия на водные экосистемы в строительный период следует учитывать его продолжительность и

интенсивность воздействия. Необходимо предусматривать водоохранные мероприятия по снижению степени воздействия строительства на водную среду или его исключению, устанавливать санитарно-защитные зоны, разрабатывать проекты предельно-допустимых сбросов (ПДС) для предприятий, сбрасывающих загрязненные сточные воды, устанавливать лимиты забора и сброса воды и т.д.

2.4.3. Степень и виды влияния объектов гидростроительства на качество воды и водные экосистемы в верхнем и нижнем бьефах в период эксплуатации различаются.

На гидрохимический режим водохранилища оказывают влияние:

фоновое состояние качества воды водотока и боковых притоков, поступающих в водохранилище;

уровень санитарной подготовки зоны затопления водохранилища;

характеристика затапливаемого ложа (засоленность и типы почв и грунтов, состав и объемы древесной, кустарниковой и травянистой растительности, попадающей в зону затопления, состав подземных вод, наличие торфяников и болот и пр.);

уровень антропогенного загрязнения в бассейне;

хозяйственное освоение водохранилища;

система водопользования, осуществляемая объектами, входящими в состав гидроузла;

вторичное загрязнение.

Вторичное загрязнение связано, прежде всего, с аккумуляцией в водохранилище различных загрязнителей, поступающих из окружающей среды, в том числе и с объектов социально-экономической инфраструктуры, развитой на базе ГТС. Опасные загрязнители могут поступать в водохранилища с бытовыми, дорожными, коммунальными, сельскохозяйственными и промышленными стоками, с атмосферными осадками и наносами. Особенно опасны для водных объектов залповые сбросы загрязнителей в результате аварий на хозяйственных объектах. Одним из факторов вторичного загрязнения могут быть сбросы загрязнителей из других водоемов (например, сине-зеленых водорослей из верховых водохранилищ).

Существенное влияние на формирование ионного состава и концентрации примесей в верхнем бьефе оказывают глубина сработки уровня и мертвый объем водохранилища. Ведущими при этом являются процессы, происходящие в системе водоем – берег при колебаниях уровня воды (процессы потери и возврата солей), а также процессы разбавления воды за счет притока талых вод при заполнении водохранилища. Выбор объема предпаводочной сработки может служить мерой, регулирующей уровень загрязнения. Однако, при высоких уровнях мертвого объема (УМО), обусловленных конструктивными особенностями сооружений, добить-

ся существенного снижения концентраций примесей в нижнем бьефе в конце паводка невозможно.

2.4.4. Гидрохимический режим и качество воды в нижних бьефах ГЭС формируются под влиянием происходящих при зарегулировании реки перераспределения объема стока по сезонам, изменения глубин и скоростей течения, а также замедления водообмена. Основными факторами при этом являются:

качество воды, поступающей в нижний бьеф из водохранилища;

гидрологический режим реки на участке нижнего бьефа;

объемы воды, поступающей в нижний бьеф через ГЭС, учитывающие требования всех водопользователей;

антропогенная нагрузка в зоне нижнего бьефа и режим водопользования самого гидротехнического сооружения;

вынос загрязняющих веществ на участке нижнего бьефа с поверхностным стоком и т.д.

Чем выше коэффициент годового водообмена в водохранилище, тем меньше изменений вносится в гидрохимический режим реки в нижнем бьефе [14]. При коэффициенте водообмена больше 7 – 8 режим минерализации реки не отличается от режима минерализации водохранилища.

2.4.5. Трансформация гидрологического режима в результате зарегулирования стока приводит к сглаживанию сезонных колебаний и смещению времени прохождения экстремальных концентраций химических веществ. На протяженных зарегулированных водотоках сроки прохождения максимумов и минимумов минерализации сдвигаются по отношению к прохождению аналогичных фаз в верховьях водотоков и по отношению к тому, что было до зарегулирования. Наиболее заметно эти сдвиги происходят при каскадном регулировании стока.

В частности, прохождение максимума минерализации в верховьях Волги относится к началу марта, в Нижегородском водохранилище – к 15 марта, в низовьях Волги – к 15 мая, минимумы минерализации в верховьях проходят в конце марта, а в низовьях Волги – в конце августа.

Ко времени прихода в низовья минимума минерализации паводочные расходы сменяются меженными, скорости падают, и вместо периода весенней гомотермии, совпадающего с минимумом минерализации по времени, наступает период осеннего охлаждения. Фактически в условиях регулирования стока происходит осреднение межсезонных колебаний выноса химических веществ с одновременным сдвигом во времени экстремальных значений выноса по отдельным сезонам; степень осреднения и временной шаг сдвига тем больше, чем больше степень регулирования стока рек водохранилищами.

2.4.6. Процесс весеннего снего- и ледотаяния закладывает тот уровень минерализации, который сформируется в водоеме к весне будущего года (п. 2.4.1.) От количества льда и примесей, содержащихся в образовавшейся из него очищенной талой воды, зависит поддержание режима примесей на определенном уровне. Желательно, чтобы соотношение между количеством льда и массой подледной воды соответствовало оптимальным условиям водотока и незначительно менялось при зарегулировании стока.

Обычно при зарегулировании стока происходят изменения морфологии водотока, увеличение глубин, появление протяженных полыней ниже ГЭС, уменьшение толщины льда (п. 2.3). Все это ведет к уменьшению коэффициента льдистости при зарегулировании стока: количество льда, приходящееся на 1 м^3 воды, на том участке реки, где располагается водохранилище, в несколько раз (иногда в десятки раз) меньше, чем в естественных условиях. Это может сказаться на гидрохимическом режиме водотока самым неблагоприятным образом.

2.4.7. Регулирование жидкого стока существенным образом отражается на стоке биогенных веществ, который, в свою очередь, зависит от изменения проточности водоемов и их температурного режима. Так, например, максимум трансформации азотистых соединений в воде достигается при температуре, равной 12 °С. При более низкой или более высокой температуре интенсивность самоочищения замедляется. При зарегулировании стока водохранилищами происходит существенное сокращение по сравнению с естественными условиями продолжительности периода с температурами воды, равными 12 °С, а в водохранилищах высоконапорных ГЭС эта температура или не наблюдается вообще, или имеет место в очень малом по толщине слое [15].

2.4.8. Изменения гидрологического режима крупных равнинных рек в результате гидротехнического строительства сказываются на пространственном распределении и сезонных изменениях содержания различных ингредиентов химического состава воды и факторов, их определяющих.

При каскадной системе зарегулирования лишь в головном водохранилище в распределении и динамике биогенных органических веществ и микроэлементов ощутимо влияние поверхностного стока, однако в нем большое значение имеют внутриводоемные процессы, которые по мере перехода к нижерасположенным водохранилищам становятся доминирующими [16].

Как правило, происходит некоторое улучшение кислородного режима реки, особенно в первом полугодии, снижение и сглаживание амплитуды годовых колебаний перманганатной окисляемости и возрастание доли органических веществ планктонного происхождения. В результате интен-

сивного потребления водными организмами минерального фосфора и кремния в ряде случаев возможно снижение их содержания в воде.

Зоны с дефицитом растворенного кислорода в мертвом объеме водохранилища, как правило, не оказывают существенного влияния на их биоту.

Ионный состав воды водохранилищ в большинстве случаев остается таким же, как вода питающих их рек, и подчиняется тем же связям состава с минерализацией, которые характерны для рек. В нижних бьефах, как правило, отмечается незначительное увеличение ионного стока. Однако в случае активного взаимодействия воды водохранилища с минерализованными подземными водами возможно существенное изменение химического состава и минерализации вод водохранилища и нижнего бьефа.

Данные о минерализации и химическом составе воды некоторых рек до зарегулирования и после него по отдельным створам приведены в Приложении 3 [17].

2.4.9. Помимо общей минерализации, важное значение имеет оценка биогенного стока, поскольку биогенные элементы существенно влияют на продуктивность водных объектов. Закономерности формирования и режима органических веществ в природных водах изучены слабо. Для характеристики суммарного содержания органических соединений и примерного качественного их состава в природных водах пользуются косвенными показателями. С этой целью в воде определяют содержание органического углерода, азота, фосфора. Использование интегральных показателей и соотношений между ними позволяет ориентировочно определить общее содержание органических веществ в воде [18].

2.4.10. Методы прогноза качества воды при гидротехническом строительстве могут быть различными, в настоящее время преобладают методы численного моделирования, используются также методы аналогий.

Анализ исходной информации и оценка качества воды водотока в бытовых условиях необходимы для прогноза влияния проектируемого гидротехнического объекта на качество воды в реке. При разработке прогноза формирования качества воды, водной экосистемы с учетом влияния различных источников загрязнения в проектных условиях эти данные должны использоваться как фоновые.

Анализ исходной информации и результатов прогноза изменения качества воды проводится в соответствии с требованиями нормативных документов (Санитарные правила и нормы (СанПиН), «Перечни предельно-допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ)», «Правила охраны поверхностных вод» и другие), утвержденных уполномоченными органами РФ в области охраны окружающей среды.

2.4.11. Сбор и обобщение материалов наблюдений за гидрохимическим и гидробиологическим режимами водотока следует проводить на всех стадиях проектирования и строительства гидросооружений. Должны быть организованы наблюдения и разработаны программы многолетних комплексных научных исследований (мониторинга) состояния компонентов водной среды, которые должны продолжаться и при переходе к нормальной эксплуатации сооружений.

3. ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ДРУГИЕ АБИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

3.1. Местные климатические изменения

3.1.1. Создание гидроузлов с водохранилищами большого объема приводит к изменению термического режима воды по сравнению с естественными условиями как в верхних, так и в нижних бьефах ГЭС, что влечет за собой изменение теплового стока реки (см. п. 2.3) и составляющих теплового баланса воды с сушей, а следовательно, и значений метеорологических параметров и условий туманообразования. Изменение местного климата над акваторией водохранилища и прилегающих территорий суши происходит в связи с увеличением суммарной радиации и изменением радиационного баланса водоема, а также с большей теплоемкостью водной массы по сравнению с сушей. За основной фактор, определяющий интенсивность и зону влияния, принимается теплофизический контраст вода – суша.

3.1.2. Изменение местного климата под влиянием водохранилища наиболее заметно проявляется в колебаниях температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, условий туманообразования.

В регионах расположения гидроузлов, как правило, происходит уменьшение континентальности климата, ход температуры воздуха становится более плавным.

В осенне-зимний период в районе г. Красноярска температура воздуха повысилась на 1 – 2 °С; средняя температура воздуха декабря – января в прибрежной зоне р. Енисея составила минус 14,3 °С, а на удалении от берегов – минус 19,0 °С. Амплитуда суточного хода температур в прибрежных районах была на 3 – 4 °С меньше, чем в удаленных частях г. Красноярска.

3.1.3. Температура воздуха под влиянием водохранилища ГЭС, как правило, понижается весной и в первую половину лета (охлаждающее влияние), повышается во вторую половину лета и осенью (отепляющее

влияние). Время наступления, продолжительность, интенсивность охлаждающего и отепляющего периодов зависят от географического положения, размеров и глубины водохранилища. Так, на севере период охлаждающего влияния водохранилища длится с начала июня до начала августа, а на водохранилищах, расположенных в лесостепной и степной зонах, продолжается до пяти месяцев (апрель – август). На южных водохранилищах, где ледостава обычно не бывает, период охлаждающего влияния уменьшается до 3-х месяцев (апрель – июнь), в остальное время года они интенсивно нагревают воздушные массы, оказывая отепляющее влияние на прилегающие территории. Изменение суточной (внутри суток) температуры воздуха в зоне побережья шириной до одного километра от уреза воды может достигать 5 – 8°, средней месячной – 0,3 – 3,0 °С.

Сдвиг дат перехода средней суточной температуры воздуха через 0, 5, 10 °С составляет 3 – 7 дней. Продолжительность безморозного периода за счет отепляющего влияния увеличивается до 10 дней.

3.1.4. Изменение абсолютной влажности воздуха, как и температуры воздуха, в значительной мере зависит от географического положения водохранилища. Значения абсолютной влажности на наветренном берегу могут быть на 1,4 – 5,0 мб больше, чем вне зоны влияния.

На севере, в зоне избыточного увлажнения, где из-за сильной заболоченности различия между сушей и водной поверхностью невелики, абсолютная влажность меняется меньше, чем на юге, в зоне недостаточного естественного увлажнения.

3.1.5. Максимальные изменения относительной влажности воздуха приходятся на весенне-летний период:

в зоне избыточного естественного увлажнения, в районе северных водохранилищ, влажность повышается на 4 -- 6%;

в зоне недостаточного естественного увлажнения влажность увеличивается в среднем на 6 – 12%, хотя ее изменения в течение суток имеют сложный характер: ночью происходит уменьшение влажности, днем, наоборот, влажность повышается.

3.1.6. Количественным показателем потенциального влияния водохранилища на температуру воздуха служит разность между температурой поверхности воды и температурой воздуха на побережье, а на абсолютную влажность – разность между насыщающей влажностью при температуре поверхности воды и влажностью на побережье.

3.1.7. Направление ветра изменяется в зависимости от ориентации водохранилища, извилистости береговой линии, характера ландшафта, шероховатости подстилающей поверхности суши и особенностей местной циркуляции воздуха.

3.1.8. Скорость ветра над акваторией водохранилища почти не меняется (15 – 20%) в охлаждающий период, в отепляющий – возрастает на 50 – 100%.

Осенью на наветренном берегу водохранилища наблюдается увеличение в 2 –3 раза повторяемости сильных ветров (более 15 м/сек) по сравнению с исходными ветровыми условиями.

Термические контрасты между сушей и водой на крупных водохранилищах приводят к возникновению местной циркуляции – бризов, они дополняют схему воздействия водохранилища на метеорологический режим. В сторону суши бризы могут проникать на расстояние 3 км и более, захватывая по высоте зону в 100 – 300 м.

Коэффициент усиления ветра по наблюденным данным метеостанции Береговая, расположенной на расстоянии 400 м от уреза воды наиболее расширенного озеровидного участка Зейского водохранилища, составил 1,5 – 2,0 в осенне-зимний период; 1,4 – 1,6 весной и 1,5 – 1,9 летом. Усиление ветра весной и летом произошли из-за развития местной бризовой циркуляции, захватывающей довольно большие участки суши и водоема.

3.1.9. В холодное время года (главным образом, в конце осени и зимой) над полыньями нижнего бьефа и их наветренными берегами создаются условия для образования туманов испарения, а на побережье увеличивается вероятность образования гололеда и изморози. К таким условиям относятся:

типичное для антициклональной синоптической ситуации сильное выхолаживание воздуха над сушей или льдом, а затем – перемещение этого воздуха на открытую водную поверхность;

слабые ветры (менее 5 – 7 м/сек);

наличие приземной (на высоте не более 100 – 200 м) инверсии, т.е. повышение температуры воздуха по мере увеличения высоты;

достаточное начальное увлажнение воздуха (более 75%).

Данные об изменении основных метеоэлементов и среднего числа дней с туманом до и после создания Зейского водохранилища приведены в Приложении 4.

3.1.10. Влияние ГЭС на метеоэлементы в нижнем бьефе может распространяться в зависимости от рельефа местности и ветрового режима на несколько километров вглубь побережья.

Так, влияние Саяно-Шушенской ГЭС в нижнем бьефе угасает на расстоянии 700 – 800 м, Вилюйской ГЭС – на расстоянии 2 км от уреза воды.

По длине нижнего бьефа изменение климатических параметров по сравнению с естественными условиями уменьшается по мере удаления от ГЭС.

Характер береговых склонов и их крутизна определяют размеры зоны климатического влияния. Залесенные побережья водохранилища ограничивают его влияние на местный климат вследствие активной ретрансформации поступающих с водной поверхности масс воздуха.

В зоне горных водоемов изменение местного климата будет происходить как под влиянием изменения высоты местности, так и за счет трансформации воздуха при движении его над водохранилищем.

На участках, где горные хребты подходят непосредственно к урезу воды, влияние водохранилища на местный климат практически не прослеживается.

3.1.11. С созданием водохранилища происходят дополнительные затраты водных ресурсов на испарение, что приводит к некоторой интенсификации влагооборота. Диапазон значений слоя испарения с водной поверхности водохранилищ на территории России достигает 1400 мм (от 300 мм в зоне избыточного естественного увлажнения до 1700 мм в зоне недостаточного естественного увлажнения).

3.1.12. Прогнозная оценка изменений местного климата под влиянием гидротехнических сооружений может даваться на основе расчетов и по наблюдениям на объекте-аналоге (см. Рекомендации П 850-87/ Гидропроект).

3.1.13. Расчетный метод ГГО предназначается для определения средних за расчетный период и в отдельные сроки изменений температуры и абсолютной влажности воздуха над прилегающей к водоему территории и акваторией водохранилища, с учетом различной шероховатости подстилающих поверхностей [19].

Факторами, необходимыми для определения влияния водохранилищ на количественные характеристики метеоэлементов, являются: температура поверхности воды, площадь водного зеркала, глубина, объем, ширина водохранилища; физико-географические условия расположения; условия атмосферной циркуляции и связанные с ней погодные условия (пасмурная погода в значительной степени нивелирует контраст вода – суша), шероховатость подстилающей поверхности, режим эксплуатации водохранилища, а также степень освоения прилегающих территорий (наличие жилых массивов, промышленных объектов, сельскохозяйственных угодий).

Основой расчетного метода являются формулы М.П. Тимофеева, выражающие изменения температуры и влажности воздуха при переходе воздушного потока с водоема на сушу. Расчетный метод дает количественные характеристики изменения температуры, абсолютной и относительной влажности воздуха, направления и скорости ветра. По их прогностическим значениям может даваться качественная оценка условий туманообразования (туман ожидается слабый, умеренный, сильный).

Количественная оценка тумано- и гололедообразования в районе проектируемого гидроузла выполняется с использованием двумерной гидростатической модели пограничного слоя атмосферы, формирующегося в квазистационарных условиях над неоднородной поверхностью. Мо-

дель построена с учетом фазовых переходов влаги и влияния сглаженного рельефа на структуру пограничного слоя. Расчеты проводятся на основе численного решения системы уравнений пограничного слоя атмосферы.

3.1.14. Метод географических аналогий представляет собой экстраполяцию результатов анализа изменения местного климата, полученных на действующих водохранилищах-аналогах, на зону возможного влияния проектируемого водохранилища.

Выбор и обоснование водохранилища-аналога производится по следующим основным критериям: небольшое взаимное удаление; общность климатической зоны, конфигурации, растительного покрова, морфометрии, площади мелководий и подтопленных земель; однородность ландшафта водосбора.

Трудность выбора водохранилища-аналога по всем критериям подобия, отсутствие количественных оценок тумано- и гололедообразования (высота, водность и граница распространения тумана), интенсивность гололеда и соответствующая ей высота, низкая оправдываемость прогноза изменения климата в условиях сложного пересеченного рельефа и вечной мерзлоты требуют новых методических подходов с применением математического аппарата (моделирования) и современной электронно-вычислительной техники, позволяющей использовать накопленный банк данных метеорологических наблюдений.

3.1.15. Организация наблюдений за изменением местного климата в районе расположения гидротехнических объектов необходима как для создания банка данных по водохранилищам-аналогам, так и с целью анализа гидрометеорологических процессов, обусловленных возведением и эксплуатацией гидросооружений, а также всего водохозяйственного комплекса. Такие наблюдения должны осуществляться в рамках системы мониторинга (наблюдения, сбор, анализ результатов наблюдений, создание автоматизированного банка данных), расположенных в различных физико-географических условиях страны.

Ведение мониторинга позволит повысить качество прогнозов изменения местного климата с последующей оценкой их оправданности.

3.1.16. Гидрометеорологические наблюдения производятся в течение всего периода изыскательских работ, проектирования и строительства водохранилища, а также в первые годы его эксплуатации.

Наблюдения должны охватывать будущую береговую полосу водохранилища и нижнего бьефа предполагаемой зоны влияния. Наиболее показательными для анализа и прогноза изменений метеоэлементов являются наблюдения у плотины, в средней и хвостовой частях водохранилища, а также в районе нижнего бьефа ГЭС (на удалении 1 км от плотины и в конце полыньи).

Для производства гидрометеорологических наблюдений организуются временные метеопосты. Один раз в месяц выполняются наблюдения на фиксированных микроклиматических разрезах с точками наблюдений на расстоянии 50, 100, 1000, 5000 и 10 000 м от уреза воды в глубь суши.

3.1.17. Инструментальные наблюдения проводятся за температурой, влажностью воздуха, направлением и скоростью ветра, температурой поверхности воды; визуальные – за облачностью, осадками, туманами, гололедом [20].

Гидрометеорологические наблюдения используются для составления, корректировки и оценки оправдываемости прогноза изменения местного климата, совершенствования методики прогнозирования.

3.1.18. Изменения местного климата происходит на фоне глобальных изменений климата, которые могут усиливать или ослаблять, а возможно, и перекрывать влияние непосредственно водохранилища в зависимости от того, складываются или взаимно гасятся антропогенные и естественные воздействия.

3.1.19. Климатические изменения влекут за собой по принципу обратной связи изменения в значениях составляющих теплового баланса воды с воздухом, а следовательно, должны учитываться при составлении прогноза формирования температурного и ледового режимов бьефов ГЭС, а также длины зоны ее термического влияния.

3.2. Изменения состава атмосферного воздуха

3.2.1. Изменение качественного состояния атмосферного воздуха обычно связано с дополнительным загрязнением выбросами в период строительства и эксплуатации объекта либо с изменением условий распространения примесей, возникающим под его воздействием.

Непосредственное влияние создаваемого гидроузла на степень загрязнения атмосферного воздуха может проявляться только в изменениях метеорологических условий рассеивания примесей в районе расположения верхнего и нижнего бьефов.

Климатические изменения, связанные с созданием гидроузлов, имеющих водохранилища большого объема, могут способствовать как рассеиванию примесей (усиление скорости ветра и турбулентного обмена над водной поверхностью, усиление восходящих движений в прибрежных районах в летний период), так и существенному их накоплению (увеличение повторяемости туманов в нижних бьефах гидроузлов).

3.2.2. Основное влияние на атмосферный воздух в период строительства гидроузлов оказывают технологические процессы, связанные с

функционированием временных или вспомогательных производственных предприятий, проведением земляных, в том числе взрывных работ.

Обеспечивающие строительство гидроузлов производственные базы включают в себя комплекс предприятий различного профиля с полным технологическим циклом работы: бетонные и обогатительные хозяйства, асфальто-бетонные заводы, автохозяйства, временные и стационарные котельные на жидком и твердом топливе, склады горюче-смазочных материалов, монтажные базы и участковые хозяйства.

В результате производственной деятельности указанных предприятий и используемых технологических процессов в атмосферу может поступать до 30 наименований загрязняющих веществ различного класса опасности. Выбрасываемые в атмосферу вещества могут образовывать до 5 групп суммирующего воздействия.

3.2.3. Размеры зоны влияния источников загрязнения атмосферы (ИЗА) производственных баз существенно зависят от высоты источников, мощности выброса, температуры и скорости выбрасываемых газов, метеорологических условий района. Основное влияние на формирование уровней загрязнения прилегающей к производственной базе территории оказывают низкие неорганизованные выбросы.

Зоны влияния ИЗА производственных баз по различным выбрасываемым ингредиентам могут составлять от десятков метров до 2 км.

В зоне влияния ИЗА производственных баз часто находятся населенные пункты и поселки гидростроителей.

3.2.4. Поскольку строительство гидроузлов продолжается в течение значительного периода времени (от 2 – 3 до 10 – 15 лет) в проектах необходимо учитывать негативное воздействие указанных предприятий на атмосферный воздух прилегающей территории, разрабатывать нормативы предельно допустимых выбросов в атмосферу для создаваемых производственных баз, мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, организовывать санитарно-защитные зоны.

3.2.5. В период строительства гидроузлов выполняется большой объем земляных работ, при этом для выемки скальных грунтов используются взрывные работы. Зона распространения высоких концентраций примесей может распространяться от точки проведения взрыва на расстояние до 1000 м.

При воздействии земляных и взрывных работ на атмосферный воздух в проектах должна определяться зона возможного влияния и максимальные концентрации загрязняющих веществ.

3.2.6. Для обеспечения нормальной эксплуатации гидроузлов организовываются постоянные производственные участки, имеющие ИЗА.

Интенсивность выбросов и их воздействие на атмосферный воздух в течение года обычно неравномерны в связи с небольшим числом часов работы оборудования. Однако для указанных участков также необходимо разрабатывать нормативы предельно допустимых выбросов в атмосферу (ПДВ), мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, организовывать санитарно-защитные зоны.

3.2.7. Мероприятиям по охране атмосферного воздуха следует уделять особое внимание при размещении вспомогательных производственных площадок на побережьях нижних бьефов гидроузлов, где в условиях повышенной вероятности возникновения неблагоприятных метеорологических условий (туманов) возможно образование зон повышенных концентраций примесей в атмосфере жилых зон.

3.2.8. Вопросы охраны атмосферного воздуха в составе проектов строительства и эксплуатации гидроузлов должны рассматриваться с учетом существующей техногенной нагрузки. При этом необходимо использовать руководящие и нормативно-методические документы, утвержденные уполномоченными органами России в области охраны атмосферного воздуха, ГОСТ, стандарты.

3.2.9. Во время строительства и эксплуатации гидроузла должен осуществляться мониторинг изменения метеорологических параметров в районе влияния гидросооружений.

Система контроля (локальный мониторинг) за соблюдением установленных нормативов предельно допустимых выбросов в атмосферу производственных объектов в период строительства и при эксплуатации гидроузла должна разрабатываться в составе раздела проекта.

3.3. Геологические условия, гидрогеологический и гидрогеохимический режимы прилегающих территорий

3.3.1. Создание водохранилища приводит к повышению уровня подземных вод на прилегающих территориях, а также к волновому и тепловому воздействию на берега и ложе водохранилища.

Следствием этого могут явиться:

подтопление и заболачивание береговой зоны;

протаивание многолетнемерзлых грунтов ложа и береговой зоны;

возникновение и активизация геодинамических процессов;

изменение режима и химического состава подземных вод;

вскрытие и растворение торфяников.

3.3.2. Подтопление и заболачивание береговой зоны может иметь следующие последствия:

ухудшение свойств грунтов прилегающей территории с развитием склоновых процессов (оползни, обвалы, осыпи, сплывы и др.), карста, растворения и выщелачивания карбонатных и галогенных пород;

формирование просадок в лессах;

изменение режима и химического состава подземных вод;

изменение термовлажностного режима грунтов на обширных территориях, что особенно важно в области распространения многолетнемерзлых пород, где возможна активизация склоновых процессов, термокарста и криогенного пучения;

улучшение условий эксплуатации существующих в береговой зоне сооружений.

Прогнозирование процессов подтопления и оценка возможностей использования подтопляемых территорий должны производиться в соответствии со СНиП 2.06.15-85 и на основе Рекомендаций П 71-78/ВНИИГ и Справочного пособия [21].

3.3.3. Геодинамические процессы в зоне водохранилищ возникают вследствие механического (статического и динамического) и теплового воздействий, которые создаются массой воды, а также изменения состава и свойств пород прибрежной зоны.

3.3.4. Активизация обвально-оползневых явлений может происходить в результате следующих процессов:

подмыв берегов, развитие суффозионных процессов в основаниях склонов;

снижение прочности пород при их увлажнении или растворении цементирующих веществ;

развитие взвешивающего давления в нижней части оползнеопасного склона или стабилизировавшегося до заполнения водохранилища оползня;

рост порового давления в массиве пород при их обводнении в результате подъема уровня подземных вод;

фильтрационно-суффозионные процессы в береговых массивах;

размыв нижней прибереговой части склона или оползневого тела с уменьшением их устойчивости.

Толчком для формирования обвально-оползневых явлений может послужить увлажнение пород в результате повышения влажности воздуха в береговой зоне водохранилища при выпадении атмосферных осадков, а также при осаждении водяной пыли, образующейся при работе водосливов.

3.3.5. При сработках водохранилищ (особенно быстрых) в крупнообломочных породах может возникать суффозия, что ведет к уменьше-

нию устойчивости склонов и откосов, интенсификации фильтрационных процессов.

Склоновые и другие геодинамические процессы могут активизироваться или возникать в процессе строительства, первого наполнения, последующих сработок и наполнений.

3.3.6. Изменение влажностного режима в зоне водохранилища может вызвать дополнительные осадки построенных ранее сооружений, а в лессовых породах – формирование просадочных явлений.

3.3.7. В области распространения многолетнемерзлых пород по указанным выше причинам (п. 3.3.4) активизируются или возникают обвально-оползневые явления, смещения курумов, солифлюкция, термокарст, криогенное пучение, наледеобразование, морозобойное растрескивание, термоэрозия. В связи с изменением термовлажностного режима территории развиваются тепловые осадки как построенных сооружений, так и незастроенных участков местности.

3.3.8. Эксплуатация водохранилищ неизбежно ведет к переформированию берегов. Степень и масштабы такой переработки зависят от интенсивности волнового воздействия, морфологии берегового склона и свойств слагающих его пород. Зона переформирования возрастает по мере увеличения крутизны склона и перехода от скальных к нескальным и неустойчивым к воздействию воды и температуры породам. Прогнозирование переформирования может выполняться в соответствии с Методическими рекомендациями П 30-75/ВНИИГ.

3.3.9. Создание водохранилищ приводит к изменению режима и изменению химического состава подземных вод, а также к формированию новых водоносных горизонтов.

Под влиянием водохранилища меняются уровни подземных вод, напоры водоносных горизонтов, гидравлические уклоны и дебиты, местоположение и дебиты источников. Причинами изменения химического состава подземных вод могут явиться:

растворение и выщелачивание карбонатных, сульфатных и галогенных пород;

растворение и выщелачивание химических веществ, в том числе вредных, в частности радиоактивных;

отжатие из глубинных подземных вод сильноминерализованных, радиоактивных и термических вод;

растворение торфяников.

3.3.10. В нижнем бьефе гидроузлов подтопление территорий и берегообрушение могут происходить вследствие прохождения волн попусков при осуществлении регулирования мощности ГЭС (см. п. 2.1), а также вследствие зажорно-заторных подъемов уровней воды (см.п. 2.3).

3.3.11. Существует мнение, что при высоте плотин более 100 м, объемах водохранилища свыше 100 млн. м^3 и при концентрации значительной массы воды в узких речных долинах может происходить перераспределение напряжений в земной коре, вызывающее "наведенные" землетрясения, по интенсивности не превышающее расчетные, но характеризующиеся большей повторяемостью. Эта проблема не может считаться выясненной и для ее окончательного решения требует специальных наблюдений и исследований.

3.3.12. Процессы, которые могут возникнуть или возникают в зоне, прилегающей к водохранилищу, подлежат обязательному мониторингу. Особое внимание должно уделяться участкам, где такие процессы могут оказать отрицательное воздействие на экологическую обстановку территории.

Положение указанных участков выбирается после окончательного установления контура водохранилища, исходя из геолого-геоморфологических условий береговой зоны.

Наблюдения ведутся за потенциально неустойчивыми склонами, территориями проявления геодинамических, в том числе криогеодинамических, процессов, за режимом и химическим составом подземных вод.

Система мониторинга включает визуальные обследования, периодические, в том числе стационарные, наблюдения за водопроявлениями, смещениями, деформациями и другими явлениями, отбор и анализ проб пород и воды. В области распространения многолетнемерзлых пород обязательна постановка режимных наблюдений за изменением температурного и криогенного состояния береговых массивов.

Частота и объем наблюдений определяются конкретными инженерно-геологическими условиями участка, ответственностью и ценностью расположенных или располагаемых на нем объектов (промышленные, гражданские сооружения, дороги, пастбища, лесные угодья, заповедники, исторические памятники и др.).

3.3.13. Мониторинг, особенно на потенциально опасных участках, должен начинаться на стадии обоснования проекта и продолжаться в период заполнения и эксплуатации водохранилища. Он может быть приостановлен, если получены неоспоримые доказательства затухания наблюдаемого процесса.

3.3.14. Основой мониторинга является прогнозная оценка преобразования геологической среды при взаимодействии с гидротехническими сооружениями, которая ведется на основании многофакторного анализа процессов взаимодействия геологической среды и гидрокомплекса.

При прогнозировании используются качественные и количественные (в том числе расчетные) методы [22]. Большую помощь может оказать применение метода натурных аналогий [23].

3.3.15. Прогнозирование многолетнего протаивания грунтов в ложе и бортах водохранилищ в криолитозоне выполняется на основе моделирования и решения задач тепломассопереноса в системе водохранилище – грунтовый массив, в которой грунтовый массив представлен частью или полностью многолетнемерзлыми грунтами с различной льдистостью и водопроницаемостью при оттаивании [24].

По результатам решения тепловых задач или совместно с этими решениями выполняются расчеты фильтрационных потерь, гидрохимического преобразования природных вод, термокарстовых осадок ложа, термоабразионного переформирования берегов водохранилищ и т.п.

Все прогнозы подлежат обязательной проверке по результатам наблюдений, а методы, использовавшиеся при составлении прогнозов, – уточнению и корректировке.

Система мониторинга направлена на минимизацию негативных последствий ГТС и геологической среды. Это достигается путем регулирования с помощью комплекса мероприятий и специальных конструкций (дренажных, противофильтрационных, теплоизоляционных, охлаждающих, укрепляющих и т.д.), разработанных на основе прогнозирования развития неблагоприятных геодинамических процессов в зоне влияния гидротехнических сооружений.

4. ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА БИОТИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

4.1. Гидробиологический режим

4.1.1. Гидробиологический режим водохранилищ, нижних бьефов и связанных с ними водоемов формируется следуя изменениям качественного состава водной среды, обусловленным зарегулированием стока.

Под влиянием загрязняющих веществ происходят изменения в качественном и количественном составе биоценозов: одни виды исчезают, другие развиваются с высокой степенью их продуцирования. Изменения видового состава происходят уже при столь слабом загрязнении воды, которое может быть не обнаружено с помощью химических методов.

Биоту зарегулированных рек следует рассматривать в трех основных аспектах: как непосредственно эксплуатируемый природный ресурс, как индикатор экологического состояния и как фактор формирования качества воды [15]. Концентрация органического вещества в воде зарегулированных водных потоков имеет прямую зависимость от интенсивности биотического круговорота в объеме воды в единицу времени.

Содержание фитопланктона, нитчатых водорослей, микробной составляющей характеризует качество поверхностных вод. На этой основе разработана [25, 31] система комплексной экологической оценки качества поверхностных пресных вод, приведенная в Приложении 5. Эта система, являющаяся одной из наиболее полных из ныне существующих для получения характеристики состояния водных экосистем, составлена на основе анализа качественного и количественного состава гидробиоценозов и учитывает гидрофизические и гидрохимические показатели, которыми необходимо руководствоваться при оценке влияния хозяйственной деятельности на водный объект в соответствии с нормативными документами, утвержденными уполномоченными органами РФ в области охраны окружающей среды (см. п. 2.4.10).

4.1.2. При оценке влияния гидротехнических сооружений на гидробиологический режим водотока следует иметь в виду, что водотоки являются сложной самовоспроизводящейся экосистемой, обладающей гомеостазом, т.е. способностью сопротивляться возмущающему воздействию внешних абиотических факторов. Это свойство водных экосистем обеспечивается прямыми и обратными связями (энергетическими и информационными) неорганических и биотических компонентов. Сохранение гомеостаза возможно лишь в определенных пределах изменения внешних абиотических факторов – пределах сопротивляемости системы (резистальности). Выход фактора за эти пределы приводит к гибели экосистемы. Длительное существование экосистемы возле верхней или нижней границы сопротивляемости ведет к постепенной ее деградации и, в конечном итоге, к гибели [26,27].

Сооружение гидроузлов приводит к нарушению гомеостаза экосистемы. В верхнем бьефе река, как экосистема, уничтожается полностью, а на ее месте образуется водохранилище – новая природно-техническая система, еще не ставшая экосистемой и, соответственно, не имеющая свойств самовоспроизводства и гомеостаза. В нижнем бьефе номинально сохранившаяся речная экосистема претерпевает изменения, вызванные зарегулированием стока, в результате чего нарушается гомеостаз системы, что может привести к ее деградации.

4.1.3. Основой речной экосистемы является собственно река с придаточными водоемами (заливы, ерики и т.п.), пойма, включающая пойменные озера, луга с древесно-кустарниковой растительностью, прилегающая к пойме склоновая терраса с ее флорой и фауной.

Биологическая продуктивность русла реки зависит от скорости потока. В реках со значительными скоростями течения (более 1 м/с) преобладают прикрепленные формы водной растительности, а толщу потока населяют хорошие "пловцы", способные противостоять течению (рыбы,

крупные беспозвоночные). Наличие растительного и животного планктона характерно для рек со скоростями течения менее 1 м/с.

Зарегулирование стока оказывает наиболее ощутимое воздействие на гидробиологический режим руслового и пойменных потоков. При оценке влияния изменений, вызванных гидросооружениями, необходимо учитывать, что русло реки и в зарегулированных условиях остается местом сохранения речной биоты во время неблагоприятного зимнего периода, а также местом нереста и инкубации икры наиболее ценных в промысловом отношении рыб (сиговые, лососевые, осетровые, налим).

Наиболее продуктивной частью речной экосистемы является пойма как с точки зрения образования "первопищи" для водных, околоводных и наземных сообществ, так и с позиций получения хозяйственно ценной продукции (рыб, пушной и пернатой дичи, сена). Пойма имеет важное значение, особенно возле крупных городов, при рекреационном использовании экосистемы реки в целом. Затопление поймы во время весенне-летне-осенних половодий и паводков является основой биотического круговорота экосистемы реки в естественных условиях. При этом происходит удобрение поймы – обогащение ее основными биогенными элементами (P, Na, K), микроэлементами, взвешенным органическим веществом. Малая толщина водного слоя обеспечивает быструю прогреваемость воды и способствует интенсификации процесса обмена веществ всех организмов, поскольку интенсивность этого процесса связана с температурой. Пойменные озера и временные водоемы являются местом нереста и подращивания личинок весенненерестующих рыб. В заливаемой пойме урожай трав на порядок и более выше, чем в соседних зонах. То же самое относится к образованию кормов для животных разных биологических видов от простейших до млекопитающих, в том числе и промысловых.

При зарегулировании рек на пойму нижнего бьефа поступает осветленная вода, обедненная илистыми частицами и микроорганизмами, которые частично задерживаются в водохранилище. Результатом этого может явиться снижение биологической продуктивности поймы.

Придаточные водоемы реки (заливы, затоны и т.п.) испытывают меньшее влияние зарегулирования стока и сохраняют в основном благоприятные условия образования "первопищи" для всей трофической сети экосистемы: первичной продукции фитопланктона некоторых прикрепленных форм растений, приносимых извне готовых органических веществ.

4.1.4. При оценке влияния зарегулирования стока на экосистему нижнего бьефа важно иметь в виду следующие факторы:

1. *Изменение количества поступающего с водой тепла.* Последствия этого фактора наиболее заметны в зимний период, когда происходит изменение длины полыньи в зависимости от температуры поступающей в

нижний бьеф воды (глубинный, поверхностный водозабор), ее расхода и температуры воздуха (п.2.3).

2. *Поступление дополнительного количества биогенных элементов в минеральной форме.* Это явление имеет место при глубинных водозаборах, когда вода забирается из гиполимниона стратифицированного водохранилища, где концентрация биогенов на порядок выше, чем у поверхности (в эпилимнионе) [30]. При наличии в русле твердых грунтов (скала, камень, крупная галька) ниже водопропускных сооружений образуются водорослевые маты из нитчатых водорослей, которые, отрастая, обрываются, загрязняя нижележащие участки реки.

3. *Снижение годового стока и его перераспределение.* Снижение стока происходит на любом гидроузле, главным образом, за счет испарения и фильтрации, особенно значительных в регионах с поливным земледелием. Межсезонное перераспределение стока приводит к противоречию требований максимальной выработки энергии и сезонной ритмики биотических процессов в экосистеме.

В результате речные экосистемы нижних бьефов гидроузлов номинально продолжают существовать (гомеостаз, в принципе, еще сохранен), но во многих случаях может происходить их деградация вследствие функционирования у нижних пределов сопротивляемости системы (см. п. 4.1.2).

4.2. Животный мир

4.2.1. Особенностью влияния гидростроительства на природные комплексы и их компоненты является создание в пределах территории влияния новых экосистем, которые имеют иной качественный и количественный уровни круговорота веществ в природе.

Создание водохранилищ, каналов и т.п. коренным образом изменяет местный ландшафт. Это может отрицательно повлиять на привычный образ жизни и рефлексы животных: сезонные пути их миграции, изменение мест водопоя, условия их зимования, поисков пищи и т.п. В совокупности с изменениями климата изменения ландшафта могут привести к ухудшению условий гнездования птиц, повлиять на пути перелетных птиц. Зимние затопления пониженных территорий (обычно в дельтах зарегулированных рек) неблагоприятно сказываются на местах обитания мелких животных.

4.2.2. Интенсивность влияния факторов гидростроительства на природные комплексы и их компоненты на разных этапах строительства и эксплуатации неодинакова. Выделяется четыре основных периода (или стадии) влияния гидроузлов на окружающую среду:

период строительства – от начала стройки до наполнения водохранилища до НПУ;

заселение природных комплексов в первые десять лет существования водохранилища;

созревание фаунистических и флористических компонентов природных комплексов во второе десятилетие существования водохранилища;

стабилизация природных комплексов на территории влияния, наступающая обычно спустя 20 лет после наполнения водохранилища.

Следует учитывать также необходимость зонирования всей территории, на которую распространяется влияние гидроузла, на три основных участка, имеющих свою специфику:

район расположения основных сооружений и окружающей хозяйственной инфраструктуры;

водохранилище;

нижний бьеф.

4.2.3. Многообразие видов животных определяет разную их реакцию на те или иные проявления влияния гидросооружений на окружающую среду.

При оценке воздействия гидротехнического строительства на животный мир должны учитываться следующие основные тенденции:

1. *Снижение биологического разнообразия.* Речные долины (пойма) являются зоной повышенного биотопического и видового разнообразия. Создание водохранилища может вызвать исчезновение уникальных экосистем и отдельных видов в зоне влияния водохранилища.

Высока вероятность деградации и потери целого ряда популяций животных, находящихся на пределе распространения. Снижение биоразнообразия может происходить не только за счет исчезновения редких видов, но и за счет исчезновения некоторых фоновых видов.

2. *Снижение биологической продуктивности* на склонах побережий водохранилища. Появление водохранилища во многих случаях приводит к разобщению кормовых и защитных станций. Этот фактор, наряду с затоплением долинных мест обитаний, усилением браконьерства и охоты на хищников, а также увеличением частоты гибели животных от травм, может явиться одной из основных причин снижения численности животных на склонах побережий водохранилища.

Частичное восстановление биопродуктивности возможно только при условии проведения определенного комплекса природоохранных мероприятий.

3. *Вынужденные концентрации млекопитающих* в районах выклинивания подпора водохранилища на реке и ее притоках. Потребность в восполнении утраченных и нарушенных природных комплексов, имевших в своем составе долину относительно крупной реки, животные будут пытать-

ся восполнить за счет сохранившихся долин и каньонов. На притоках будет отмечаться тенденция к формированию зон повышенной численности и миграционной активности большинства видов млекопитающих.

4.2.4. Сохранившиеся после заполнения водохранилища долины могут способствовать стабилизации и частичному восстановлению нарушенных экосистем, в том числе сохранению биологической продуктивности. Для объективной оценки состояния экосистем необходимо проведение экологического мониторинга, который позволит получить ряд многолетних наблюдений, характеризующих длительный цикл воздействия гидростроительства на фауну рассматриваемой территории.

Для каждого типа мест обитаний животных в пределах территории влияния гидростроительства составляются списки видов, определяется их численность. Биомасса животных разных видов до гидростроительства является базовой и для прогнозирования изменений в сообществах в разные периоды функционирования гидросооружений.

4.2.5. Выявление разницы в биомассе животных в условиях изменившейся экосистемы в сравнении с предшествующими первичными экосистемами до создания гидроузла является основным принципом расчета ущербов.

Различают качественный и количественный ущерб животному миру в пределах территории влияния гидроузла.

Количественный ущерб – влияние гидростроительства на круговорот вещества в экосистемах за счет изъятия определенной биомассы животных как компонента природных комплексов. Показателями ущерба являются

полное изъятие части популяции видов, населявших зоны затопления, переработки берегов и сильного подтопления водохранилища;

недополучение вторичной продукции в виде молодых особей.

Количественная сторона ущерба может быть представлена в стоимостном выражении. В основном, расчет ущерба, наносимого в результате гидростроительства, относится к наземным позвоночным животным. Стоимостная оценка биомассы дается для различных групп животных и отражает их потребительскую стоимость в зависимости от хозяйственного использования и значения для экономики. Выделяют три основных группы видов:

охотничье-промысловые;

редкие и исчезающие виды, занесенные в Красную Книгу;

хозяйственно неиспользуемые.

4.2.6. Качественная сторона ущерба животному миру при гидростроительстве заключается в нарушении биоразнообразия сообществ:

в снижении видового разнообразия;

в изменении структуры сообществ;

в переходе массовых и обычных видов в категорию редких и исчезающих.

Качественный ущерб может быть выражен только в экологических понятиях.

4.2.7. Эколого-экономический ущерб животному миру на территории влияния гидроузла определяется как сумма ущербов в различных зонах влияния (см. п.4.2.2). Если ущерб обусловлен деятельностью, изменяющей среду обитания животных и приводящей к нарушению воспроизводства популяции, то размер компенсационных выплат устанавливается с учетом всей территории, испытывающей негативное влияние на все время этого влияния.

Порядок оценки эколого-экономического ущерба, нанесенного животному миру в результате гидростроительства, определяется с использованием Методики [36].

4.3. Растительность

4.3.1. Использование земли для строительства гидротехнических сооружений и создания водохранилищ приводит к отчуждению и сокращению площадей, занятых растительностью (луговой, кустарниковой, лесной и т.д.), а также к изменению условий произрастания растительности на территории, подверженной влиянию гидроузла. Изменение влажности и гидрохимического состава почв, изменение климатических условий вблизи водохранилищ и их нижних бьефов может оказать заметное влияние на интенсивность развития растений, создать благоприятные условия для одних видов и неблагоприятные для других. Эти вопросы должны найти отражение при анализе воздействия ГТС на окружающую среду.

Процессы, происходящие на прибрежной зоне водохранилища (подтопление, переработка берегов, изменение микроклимата), их масштабность и разнонаправленность будут влиять на изменение характеристики биологического разнообразия – численность и качество экологически консервативных представителей биоты, особенно на популяции редких и исчезающих видов растений, которые острее других компонентов биоты реагируют на природные и антропогенные воздействия. Так в результате подтопления и изменения микроклимата растительный покров меняется в сторону мезофитизации и гигрофитизации. В целом создание водохранилищ может оказать впоследствии негативное влияние на генофонд, особенно редких видов растений, которые окажутся в зоне его воздействия. Однако имеются примеры и положительного влияния изменения климата на прирост лесов в различных природных зонах.

4.3.2. В нижнем бьефе в результате зарегулирования стока изменяются условия, формирующие почвенный покров и пойменную растительность. Формирование естественных лугов и их качество (краткопоемные, среднепоемные, долгопоемные) обусловлено частотой и продолжительностью затопления весной, степенью выраженности аллювиального процесса, что тесно связано с рельефом местности, высотным расположением лугов в долине реки, климатическими условиями района. Одним из характерных примеров изменения условий служит рассмотренный в п.2.2.7 процесс преобразования русловых побочней в пойму, обусловленный регулированием стока и трансформацией русла.

Вследствие снижения паводковых расходов происходит осуходоливание (обезвоживание) пойменных земель. Одновременно с этим за счет снижения продолжительности затопления улучшается режим увлажнения земель, расположенных ниже зоны осуходоливания, происходит снижение частоты и продолжительности затопления поймы, что приводит к трансформации поемности лугов (в сторону увеличения суходольных и краткопоемных) более низкого кормового качества.

Обезвоживание отрицательно влияет на пойменные заливные луга (сенокосы и пастбища), расположенные в пределах горизонта паводка 25% обеспеченности. Однако для некоторых природных зон этот фактор может носить и положительный характер, например, снижение пойменной заболоченности при регулировании стока на участках нижнего бьефа Колымской и Усть-Среднеканской ГЭС.

Изменение водного режима реки в результате зарегулирования стока может привести к сокращению площади поймы, инициировать изменение сложившегося в предшествующий период динамического равновесия в направлении формирования нового равновесного состояния пойменных ландшафтов (во многих случаях с преобладанием процессов облесения) в соответствии с изменившимся комплексом факторов поймообразования.

Изменения первичных экологических режимов пойменного комплекса затрагивают все его составляющие: луга, болота, древесно-кустарниковые сообщества, прибрежно-водные сообщества.

4.3.3. Изменение в растительном покрове поймы нижнего бьефа происходит и в результате срезки уровней в период летне-осенних наводнений (в основном это положительное влияние), что должно также учитываться при прогнозировании водного режима зарегулированных водотоков.

4.3.4. Зимние затопления поймы и образование на ней наледей с вероятностью повторения более 25% ведут к деградации растительного покрова в болотный (гигрофиты) тип с низкой хозяйственной и биологической ценностью.

Образование в нижнем бьефе в зимний период полыньи и изменение микроклимата в прибрежной полосе (повышение влажности и температуры, появление туманов) также может оказывать угнетающее влияние на растительный покров прибрежных территорий.

4.3.5. При определении влияния гидротехнического строительства на растительность следует прогнозировать возможные изменения, которые касаются:

флористического разнообразия растительности;

количества основных (преобладающих), а также редких и исчезающих видов растительности;

ареалов распространения различных видов растительности;

структуры растительного и почвенного покрова на различных участках местности в зоне воздействия объекта;

соотношения площадей, занятых различными видами растительности;

границ растительных сообществ и размеров участков, подвергающихся подтоплению, заболачиванию, иссушению.

Для снижения неблагоприятного воздействия на растительность в проекте строительства гидроузла должны намечаться мероприятия по сохранению редких и исчезающих видов растительности (перенос на другие участки, сбор семян и др.).

В существующей практике прогноза преобразования пойменного комплекса в нижнем бьефе в результате строительства гидроузлов при удовлетворительной прогнозируемости долгосрочных изменений имеются затруднения в предсказании краткосрочных процессов (на 10 – 15 лет), что связано с отсутствием необходимых материалов о состоянии компонентов экосистем и процессах их эволюционных и циклических изменений.

5. ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ХОЗЯЙСТВЕННУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

5.1. Земельные ресурсы

5.1.1. Изменения, вносимые созданием и эксплуатацией ГТС в режим водотока, как и изменения, происходящие в атмосфере, литосфере и биосфере в пределах зоны влияния гидроузла, приводят к изменениям в природных ресурсах и базирующихся на них отраслях хозяйства. Согласно Земельному кодексу, "регулирование отношений по использованию и охране земли осуществляется исходя из представлений о земле как о природном объекте, охраняемом в качестве важнейшей составной части природы, природном ресурсе, используемом в качестве средства производства в

сельском хозяйстве и лесном хозяйстве и основы осуществления хозяйственной и иной деятельности на территории Российской Федерации".

5.1.2. При проектировании ГТС и разработке решений, обеспечивающих оптимальный водный режим, необходимо всесторонне изучить природные и хозяйственные условия региона, что позволит установить целесообразное соотношение земельного фонда как элемента природной среды и земельного фонда как природного ресурса.

Использование земли для строительства ГТС приводит к отчуждению и сокращению площадей этого невозобновимого природного ресурса, а также к нарушению или загрязнению поверхности отводимых и прилегающих земель в процессе строительства ГТС.

5.1.3. Для охраны природных ресурсов при строительстве проектные решения должны обеспечивать:

сохранность особо охраняемых территорий и ценных объектов окружающей среды при выборе створа гидроузла;

снижение землеемкости проектируемых сооружений, включая водохранилище;

рациональное использование земель при складировании строительных отходов, образовании свалок;

своевременную рекультивацию земель, нарушенных при строительстве;

снятие и использование почвенного слоя для рекультивации нарушенных земель или улучшение качества непродуктивных и малопродуктивных сельхозземель.

К территориям природоохранного назначения относятся заказники и нересто-охранные зоны, территории лесов, выполняющих защитные функции, памятники природы и др.

5.1.4. При проектировании ГТС должно рассматриваться постоянное и временное изъятие земель.

В проекте строительства ГТС дается характеристика изымаемых земель, их кадастровая оценка, выявляется стоимость ущерба от изъятия земель в сельском и других отраслях хозяйства, намечаются компенсационные мероприятия по освоению новых территорий.

При временном изъятии земель в проекте должна быть предусмотрена их рекультивация после использования в строительстве.

5.2. Сельское хозяйство

5.2.1. Строительство гидроузлов, создание водохранилищ и изменение водного режима в нижнем бьефе оказывают большое влияние на сельское хозяйство региона. Направленность этого влияния во многом зависит от

того, к каким последствиям на той или иной территории привело изменение водного и руслового режима водотока.

5.2.2. На территории, предназначенной для создания водохранилища в зоне постоянного затопления безвозвратно изымаются земли природоохранного назначения и сельскохозяйственные земли: пашня, сенокосные и пастбищные угодья, многолетние насаждения, приусадебные земли. Поэтому при выборе параметров гидроузла (створа, отметки НПУ и т.д.) определяющее значение должно иметь наименьшее изъятие ценных земель.

5.2.3. К зоне временного затопления относятся земельные площади, которые подвергаются паводковому воздействию после создания подпора, когда уровни паводков вероятностью превышения 5% для сельскохозяйственных земель превышают бытовые более, чем на 0,5 м. Обычно это имеет место в хвостовой части водохранилища. Временно затапливаемые сельскохозяйственные земли не изымаются, но, в случае снижения их качества (вследствие увеличения длительности половодья и паводковых затоплений) по сравнению с бытовыми, они могут быть трансформированы в другие виды сельскохозяйственных угодий.

5.2.4. На подтопленных территориях повышение уровня грунтовых вод создает угнетающее влияние на произрастание естественных и сельскохозяйственных культур и ведет к снижению продуктивности и их кормовой ценности. Из сельскохозяйственного пользования такие земли, в основном, не изымаются, а трансформируются в другие угодья с культурами менее требовательными к высокому уровню грунтовой воды (гигрофиты). Изъятие земель из сельскохозяйственного использования происходит при подтоплении земель выше критических показателей.

В результате растворения подпорными водами солевых отложений или подпором минерализованных грунтовых вод возможно засоление земель. Травостой на таких землях деградирует, развиваются галофиты (солянка, солеросы), не имеющие хозяйственной ценности.

5.2.5. В зоне переформирования берегов водохранилища в зависимости от местных условий происходит аккумуляция, размыв или образование относительно устойчивых форм берега. При проектировании водохранилища определяется зона формирования берега за десятилетний период после его наполнения. В пределах прогнозируемого переформирования берегов земли изымаются и теряются безвозвратно.

5.2.6. При определении влияния гидроузлов на продуктивность и сельскохозяйственное использование пойменных земель (в основном пойменную растительность – луга) в нижнем бьефе гидроузла необходимо учитывать, что условия паводкового затопления земель в долинах рек определяют степень их сельскохозяйственной продуктивности, состав и качество сельскохозяйственных угодий.

Водный режим рек в нижнем бьефе рассматривается как в целом за вегетационный период, так и по отдельным его составляющим – весенний, летний и осенний периоды, в каждом из которых те или иные факторы водного режима могут быть положительными и отрицательными. Причем действие этих факторов различно в зависимости от строения (рельефа) поймы, гидрологических, агроклиматических и других местных условий.

Положительным, как правило, является затопление земель в период весеннего половодья, отрицательным – в летне-осенний период (период созревания и уборки урожая).

5.2.7. Влияние весеннего паводкового затопления происходит как через собственно обводнение земель, так и через обогащение почвы наилком. Поступление в нижний бьеф гидроузла осветленной (без плодородного наилка) воды снижает в среднем на 15% продуктивность лугов, расположенных в пределах уровней паводка повторяемостью 25%.

5.2.8. Сдвижка сроков затопления земель на летний период в условиях регулирования стока может привести к гибели посевов сельскохозяйственных культур и сформировавшегося естественного травостоя.

Временные затопления могут создаваться в нижнем бьефе гидроузла в результате повышения уровней возросших меженных расходов за счет суточного или недельного регулирования стока. При частом повторении таких затоплений происходит заболачивание земель, снижение кормовой ценности лугов и их продуктивности.

5.2.9. При оценке влияния строительства гидроузла на сельское хозяйство следует учитывать снижение вероятности и продолжительности наводнений за счет аккумуляции воды в водохранилище и уменьшения паводковых расходов воды в нижнем бьефе.

Отрицательное влияние мощных наводнений на сельское хозяйство проявляется в потере плодородного почвенного слоя (смыв), загрязнении и захламлении земельных угодий, гибели урожая различных культур, снижении продуктивности и возможностей использования естественных лугов (сенокосов и пастбищ).

Регулирование стока рек является мощным оружием в борьбе с наводнениями и может обеспечить снижение частоты, продолжительности и мощности наводнений. Проектируемый водный режим должен включать оптимальные варианты как по созданию регулирующей противопаводковой емкости, так и по максимальной срезке уровней в периоды наводнений.

При определении влияния наводнений на сельскохозяйственное производство должна устанавливаться взаимосвязь водного режима рек и использования земель, после чего через систему агроэкономических

показателей оцениваться влияние регулирования стока на природную и экономическую ценность земель в нижнем бьефе.

5.2.10. Отмеченные в пп. 5.2.6 – 5.2.9 факторы показывают насколько необходима оценка уровенного режима реки на участке, где в наибольшей мере ощутимо влияние суточного регулирования стока (п. 2.1). Большое значение также имеют процессы трансформации русла в нижнем бьефе и регрессивной аккумуляции наносов в зоне выклинивания подпора водохранилищ (п. 2.2). Прогноз этих явлений может внести коррективы в схему регулирования стока, направленные на снижение негативного влияния этих процессов.

5.3. Рыбные ресурсы и рыбное хозяйство

5.3.1. Строительство гидроузлов обусловливает, как правило, негативное воздействие на природные биологические ресурсы водных объектов, в том числе на состояние рыбных запасов. В связи с этим при проектировании гидроузлов необходимо выполнение работ по следующим направлениям:

изучение биологических ресурсов водных объектов, подверженных влиянию гидротехнических сооружений, в бытовых условиях;

прогнозирование влияния строительства и эксплуатации ГТС на биологические ресурсы;

оценка этого влияния в натуральных и стоимостных показателях;

разработка мероприятий по снижению негативных последствий строительства и эксплуатации ГТС на биологические ресурсы и по компенсации ущербов.

5.3.2. В результате изучения биоресурсов водных объектов, подверженных влиянию проектируемого ГТС, должна быть разработана рыбохозяйственная характеристика, включающая сведения о рыбохозяйственной категории водного объекта, о видовом составе рыб, в том числе основных промысловых и проходных видах, о полной и рыбохозяйственной продуктивности, о существующем рыбохозяйственном использовании водного объекта (по данным уловов за последние пять лет), о перспективах рыбохозяйственного использования водного объекта.

Прогнозирование влияния ГТС позволяет определить границы водных объектов, в акватории которых можно ожидать проявлений негативного воздействия на биоресурсы. В пределах этих акваторий должны быть определены:

расположение, границы, площади и продуктивность нерестилищ с указанием видового состава нерестующихся промысловых рыб и сроках нереста;

места сосредоточения молоди с указанием их границ, площади, а также видового состава, периодов выклева молоди и ее концентрации на единицу объема воды;

пути миграции нерестовых и проходных рыб с указанием сроков миграции и видового состава мигрантов;

зимовальные ямы, их площади, границы, видовой состав рыб, зимующих в них, плотности зимних скоплений рыб.

Эти сведения составляют рыбохозяйственную характеристику водного объекта и (или) его участка, они разрабатываются организациями Главрыбвода РФ на основании материалов государственного учета или рыбохозяйственного кадастра водного объекта; при их отсутствии проводятся специальные исследования.

5.3.3. Для снижения негативного воздействия проектируемого объекта определяется характер и степень влияния каждого фактора (из числа рассмотренных в предыдущих главах) на условия формирования рыбных запасов водного объекта с учетом их состояния на момент проектирования.

На основе этого назначается состав и объем необходимых рыбоохранных или восстановительных мероприятий.

В случае невозможности предотвращения негативного воздействия на рыбные запасы разрабатывается рыбоводно-биологическое обоснование по определению размера ущерба и направлению компенсационных мероприятий.

5.3.4. При проектировании и строительстве гидротехнических сооружений одновременно проектируют мероприятия по рыбохозяйственному освоению будущего водохранилища.

Научные и проектные работы по рыбохозяйственным мероприятиям выполняют специализированные проектные организации.

Представляемая на рассмотрение и согласование органам Главрыбвода РФ проектная документация на строительство гидротехнических сооружений должна содержать:

предложения по организации и срокам работ в акватории рыбохозяйственных водоемов, исходя из необходимости соблюдения условий для сохранения и воспроизводства рыбных запасов;

расчеты возможного ущерба рыбным запасам при строительстве и эксплуатации гидротехнических сооружений;

перечень и состав компенсационных мероприятий, направленных на восстановление наносимого ущерба рыбному хозяйству.

5.4. Судоходство

5.4.1. Зарегулирование стока и создание водохранилищ позволяют обеспечивать повышенные по сравнению с бытовым состоянием нормированные судоходные глубины. Тем самым достигается увеличение допустимой осадки судов, их грузоподъемности и грузооборота водотока как судоходного пути. Влияние гидроузла на ледотермический режим позволяет значительно удлинить навигационный период на замерзающих реках (см. п. 2.3.19).

5.4.2. В период строительства гидроузла при сужении русла перемычками, при перекрытии русла нарушение гидравлического режима реки может отрицательно сказаться на условиях навигации. При проектировании условий пропуска строительных расходов через створ гидроузла необходимо учитывать требования, обеспечивающие безаварийность судовождения в районе строящихся сооружений: скорости потока и искривление течения по оси судового хода не должны превышать допустимых значений. Необходимо также учитывать переотложение наносов, вымываемых водным потоком из суженного перемычками русла и осаждающихся ниже створа строящихся сооружений нередко с образованием мели или бара (переката), которые затрудняют судоходство вследствие уменьшения глубин (см. п. 2.2.4).

5.4.3. Гидравлический режим зарегулированных судоходных рек должен обеспечивать:

соблюдение минимальных судоходных попусков, обеспечивающих гарантированные (нормированные) глубины; особенно это важно в меженный период в нижних бьефах гидроэлектростанций, осуществляющих суточное регулирование мощности;

соблюдение требований скоростного и уровенного режима при интенсивном суточном регулировании: скорости перемещения волн попуска и их крутизна не должны создавать аварийных ситуаций, особенно для маломерных судов.

5.4.4. Вследствие русловых переформирований в бьефах гидроузлов возможны изменения условий судоходства на трассе судового хода. В верхних бьефах это особенно ощутимо в зоне выклинивания подпора водохранилища, где в результате регрессивной аккумуляции наносов может происходить образование переката или дельты с глубинами недостаточными для прохождения судов (см. п. 2.2.6). Обеспечение судоходства здесь возможно путем проведения дноуглубительных работ.

В нижних бьефах прохождение волн отложения наносов на перекатах в процессе переформирования русла при прохождении высоких паводков также приводит к необходимости проведения дноуглубительных работ

для поддержания необходимых по условиям судоходства габаритов судового хода. Как показывает опыт, наибольшие объемы дноуглубительных работ в нижних бьефах оказываются необходимыми в первые годы эксплуатации гидроузла. По мере эксплуатации и трансформации русла (см. п. 2.2.5) зона интенсивной заносимости перекатов постепенно смещается вниз по течению, оставляя на участке, примыкающем к гидроузлу, русловые формы, характеризуемые значительной устойчивостью по сравнению с бытовым состоянием реки. При изучении проблем заносимости перекатов в нижнем бьефе гидроузлов особое внимание следует обращать на участок сопряжения низового подходного канала шлюза с руслом реки, где, как показывает опыт, в первые годы эксплуатации гидроузла (до 10 – 15 лет на равнинных реках, дно которых сложено мелким песком) требуется выполнение больших объемов дноуглубительных работ для поддержания гарантированных габаритов судового хода в период навигации.

5.4.5. Понижение уровней воды в нижнем бьефе гидроузла, происходящее вследствие преобладания общего размыва в ходе трансформации русла, следует учитывать при назначении отметки порога (короля) нижней головы шлюза. Отсутствие научно обоснованного прогноза понижения уровня может явиться причиной того, что со временем глубина воды на пороге окажется недостаточной для прохождения судов и для поддержания судоходства потребуется увеличение расхода минимального попуска, обеспечивающего условия судоходства. В итоге это ведет к необходимости пересмотра правил использования водных ресурсов и значительным потерям в выработке электроэнергии, особенно в периоды пиковой нагрузки.

5.4.6. Эксплуатация речного флота в бьефах гидроузлов требует постоянного мониторинга состояния трассы судового хода, корректирования ее по мере необходимости, организации судоходных прорезей на лимитирующих перекатах, особенно в первые годы эксплуатации гидроузлов.

5.5. Водоснабжение

5.5.1. Основные факторы, которые могут оказывать влияние на работу сооружений промышленного и коммунального водоснабжения, расположенных в бьефах гидроузлов, сводятся, главным образом, к изменениям руслового, ледового и гидравлического режимов. Для водозаборных сооружений, кроме того, существенное влияние может оказывать гидрохимический режим водотока в тех случаях, когда минерализация и химический состав вод претерпевают изменения (п. 2.4), которые приводят к необходимости дополнительной очистки воды с целью снижения концентрации содержащихся в ней компонент до уровня, не превышающего ПДК.

5.5.2. В верхних бьефах гидроузлов может оказаться необходимым перенос водозаборных сооружений, расположенных в зоне затопления. Конструктивное оформление водозаборов, размещенных в зоне колебания уровня водохранилища, должно обеспечивать бесперебойность их работы во всем диапазоне изменения уровней воды.

На водозаборных и водовыпускных сооружениях, расположенных в ухвостье водохранилища, где вследствие регрессивной аккумуляции наносов возможно повышение дна водотоков (п. 2.2.6), может возникнуть необходимость реконструкции или проведения мероприятий, защищающих эти сооружения от заносимости.

Следует особое внимание обращать на сооружения систем водоснабжения на водохранилищах, являющихся нижними бьефами выше расположенных гидроузлов. При определенных сочетаниях работы водопропускных сооружений гидроузла, образующего водохранилище, и суточном регулировании мощности ГЭС выше расположенной ступени каскада в некоторых местах водной акватории могут возникать обратные течения, при которых возникает опасность поступления в водозабор вредных (неочищенных) сбросов водовыпусков промышленных предприятий. В таких случаях необходимо вводить ограничения на режимы регулирования мощности верхней ступени каскада.

5.5.3. В нижних бьефах гидроузлов негативное влияние на работу водозаборных сооружений могут оказывать следующие явления:

падение уровней воды вследствие трансформации русла нижнего бьефа (п. 2.2.4);

повышенная заносимость русла вследствие переотложений наносов в процессе трансформации русла (п. 2.2.4);

шуголедовые явления в начальный период зимнего сезона и в местах расположения полыней (п. 2.3).

Эти же явления могут оказывать неблагоприятное воздействие и на водовыпускные сооружения.

В нижних бьефах ГЭС, осуществляющих суточное и недельное регулирование мощности, необходимо соблюдение базового попуска, обеспечивающего командные уровни на водозаборных сооружениях.

5.5.4. Изменения гидрогеологической ситуации в зоне влияния водохранилищ могут повлиять на условия забора подземных вод как в сторону их улучшения, так и в сторону ухудшения. Анализ этого влияния необходим для решения вопроса дальнейшего функционирования водозаборов из подземных источников.

5.6. Рекреация

5.6.1. Зарегулирование стока и создание водохранилищ оказывают существенное влияние на условия использования водотока для целей рекреации – организованного или самостоятельного ("дикого") отдыха людей в местах, характеризуемых наиболее благоприятными природными условиями. Появление водохранилищ приводит, с одной стороны, к затоплению привычных мест отдыха людей, с другой стороны, создает условия, способствующие развитию водных видов спорта, строительству и эксплуатации лечебно-оздоровительных предприятий – турбаз, санаториев, пансионатов, домов отдыха, спортивных лагерей.

Функционирование этих предприятий и условия отдыха в них в значительной мере зависят от колебания уровней воды и течений в водохранилище, обусловленных особенностями эксплуатации гидроузла, гидротермического режима и микроклимата региона, формирующегося в зоне влияния водохранилища, заболоченности прибрежных территорий, абразии береговых склонов, зарастания мелководий и "цветения" воды. Особую опасность для отдыхающих, занимающихся водными видами спорта, представляют периоды сильного волнения, а также периоды работы водосбросных сооружений гидроузла, когда на акватории, примыкающей к водосбросам, возникают сильные течения.

5.6.2. В нижних бьефах гидроузлов изменение условий использования водотока для рекреационных целей происходит под преобладающим влиянием следующих факторов:

прохождения волн попусков при регулировании мощности гидроэлектростанции или в процессе опорожнения камер шлюзов;

понижения температуры воды в летний период и наличие полыньи в зимний период на участке, примыкающем к гидроузлу.

Эти факторы могут оказывать неблагоприятное воздействие на условия использования водотока при отдыхе на пляжах, купании, рыболовстве, занятиях водными видами спорта и охотой.

Положительное влияние на условия отдыха в нижнем бьефе оказывает увеличение меженных уровней воды в реке и снижение уровней и частоты затоплений территорий в паводки.

5.6.3. Использование водохранилищ и нижних бьефов для целей рекреации сопровождается возрастанием степени непосредственного влияния на природные комплексы отдыхающих людей, их транспортных средств, строительства лечебно-оздоровительных предприятий, объектов инфраструктуры и других сооружений.

Как вид интенсивного природопользования рекреация требует контролируемого и регулируемого развития. Даже в пределах одного

достаточно крупного водохранилища на различных участках его акватории и береговой зоны необходим дифференцированный подход к организации рекреационной деятельности с прогнозом ее возможных негативных последствий. Интегральную оценку этих последствий можно сделать на основе предложенной в работе [34] шкалы баллов (Приложение 6). Другим направлением рационализации использования зарегулированных рек в целях рекреации может стать комплексный учет противоречий между отдельными видами отдыха и поиск путей согласования их интересов [34].

6. ВОЗДЕЙСТВИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА СОЦИАЛЬНО–ДЕМОГРАФИЧЕСКУЮ СФЕРУ

6.1. Строительство подпорных гидротехнических сооружений, приводящее к затоплению и подтоплению значительных территорий, изменению гидрологического, руслового и термического режимов водотока, а также климатических условий региона приводит к образованию в зоне влияния гидроузла нового природно-технического комплекса, что оказывает существенное влияние на социальную сферу [1,35]. Население территорий, попавших в зону затопления, вынуждено покидать привычные места проживания. Жители прилегающих территорий должны приспосабливаться к изменяющимся условиям, что иногда приводит к необходимости изменения профессиональной ориентации (например, охотников, рыболовов).

6.2. Социальный аспект влияния гидротехнического строительства затрагивает различные социально-демографические процессы. Среди них выделяются следующие положительные последствия, которые имеют как непосредственное, так и косвенное отношение к строительству и эксплуатации гидротехнических объектов:

создание высокооплачиваемых рабочих мест и повышение квалификации занятых в общественном производстве работников;

развитие социальной инфраструктуры, строительство современного благоустроенного жилья в районе создаваемого гидроузла, улучшение условий энергоснабжения включаемых в энергосистему населенных пунктов (появление возможности стабильного круглогодичного обеспечения горячей водой и перевода на электроснабжение в условиях дефицита органического топлива в зимний период, предоставление льгот на оплату электроэнергии);

развитие строительной индустрии региона;

увеличение притока денежных средств в субъект РФ, на территории которого создается гидроузел, в виде инвестиций в строительство, а в последствии – налоговых отчислений;

развитие в связи со строительством гидроузла сухопутных транспортных связей с соседними регионами, что, наряду с улучшением условий судоходства, создает более благоприятные условия для добычи и транспортировки полезных ископаемых и других ресурсов региона;

повышение надежности энергоснабжения, появление современных средств связи и телекоммуникаций, способствующих повышению уровня образования населения с минимальным отрывом от родной среды;

снижение себестоимости электроэнергии в системе, в которую включается ГЭС (при условии замещения выработки тепловых и/или дизельных электростанций);

увеличение доли водных ресурсов, доступных к хозяйственному освоению и рекреационному использованию;

экономия органического топлива, ведущая к снижению выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и, соответственно, вероятности выпадения кислотных дождей и загрязнения почв тяжелыми металлами и опасными соединениями.

6.3. Помимо положительных социальных эффектов при создании гидротехнических сооружений, строительство и эксплуатация крупных гидроузлов является причиной отрицательно воспринимаемых населением возможных последствий, к числу которых относятся:

переселение людей из зон отчуждения, затопления, подтопления, переформирования берегов и т.д., порождаемое гидротехническим строительством и развитием хозяйственной инфраструктуры на базе гидротехнических объектов, которое приводит к разрушению существующих, как правило, устойчивых до вмешательства социумов;

изменения в традиционном укладе жизни и вынужденная миграция коренного населения из зоны влияния гидроузлов из-за необратимого изменения природных, социально-экономических, культурных, санитарно-биологических и других условий жизни, что может привести к дестабилизации естественных социумов и этнографических образований в регионе;

переселение в зону влияния ГТС жителей из других районов, социально-экономическому развитию которых не уделяется должное внимание;

нарушение устойчивого развития новых социумов вследствие затягивания сроков строительства ГТС по различным экономическим (нехватка финансов и материальных средств) и социальным (недостаток трудовых ресурсов) причинам; в этом случае социальный фактор может существенно ухудшаться и в связи с недостаточностью или отсутствием средств, необходимых для удовлетворения природоохранных и социальных нужд;

деградация социально-демографических структур, развитых на базе приезжего населения и коренного населения, вырванного из традицион-

ного уклада жизни, по причине увеличения безработицы и другим причинам по мере завершения строительных работ на гидроузле;

эвакуация людей на случай аварий и чрезвычайных ситуаций на гидроузле;

нарушение социальной стабильности вследствие необъективной, неполной или необоснованной информации о степени надежности и безопасности проектируемых, строящихся или эксплуатируемых ГТС.

6.4. Существенное влияние на социально-демографическую ситуацию может оказать приезд на место строительства гидроузлов большого количества не коренного населения с отличными от местных жителей образом жизни и потребностями.

В период эксплуатации построенных сооружений возникшая за время строительства инфраструктура (наличие эксплуатационного персонала, набранного, как правило, из числа не коренного населения и отличающегося от него более высоким уровнем профессиональной подготовки) может явиться причиной социальных конфликтов.

Особенно тяжелые социальные последствия несет нарушение стабильности специфических этнических образований и среды обитания малых народов. Кроме проблемы занятости, характерными проблемами являются также ухудшение здоровья представителей малых народов и, как следствие, увеличение смертности и снижение рождаемости, рост иждивенческих настроений.

6.5. Изменения климатических условий в районе расположения гидроузла (п. 3.1), состава атмосферного воздуха (п. 3.2) и качества воды в верхнем и нижнем бьефах (п. 2.4) могут отразиться на состоянии здоровья населения. При прогнозировании возможных медико-биологических последствий этих изменений следует руководствоваться рекомендациями [32].

6.6. При разработке проекта переселения населения производятся:

обследование населенных пунктов и отдельно расположенных сооружений в зоне влияния гидроузла;

определение степени воздействия ГТС на населенные пункты и отдельно расположенные сооружения;

разработка проектных решений по размещению и хозяйственному устройству переселяемого населения;

определение объемов работ и затрат, связанных с восстановлением населенных пунктов, промышленных предприятий и прочих хозяйственных объектов;

определение площади земель, необходимых для размещения переносимых населенных пунктов и других объектов, а также приусадебных участков;

установление состава и размеров убытков, связанных с выносом строений и сооружений, подлежащих возмещению землепользователям и водопользователям.

При оценке воздействия строительства на социально-демографическую среду стоимость переселения и возмещения убытков землепользователей определяется Генеральным проектировщиком с привлечением специализированных организаций.

6.7. Прогнозирование социально-демографических процессов при проектировании ГТС может существенно повлиять на выбор створа сооружений, его типа, темпов строительства как самого гидротехнического объекта, так и объектов инфраструктуры. Большое внимание при этом должно уделяться мерам по снижению вероятности возможных конфликтных ситуаций [35].

7. ВЫБОР ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ГТС С ПОЗИЦИЙ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

7.1. Проектирование, строительство, эксплуатацию и реконструкцию таких сложных природно-технических объектов как гидроузлы (и/или гидротехнические сооружения), каждый их которых уникален по своим техническим решениям, следует осуществлять на основе комплексного изучения естественных и антропогенных процессов, происходящих при преобразовании окружающей среды.

7.2. Прогнозирование изменений, вносимых в окружающую природную и социальную среду под воздействием строительства и эксплуатации гидротехнических объектов, должно являться одним из основных предметов рассмотрения на всех стадиях проектирования, начиная с технико-экономического обоснования будущего сооружения. Круг рассматриваемых вопросов должен определяться исходя из особенностей местных природных условий, социально-демографической обстановки, своеобразия и развития различных отраслей хозяйства в регионе, а также исходя из масштабов проектируемого объекта.

7.3. При разработке правил эксплуатации создаваемого сооружения должны в максимально возможной степени учитываться иногда противоречивые требования участников водохозяйственного комплекса, развивающегося на базе ГТС. Эти требования могут быть весьма разнообразными в зависимости от того, к какому географическому региону принадлежит базовый водоток, и, главным образом, заключаются в следующем:

для энергетики – в перераспределении стока реки по периодам водности (по сезонам) и в осуществлении недельного и суточного регулирования мощности ГЭС;

для судоходства – в обеспечении в период навигации гарантированных судоходных глубин на перекатах и порогах шлюзов, т. е. в обеспечении проектного навигационного уровня воды;

для коммунально-промышленного водоснабжения – в обеспечении незаносимости водозаборов и в поддержании уровней воды, обеспечивающих бесперебойный забор воды в условиях летней и зимней межени;

для сельского хозяйства – в обеспечении объемов весенне-летних попусков, достаточных для затопления заливных земель в течение заданного (вегетационного) периода времени; в засушливых районах – отъема части стока реки на орошение сельхозугодий;

для рыбного хозяйства – в устройстве рыбоохранных комплексов, в обеспечении природоохранных попусков для проходных и полупроходных рыб в период весеннего половодья, в поддержании уровней и температуры воды комфортных для условий нереста рыбы;

санитарно-технические попуски призваны обеспечить разбавление сточных вод до норм ПДК - предельно допустимых концентраций.

В соответствии с Водным Кодексом РФ организации, эксплуатирующие гидроэнергетические и гидротехнические сооружения на водохранилищах и других водоемах, обязаны обеспечивать режим наполнения и сработки водохранилищ, соблюдая приоритет питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также потребности рыбного хозяйства на участках рек и водохранилищ, имеющих важное значение для сохранения и воспроизводства рыбных ресурсов.

При назначении основных параметров ГТС согласование требований различных участников водохозяйственного комплекса должно сочетаться с разработкой мероприятий, направленных на обеспечение социально-демографической стабильности в регионе на всех этапах проектирования, строительства и эксплуатации гидроузла.

7.4. При оценке влияния основных параметров ГТС на окружающую среду наибольшее внимание должно быть уделено всестороннему рассмотрению возможных последствий назначения следующих параметров:

подпорных уровней – нормального и форсированного; связанных с ними параметров водохранилища и его возможностей регулирования речного стока (сезонное, годичное, многолетнее);

установленной мощности ГЭС, количества гидроагрегатов, возможностей и интенсивности суточного регулирования;

типа водозабора ГЭС, заглубления его входного сечения под уровень воды;

протяженности водопропускного фронта, взаимного расположения его элементов (здания ГЭС, водосбросных сооружений, судопропускных сооружений и т.д.).

7.5. Следует учитывать, что гидротехническое строительство, решая различные проблемы участников водохозяйственного комплекса (п. 7.3), может приводить к нежелательным эффектам для окружающей среды и человека, которые нередко становятся причиной реализации различного рода неблагоприятных воздействий, способных наносить материальные, экономические, экологические и социальные ущербы, разрушительно действовать на окружающую среду, экосистемы, отдельных людей и социальные образования (социумы) [1]. Как правило, отрицательные эффекты, сопровождающие строительство и эксплуатацию гидротехнических объектов, имеют общий характер (табл. 2), но могут существенно различаться по степени и спектру их проявления в каждом конкретном случае.

Таблица 2

Нежелательные эффекты гидротехнического строительства

При строительстве ГТС	При эксплуатации ГТС
Изъятие земель, вырубка лесов, деградация ландшафтов	Новое отчуждение земель, изменение ландшафтов
Инженерно-геологические изменения	Развитие процессов деградации почв
Разрушение естественных социумов и деградация этносов	Инженерно-геологические, гидрогеологические, климатические изменения
Разрушение старых экосистем	Изменения гидрологического режима и режима наносов, качества воды в бьефах
Профессиональные опасности строительного производства	Аккумуляция наносов и загрязнений в водохранилище
Большие сроки строительства объекта	Деградация новых экосистем
Аварии	Профессиональные опасности эксплуатации ГТС
	Снижение надежности и эффективности ГТС со временем (старение), отказы, аварии
	Неуправляемое развитие народнохозяйственного комплекса на базе ГТС

Спектр неблагоприятных воздействий гидротехнического строительства на окружающую среду можно разделить на две характерные группы (табл. 3):

отрицательные воздействия, с которыми связан риск возникновения различного рода прямых и косвенных убытков и потерь, включая и упущенные возможности; для обеспечения социально-экологической безопасности объекта необходимо максимально ограничить такие воздействия либо последствия их реализации;

противоречивые воздействия и последствия, эффект которых не всегда может быть оценен однозначно, причем неправильное ограничение может вызвать более тяжелые последствия для окружающей среды, чем отсутствие ограничений.

Таблица 3

Перечень характерных неблагоприятных воздействий гидротехнического строительства на окружающую среду

Отрицательные воздействия	Противоречивые воздействия
Изъятие и ликвидация земельных ресурсов, сельскохозяйственных угодий и пастбищ, залежей полезных ископаемых, природных заповедников, парков, рекреационных зон и т. п.	Переселение людей и перенос социально-экономических объектов, создание новых поселений
Накопление древесины в зоне затопления	Перенос животноводческих ферм и птицефабрик
Механическое загрязнение окружающей среды при строительстве	Консервация скотомогильников
Химическое загрязнение при строительстве	Консервация или перенос кладбищ и захоронений
Акустическое загрязнение при строительстве	Перенос или консервация накопителей промышленных и бытовых отходов
Нарушение естественных социумов и этносов	Перенос археологических и культурно-исторических памятников
Привлечение на строительство спецпереселенцев и осужденных	Ликвидация или перенос промышленных предприятий
Ведение массовых взрывных, высотных и горнопроходческих работ	Ликвидация лесных массивов
Вибрационные воздействия	Ликвидация торфяников
Длительные сроки строительства	Переориентация коренного населения на другие виды профессиональной деятельности
	Широкое использование строительной техники и ручного электромеханического инструмента

Продолжение табл. 3

Отрицательные воздействия	Противоречивые воздействия
Затопление и подтопление территорий, земельных угодий, лесов, болот, торфяников; обводнение горных пород	Пиковые строительные воздействия
Неблагоприятное изменение природного ландшафта	Колебания уровней воды в водохранилище и в нижнем бьефе, вызываемые режимами регулирования стока воды
Переработка берегов водохранилища	Изменение режима стока воды и наносов в реке
Переполнение водохранилища	Снижение расходов воды на пиках паводков и половодий в нижнем бьефе
Активизация оползневых и обвальных процессов на береговых склонах	Увеличение меженных расходов воды в нижнем бьефе
Тектонические изменения и наведенная сейсмичность	Трансформация русла реки в нижнем бьефе
Аккумуляция тепловой энергии водохранилищем	Чрезмерные затраты на ремонты и компенсационные мероприятия
Механическое загрязнение, накопление плавающих тел и заиление водохранилища	Развитие на базе ГЭС энергоемких видов промышленности
Аккумуляция в водохранилище ядохимикатов, химических и радиоактивных загрязнений	Расширение экстенсивного аграрного производства
Биологическое и бактериальное загрязнение водохранилища	Неуправляемые рекреационные воздействия
Естественное органическое загрязнение водохранилища	
Разрыв связей между экосистемами верхнего и нижнего бьефов	
Воздействие волны прорыва при разрушении подпорных сооружений	
Колебания уровней и расходов воды в нижнем бьефе при регулировании мощности ГЭС	
Отказы оборудования и аварии, пожары и другие угрозы эксплуатационному персоналу	

7.6. Гидротехническому строительству, наряду с экономическими выгодами, могут сопутствовать полезные для окружающей природы и населения эффекты, которые напрямую не связаны с целевым назначением гидротехнического объекта и могут рассматриваться как косвенные. В отличие от прямых эффектов – результатов экономической деятельности участников водохозяйственного комплекса – косвенные эффекты могут играть существенную роль и приносить значительные выгоды региону расположения объекта. Характерные полезные эффекты, которые могут быть получены в рамках осуществления гидротехнических проектов и создаваемых на их основе природно-технических комплексов, приведены в табл. 4. Влияние полезных эффектов необходимо учитывать при обосновании инвестиций в строительство объекта [2].

Таблица 4

Полезные эффекты гидротехнического строительства

Прямые	Косвенные
Гидроэнергетика Питьевое водоснабжение Промышленное водоснабжение Судоходство Ирригация Регулирование стока и борьба с наводнениями Водохранилища-охладители Рыборазведение	Создание рекреационных зон и мест массового отдыха населения Водный спорт Туризм Спортивное рыболовство Урбанизация территорий Рекультивация ландшафтов Охрана природы Водоохрана

7.7. Важным моментом рационализации природопользования при гидротехническом строительстве является достижение оптимального сочетания прямых и косвенных полезных эффектов, связанных с эксплуатацией гидротехнических объектов. В связи с повышением уровня требований экологических норм и требований со стороны общественности и природоохранных организаций к участникам водохозяйственного комплекса расширение использования косвенных эффектов гидротехнического строительства должно способствовать более успешному продвижению гидротехнических проектов, социальной реабилитации гидротехники и гидроэнергетики в частности. Учитывая важность проблемы, ее разработке следует посвящать отдельные разделы проектов с обязательным освещением как качественных аспектов природных, гидрологических, инженерно-

геологических, экологических, санитарно-гигиенических и инженерно-технических вопросов, так и экономического обоснования предлагаемых к использованию косвенных эффектов с оценкой положительных и возможных негативных последствий их реализации. Потенциал косвенных эффектов в полном объеме не может быть востребован в весьма редких случаях, как правило, такая ситуация возникает при использовании водохранилищ только для целей питьевого водоснабжения.

Следует расширять возможности использования водохранилищ энергетического и другого назначения в сфере рекреации, туризма, других социально и экологически значимых видах природопользования. На базе водохранилищ различного назначения могут создаваться национальные парки и заповедные территории, что имеет особое значение в районах, которые подвержены сильной антропогенной нагрузке. О принципиальной возможности такого подхода при разработке гидротехнических проектов свидетельствуют хорошие результаты решения экологических и социальных проблем на объектах, в процессе эксплуатации которых вопросы экологии, охраны природы и рационального природопользования решались спонтанно, без соответствующего экологического планирования.

7.8. Обеспечение благоприятных условий для расширения рекреационного использования гидротехнических объектов может стать важным фактором улучшения социально-экологической обстановки территорий. Опыт организации рекреационного использования водохранилищ показывает:

водохранилища должны рассматриваться как важный класс водных рекреационных объектов массового использования;

рекреационное использование водохранилищ, являясь в большинстве случаев высокодоходным видом деятельности, может стать приоритетным и даже частично лимитировать другие хозяйственные функции.

Для развития рекреации, в первую очередь создания условий для купания, туризма, любительского рыболовства, необходимо обеспечить высокое качество воды в водохранилищах. В то же время следует учитывать, что сама рекреация может стать серьезным источником загрязнения водоемов, особенно в районах крупных городских агломераций. Неблагоприятное влияние на состояние водных объектов могут оказывать массовый отдых на пляжах, купание, использование маломерного флота, теплоходные экскурсии. Значительную негативную роль может сыграть и обслуживающая отдыхающих инфраструктура.

7.9. Учет воздействия гидротехнических сооружений на окружающую среду при определении экономической эффективности гидроузла должен производиться путем определения и включения в сметную стоимость объекта природоохранных, компенсационных и других затрат, платежей, отчислений.

Предприятия, деятельность которых базируется на использовании возможностей, создаваемых гидроузлом и/или его водохранилищем, и строящиеся одновременно с ним, должны принимать долевое участие в проведении природоохранных, восстановительных и компенсационных мероприятий. Если такие предприятия создаются на базе уже существующих гидротехнических объектов, то свое негативное воздействие на окружающую среду они должны определять и соответствующим образом предотвращать или компенсировать.

7.10. Оценка возможных последствий гидротехнического строительства и влияния, оказываемого им на компоненты природно-технического комплекса, имеет особое значение на стадии принятия решений по выбору основных характеристик проектируемого объекта, включая его местоположение и компоновку. Во многих случаях прогнозируемые последствия не могут быть оценены в количественных категориях, поскольку они относятся к области субъективного восприятия тех или иных событий и явлений. Одним из возможных подходов к сопоставлению различных вариантов технических решений и обоснованного выбора из них наиболее предпочтительного с учетом всего спектра прогнозируемых последствий может служить экспертная оценка специалистов. Пример методики интегральной качественно-балльной оценки воздействия ГТС на окружающую среду, разработанной Д.В. Стефанишиным, с использованием системы взглядов, изложенной в работе [1], приводится в Приложении 7.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с тем, что интенсивная хозяйственная деятельность человека обычно концентрируется в долинах рек, значительное количество речных систем еще до начала гидротехнического строительства претерпевает мощный антропогенный пресс. Это относится не только к урбанизированным территориям, но и к территориям малонаселенным, где, например, ведется карьерная разработка нерудных материалов или полезных ископаемых. В результате происходит деградация природной среды в бассейнах рек, т.е. разрушение или существенное нарушение экологических связей в природе, вызванное хозяйственной деятельностью человека, проводимой без учета законов развития природы. Деградация природной среды сопровождается не только экологическими ущербами, но и потерей качества природных компонентов (почвы, воды и др.), которые могли бы быть полезными для социально-экономического использования, включая эстетические, ландшафтные и рекреационные аспекты.

Вмешательство в природу во всех сферах человеческой деятельности уже привело к тому, что водохранилища комплексных гидроузлов на многих

территориях приходится рассматривать в качестве приобретенных природных ресурсов, подлежащих охране и экономному использованию. Наряду с этим, сами гидротехнические комплексы создают реальные условия для активной защиты природы. Умелое использование этих возможностей является одной из важнейших задач нового строительства и реконструкции гидротехнических объектов, решение которой вполне возможно путем согласованных действий специалистов-гидротехников и экологов.

Расширение функциональных способностей гидротехнических объектов при рациональном использовании водных ресурсов с учетом экологических требований связано с определенными затратами. В разных случаях эта проблема может иметь свое оригинальное решение. На крупных объектах финансирование на экологические и рекреационные нужды целесообразно централизовать; для малых и средних объектов важно использовать потенциал местных властей, производственных структур и общественных организаций. Управление водными ресурсами – весьма важный элемент экономики как местной, так и национальной, поэтому все вопросы должны иметь рациональное экономическое решение. Такая постановка проблемы будет способствовать лучшему учету и согласованию интересов всех заинтересованных сторон.

Среди множества решений в рамках гидротехнических проектов всегда можно найти варианты, пусть несколько худшие по технико-экономическим показателям, но более приемлемые по экологическим и социальным требованиям. Среди возможных экологически и социально значимых вариантов решений можно выделить следующие: перенос створа гидроузла; возведение каскада небольших ГЭС вместо одной крупной; изменение режимов работы ГЭС; расширение действия различных мероприятий компенсирующего характера и т. д. Выбор экологически и социально приемлемых вариантов связан с перераспределением затрат в пользу решения экологических и социальных проблем. Такие затраты, представляя собой дополнительные капитальные вложения в стоимость осуществления проекта, даже без полного учета выгод от некоторых косвенных эффектов во многих случаях могут быть оправданы и с экономической точки зрения.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Изменение уровней воды относительно бытовых уровней в нижних бьефах гидроузлов при среднемноголетнем расходе воды [4]

Река, ГЭС	Среднемноголетний расход воды, $м^3/с$	Год начала эксплуатации	Число лет наблюдений	Изменение уровней[1], см									
				за годы эксплуатации								к концу срока наблюдений	
				0	1	2	3	5	7	10	15	натура	проект
Волга													
Рыбинская	1120	1940	16	–	–	–	–	–	–	–5	–52	–52	–
Нижегородская	1690	1956	25	+26	+26	+26	0	0	0	–16	–35	–35	–10 (5лет)[3]
Волжская им. В. И.Ленина	7620	1955	12	0	+13	+38	+55	+46	+35	+19	–	+10	–15
Саратовская	7832	1968	4	–39	–37	–19	–2	–	–	–	–	+4	–15 – 20 (10лет)[3]
Волгоградская	7960	1959	15	0	0	–12	–19	–20	–24	–36	–	–50	–13
Кама													
Пермская	1630	1954	7	0	0	0	0	–20	–35	–	–	–35	–
Воткинская	1710	1961	30	0	–25	–25	–25	–25	–40	–48	–54	–97	–
Уфа													
Павловская	336	1959	12	–30	–	–39	–	–	–	–47	–	–47	–
Дон													
Цимлянская	675	1952	22	0	–24	–24	–48	–68	–68	–68	–96	–122	≈–40

Обь													
Новосибирская	1640	1957	29	0	–18	–29	–42	–53	–64	–82	–116	–160	≈–50 (40 – 50лет)[3]
Днепр													
Киевская	1050	1964	7	0	–34	–34	–40	–65	–65	–	–	–65	–
Днепрогэс	1650	1932	23	–	–	–	–	+6	–	–	–44	–44	–
Даугава													–
Рижская	640	1974	18	–	+43	+21	+9	+9	–	–	–	–54	–
Неман													
Каунасская	293	1959	29	0	–17	–28	–40	–46	–68	–68	–92	–95	–104[4]
Кура													
Мингечаурская[2]	397	1954	2	–80	–94	–10	–	–	–	–	–	–107	–
Варваринская[2]	397	1957	10	–40	–58	7 –66	–80	–92	–92	–112	–	112	–
Иртыш													
Усть–Каменогорская	629	1953	10	–	–	–	–	–	+20	+20	–	+20	–100

[1] Повышение уровней обозначено знаком "+", понижение – знаком "–"

[2] Для Мингечаурской ГЭС данные приведены относительно уровня воды 1950 г., для Варваринской ГЭС – относительно уровня 1953 г. в створе 20 км ниже ГЭС.

[3] Приведенные данные относятся к концу указанного в скобках периода эксплуатации.

[4] Прогноз для Каунасской ГЭС составлен в 1964 г. с учетом натурных данных за 1960 – 1963 гг.

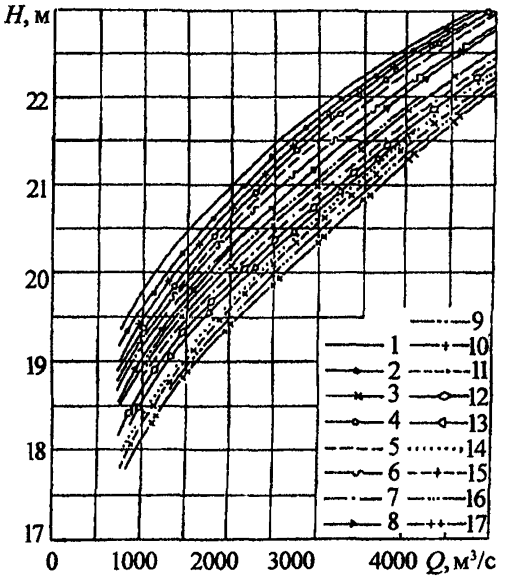


Рис. П1.1. Кривые связи расходов и уровней в нижнем бьефе Новосибирской ГЭС:
1 – проектная, *2* – 1958 г;
3 – 1959 г., *4* – 1960 г,
5 – 1961 г, *6* – 1962 г,
7 – 1963 – 1965 гг, *8* – 1966 г,
9 – 1967 г, *10* – 1968 – 1969 гг,
11 – 1970 г; *12* – 1971 г,
13 – 1972 г, *14* – 1973–1974 гг,
15 – 1975 г, *16* – 1975 –1978 гг,
17 – 1979 – 1980 гг

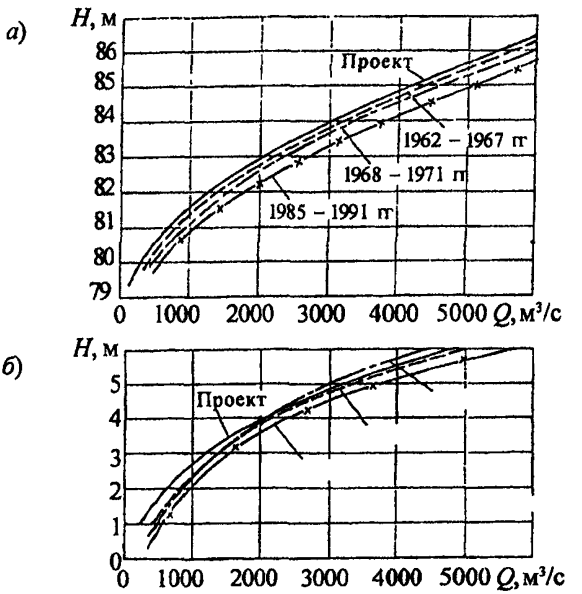


Рис. П1.2. Кривые связи расходов и уровней в нижних бьефах Воткинского (*а*) и Киевского (*б*) гидроузлов

Приложение 2

Минимальная и максимальная наблюденная длина полыньи в нижнем бьефе

ГЭС	$L_{мин}$, км (холодная зима)	$L_{макс}$, км (теплая зима)
Рыбинская	0,5	90
Угличская	0,7	4
Нижегородская	0,7	50
Волжская (Куйбышевская)	4,5	50
Новосибирская	1	110
Иркутская	4,2	53
Красноярская	70	250
Братская	20	95
Усть-Илимская	3	52
Зейская	22	52
Цимлянская	0,2	83
Кременчугская	0,5	41
Днепровская	0,5	90
Каховская	0,5	91
Дубоссарская	0,5	30
Каунасская	5,0	21
Плявиньская	4,9	8,5
Рижская	3,3	4,3
Кегумская	1,0	2,0

Минерализация и химический состав воды некоторых рек

Река	Пункт	Период наблюдения	В период			
			минерализация воды, мг/л	содержание ионов		
				HCO^-_3	SO^{2-}_4	Cl^-
Волга*	г.Н. Новгород	1938 – 1942	56-134 94	32-40 35	8-17 12	0-4 3
Волга**	г.Н. Новгород	1956 – 1965	69-179 135	36-41 39	8-11 9	0-3 2
Волга*	пос Поляна им. Фрунзе	1938 –1940 1944 – 1955	132-314 216	22-33 29	10-20 15	2-10 6
Волга*	то же	1957 –1961	142-288 207	23-29 26	11-20 15	6-11 9
Урал*	г. Кушум	1949 – 1956 1959	221-369 277	25-34 29	7-13 11	6-13 10
Урал**	г. Кушум	1963 – 1969	249-367 333	22:29 26	10:14 11	12:15 13
Сырдарья*	г. Кзыл-Орда	1945, 1950 1956	360-741 522	17-31 24	12-26 20	5-9 6
Сырдарья**	г. Кзыл-Орда	1964 –1968	785-1295 1053	8-10 9	28-33 31	9-12 10
Кура*	г. Мингечаур	1939 – 1941 1943-1946	260-326 293	26-33 30	13-20 16	3-7 4
Кура**	г. Мингечаур	1956 –1957	325-329 327	28-29 29	16-18 16	4-5 5

до зарегулирования и после него [17]

половодья			В период зимней межени						
в химическом составе воды, %			минерализация воды, мг/л	содержание ионов в химическом составе воды, %					
Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+}+K^{+}$		HCO^{-}_{3}	SO^{2-}_{4}	Cl^{-}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^{+}+K^{+}$
28-38 35	9-17 12	0-8 3	220-583 405	29-38 34	8-18 13	2-3 3	27-36 34	10-15 12	2-8 4
30-36 32	12-15 14	1-8 4	120-255 176	33-43 41	6-14 8	0-2 1	28-38 34	10-21 14	1-7 2
27-36 32	3-16 10	1-13 8	252-494 379	22-32 27	13-22 17	3-10 6	28-35 32	6-16 10	2-13 8
30-32 30	7-11 9	7-13 11	310-390 342	23-29 25	13-19 16	8-13 9	26-31 29	7-12 10	10-15 11
24-34 30	2:10 7	10-18 13	699-881 815	19-25 22	7-10 9	15-21 19	17-20 18	7-12 9	20-26 23
24-29 25	7-12 10	9-20 11	559:819 747	16-24 21	10-14 12	14-23 17	13-22 19	7:14 9	17-24 22
21-33 29	27-18 12	3:16 9	652-1267 848	10-21 15	20-32 27	5:9 8	15–30 21	7-16 13	14:28 16
15-17 17	14-15 15	17:19 18	1010-1693 1178	6-14 9	28-34 31	8-10 9	12:18 15	13-18 16	14-23 20
27-36 31	11-15 13	3-19 6	386-466 418	27-36 32	10-17 14	3-6 4	20-33 28	10-16 13	5-20 9
32-34 32	7-12 10	7-11 8	295-513 390	17-26. 22	19-30 23	3-6 5	17-34 27	10-12 11	6-21 12

* – до зарегулирования; ** – после зарегулирования.

Приложение 4

Таблица П.4.1

Изменение основных среднемесячных показателей климата в зоне влияния Зейского гидроузла после введения его в эксплуатацию

Месяц	Показатели климата				
	изменение температур воздуха, °С*	изменение суммы атмосферных осадков, мм	изменение относительной влажности, %	изменение упругости водяного пара, мб	изменение скорости ветра, м/с
		Верхний бьеф			
1	+4,9 (+0,9;+7,7)	Данные отсутствуют	+2	+0,2	-0,1
2	+4,0 (–0,9;+6,8)	–	+2	+0,3	+1,0
3	+2,0 (–2,6;+5,3)	–	0	+0,1	+0,8
4	–1,8 (–2,8;+0,9)	–	+1	–0,1	+0,9
5	–1,1 (–2,0;-0,5)	–	+2	–0,5	+0,8
6	–1,4 (–3,1;+0,1)	–11	–2	–1,5	+1,2
7	0,0 (–1,5;+1,0)	–10	–3	–0,9	+1,3
8	+0,2 (–1,6;+1,4)	+29	–6	–0,6	+1,3
9	+0,8 (–1,1;+1,4)	+21	–3	+0,1	+1,2
10	+0,9 (–1,0;+2,8)	–9	–2	+0,2	+1,1
11	+3,4 (+2,0;+5,5)	Данные отсутствуют	–3	+0,4	+0,9
12	+5,4 (+2,3;+7,2)	–	0	+0,1	+0,8
За год	+2,1 (-0,9;+3,2)	–	–1	–0,3	
		Нижний бьеф			
1	+3,3 (+0,5;+4,9)	Данные отсутствуют	+5	+0,1	0,0
2	+3,9 (+0,5;+5,3)	–	+1	+0,2	+0,2
3	+3,3 (-0,2;+5,3)	–	–2	+0,3	+0,1
4	+0,2 (+0,1;+2,1)	–	–4	0,0	+0,3
5	+0,9 (+2,5;+1,6)	–	–2	0,0	–0,2
6	+0,5 (-0,2;+2,0)	+ 4	–4	–0,5	–0,2
7	+1,1 (+0,8;+2,4)	+17	–6	–0,1	–0,2
8	+1,6 (+0,8;+2,9)	–18	–8	+0,2	–0,2
9	+1,8 (+0,5;+3,0)	– 8	–3	+0,1	–0,3
10	+2,3 (+0,4;+3,4)	0	–4	+0,4	0,0
11	+3,7 (+1,6;+5,6)	Данные отсутствуют	+1	+0,3	0,0
12	+4,0 (+1,0;+4,6)	–	+5	+0,1	–0,2
За год	+1,8 (+0,4;+3,6)	–	–2	+0,1	

* Перед скобками указаны изменения среднемесячных температур воздуха; в скобках – изменения средней максимальной и средней минимальной месячных температур воздуха.

Таблица П4.2

Среднемесячное и годовое число дней с туманом до и после заполнения Зейского водохранилища

Месяц	Верхний бьеф		Нижний бьеф	
	бытовой режим	зарегулированный режим	бытовой режим	зарегулированный режим
1	3,4	0,4	0,7	18,5
2	0,6	0,1	0	9,0
3	0,1	0,1	0	3,5
4	0,4	0,6	0,3	0,1
5	0,3	1,6	0,3	0,5
6	2,1	3,8	0,9	0,5
7	3,9	2,6	3,4	1,5
8	11,5	2,1	8,2	2,1
9	5,1	1,5	5,5	2,4
10	0,8	0,5	0,6	1,4
11	0,9	0,3	0	8,9
12	2,1	0,1	0	15,1
За год	31,2	13,7	19,9	63,5
Теплый период года (апрель – сентябрь)	23,3	12,2	18,6	7,1
	$\Delta = -11,1$		$\Delta = -11,5$	
Холодный период года (октябрь – март)	7,9	1,5	1,3	56,4
	$\Delta = -6,4$		$\Delta = +55,1$	

Система комплексной экологической оценки качества поверхностных пресных вод [25]

Состояние водоема	pH	NH^+_4, мгN/л	NO^-_3, мгN/л	PO^-_4, мгP/л	O_2, % насыщения	Перманганатная окисляемость ПО, $мгO_2$/л	Бихроматная окисляемость БО, $мгO_2$/л	$БПК_5$, $мгO_2$/л	Численность		Кишечная палочка КП, клеток/мл
									бактериопланктон БП, млн, клеток/мл	гетеротрофные бактерии ГБ, тыс, клеток/мл	
Предельно чистое	7,0 – 7,5	0,02	0,05	0,002	100	<1	<4,0	<1	<0,5	<0,5	<1
Очень чистое	7,0 – 8,0	0,02–0,05	0,05–0,1	0,002– 0,01	100	1 – 2	4,0–6,0	1 – 2	0,5– 1,0	0,5 – 1,0	1– 5
Чистое	6,5 – 8,0	0,05–0,1	0,1–0,2	0,01–0,03	100	2 – 3	6,0–10,0	2 – 3	1,0 – 1,5	1,0 – 2,5	5 – 10
Удовлетворительной чистоты	6,5 – 8,5	0,1 – 0,4	0,2 – 0,3	0,03–0,05	90–100	3 – 5	10,0–20,0	3 – 4	1,5 – 2,5	2,5 – 5,0	10–50
Слабо загрязненное	6,0 – 8,5	0,4 – 0,8	0,3 – 0,5	0,05–0,07	80–90	5 – 8	20,0–30,0	4 – 5	2,5 – 5,0	5,0 – 10.0	50–100
Загрязненное	6,0 – 9,0	0,8 – 1.5	0,5 – 1,0	0,07– 0,1	50–80	8 – 10	30,0–50,0	5 – 6	5 – 8	10 – 50	100– 1000
Грязное	5,0 – 9,0	1,5 – 3,0	1,0 – 4,0	0,1–0,15	20–50	10 –12	50–70	6 – 8	8 –15	50 –00	1000– 5000
Очень грязное	4,0 – 9,5	3,0 – 5,0	4.0 – 8,0	0,15–0,30	5–20	12 –15	70–100	8 – 10	15 – 20	150 – 200	5000– 10000
Предельно грязное	3,0 –10,0	> 5,0	> 8,0	> 0,3	< 5	>15	>100	>10	>20	>200	>10000

Продолжение таблицы

Состояние водоема	Фитопланктон ФП, г/м^3	Нитчатые водоросли НВ, кг/м^2	P/R	Биотический индекс Вудивисса (БИ)							Индекс сапробности ИС (по Пантле и Букку)
				таксоны индикаторы	число видов индикаторов	общее число присутствующих групп					
						0 – 1	2 – 5	6 – 10	11–15	16	
Предельно чистое	<0,1	<0,1	>2,0	Нимфы веснянок	<1	–	6	7	8	9	0,0–0,5
Очень чистое	0,1 – 0,5	0,1–0,25	1,75–2,00	–	1	–	5	6	7	8	0,5–1,0
Чистое	0,5–1,0	0,25–0,50	1,50–1,75	–	<1	–	5	6	7	8	1,0–1,5
Удовлетворительной чистоты	1,0–5,0	0,5–1,0	1,25–1,5	–	1	–	4	5	6	7	1,5–2,0
Слабо загрязненное	5,0–10,0	1,0–2,0	1,00–1,25	–	<1	–	4	5	6	7	2,0–2,5
Загрязненное	10–50	2,0–5,0	0,75–1,00	–	1	3	3	4	5	6	2,5–3,0
Грязное	50–500	5,0–7,0	0,50–0,75	–	–	2	3	4	5	6	3,0–3,5
Очень грязное	500–1000	7,0–9,0	0,25–0,5	Тубифициды и личинки хирономид	–	1	2	3	4	5	3,5–4,0
Предельно грязное	>1000	>9	<0,25	"	–	0	1	2	3	–	3,5–4,0

Приложение 6

Оценка факторов, ограничивающих рекреационное водопользование [34]

Виды рекреации	Факторы (в баллах)										
	заболоченность берегов	абразия берегов	колебание уровней воды	волнообразование	заиление и засорение дна	наличие поселений	наличие предприятий	зарастание мелководий	высокая мутность воды	"цветение" воды	санитарно-гигиенические
Использование маломерного флота	1	1	2	2	1	2	2	1	0	1	1
Водные лыжи	1	1	1	3	2	1	1	2	1	3	3
Парусные суда и лодки	1	1	1	3	1	0	1	1	0	1	1
Виндсерфинг	2	2	2	3	2	0	1	2	1	3	3
Купание	3	2	2	2	3	1	3	2	2	3	3
Подводная охота	2	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3
Рыболовство:											
с лодки	1	1	1	3	2	1	2	0	0	2	1
с берега	2	2	3	2	1	1	2	1	0	2	1
со льда	0	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1
Охота	1	1	1	1	1	3	3	0	0	0	1
Пикники	3	2	1	0	0	3	3	0	0	1	1

Примечание. Шкала баллов: 0 – ограничения водопользования нет; 1 – возможно частичное ограничение; 2 – резкое ограничение водопользования; 3 – полное ограничение водопользования.

Приложение 7

Методика интегральной, качественно-количественной балльной оценки воздействия гидротехнических объектов на окружающую среду

1. Методика имеет отношение к исследованиям воздействия на окружающую среду (ОВОС) гидротехнических объектов (ГТО), оказывающих существенное влияние на элементы окружающей среды (экосистемы, природные, экономические и социальные объекты) и связи между ними. Под существенным понимается влияние, в результате которого произошли либо прогнозируются такие трансформации элементов окружающей среды как позитивного, так и негативного плана, которые оказали либо могут оказать воздействие (прямое либо косвенное) на жизнедеятельность человека, на его способность адаптации к условиям окружающей среды, на состояние экосистем и деятельность экономических субъектов и структур.

В основу методики положен индивидуальный подход к выбору критериев качества окружающей среды, определяющих факторов и параметров в зависимости от свойств конкретного объекта и свойств окружающей его среды.

2. Методика предусматривает дифференциально-интегральный, качественно-количественный анализ прямых и косвенных эффектов строительства и эксплуатации конкретного гидротехнического объекта по трем основным направлениям (аспектам): экологическому, физическому, социально-экономическому. Каждый из аспектов представляется соответствующими элементами (факторами, параметрами) окружающей среды, состояние которых будет описываться и оцениваться. Количественный состав элементов подбирается индивидуально в каждом конкретном случае. Основное требование к формированию множества элементов – максимальный учет особенностей объекта и окружающей среды.

3. Экологический аспект представляется тремя системными компонентами: фауна, флора, общебиологические, экосистемные свойства.

В зависимости от природного состава компонент, а также уровня дифференциации в качестве элементов экологической компоненты «фауна» могут рассматриваться различные виды млекопитающих, птиц, насекомых, земноводных, водных обитателей, микроорганизмов, пути миграции и ареалы их распространения. В качестве элементов компоненты «флора» – различные виды деревьев, кустарников, луговых трав и т. п. и ареалы их распространения. В качестве экосистемных свойств – уровень биологического разнообразия, уровень развития пищевых цепей, общая биомасса и др.

Среди представителей фауны и флоры следует также выделять:

редкие виды, в частности, защищаемые виды,

биологические индикаторы качества окружающей среды – виды, которые наиболее чувствительны к изменениям ее свойств,

виды, используемые человеком;

автохтоны;

аллохтоны;

паразитирующие виды.

Каждый из этих видов изначально может иметь различную ценность не только с точки зрения человека, но и для состояния окружающей среды

4. Физическое направление представляется системными компонентами:

климат;

геологическая и почвенная среда;

водные объекты.

Климатическая составляющая может быть представлена такими элементами как скорость ветра, направление ветра, осадки, состояние воздуха (загрязненность, прозрачность, туманы, температура для характерных сезонов) и т д

Состав геологической и почвенной компоненты формируется из следующих элементов: почвы, гумус; эрозия и абразия, выветривание, оползни и обвалы, наведенная сейсмичность и тектоническая активность, карст, сели, термокарст, наледи, уровни, химизм и температуры грунтовых вод и др.

Водные объекты могут характеризоваться такими факторами и параметрами, как максимальный и минимальный сток, норма стока, скорости течения, уровни воды в бьефах, размывы и отложения наносов, минерализация воды, температурно-ледовый режим водотока, испарение, время водообмена, заторы и зажоры и т. п

5. Социально-экономический аспект рассматривается в трех направлениях:

материально-производственная сфера;

социальные отношения;

территориальные ресурсы

По материально-производственной сфере учету подлежат энергетика; сельское хозяйство и ирригация, питьевое и техническое водоснабжение; рыбоводство; транспортная инфраструктура (судоходство, дороги и мостовые переходы, трубопроводы, линии электропередач, причалы и порты)

В сфере социальных отношений учитываются. урбанизация, переселение и миграция, состояние здоровья населения и профессиональ-

ные заболевания; занятость и новая безработица; рекреация; обычаи местного населения и сохранение этнических групп; общественное согласие.

Территориальные ресурсы представляются комплексом природно-экологических, материальных и социальных ресурсов, вовлекаемых тем или иным образом в природопользование при строительстве и эксплуатации объекта: культурно-исторические памятники; водные ресурсы (например, пойменные озера, болота и речная сеть); месторождения полезных ископаемых; лесные и почвенные ресурсы; рекреационные ресурсы; трудовые ресурсы; береговая линия; луга и пр.

6. Поскольку ценность многих элементов (факторов, параметров) окружающей среды не всегда поддается строгому количественному описанию (например, таких элементов, как качество воздуха или состояние здоровья людей), в частности, в экономических категориях, то в качестве основной единицы измерения ценности, описывающей состояние элемента окружающей среды, принимается качественно-количественная единица – балл.

Функция ценности каждого элемента (функция VE) устанавливается с учетом субъективного восприятия человеком различных элементов окружающей среды с точки зрения их важности для человека, общества в целом, а также собственно состояний окружающей среды. Назначение шкалы ценности элементов окружающей среды может производиться группой экспертов с последующей обработкой результатов методом экспертных оценок. Как показали психологические исследования, шкала ценности также достаточно хорошо описывается логарифмическим законом. С учетом этого обстоятельства функция ценности VE может быть выражена степенной функцией соответствующим образом подобранного расчетного показателя ценности элемента – индекса ценности элемента (IVE).

Вводится шкала измерения показателя IVE, представляющего собой десятичный логарифм значения функции ценности для элемента окружающей среды. Тогда соответствующее выражение для функции ценности элемента запишется в виде:

$$VE = k \cdot 10^{IVE}, \qquad (1)$$

где k – некоторый коэффициент либо константа (например, –1 либо +1 в зависимости от роли элемента (негативной либо позитивной), некоторая логическая постоянная или же стоимостная функция и т. п.).

Максимальное значение априорного (исходного) индекса ценности элемента IVE принимается равным 9 баллам, минимальная (в случае, если элемент не представляет никакой ценности) – 0 баллов (матрица соответствующих априорных балльных оценок важности различных элементов окружающей среды приводится в табл. П7.1).

Таблица П7.1

Априорная оценка индекса ценности различных элементов окружающей среды в зависимости от их важности

Качественное описание важности элемента для состояния окружающей среды	Индекс ценности элемента IVE, балл
Ничтожно малая	0
Незначительная	1
Малая	2
Умеренная	3
Ниже средней	4
Средняя	5
Выше средней	6
Высокая	7
Очень высокая	8
Чрезвычайно высокая	9

Допускается устанавливать и промежуточные оценки IVE (0,5; 2,2 балла и т. п. – в зависимости от мнения эксперта). Возможно также и удлинение шкалы для оценки IVE.

Если работает группа экспертов, то индекс ценности каждого элемента может определяться методом экспертных оценок, в том числе как среднее арифметическое значение, например, с округлением до 0,5 балла в большую или меньшую сторону в зависимости от ценности этого элемента.

Для элементов, наличие которых представляется нежелательным, такое округление осуществляется в большую сторону, для элементов, оцениваемых позитивно, – в меньшую сторону. Это связано с тем, что в зависимости от роли элемента его ценность может быть отрицательной или же положительной. В первом случае значение функции ценности вводится со знаком « – », во втором – со знаком « + ». Округление значения индекса ценности в большую сторону для элементов, оцениваемых негативно, и в меньшую сторону для элементов, оцениваемых позитивно, преследует цель более тщательного (с некоторым запасом) учета отрицательных аспектов воздействия объекта на окружающую среду.

Можно заметить, что в зависимости от значений индекса ценности, приводимых в табл. П7.1, значение ценности элементов окружающей среды в экономическом выражении может изменяться от $C \cdot 10^0 = C$ денежных единиц до $C \cdot 10^9$ денежных единиц, где C – некоторая денежная константа. Таким образом, индекс ценности элемента может характеризовать и порядок его реальной стоимости в денежном выражении.

7. Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) предусматривает параллельную оценку ценности каждого элемента окружающей среды для двух расчетных состояний: 1) для предшествующего (например, состояния до строительства объекта) либо некоторого эталонного состояния окружающей среды – VE_1; 2) для текущего либо прогнозируемого (в зависимости от поставленной задачи) состояния – VE_2. При этом для каждого из расчетных состояний состав элементов окружающей среды должен быть одинаковым. Процедура ОВОС в этом случае сводится к сопоставлению оценок VE_1 и VE_2. В результате определяются индексы воздействия IE на каждый из элементов (в баллах) из выражения

$$10^{IE} = VE_2 / VE_1 \qquad (2)$$

или же с учетом (1)

$$IE = k_2 IVE_2 - k_1 IVE_1, \qquad (3)$$

где IVE_1 и IVE_2 – значения индексов ценности элемента для двух сравниваемых состояний элемента; $k_{1,2} = \pm 1$ – коэффициент, зависящий от роли (позитивной, негативной) элемента окружающей среды.

8. В качестве интегрального критерия воздействия объекта на окружающую среду принимается интегральный индекс качества состояния окружающей среды (IQ), представляющий собой сумму балльных оценок IE по *j*-м учитываемым элементам окружающей среды по трем *i*-м аспектам:

$$IQ = \sum_{i=1}^{3} \sum_{j=1}^{n_i} IE_{ij}, \qquad (4)$$

где n_i – общее количество элементов окружающей среды по *i*-м аспектам.

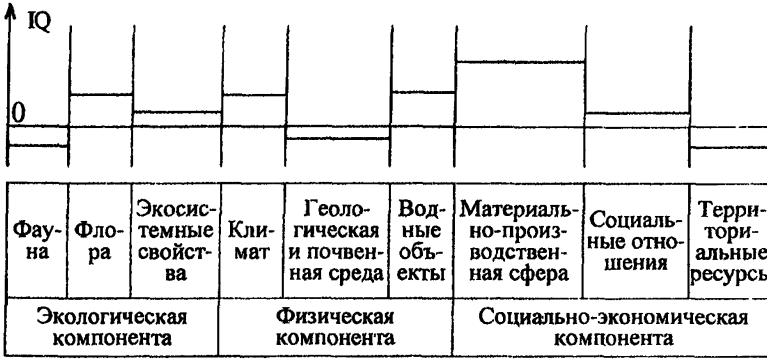
9. Воздействие объекта на окружающую среду признается положительным, если значение $IQ > 0$, нейтральным при $IQ \approx 0$ и отрицательным, если $IQ < 0$.

Соответствующая оценка воздействия объекта может быть осуществлена и в отношении отдельных *j*-х составляющих окружающей среды, а также отдельных групп компонент, составляемых из производных элементов. Характер воздействия оценивается соответствующими индексами IQ и т. п. в зависимости от знака («+» или «–»).

По результатам расчета индекса IQ по *i*-м аспектам окружающей среды, отдельным группам компонент, составляемых из производных элементов, группам элементов может быть построен профиль воздействия объекта на окружающую среду (рисунок).

10. Для предшествующего либо эталонного, а также текущего состояний окружающей среды задача решается путем подбора значений соответствующих индексов ценности ее элементов, которые могут устанавливаться напрямую с помощью табл. П7.1. В зависимости от их роли

в окружающей среде коэффициентам k_i присваивается соответствующий знак (« + » или « – »). Иллюстративный пример формирования матрицы балльных оценок при оценке воздействия на окружающую среду по данным предшествующего (до строительства объекта) и текущего состояний элементов окружающей среды приводится в табл. П7.2.



Общий вид профиля воздействия объекта на окружающую среду по основным ее компонентам

Таблица П7.2

Фрагмент матрицы балльных оценок при оценке воздействия гидротехнического объекта на окружающую среду

Элементы окружающей среды	Предшествующее состояние		Текущее состояние	
	k_1	IVE_1	k_2	IVE_2
Экологический аспект				
Фауна				
Млекопитающие				
Травоядные:				
лось	+	4,2	+	3,8
косуля	+	2,5	+	2,7
кабан	+	3,0	+	3,7
Грызуны:				
заяц	+	1,5	+	2,0
белка	+	1,5	+	1,0
ондатра	+	2,0	+	3,5
крыса	–	5,0	–	6,5
Плотоядные:				
медведь	+	4,5	+	4,0
рысь	+	5,0	+	4,5
волк	–	2,0	–	3,0
лиса	–	1,5	–	2,0

При использовании формул (3) и (4) для приведенных в табл. П7.2 данных IQ имеют следующие значения:

по компоненте «Травоядные» IQ = +0,5 – положительное влияние объекта;

по компоненте «Грызуны» IQ = 0 – нейтральное влияние объекта;

по компоненте «Плотоядные» IQ = –2,5 – отрицательное влияние объекта;

в целом по группе компонент «Млекопитающие» IQ = –2,0 – отрицательное воздействие объекта на окружающую среду.

11. Для прогнозируемого состояния необходимо учитывать характер возможных (ожидаемых) эффектов (положительных либо отрицательных) от расчетных воздействий объекта на окружающую среду, вероятности возникновения этих эффектов в случае реализации воздействий и вероятности возникновения собственно расчетных воздействий.

Для описания вероятностей соответствующих событий могут использоваться различного рода статистические оценки (например, аварийности и отказов сооружений), результаты вероятностного моделирования случайных процессов, представляемые, например, в виде функций распределения расчетных параметров и пр. (расходов паводков, сейсмических ускорений), а также субъективные (экспертные) оценки вероятностей реализации расчетных событий (см. табл. П7.3, П7.4).

12. Значение индекса ценности элемента для прогнозируемого состояния IVE_2 окружающей среды определяется по формуле

$$IVE_2 = IVE_1 + k\sum_{j=1}^{m_j} \Delta IVE_j \, P(F)_j \, P(VE|F)_j, \qquad (5)$$

где m_j – общее количество учитываемых j-х воздействий на рассматриваемый элемент окружающей среды; IVE_1 – индекс ценности элемента для предшествующего (текущего) состояния окружающей среды; $k = \pm 1$ – коэффициент, зависящий от характера воздействия на элемент (позитивного, негативного); ΔIVE_j – ожидаемый прирост (снижение) индекса ценности элемента при условии достижения максимального эффекта от j-го воздействия; $P(F)_j$ – вероятность возникновения j-го воздействия объекта на окружающую среду; $P(VE|F)_j$ – условная вероятность изменения ценности элемента при j-м воздействии объекта на окружающую среду.

При работе группы экспертов значение ΔIVE_j, а также значения вероятностей соответствующих событий $P(F)_j$ и $P(VE|F)_j$ могут определяться, как уже отмечалось, методом экспертных оценок, в том числе и как средние арифметические значения. Кроме того, различным значениям ΔIVE_j один и тот же эксперт может предписывать различные i-е значения вероятностей $P(VE|F)_{ji}$, формируя при этом (обязательное условие) полную

группу событий, т. е. поступая таким образом, чтобы сумма $P(\mathrm{VE|F})_{ji}$ равнялась единице. В этом случае

$$\mathrm{IVE}_2 = \mathrm{IVE}_1 + k \sum_{i=1}^{m_1} \sum_{j=1}^{m_i} \mathrm{DIVE}_{ji} P(\mathrm{F})_j P(\mathrm{VE|F})_{ji}, \qquad (6)$$

где m_i – общее количество значений DIVE_{ji}, формирующих полную группу событий.

Таблица П7.3

Рекомендуемые значения вероятностей возникновения расчетных воздействий объекта на окружающую среду в зависимости от субъективных оценок возможности их наступления

Качественное описание возможности наступления расчетного события	Вероятность реализации расчетного события P(F)
Возможность наступления события ничтожно мала (пример – падение метеорита)	10^{-6} (0,00)
Возможность наступления события чрезвычайно мала (пример – крушение плотины I класса)	10^{-5}
Возможность наступления события очень мала (вероятность паводка поверочного расчетного случая для плотин I класса)	10^{-4}
Возможность наступления события мала (вероятность паводка основного расчетного случая для плотин I класса)	10^{-3}
Вполне возможное событие в течение 100 лет службы объекта	10^{-2}
Вполне возможное событие в течение 10 лет службы объекта	10^{-1}
Насколько возможное, настолько и невозможное событие	0,50
Достоверность события велика	0,90
Практически достоверное событие	0,99
Фактически достоверное событие	0,999 (1,00)

Таблица П7.4

Рекомендуемые значения условных вероятностей, характеризующих относительное изменение ценности элементов окружающей среды в зависимости от качественного описания ожидаемого эффекта от расчетного воздействия объекта

Качественное описание ожидаемого эффекта от воздействия объекта на окружающую среду	Условная вероятность изменения ценности элемента $P(VE\|F)$
Практически отсутствует	0,01 (0,00)
Незначительный	0,10
Умеренный	0,30
Средний	0,50
Выше среднего	0,80
Высокий	0,90
Очень высокий	0,99 (1,00)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В.** Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятие решений. СПб.: Изд-во ОАО "ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева". 2002.

2. **Пособие** по разработке раздела "Охрана окружающей среды" к "Инструкции о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений". СНиП 11-01-95. М.: ГП "ЦЕНТРИНВЕСТпроект". 2000.

3. **Гидравлические** расчеты водосбросных гидротехнических сооружений: Справочное пособие. М.: Энергоатомиздат. 1998.

4. **Векслер А. Б., Доненберг В. М.** Переформирование русла в нижних бьефах крупных гидроэлектростанций. М.: Энергоатомиздат. 1983.

5. **Кузьмин И. А.** Русловые процессы и их изменение под воздействием гидротехнических сооружений // Труды Гидропроекта. 1973. № 30. С. 37 -- 72.

6. **Лапшенков В.С.** Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. Л.: Гидрометеоиздат. 1979.

7. **Векслер А.Б., Доненберг В.М., Мануилов В.Л., Фрид Р.С.** Метод расчета трансформации русла в нижних бьефах гидроузлов // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Ч. 1. Т. 230. 1997. С. 115 – 130.

8. **Указания** по расчету заиления водохранилищ при строительном проектировании. Л.: Гидрометеоиздат. 1973.

9. **Готлиб Я.Л., Займин Е.Е., Раззоренов Ф.Ф., Цейтлин Б.С.** Ледотермика Ангары. Л.: Гидрометеоиздат. 1964.

10. **Песчанский И.С.** Ледоведение и ледотехника. Л.:Гидрометеоиздат. 1967.

11. **Гидрология** и водное хозяйство Волго-Дона / Под. ред. С.Н. Крицкого и М.Ф. Менкеля. М.: Госэнергоиздат. 1960.

12. **Одрова Т.В.** Изменение ледово-термического режима Енисея в результате гидротехнического строительства // Водные ресурсы. 1977. № 1. С.178 – 184.

13. **Рекомендации** по расчету зажорных явлений в нижних бьефах ГЭС. Л.: Гидрометеоиздат. 1977.

14. **Изменение** гидрохимического режима водных объектов в результате зарегулирования рек и развития орошаемого земледелия / Тарасов М.Н., Кривенцов М.И., Павенко И.М. и др. // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда / Т. 9. Качество вод и научные основы их охраны. Л.: Гидрометеоиздат. 1971. С.227 – 235.

15. **Фадеев В.В., Тарасов М.Н., Павенко В.Л.** Связь между гидрохимическим и водным режимом равнинных и горных рек СССР // Труды IV гидрологического съезда / Т. 9. Качество вод и научные основы их охраны. Л.: Гидрометеоиздат. 1976. С. 198-212.

16. **Скакальский Б.Г., Меерович Л.Н.** Современная характеристика биогенного стока с речных водосбросов Европейской части СССР // Труды V Гидрологического съезда / Т. 5 "Качество вод и научные основы их охраны: Л.: Гидрометеоиздат. 1991. С.174 – 184.

17. **О гидрохимической** изученности крупных речных бассейнов / Веселовский Н.В., Путинцева В.С., Манихина Р.К. и др. // Труды IV Всесоюзного гидрологического съезда / Т. 9. Качество вод и научные основы их охраны . Л.: Гидрометеоиздат 1976. С. 102 – 107.

18. **Шишкин Б.А.** Интегральная оценка биоты в формировании качества воды при различном характере антропогенного воздействия на водоем // Труды V гидрологического съезда / Т. 5. Л.: Гидрометеоиздат. С.435 – 442.

19. **Сборник** методик расчетов и нормативных документов по курсу "Охрана атмосферного воздуха": Методические указания. Л.: Гидрометеоиздат. 1987.

20. **Наставления** гидрометеостанциям и постам. Вып.7.Гидрометрические наблюдения на озерах и водохранилищах. Л. 1973.

21. **Прогнозы** подтопления и расчет дренажных систем на застроенных территориях. Справочное пособие к СНиП 2.06.15–85/ ВНИИ ВОДГЕО. Стройиздат. 1991.

22. **Каган А.А.** Инженерно-геологическое прогнозирование. М.: Недра. 1984.

23. **Розовский Л.Б., Зелинский И.П.** Инженерно-геологические прогнозы и моделирование. Одесса: Изд. Одесского ун-та. 1975.

24. **Природные** опасности России. Геокриологические опасности /Под ред. В.И.Осипова, С.К.Шойгу М.: Изд. фирма «Крук». 2000.

25. **Жукинский В.Н., Оксиюк О.П.** Методологические основы экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. 1983. Т. 19 №2. С. 59 – 67.

26. **Одум Ю.** Основы экологии. М.: Мир. 1975.

27. **Рамад Ф.** Основы прикладной экологии: воздействие человека на биосферу (пер. с фр.). Л.: Гидрометеоиздат. 1981.

28. **Винберг Г. Г.** (ред.) Общие основы изучения водных экосистем. Л.: Наука. 1976.

29. **Шевелева Н. Г.** Зоопланктон Енисея и его водохранилищ / Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. биологических наук. Иркутск. 1985.

30. **Хатчисон Д.** Лимнология. М.: Прогресс. 1969.

31. **Федоров М.П., Шилин М.Б., Ролле Н.Н.** Экология для гидротехников. СПб.: Изд-во ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 1992.

32. **Руководство** по прогнозированию медико-биологических последствий гидротехнического строительства / Научный совет по проблемам биосферы АН СССР. М.. 1990.

33. **Готлиб Я.Л., Донченко Р.В., Пехович А.И., Соколов И.Н.** Лед в водохранилищах и нижних бьефах ГЭС. Л.: Гидрометеоиздат. 1983.

34. **Авакян А.Б., Бойченко В.К., Салтанкин В.П.** Оценка рекреационного потенциала водохранилища в проектной практике // Гидротехническое строительство. 1986. №7. С. 30 – 32.

35. **Каякин В.В., Мулина А.В.** Социально-экологический мониторинг при гидротехническом строительстве // Гидротехническое строительство. 1993. №3. С. 2– 8.

36.**Методика** оценки вреда и исчисления размера ущерба от уничтожения объектов животного мира и нарушения среды их обитания // М.: Госкомэкология России. 2000.

37. **Электроэнергетика** и природа. Экологические проблемы развития электроэнергетики /Под ред. Г.Н. Лялика, А.Ш. Резниковского. М.: Энергоиздат. 1995

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие положения 3

2. Влияние гидротехнических сооружений на режим водотока 8
   2.1. Гидравлический режим водотока 8
   2.2. Русловой режим водотока 10
   2.3. Ледотермический режим водотока 16
   2.4. Гидрохимический режим водотока 24

3. Влияние гидротехнических сооружений на другие абиотические факторы природной среды 30
   3.1. Местные климатические изменения 30
   3.2. Изменения состава атмосферного воздуха 35
   3.3. Геологические условия, гидрогеологический и гидрогеохимический режимы прилегающих территорий 37

4. Влияние гидротехнических сооружений на биотические факторы природной среды 41
   4.1. Гидробиологический режим 41
   4.2. Животный мир 44
   4.3. Растительность 47

5. Влияние гидротехнических сооружений на хозяйственную деятельность 49
   5.1. Земельные ресурсы 49
   5.2. Сельское хозяйство 50
   5.3. Рыбные ресурсы и рыбное хозяйство 53
   5.4. Судоходство 55
   5.5. Водоснабжение 56
   5.6. Рекреация 58

6. Воздействие гидротехнических сооружений на социально-демографическую сферу 59

7. Выбор основных параметров проектирования и основных технических решений ГТС с позиций охраны окружающей среды и рационального природопользования 62

Заключение 69

Приложения 71

Список литературы 92

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

Подписано в печать 10.07.03.
Формат 60x90 1/16. Бумага типографская № 1. Печать офсетная.
Печ.л. 6,0. Тираж 300. Заказ 117.

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

gost.e-ecolog.ru