

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования

«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГАРАНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ И.Т. ТРУБИЛИНА»

Е.В. Кузнецов, Е.В. Дегтярева, К.В. Ященко

ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ И  
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

Учебное пособие

Краснодар  
КубГАУ  
2018

**УДК**  
**ББК**

**Р е ц е н з е н т :**

**С.А. Владимиров** – зав. кафедрой строительства и эксплуатации ВХО, канд. с.-х. наук, профессор

**Кузнецов Е.В.**

Водохозяйственные системы и водопользование: учеб. пособие/ Е.В. Кузнецов, Е.В. Дегтярева, К.В. Яценко. – Краснодар : КубГАУ, 2018. – 75 с

**ISBN**

Изложены теоретические основы, а также практические указания по выполнению курсового проекта. Приводятся методики расчета водохозяйственного баланса, водохозяйственных и водноэнергетических расчетов. Учебное пособие предназначено для бакалавров направления 20.03.02 «Природообустройство и водопользование», профиль подготовки «Мелиорация, рекультивация и охрана земель», «Инженерные системы сельскохозяйственного водоснабжения, обводнения и водоотведения».

**УДК**  
**ББК**

- © Кузнецов Е.В., Дегтярева Е.В., Яценко К.В., составление, 2018
- © ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», 2018

**ISBN**

## Оглавление

	ВВЕДЕНИЕ	5
1	ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ	6
2	АНАЛИЗ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	14
2.1	Анализ гидрологических условий	14
2.2	Определение минимально допустимого экологического стока	14
2.3	Характеристика источника водных ресурсов	18
3	ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ	20
3.1	Водохозяйственный комплекс (ВХК)	20
3.2	Водохозяйственная система (ВХС)	24
4	РАСПОЛАГАЕМЫЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ УЧАСТНИКАМИ ВХК	30
4.1	Определение располагаемых водных ресурсов	30
4.2	Определение потребности в воде предполагаемых участников ВХК	32
	4.2.1 Потребность в воде на коммунально-бытовые нужды населения	32
	4.2.2 Потребность в воде для нужд орошения	34
	4.2.3 Потребность в воде промышленности	36
	4.2.4 Определение санитарных попусков	37
	4.2.5 Потребность в воде рыбного хозяйства	39
5	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗВРАТНЫХ И РАЗБАВЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД	41
5.1	Определение объемов возвратных вод	41
5.2	Определение объемов разбавления сточных вод	42
6	СОСТАВЛЕНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА ВХК	43
7	ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ И ВОДНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	46
7.1	Расходы воды разностного гидрографа	46

7.2	Определение параметров водохранилища	47
7.3	Определение притока воды в водохранилище и построение интегральной кривой. Расчёт зарегулированного расхода воды	48
7.4	Режим работы водохранилища	50
7.5	Определение напоров воды на ГЭС	53
7.6	Определение среднемесячных мощностей ГЭС	55
7.7	Расчёт обеспеченной мощности и суточной выработки электроэнергии	57
7.8	Расчёт и построение анализирующей кривой. Определение базисной и пиковой обеспеченной мощностей ГЭС	59
8	ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	63
	Список литературы	67
	Приложения	68

## ВВЕДЕНИЕ

**Вода** – один из главных стратегических ресурсов любого государства. Водные ресурсы нашей планеты интенсивно используются человеком для удовлетворения своих потребностей, при этом человек оказывает на водные экосистемы прямое и косвенное воздействие.

В последние десятилетия во многих регионах земного шара возрастает дефицит водных ресурсов, ухудшается качество вод, истощаются их запасы. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), более 1,5 млрд. человек на планете страдают от нехватки качественной питьевой воды, и в скором времени ее дефицит станет всеобщей проблемой. Россия располагает более чем 20% мировых запасов пресных поверхностных и подземных вод и несет огромную ответственность перед мировым сообществом за их рациональное использование [ ]. В результате непрерывного антропогенного воздействия на водные экосистемы каждый второй житель России вынужден пить воду, не отвечающую гигиеническим нормативам. С ростом урбанизации, промышленной, сельскохозяйственной, военной деятельности увеличивается потребность в воде, новых технологиях по ее очистке и реабилитации пострадавших водных экосистем.

Водное хозяйство на современном этапе может быть охарактеризовано как крупная производственная и природоохранная система, задачей которой является обеспечение народного хозяйства водой в нужном объеме, режиме, качестве и месте, осуществляющая воспроизводство водных ресурсов, их охрану от истощения и загрязнения, защиту окружающей среды от вредного воздействия вод [ ].

Поэтому целью курсового проекта является обоснование водохозяйственных мероприятий в бассейне реки на основе анализа современной водохозяйственной обстановки и природно-климатических условий.

## 1 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В Водном Кодексе РФ (глава 1, статья 1 водного кодекса рф) [ ] используются следующие основные понятия:

**акватория** - водное пространство в пределах естественных, искусственных или условных границ;

**водное хозяйство** – деятельность в сфере изучения, использования, охраны водных объектов, а также предотвращения и ликвидации негативного воздействия вод;

**водные ресурсы** – поверхностные и подземные воды, которые находятся в водных объектах и используются или могут быть использованы;

**водный объект** – природный или искусственный водоем, водоток либо иной объект, постоянное или временное сосредоточение вод в котором имеет характерные формы и признаки водного режима;

**водный режим** – изменение во времени уровня, расхода и объема воды в водном объекте;

**водный фонд** – совокупность водных объектов в пределах территории Российской Федерации;

**водоотведение** – любой сброс вод, в том числе сточных вод и (или) дренажных вод, в водные объекты;

**водопользователь** – физическое лицо или юридическое лицо, которому предоставлено право пользования водным объектом;

**водопотребление** – потребление воды из систем водоснабжения;

**водоснабжение** – подача поверхностных или подземных вод водопотребителям в требуемом количестве и в соответствии с целевыми показателями качества воды в водных объектах;

**водохозяйственная система** – комплекс водных объектов и предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны водных ресурсов гидротехнических сооружений;

**водохозяйственный участок** – часть речного бассейна, имеющая характеристики, позволяющие установить лимиты забора (изъятия) водных ресурсов из водного объекта и другие параметры использования водного объекта (водопользования);

**дренажные воды** – воды, отвод которых осуществляется дренажными сооружениями для сброса в водные объекты;

**использование водных объектов (водопользование)** – использование различными способами водных объектов для удовлетворения потребностей РФ, субъектов РФ, муниципальных образований, физических лиц, юридических лиц;

**истощение вод** – постоянное сокращение запасов и ухудшение качества поверхностных и подземных вод;

**негативное воздействие вод** – затопление, подтопление, разрушение берегов водных объектов, заболачивание и другое негативное воздействие на определенные территории и объекты;

**охрана водных объектов** – система мероприятий, направленных на сохранение и восстановление водных объектов;

**речной бассейн** – территория, поверхностный сток вод с которой через связанные водоемы и водотоки осуществляется в море или озеро;

**сточные воды** – воды, сброс которых в водные объекты осуществляется после их использования или сток которых осуществляется с загрязненной территории.

**Водохозяйственным комплексом (ВХК)** называется совокупность предприятий различных водопользователей, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

По отношению к использованию водных ресурсов предприятия можно условно разделить на две группы.

К первой группе относятся предприятия, которые существенную часть вовлекаемой в технологический процесс воды расходуют безвозмездно. Это водопотребители.

Вторая группа – это предприятия, не изымающие воду из водного объекта, но нуждающиеся в ней для своей производственной деятельности: поддержание определённых уровней, расходов и качества воды в водном объекте. Это водопользователи.

Распределение участников ВКХ по группам приведено в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Участники водохозяйственного комплекса

ВОДОПОТРЕБИТЕЛИ	ВОДОПОЛЬЗОВАТЕЛИ
Коммунальное хозяйство городов	Гидроэнергетика
Промышленность	Судоходство
Теплоэнергетика и атомная энергетика	Лесосплав
Сельское хозяйство: водоснабжение сельских населённых мест и животноводческих ферм; обводнение пастбищ; орошение земель; увлажнение осушенных земель; влагозадержание на неорошаемых землях	Рыбное хозяйство внутренних водоёмов
	Водные и прибрежные рекреации
	Здравоохранение (санитарные пропуски)
	Осушение земель
Пойменное луговое хозяйство	
Прудовое рыбоводство	Водные экосистемы (природоохранные пропуски)

Основными водопотребителями являются сельское хозяйство, промышленное и коммунальное водоснабжение, на долю которых приходится свыше половины всей воды, используемой водопотребителями. Часть изъятой водопотребителями из водотоков и водоёмов воды теряется безвозвратно, так как она входит в состав промышленной или сельскохозяйственной продукции, а также расходуется на испарение.



Количественное использование воды различными предприятиями характеризуется большой неравномерностью. К наиболее постоянным водопользователям относятся промышленные объекты, работающие круглосуточно, населенные пункты, гидроэлектростанции. Для орошения, водного транспорта и рыбоводства характерны прерывистость в снабжении определённым количеством воды. При орошении необходима подача значительных объёмов воды в течение вегетации возделываемых культур; рыбное хозяйство испытывает потребность в подаче определённого количества воды в период нереста рыб и при её выращивании.

Расходование воды некоторыми потребителями претерпевает значительные изменения по сезонам, месяцам и даже в течении суток. Это усложняет не только её использование, но и распределение воды между различными отраслями.

Водопользователи характеризуются величиной необходимых расходов воды (гидроэнергетика); величиной уровней (судоходство, гидроэнергетика, рыбное хозяйство внутренних водоёмов, рекреация); сбросом загрязнений.

Требования участников ВХК к режиму водоисточника не совпадают. Для большинства отраслей желательно увеличение полезных емкостей водохранилищ, в то же время для рыбоводных объектов и рекреаций требуется уменьшение высоты призмы сработки этих водохранилищ. Водопотребление в годы, лежащие за пределами расчетной обеспеченности, ограничивают, не нанося значительного ущерба участникам ВХК.

Все участники ВХК должны выполнять правило охраны вод. Эффективность водоохранной деятельности определяет величину санитарного расхода реки.

## **Участники ВХК**

### Водоснабжение населения, промышленности и сельскохозяйственного производства

Значительная часть городов и населенных пунктов России обслуживается системами централизованного водоснабжения, из которых вода расходуется для питьевых, гигиенических и культурных нужд населения, работы предприятий бытового обслуживания, поливки улиц и зеленых насаждений, а так же в противопожарных целях.

Многие отрасли промышленности используют воду в качестве основного элемента производственного процесса: энерго- или теплоносители, рабочей среды и т.п. Для ряда производств вода необходима как технологический компонент при варке, разбавлении, растворении, выщелачивании, кристаллизации и т.п. На территориях промышленных предприятий вода необходима также для обеспечения и поддержания необходимых санитарно – гигиенических условий, для пожаротушения. Применяют как прямоточные, так и оборотные системы водоснабжения промышленных предприятий, причем последние обеспечивают значительную экономию природных вод.

В связи с тем, что промышленные предприятия в подавляющем большинстве расположены в городах, получили распространение объединенные промышленно – коммунальные системы водоснабжения, что приводит к расходованию промышленными предприятиями больших количеств воды питьевого качества.

Одним из важных участников ВХК является сельскохозяйственное водоснабжение (СХВ). Объектом СХВ является населенный пункт сельскохозяйственного предприятия, имеющий коммунальный и производственный секторы. В сельскохозяйственном водоснабжении доля безвозвратного водопотребления составляет 25-30%, остальная вода после ее использования подлежит обратному сбросу в водоем или повторному использованию после водоподготовки.

## Мелиорация

Практически все мелиоративные мероприятия связаны с использованием как поверхностных, так и подземных вод, при этом в них происходит существенные количественные и качественные изменения. Проведение комплексных мелиоративных мероприятий, регулирующих не только физические, химические и биологические свойства почв, но и ряд факторов развития растений, повышает продуктивность угодий и способствует получению высоких и устойчивых урожаев.

Наибольшие объемы природных вод используют для нужд орошаемого земледелия, которое характеризуется безвозвратным потреблением. Значительные потери воды на фильтрацию, непроизводительные сбросы и испарения.

Осушительные мелиорации как участника ВХК при выполнении данной работы не рассматривают.

## Энергетика

Современные электрические станции разделяют на использующие не возобновляемые источники энергии (тепловые, атомные электростанции). И работающие на возобновляемых источниках энергии (гидроэлектростанции, приливные электростанции, ветро- электростанции и др.).

Гидроэлектростанции (ГЭС) имеют существенные преимущества перед тепловыми и атомными электростанциями: используя возобновляемую энергию, не истощают топливные ресурсы земли, требуют меньшего числа эксплуатационного персонала, имеют низкую себестоимость выработанной энергии.

ГЭС, беря на себя не равномерную часть нагрузки энергосистемы, создает условия более равномерной работы тепловых и атомных электростанций. Маневренности ГЭС позволяет использовать их в качестве резерва энергосистемы.

## Рыбное хозяйство

Внутренние моря, реки, озёра, водохранилища России богаты ихтиофауной. При регулировании рек каскадами водохранилищ условия воспроизводства рыб, особенно проходных и полупроходных, резко изменяются: преграждаются пути миграции рыб, идущих на нерест, и молодых рыб, скатывающихся обратно, изменяются температурные и уровневые режимы нижних бьефов, усыхают дельтовые протоки и др.

Создание водохранилищ даёт новые огромные водные пространства, которые могут и должны использоваться для разведения рыб.

Рыбное хозяйство предъявляет высокие требования к количеству и качеству природных вод. Поэтому в ряде случаев его рассматривают как одного из основных участников ВХК.

Необходимыми условиями обитания и воспроизводства рыб является: наличие благоприятного гидрохимического и гидробиологического режимов в водохранилище, благоприятный уровневый режим, наличие кормовой базы и условий для естественного воспроизводства ценных видов рыб.

С целью более интенсивного использования водохранилища как рыбо- хозяйственного водоёма производят зарыбление его молодью промысловых рыб. Для получения посадочного материала к искусственному водоёму привязывают рыбобитомник. Мощность рыбоприёмника и видовой состав разводимых рыб в каждом конкретном случае обосновываются индивидуально.

## Водный транспорт

В связи с созданием комплексных гидроузлов на реках появилась возможность использования крупнотоннажных судов типа река – море. Создана единая глубоководная водотранспортная система, связывающая 5 морей: Балтийское, Белое, Каспийское, Черное и Азовское. При этом были решены

проблемы водоснабжения, орошения и т.д. многих регионов.

Водный транспорт относится к водопользователям. Вместе с тем он является источником загрязнения водных ресурсов, что приводит к серьезным противоречиям между водным транспортом и другими участниками ВХК. Так, при осуществлении судоходных пропусков

Изымаются из верхнего бьефа значительные объемы воды, уменьшается напор воды на гидроузлах. Отмечено разрушение берегов и нерестилищ рыб от волн, создаваемых судами.

Требования водного транспорта как участника ВХК : поддержание в верхнем и нижнем бьефах гидроузла судоходных глубин, зависящих от категории водного пути, ограничение скорости течения на водном пути, ограничение скорости течения на водном пути и колебаний уровней у причальных сооружений. На зарегулированных реках требуемые глубины поддерживают специальными пропусками.

### Рекреация

Рекреация на водоёмах выступает в основном как водопользователь. Как водопотребитель, рекреация использует воду для питьевого водоснабжения и других коммунальных нужд отдыхающих и спортсменов.

Использование водоёмов для отдыха предъявляет высокие требования к качеству воды и определённые требования к режиму водоёмов. Организованные места массового отдыха на воде включают зоны санитарной охраны. На водохранилищах комплексных гидроузлов возникают противоречия между рекреацией и другими участниками ВХК. Основное отрицательное влияние рекреационного использования водохранилищ – загрязнение водоёмов при купании, водном туризме, моторными лодками и катерами. Запрещено рекреационное использование водохранилищ в зонах, примыкающим к водозабора хозяйственно – питьевого назначения, заповедных участках и местах рыбозаведения.

## 2 АНАЛИЗ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Анализ природно-климатических условий выполняется с целью оценки их пригодности для проведения водохозяйственных мероприятий, экологического состояния водных ресурсов, обоснования необходимости противопаводковых мероприятий. Приводится краткий анализ возможного использования рассматриваемых природных ресурсов.

### 2.1 Анализ гидрологических условий

По заданию водным объектом, который используется для водопотребления и сброса сточных вод, является река. В соответствии с таблицей определяется категория водного объекта.

Таблица 2.1 – Классификация рек по площади водосбора и длине

Группы рек	Площадь водосбора, тыс. км <sup>2</sup>	Длина реки, км
Ручьи	<0,1	<10
Малые	0,1 - 2	10 - 100
Средние	2 - 50	100 - 500
Большие	> 50	>500

Данная классификация позволяет в первом приближении определить возможность хозяйственного использования реки.

К заданию прилагается карта бассейна реки с горизонталями на листе формата А 4.

### 2.2 Определение минимально допустимого экологического стока

**Экологический сток реки** – сток, позволяющий сохра-

нить состояние устойчивого равновесия экосистемы. Его значение определяется индивидуально для каждой реки. Экологический сток должен удовлетворять следующим условиям:

- обеспечение достаточного для водной биоты объема жизненного пространства, переменного во времени;
- обеспечение сохранения параметров водного потока в пределах диапазона их оптимальных значений.

Значение экологического стока принимается не меньше минимального среднемеженного.

Экологический сток — водный режим, обеспечивающий характеристики речного стока, необходимые для поддержания устойчивых условий развития и функционирования пресноводных экосистем.

Существуют следующие методы определения экологического стока.

*Метод определения критического состояния водных экосистем и нормирования допустимого безвозвратного изъятия речного стока (по В. Г. Дубининой).*

В настоящее время методика расчета нормативов допустимого воздействия по изъятию водных ресурсов и расчета экологического стока В. Г. Дубининой является основной. Методика приведена в Приложении Г Методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты (НДВ) (Методические указания, 2007). За прошедшее со времени включения материалов в Методические указания автор уточнила ряд положений методики.

Согласно этому методическому подходу, водный объект рассматривается как единая геобиологическая система, устойчивость функционирования которой определяется сложившимся балансом всех компонентов ее экосистемы. Расчетная величина допустимого безвозвратного изъятия речного стока должна обеспечить сохранение внутригодовых колебаний стока, максимально приближенных к естественным условиям

и не выходящих за пределы естественных многолетних колебаний. Определение допустимого безвозвратного изъятия речного стока основывается на установлении гидрологических условий, критических для функционирования экосистемы и воспроизводства ее живых организмов, при которых катастрофически ухудшается воспроизводство гидробионтов и водной флоры. Критические гидрологические условия наблюдаются, как правило, в маловодные годы и периоды.

Методический подход установления объема допустимого безвозвратного изъятия поверхностных вод базируется на определении критериев и показателей, которые обеспечивают сохранение такого экологически устойчивого состояния водной экосистемы, при котором не нарушается ее восстановительный потенциал.

Для оценки допустимого изъятия, экологического стока и оценки степени нарушенности экосистем используются следующие экологические критерии и параметры.

Экологические критерии:

- условия естественного воспроизводства водных биологических ресурсов и пойменной растительности;
- уровень биологической продуктивности экосистем;
- структура сообщества рыб;
- видовое разнообразие организмов, смена сообществ животных и растений;
- состояние русла реки и поймы.

Основные параметры для численного определения экологических критериев:

- расход, сток, скорость течения и уровни воды, а также их внутригодовое распределение (гидрограф) в годы различной водности;
- сроки половодья и паводков;
- площадь затопления поймы;
- видовой состав, численность и биомасса гидробионтов.

На основе связей естественных (восстановленных) гидрологических характеристик реки с показателями продуктивно-



сти водных экосистем определяются значения так называемого «критического» объема (или расхода) воды, который определяет устойчивое функционирование речной экосистемы. Далее определяется исторически минимальный объем стока. Среднемноголетний объем допустимого безвозвратного изъятия рассчитывается как разница критического объема и исторически минимального. Экологический сток рассчитывается по разнице значений годового стока и объема стока допустимого безвозвратного изъятия (Дубинина, 2009).

*Метод пропорциональных расходов (по В. В. Шабанову).*

В год расчетной обеспеченности величина экологического стока определяется как доля от природного речного стока в год данной обеспеченности. Доля стока составляет 0,5–0,9 от величины стока данного года в зависимости от конкретных условий.

*Метод повышения обеспеченности  
(по Б. В. Фащевскому).*

В год заданной обеспеченности величина годового экологического стока принимается равной естественному объему стока воды в реке, не подверженной антропогенной деятельности, для года более высокой обеспеченности, т.е. для года меньшей водности.

Согласно международной классификации, методы В. В. Шабанова и Б. В. Фащевского относятся к методам гидрологических обоснований. Они основаны исключительно на гидрологических данных и не учитывают экологическую составляющую. В этой связи эти методы можно использовать лишь в качестве экспертной оценки для малых рек и участков рек с низкой биологической продуктивностью, при отсутствии материалов фактических наблюдений за экосистемой и надежных гидролого-экологических и гидролого-биологических за-

висимостей. В случае, если бассейн реки характеризуется высокой биологической продуктивностью и ценен в экологическом отношении, нужно проводить дополнительные полевые исследования с целью определения критического объема для устойчивого функционирования пресноводной экосистемы.

### **2.3 Характеристика источника водных ресурсов**

Чрезвычайно ответственной задачей для жилищно-коммунального хозяйства является выбор источника водоснабжения. Правильное ее решение гарантирует получение необходимого количества воды (с учетом роста водопотребления) в течение длительного периода. Кроме того, правильный выбор источника обеспечивает надежность работы всего комплекса водопроводных сооружений, бесперебойность водоснабжения, минимальные затраты на обработку и транспортирование воды к месту потребления. Мощность источника должна быть достаточной, чтобы осуществлять забор требуемого количества воды и при этом не наносить ущерб водному объекту и окружающей природной среде в целом.

Традиционными источниками водоснабжения населенных пунктов являются поверхностные и подземные воды. К поверхностным источникам относятся реки, водохранилища, озера, моря. Состав их вод определяется климатическими и антропогенными факторами, почвенно-геологическими условиями, агротехническими и гидротехническими мероприятиями.

Для рек характерна большая изменчивость состава воды во времени, что зависит от погодных условий, воздействия растительных и животных организмов, качества источников питания и других факторов. Обычно речная вода отличается относительно большой мутностью (особенно в период паводков), высоким содержанием органических веществ и бактерий, часто значительной цветностью, но при этом небольшой жесткостью.

Химический состав воды озер зависит от состава воды питающих их источников. Для озерной воды, как правило, характерна различная степень минерализации, небольшое количество взвешенных веществ, значительное содержание органических примесей, наличие в летнее время планктона.

Минеральный и органический состав воды водохранилищ зависит от режима их питания. В процессе формирования ложа водохранилищ состав воды может измениться. Большое количество питательных веществ, высокая прозрачность воды и солнечная радиация создают благоприятные условия для развития в водохранилищах растительных и животных организмов, обогащающих воду органическими соединениями.

Основной проблемой, связанной с использованием поверхностных водных объектов для питьевого водоснабжения, является высокая степень их загрязнения. Причины кроются прежде всего в низких темпах строительства новых и длительных сроках эксплуатации действующих станций водоподготовки, что сдерживает внедрение современных и эффективных технологий обработки воды.

В некоторых случаях в качестве источника водоснабжения используются моря. К основным особенностям морской воды следует отнести значительную минерализацию, однородность и постоянство химического состава. Состав подземных вод определяется главным образом условиями их формирования. Подземные воды, как правило, не содержат либо содержат в небольших количествах взвешенные органические примеси, обычно являются бесцветными и бактериально чистыми, но часто отличаются повышенной минерализацией и значительной жесткостью, нередко в их составе присутствуют железо и марганец.

В курсовом проекте 1 главой содержания пояснительной записки является гидрологическая характеристика источника водных ресурсов. В данном проекте это выбор согласно варианта реки, расположенной в какой-либо регионе России.

## **3 ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ**

### **3.1. Водохозяйственный комплекс (ВХК)**

ВХК представляет собой совокупность различных отраслей народного хозяйства, совместно использующих водные ресурсы одного водного бассейна.

Водохозяйственный комплекс бассейна реки - это совокупность водных ресурсов бассейна, а также размещенных на его территории сооружений, предназначенных для формирования, транспортировки и регулирования стока, объектов водопотребления и водоотведения. В то же время ВХК можно рассматривать как совокупность мероприятий и сооружений по рациональному использованию водных и связанных с ними природных ресурсов, позволяющих оптимально удовлетворить всех водопользователей имеющимся ресурсом воды.

При правильном обосновании ВХК должен обеспечить наибольшую экономическую эффективность в целом, а не для какой-либо отдельной отрасли; не допускать вредного воздействия на окружающую среду. Сооружения участников ВХК должны способствовать охране вод от загрязнения и истощения; обеспечивать достаточно простую и надежную эксплуатацию.

Требования, предъявляемые к водохозяйственному комплексу:

- рациональное обеспечение потребителей водой в достаточном количестве и соответствующего качества;
- сохранение природных условий и гарантии охраны воды от загрязнения, засорения и истощения;
- обеспечение наибольшего народнохозяйственного экономического эффекта;
- гарантии простой и надежной работы.

Государственная и хозяйственная деятельность водохозяйственных комплексов осуществляется в соответствии с

Водным законодательством России, в котором отражены основные положения о порядке использования и охраны рек, озер, водохранилищ, других поверхностных и подземных водных объектов.

Водопотребители и водопользователи. Участников ВХК условно можно разделить на водопотребителей и водопользователей.

При водопотреблении воду изымают из водных объектов, часть которой после использования возвращается в этот же или другой водный объект (например, при испарении), а часть теряется безвозвратно, так как входит в состав вырабатываемой продукции. Основными водопотребителями являются промышленность, коммунальное водоснабжение и сельскохозяйственное орошение. Последнее потребляет около половины воды, используемой в народном хозяйстве. Возвратные воды имеют, как правило, иной качественный состав, и для возможности дальнейшей биологической очистки и использования этих вод их необходимо разбавлять.

При водопользовании воду не изымают из водных объектов. Водопользование имеет место в гидроэнергетике, водном транспорте, сплаве леса, рекреации, частично в рыбном хозяйстве. Однако по мере более глубокого использования водных ресурсов грани между водопотребителями и водопользователями стираются. Так, при создании энергетических водохранилищ значительная часть воды теряется на испарение и фильтрацию и пропадает для остальных участников комплекса. Такое же явление в больших масштабах наблюдается и на водохранилищах, которые используют в системе охлаждения тепловых и атомных электростанций. Аналогичные доводы можно привести относительно использования воды в рыбном хозяйстве, когда для нереста затапливают обширные мелководья, хорошо прогреваемые солнцем, с которых происходит значительное испарение воды. Поэтому более правильно будет объединить эти две категории в одну с общим названием - водопользователи. В водопользовании существенную роль

играют водопотребление и водоотведение. Водопотреблением называют потребление воды из водного объекта или систем водоснабжения, а водоотведением, или сбросом сточных вод, - удаление сточных вод за пределы населенного пункта, предприятия или других мест использования. В объем водоотведения входит суммарное количество всех видов сточных вод, отводимых непосредственно в водоемы, подземные горизонты и бессточные впадины, на ведомственную очистку, а также другим организациям. В водопотреблении учитывают не только непосредственное использование воды, но и потери на испарение и фильтрацию из каналов и водохранилищ.

С точки зрения использования и охраны водных ресурсов производственная деятельность водопотребителей характеризуется:

- общим водопотреблением - суммой забора свежей и оборотной воды за единицу времени (год, сутки, час, секунду);

- забором свежей воды - водозабором из водного объекта;

- забором оборотной воды - водозабором из системы замкнутого водоснабжения;

- водоотведением - сбросом в водный объект, в замкнутые понижения или подземные горизонты;

- безвозвратным водопотреблением - забором свежей воды за вычетом водоотведения;

- объемами сброса загрязнений - объемами загрязняющих веществ в сбрасываемой воде за вычетом содержания этих веществ в воде, забираемой из источника;

- тепловым загрязнением - количеством тепла, сбрасываемого в водный объект, определяемым по расходу сбрасываемой воды и повышению температуры в сбросных водах по сравнению с температурой забираемой воды.

### *Классификация водохозяйственного комплекса*

Водохозяйственный комплекс (ВХК) классифицируют по масштабам их распространения, типам сооружений, числу участников. По масштабам распространения выделяют гло-

бальные, или межгосударственные, государственные, зональные, бассейновые и ВХК части бассейнов.

Глобальные, или межгосударственные - это проекты использования водных ресурсов пограничных рек или рек, проходящих транзитом через ряд стран.

Государственные - это ВХК, возникающие при реализации таких проектов, как создание единой водохозяйственной системы страны (ЕВХС).

Общим признаком государственного ВХК служит рассмотрение и признание водохозяйственной проблемы в масштабах всей страны на основе долгосрочных прогнозов экономического развития государства с учетом общих политических и социальных аспектов.

Зональные ВХК предусматривают решение водохозяйственных проблем в том или ином экономическом регионе страны. Основная цель такого комплекса - совершенствование водного хозяйства и наиболее полное и эффективное использование его возможностей для развития данного экономического района.

В бассейновых схемах ВХК более полно учитывают природные и социально-экономические особенности рассматриваемых районов.

ВХК классифицируют также по типам сооружений и по числу участников. Одноузловые отраслевые ВХК имеют либо энергетическое, либо ирригационное назначение.

По мере развития народного хозяйства в данном бассейне одноузловые ВХК трансформируются в многоузловые, или каскадные межотраслевые, ВХК. Это наиболее распространенный тип ВХК в нашей стране и за рубежом. Такие водохозяйственные комплексы сформированы на каскадах гидрозлов по рекам Волге, Днепру, Енисею и др. Однако такие комплексы стимулируют интенсивное развитие народного хозяйства в данном районе, способствуют рациональному использованию водных ресурсов. В том случае, если водных ресурсов одного бассейна не хватает для формирования ВХК, то

возможно создание межбассейнового отраслевого, а затем и межбассейнового многоотраслевого ВХК.

В связи с тем, что ВХК тем или иным способом влияет на окружающую среду, особенно при водоотведении, необходимо выделение еще одного типа ВХК - водоохранного, который должен функционировать в системе природоохранного комплекса.

Водоохраным комплексом называют систему сооружений и устройств для поддержания требуемого количества и качества воды в заданных створах или пунктах водных объектов. Водоохранные комплексы включают в себя объекты осушения, водохранилища, поймы, загрязненные участки водных объектов и сооружения, предотвращающие отрицательное влияние ВХК. Наводнения, водная эрозия, включая сели, оползни, разрушение берегов (получившие название вредного воздействия вод), - распространенные явления, характеризующиеся разрушением хозяйственных построек, гибелью людей, снижением плодородия почв на обширных территориях. Они наносят немалый экономический и экологический ущерб. Борьба с этими явлениями - одна из задач водного хозяйства, решать которую надо одновременно с водохозяйственным строительством, мелиорацией земель и включать в ВХК в качестве самостоятельного участника.

### **3.2. Водохозяйственная система (ВХС)**

ВХС - это комплекс взаимосвязанных водных объектов и гидротехнических сооружений, предназначенных для обеспечения рационального использования и охраны вод участниками ВХК.

К водохозяйственным системам (ВХС) относят водохранилища, каналы различного назначения, мелиоративные системы, системы технического водоснабжения промузлов, предприятий, электростанций, системы очистки и сброса сточных, коллекторно- дренажных вод.



Водохозяйственные системы - это все гидротехнические сооружения и узлы гидротехнических сооружений. Гидротехническое строительство в Краснодарском крае в большинстве случаев имело целью создание условий для орошения сельскохозяйственных земель.

Существует три аспекта описания ВХС: *морфологический, функциональный и информационный.*

Морфологически ВХС может быть расчленена на иерархические уровни по территориальному признаку. Водохозяйственная система страны объединяет региональные ВХС, которые в свою очередь состоят из бассейновых систем. Внутри бассейнов можно выделить водохозяйственные районы и водохозяйственные участки. Основным элементом ВХС водохозяйственного участка является комплексный гидроузел - плотина и образованное ею водохранилище с совокупностью технических устройств, предназначенными для многоцелевого использования водных ресурсов на выделенном водохозяйственном участке.

В качестве примера можно рассмотреть водохозяйственную систему Западной Сибири, которая включает в себя ВХС бассейнов р. Обь и Енисея. Бассейновая ВХС р. Обь может быть расчленена на ВХС верхней, средней и нижней Оби. Каждая из этих ВХС состоит из нескольких водохозяйственных участков, на которых расположены комплексные гидроузлы, образующие вместе каскад гидроузлов. Каждый комплексный гидроузел может иметь гидроэлектростанции, водозаборные станции, нерестилища и т.п.

В задачи функциональной структуры ВХС входят: добыча (регулирование) водных ресурсов, транспортировка, распределение их между потребителями, сбор сточных вод и подготовка их для повторного использования. Многообразие элементов ВХС предопределяет наличие больших информационных потоков между ними. Это вызывает необходимость специального информационного описания ВХС - 18 совокупности данных, которые взаимодействуют и преобразуются в

процессе ее функционирования.

Таким образом, иерархическая структура, наличие большого числа разнородных элементов, рассредоточенных на значительной территории, многообразие функций - отличительные черты ВХС.

К особенностям ВХС относят:

- многообразие взаимодействия с окружающей средой, большое влияние на окружающую среду, которое необходимо учитывать при управлении функционированием ВХС;

- недостаточная достоверность информации о водопотреблении и водоотведении;

- многообразие прямых и обратных связей между элементами системы (гидравлические, технические, социальные, экономические, информационные);

- функционирование в условиях случайных воздействий;

- длительность формирования и непрерывность развития;

- высокая капиталоемкость и вследствие этого большой ущерб от неудачных экономических решений;

- неопределенность исходной информации при планировании развития ВХС, которая возникает ввиду того, что величины, определяющие будущее водопотребления (информация о развитии производства, изменениях демографической ситуации, технико-экономических показателях), обычно задаются со значительной неопределенностью вследствие своего прогнозного характера;

- противоречивость требований к режиму источника водопотребителей, являющихся участниками ВХК;

- возможность многократного использования ресурса;

- возможность замены водного ресурса другим для отдельных участников ВХК;

- возможность значительного антропогенного воздействия на водные ресурсы.

Перечисленные свойства ВХС (многочисленность и неоднородность элементов, связей между ними, функций, наличие неопределенностей и т.д.) позволяют отнести их к большим

кибернетическим системам, что обуславливает особенности управления ими.

Управление ВХС можно расчленить на ряд задач, которые условно объединим в две группы: формирование структуры вновь создающейся или развивающейся ВХС и управление режимами работы функционирующей ВХС.

При решении задач первой группы осуществляют долгосрочное планирование использования водных ресурсов. При этом учитывают, что ВХС - составная часть ВХК, который, в свою очередь, есть подсистема народнохозяйственного комплекса соответствующей территории.

В первой группе задач обосновывают и определяют:

- размещение по территории, состав и мощность водоемких производств;
- размещение водохранилищ и их параметры;
- размещение, параметры и состав водохозяйственных объектов (водозаборных устройств, каналов и т.п.);
- мероприятия по охране природы, поддерживающие высокое качество воды в бассейне при проведении водохозяйственных операций.

На каждом уровне иерархии ВХС решает свой комплекс задач по формированию ее структуры. Имеется ряд задач, которые являются общими для нескольких уровней, но степень детализации в них различна. Например, размещение водоемких производств можно обосновывать на уровне страны, региона и бассейна, а определять состав, 19 параметры и место водохозяйственных объектов - на уровне бассейна и водохозяйственных участков и т.п. На всех уровнях устанавливают состав природоохранных мероприятий при проведении водохозяйственных работ.

Вторая группа задач может быть разделена на две подгруппы: выработка плана работы функционирующей или планируемой ВХС на некоторый период и реализация этого плана. В результате решения задач первой подгруппы определяют планируемые объемы попусков воды из верхних бьефов

водохранилищ в каждый момент времени, уровни воды в водохранилищах и каналах, режимы работы водохозяйственных объектов.

В соответствии с особенностями планирования использования водных ресурсов расчеты ведут по нескольким вариантам исходных данных (гидравлических, режимов потребления воды сельскохозяйственными, рыбохозяйственными и другими потребителями, требования которых зависят от метеорологических условий, носящих стохастический характер).

При эксплуатации необходимо выбрать вариант плана, наиболее подходящий к конкретной водохозяйственной обстановке, и откорректировать его в соответствии со складывающимися метеорологическими условиями. Реализуют скорректированный план, регулируя потоки воды в водотоках.

#### *Территориальное перераспределение стока*

Для решения водохозяйственных задач необходимо сопоставление имеющихся водных ресурсов с запросами потребителей. Водохозяйственный баланс используется при составлении научно обоснованных планов распределения водных ресурсов, позволяет всесторонне анализировать сложившиеся и ожидаемые режимы расходования водных ресурсов. Для этой цели устанавливают водный баланс в пределах рассматриваемого бассейна, который охватывает соотношение между атмосферными осадками, поверхностными и подземными стоками, испарением и транспирацией влаги растительностью.

Местное регулирование стока может оказаться недостаточным для увязки ВХБ, особенно в маловодные годы. В этом случае дополнительные водные ресурсы получают, перераспределяя сток.

В соответствии с характером и масштабами решаемых задач, водохозяйственные системы территориального перераспределения речного стока можно разделить на три основных вида:

- подача воды от источника в районы непосредственного

потребления;

- внутрибассейновые переброски речного стока;
- межбассейновое перераспределение водных ресурсов;

оно обеспечивает подачу воды из бассейна донора, для которого характерно изобилие водных ресурсов, в бассейн-водоприемник. Различают два вида межбассейнового перераспределения водных ресурсов: внутризональное и межзональное.

Наиболее распространенный способ перераспределения стока - подача воды по открытым каналам.

*Контрольные вопросы:*

1. Основная задача водного законодательства Российской Федерации.

2. Что такое «Водохозяйственный комплекс»?

3. Какие требования предъявляются к водохозяйственному комплексу?

4. Дайте понятия «Водопользователи» и «Водопотребители»?

5. По каким признакам классифицируют водохозяйственный комплекс?

6. Что такое «Водохозяйственная система»?

7. Назовите и дайте характеристику аспектам описания ВХС.

8. Назовите основные задачи ВХС.

9. Перечислите особенности (свойства) ВХС.

10. Территориальное перераспределение стока и его виды.

## **4 РАСПОЛАГАЕМЫЕ ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ПОТРЕБЛЕНИЯ ВОДЫ УЧАСТНИКАМИ ВХК**

### **4.1 Определение располагаемых водных ресурсов**

Объемы потенциальных водных ресурсов водотока определяют по заданному гидрографу расчетного маловодного года по периодам по формуле (4.1):

$$W = Q_i \cdot t \cdot k, \quad (4.1)$$

где  $Q_i$ - расход воды за рассматриваемый период (за месяц), м<sup>3</sup>/с;

$t$  - число секунд за месяц, с;

$k$ - коэффициент, учитывающий потери воды на испарение и фильтрацию,  $k = 0,95 - 0,97$ .

Результаты расчетов представляют в таблице 4.1.

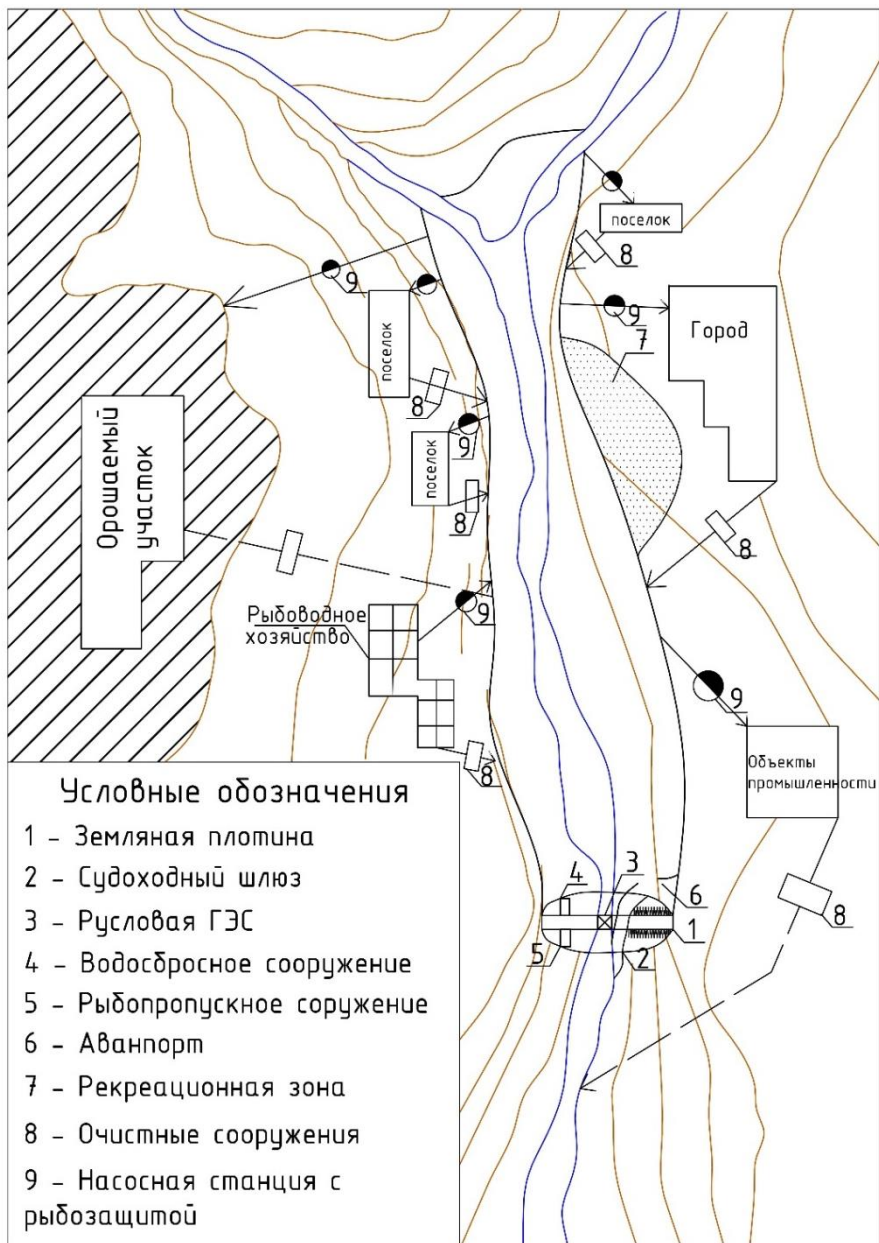


Рисунок 4.1 – Генеральный план схемы ВХК

Таблица 4.1 – Определение располагаемых водных ресурсов

Параметры/ месяцы	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сен-	октябрь	ноябрь	декабрь
Расход воды по заданию $Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$												
Продолжительность периода, $t \cdot 10^6, \text{ с}$	2,67	2,41	2,67	2,59	2,67	2,59	2,67	2,67	2,59	2,67	2,59	2,67
Объем воды $W \cdot 10^6 \text{ м}^3$												

Объем располагаемых водных ресурсов за год:

$$W = \sum W_i, \text{ м}^3 \quad (4.2)$$

## 4.2 Определение потребности в воде предполагаемых участников ВХК

### 4.2.1 Потребность в воде на коммунально-бытовые нужды населения

Жилищно-коммунальное хозяйство - это отрасль, призванная обеспечивать жизнедеятельность населения. Современное жилищно-коммунальное хозяйство включает в себя жилой фонд, инженерные системы городов и населенных пунктов, объекты внешнего благоустройства, инженерной



защиты территорий, банно-прачечного хозяйства, городской электротранспорт.

Источниками централизованного водоснабжения служат поверхностные воды, доля которых в общем объеме водозабора составляет 68%, и подземные - 32%. Основной объем (84-86%) потребляемой воды используется для хозяйственно-питьевых нужд населения.

Около 90% забираемых для нужд водоснабжения поверхностных и не менее 30% подземных вод проходят водоподготовку. Однако из-за повышенного загрязнения водных источников и возрастающих нагрузок новых загрязнителей (тяжелых металлов, пестицидов) традиционно применяемые технологии обработки воды в большинстве случаев оказываются недостаточно эффективными. К тому же из-за изношенности водопроводных труб качество подготовленной воды при доставке потребителям снижается.

Одной из серьезных проблем отрасли является крайне неудовлетворительное техническое состояние действующих систем водоснабжения и канализации. По причине их износа и недостаточной заменяемости (не более 30%) ежегодно происходят аварии.

В систему коммунальной канализации сбрасывают свои сточные воды, часто не прошедшие локальной очистки, около 70% промышленных предприятий. В составе этих сточных вод содержатся, в частности, соли тяжелых металлов и ядовитые вещества, что не позволяет использовать образующийся при очистке осадок в сельском хозяйстве и создает проблемы с его утилизацией. Кроме того, современная обработка осадков является одним из наиболее технологически сложных, трудоемких и энергоемких процессов. Из ежегодно образующегося количества осадков (около 80 млн. м<sup>3</sup>) утилизируется не более 3%, остальная часть складывается на иловых площадках.

Объемы воды для коммунально-бытового водоснабжения населения определяются следующим образом:

$$\text{за год } W_{год}^{кб} = 365 \cdot (q_{гор} \cdot N_{гор} + q_{сел} \cdot N_{сел}), \text{ м}^3 \quad (4.3)$$

где  $q_{гор}, q_{сел}$  - нормы хозяйственно-питьевого водопотребления на одного жителя городского и сельского населения соответственно (л/сут.чел), зависят от степени благоустроенности района жилой застройки (приложение 1),

$N_{гор}, N_{сел}$  - численность городского и сельского населения, тыс. чел. ( по заданию);

За месяц определяется по формуле 3.4

$$W_m^{кб} = \frac{W_{год}^{кб}}{12}, \text{ м}^3 \quad (4.4)$$

#### 4.2.2 Потребность в воде для нужд орошения

Орошение представляет собой комплекс инженерных, организационно-хозяйственных и агротехнических мероприятий по подаче воды на сельскохозяйственные угодья (поле, луг, сад) и ее распределению для улучшения роста и развития выращиваемых сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности. В основе оросительной мелиорации лежат гидротехнические приемы нормирования подачи воды и превращения ее в почвенную влагу.

Важнейшим средством оптимального распределения и эффективного использования водных ресурсов при орошении, предупреждающим развитие негативных процессов, является научно обоснованное нормирование водопользования. В России для всех природно-климатических зон разработан обширный перечень норм, нормативных документов и методик, строго регламентирующих водопользование в орошаемом земледелии. Среди них - биологически оптималь-

ные нормы водопотребления для орошения на максимально возможную урожайность сельскохозяйственных культур; текущие нормативные потребности в воде для орошения, ориентированные на достигнутый уровень урожайности; укрупненные нормативные показатели и коэффициенты суммарного стока с орошаемых земель с учетом качества воды; унифицированная методика расчета норм водопотребления; методика технико-экономического обоснования норм в условиях дефицита водных ресурсов; методика анализа и контроля водопользования в орошаемом земледелии. Ежегодно проводится анализ эффективности использования оросительной воды.

Потребность в воде для орошения определяется по формуле (4.5):

$$W_{op.i} = \frac{F \cdot q_{op.i}}{\eta} \cdot t, \text{ м}^3 \quad (4.5)$$

где  $q_{id.i}$  - ордината графика гидромодуля,  $л/с \cdot га$ , рассматриваемого  $i$ -периода (месяца);

$F$  - площадь орошения, тыс. га;

$\eta$  - КПД оросительной системы;

$t$  - продолжительность периода, с.

Таблица 4.2 - Объемы воды для целей орошения

Параметры	МЕСЯЦЫ											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Гидромодуль, $q_{op.i}, л/с \cdot га$												
Орошаемая площадь, $F, га$												
Объем воды, $W, м^3$												

Объемы воды для орошения за год определяются по формуле (4.6):

$$W_{\text{зод}}^{\text{оп}} = \sum W_{\text{оп},i}, \text{ м}^3 \quad (4.6)$$

### 4.2.3 Потребность в воде для нужд промышленности

В системе водного хозяйства страны промышленность выступает как один из крупнейших потребителей воды, предъявляющий различные требования к ее количеству и качеству. В настоящее время вода как фактор размещения промышленного производства приобретает всевозрастающее влияние, так как она является одним из элементов производственного процесса, несущим разнообразные функции, а также в ряде случаев таким же сырьем, как уголь, железо и другие полезные ископаемые.

Для промышленного водопотребления характерны большие объемы водопотребления и водоотведения; незначительный процент безвозвратного водопотребления; большая зависимость расхода воды, забираемого из источника, от технологии производства и системы водоснабжения; разнообразие функций использования воды; равномерность потребления воды в течение года; большой удельный вес в загрязнении источников воды.

Большое значение имеет вид выпускаемой продукции. В зависимости от него удельное водопотребление (на единицу продукции) может изменяться от нескольких единиц до нескольких тысяч кубических метров.

Удельное водопотребление зависит также от технологии, применяемой для получения промышленной продукции. Например, на химических предприятиях, выпускающих одну и ту же продукцию, в зависимости от технологии производства удельные расходы воды различаются в 5...10 раз.

В курсовом проекте объемы водопотребления определяются для каждого промышленного предприятия и в целом по

промышленности в рассматриваемом бассейне реки. Вид выпускаемой промышленной продукции указан в задании.

Объем водопотребления промышленностью определяется:

$$\text{за год} \quad W_{\text{год}}^{np} = \sum q_{np} \cdot B_i, \text{ м}^3 \quad (4.7)$$

где  $q_{np.i}$  - норма водопотребления на единицу продукции,  $\text{м}^3 / \text{т} \cdot \text{год}$  (см. приложение, таблица 2);

$B_i$  - объем годовой продукции, тыс. т.;

$$\text{за месяц} \quad W_{\text{м}}^{np} = \frac{W_{\text{год}}^{np}}{12}, \text{ м}^3 ; \quad (4.8)$$

#### 4.2.4 Определение санитарных попусков

Под попусками воды понимается искусственный эпизодический или периодический сброс воды из водохранилища, кратковременно увеличивающий расход воды в русле. Попуски производят для нужд энергетики, повышения расходов, уровней и глубин воды на ниже лежащих участках реки по запросам судоходства, орошения, рыболовства, водопользования и др. водопользователей. Отличают санитарные попуски для очищения русла реки и улучшения качества воды в ней.

Неожиданный и несвоевременный для отдельных отраслей народного хозяйства попуск может принести серьезный экономический ущерб, например, спровоцировать икрометание у рыбы (с последующим иссушением икры после перекрытия створов плотины).

В Типовых правилах эксплуатации водохранилищ предусматриваются режимы и назначение попусков, графики дис-

петчерского регулирования попусков, величины или пределы колебания величин забора воды, размеры судоходных и иных попусков воды среднесуточных и базовых, допустимый диапазон суточного и недельного регулирования и т.д. Правила включают:

- пропуск высоких вод (создание паводковой комиссии), наблюдение за уровнями
- воды, пропуск паводка;
- гарантированную отдачу воды в маловодье (корректировка отдачи, ограничение
- или прекращение подачи, экономические расчеты);
- наполнение и сработку водохранилища (экологические требования).

Правилами предусматриваются специализированные попуски:

- рыбохозяйственные - на период нерестилищ в поймах и дельтах рек;
- сельскохозяйственные - в весенне-летний период в ирригационные системы;
- энергетические - в связи с маневрированием мощности ГЭС в суточном
- и недельном разрезе;
- водно-транспортные - для обеспечения навигационного уровня;
- ливневые - при выпадении сильного интенсивного дождя;
- чрезвычайные - при штормовом ветре, буре и т.п.;
- зимние - в период замерзания, ледостава, уменьшение попусков.

Расчет санитарных попусков в курсовом проекте выполняется следующим образом.

Объем санитарных попусков составит:

$$\text{за год} \quad W_{\text{год}}^{\text{сан}} = Q_{\text{сан}} \cdot T, \text{ м}^3; \quad (4.9)$$

где  $Q_{\text{сан}}$  – расход санитарных попусков по заданию,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$T$  - число секунд в году;

$$\text{или за месяц} \quad W_{\text{м}}^{\text{сан}} = \frac{W_{\text{год}}^{\text{сан}}}{12}, \text{ м}^3 \quad (4.10)$$

#### 4.2.5 Потребность в воде рыбного хозяйства

Российская Федерация располагает огромным рыбохозяйственным водным фондом, включающим прибрежные (территориальные) и внутренние, реки, водохранилища и озера.

В рыбной промышленности функционирует около 2000 предприятий и организаций всех форм собственности - акционерные общества, малые предприятия с иностранными инвестициями, предприятия государственной и колхозно-кооперативной системы. Ими производится свыше 2,5 млн. т товарной пищевой рыбопродукции, включая рыбные консервы. В отрасли практически завершена приватизация государственных производственных предприятий, продолжается формирование рыночной структуры - банков, бирж, страховых компаний и т.д. Активно идет процесс создания предприятий малых форм, различных видов ассоциаций и других объединений.

Критерием подхода к организации пространственной зоны рыболовства в прибрежных морях является современный международно-правовой режим вод и дна Мирового океана.

В целях рыболовства рассматриваются три качественно различные зоны: национальная зона рыболовства, включающая внутренние и территориальные водные пространства; экономическая зона коммерческого рыбоводства (ширина 188

милей); интернациональная зона рыболовства за пределами современной экономической зоны (свободное море). Для зоны установлены четкие границы, лимитирующие правовую пространственную организацию промышленного рыболовства.

Для воспроизводства рыбных ресурсов в выполняемой работе предусматривается строительство полносистемного рыбоводного хозяйства. Расходы воды, подаваемые в рыбоводное хозяйство, приведены в задании. Объем потребляемой воды определяют по формуле (3.11):

$$\text{за месяц} \quad W_M^{px} = Q_{px} \cdot t, \text{ м}^3; \quad (4.11)$$

где  $Q_{px}$  – расход воды по графику водоподачи,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$t$  - количество секунд в месяце.

Объем воды, потребляемый рыбоводным хозяйством, определяется по формуле (3.12):

$$W_{год}^{px} = \sum W_M^{px}, \text{ м}^3 \quad (4.12)$$

Таблица 4.3 - Определение объемов воды для рыбоводного хозяйства

Параметры/ месяцы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Расход воды по заданию $Q_{px}, \text{ м}^3/\text{с}$												
Продолжи- тельность периода, $t \cdot 10^6, \text{ с}$												
Объем воды $W_{px} \cdot 10^6 \text{ м}^3$												



## 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗВРАТНЫХ И РАЗБАВЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД

Возвратные воды являются существенным дополнительным резервом для использования. Однако, ввиду их повышенной минерализации, эти воды являются в то же время и главным источником загрязнения водных объектов и окружающей среды. Около 95% от общего объема возвратных вод составляют коллекторно-дренажные воды, отводимые с орошаемых земель, оставшаяся доля приходится на сточные воды от промышленных и коммунальных предприятий.

Разбавление сточных вод - это процесс уменьшения концентрации примесей в водоемах, вызванный перемешиванием сточных вод с водной средой, в которую они выпускаются.

Важно учитывать также объемы воды, которые нужны для разбавления очищенных стоков. В целом по промышленности кратность разбавления может составлять 8... 10 с отклонениями по разным экономическим районам в зависимости от состава отраслей. Разбавлять сточные воды можно в водохранилище либо в нижнем бьефе гидроузлов, для чего необходимы попуски воды из водохранилища.

### 5.1 Определение объемов возвратных вод

В том случае, когда вода после использования участниками ВХК сбрасывается в водохранилище, объемы возвратных вод подсчитывают следующим образом:

$$W_{\text{в}} = K_{\text{в}} \cdot W_{\text{нотр}}, \text{ м}^3 ; \quad (5.1)$$

$K_{\text{в}}$  – норма возврата для каждой отрасли (см. приложение, табл.3),

$W_{\text{нотр}}$  – объем водопотребления отраслью за рассматриваемый период,  $\text{м}^3$ .

Результаты расчетов сводятся в таблицу 5.1

## 5.2. Определение объемов разбавления сточных вод

Если схемой комплексного использования предусмотрен сброс очищенных сточных вод в нижний бьеф, минуя водохранилище, то необходимо определить объёмы воды для разбавления:

$$W_{p.ст.} = K_p \cdot K_в \cdot W_{потр.}; м \quad (5.2)$$

где  $K_p$  – норма разбавления сточных вод (в выполняемой работе рекомендуется принимать ориентировочно для всех участников ВХК равной 10),

$K_в$  – норма возврата (приложение 3);

$W_{потр.}$  – объемы водопотребления, м<sup>3</sup>.

Результаты расчетов представляют в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Определение объемов возвратных и разбавления сточных вод

От- расль	Объемы воды $W_в$ и $W_{p.ст.}$ , м <sup>3</sup>												За год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>1. ВОЗВРАТНЫЕ ВОДЫ (<math>W_в</math>, м<sup>3</sup>)</b>													
<b>2. РАЗБАВЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД (<math>W_{p.ст.}</math>, м<sup>3</sup>)</b>													

## 6 СОСТАВЛЕНИЕ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО БАЛАНСА ВХК

**Водохозяйственным балансом (ВХБ)** называется сопоставление имеющихся водных ресурсов (приходной части) с объемами потребления воды различными водопотребителями (расходной части).

При проектировании водохозяйственных комплексов в качестве расчетного обычно используют маловодный год обеспеченностью  $P=95\%$ . Приходная часть ВХБ (располагаемые водные ресурсы) устанавливается по материалам гидрометрических наблюдений. Расходная часть ВХБ определяется возможными объемами водопотребления участниками водохозяйственного комплекса, которые рассчитываются по приведенным ниже формулам.

При составлении ВХБ необходимо учитывать возвратные воды, объемы воды на разбавление очищенных сточных вод и потери на испарение и фильтрацию.

Если сточные воды сбрасываются в нижний бьеф, минуя водохранилище, и не могут быть повторно использованы участниками ВХК, то объемы возвратных вод в балансе равны нулю. Если сброс сточных вод осуществляется в верхний бьеф водохранилища, то ориентировочно норма возврата принимается для орошения - 16%, коммунально-бытового хозяйства - 80%, промышленности - 90%, рыбного хозяйства - 60%.

Объемы воды для разбавления сточных вод зависят от вида и концентрации вредных веществ, степени очистки сточных вод и др. В среднем принимают объем разбавления равным  $10\text{ м}^3$  чистой воды на  $1\text{ м}^3$  сточных вод.

Водохозяйственный баланс используется при составлении научно обоснованных планов распределения водных ресурсов, позволяет всесторонне анализировать сложившиеся и ожидаемые режимы расходования водных ресурсов. Для этой цели устанавливают водный баланс в пределах рассматриваемого бассейна, который охватывает соотношение между атмо-

сферными осадками, поверхностными и подземными стоками, испарением и транспирацией влаги растительностью. Местное регулирование стока может оказаться недостаточным для увязки ВХБ, особенно в маловодные годы. В этом случае дополнительные водные ресурсы получают, перераспределяя сток.

### **Водохозяйственный баланс ВХК**

Результаты выполненных в разделах 4,5 расчетов записываются в таблицу 6.1.

При отрицательном годовом балансе делается вывод о невозможности полного удовлетворения водой всех предполагаемых участников ВХК. В этом случае следует исключить (полностью или частично) из ВХК какого-либо участника, изменить схему размещения объектов ВХК, увеличив объемы возвратных вод и уменьшив объемы воды, необходимые для разбавления очищенных сточных вод и др.

Таблица 6.1 – Водохозяйственный баланс заданного региона

Статьи баланса	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>1. Располагаемые ресурсы</b>													
<i>Итого по ст.1</i>													
<b>2. Потребление:</b>													
орошение													
коммунально-бытовое водоснабжение													
промышленность													
рыбное хозяйство													
санитарные выпуски													
<i>Итого по ст.2</i>													
<b>3. Возвратные воды</b>													
*													
*													
<i>Итого по ст.3</i>													
<b>4. Разбавление сточных вод</b>													
*													
<i>Итого по ст. 4</i>													
<b>5. Баланс (ст.1-ст.2+ст.3-ст.4)</b>													

## 7. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ И ВОДНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Полученный в результате ВХБ избыток воды вместе с санитарными попусками целесообразно использовать для выработки электрической энергии на гидроэлектростанции, которая в принятой схеме ВХК может быть построена в комплексном плотинном гидроузле.

Для удовлетворения потребностей энергетики и обеспечения санитарных попусков необходимо произвести внутригодовое перераспределение расходов путём аккумуляирования воды в водохранилище в многоводные периоды и использование её во время дефицита. Наибольший эффект использования воды при полном годичном регулировании стока, но при этом необходима большая ёмкость водохранилища.

### 7.1 Расходы воды разностного гидрографа

Расходы воды разностного гидрографа рассчитывают для определения расходов воды, идущей на наполнение водохранилища и используемой для пропуска через ГЭС. Расчёты выполняются на основании таблицы 6.1 и записываются в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 - Определение расходов воды разностного гидрографа

Параметры	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$W_{\text{рг.}}, \text{м}^3 \cdot 10^6$												
Продолжительность периода, t, c*10 <sup>6</sup>												
$Q_{\text{рг.}}, \text{м}^3/\text{с}$												

Объёмы воды, которые могут быть использованы для пропуска через турбины ГЭС за месяц определяются по данным таблицы 3.5:

$$W_{P.G.} = W_6, \text{ м}^3; \quad (7.1)$$

где  $W_6$  - объём воды из графы «Баланс» таблицы 3.6,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Расходы воды разностного гидрографа рассчитывают:

$$Q_{P.G.} = \frac{W_{P.G.}}{t}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (7.2)$$

где  $t$  - количество секунд в месяце.

## 7.2. Определение параметров водохранилища

В соответствии с заданием определяем  $\nabla_{НПУ}$  и  $W_{НПУ}$  по кривой связи уровней и объёмов воды в водохранилище. Для вычисления максимального напора должна быть известна наименьшая отметка уровня воды в нижнем бьефе водохранилища ( $УНБ_{min}$ ), которая определяется на основании анализа расходов воды, проходящих по реке с учетом изъятия воды на орошение и другие цели. Отметка берется минимальная, т. е. в меженный период, по среднемеженному расходу:

$$Q_{\text{меж}} = \frac{\sum Q_{\text{min}}}{n}, \quad (7.3)$$

где  $Q_{\text{меж}}$  - среднемеженный расход,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$\sum Q_{\text{min}}$  - сумма расходов (среднемесячных) меженного периода,  $\text{м}^3/\text{с}$ , (по разностному гидрографу);

$n$  - количество  $Q_{\text{min}}$ .

По кривой связи уровней и расходов воды в нижнем бьефе определяют уровень воды в нижнем бьефе гидроузла  $\nabla_{УНБ_{min}}$  при  $Q_{\text{меж}}$ . Возможный максимальный напор на ГЭС определяется так:

$$H_{max} = \nabla_{НПУ} - \nabla_{УНБ_{min}}, \text{ м.} \quad (7.4)$$

По  $H_{max}$  назначается глубина сработки водохранилища ( $h_{ср\text{аб}}$ ).

Наиболее оптимальные условия работы ГЭС будут при колебании уровня воды в водохранилище со сработкой его объёма на величину:

$$H_{ср\text{аб}} = (0,15 \div 0,25) H_{max}, \text{ допускается и до } 0,4 H_{max}.$$

Далее определяется отметка уровня мертвого объёма воды ( $\nabla_{УМО}$ ) в водохранилище:

$$\nabla_{УМО} = \nabla_{НПУ} - H_{ср\text{аб}}, \text{ м.} \quad (7.5)$$

Величина мертвого объёма определяется по  $\nabla_{УМО}$  по кривой связи объёмов и уровней воды в водохранилище. Полезный объём водохранилища ( $W_{пол}$ ) определяется как разность полного ( $W_{НПУ}$ ) и мертвого ( $W_{УМО}$ ) объёмов.

Полезная ёмкость водохранилища:

$$W_{пол} = W_{НПУ} - W_{УМО}, \text{ м}^3 \quad (7.6)$$

### **7.3 Определение притока воды в водохранилище и построение интегральной кривой. Расчёт зарегулированного расхода воды**

Объёмы притока воды в водохранилище выписываются из таблицы 7.1 гр.1. По данным строки 2 таблицы 7.2 строится интегральная кривая притока воды в водохранилище, по которой графически определяется зарегулированный объём воды водохранилища годового (или сезонного) регулирования  $W_{зар}$  (рисунок 7.2).



Таблица 7.2 - Приток воды в водохранилище

Параметры	месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Объем притока воды за период, $W_{P.T.}, M^3 * 10^9$												
Объем притока с нарастающим итогом, $\sum W_{P.T.}, M^3 * 10^9$												

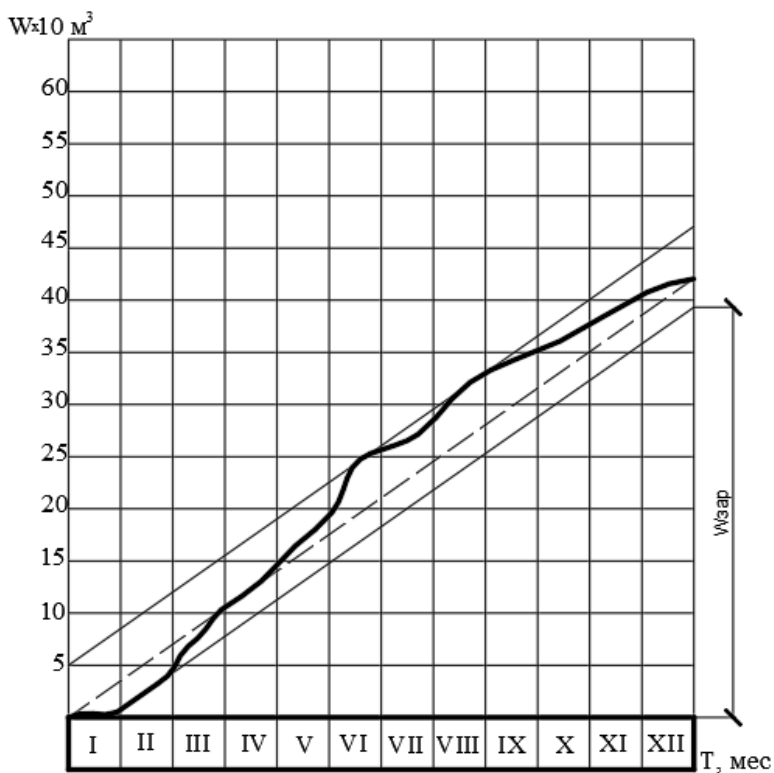


Рисунок 7.1 - Интегральная кривая притока воды в водохранилище

Затем вычисляют зарегулированный расход:

$$Q_{зар} = \frac{W_{зар}}{T}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (7.7)$$

где  $T$  - число секунд в году;

$W_{зар}$  - зарегулированный объем по рисунку 4.2,  $\text{м}^3$ .

Этот расход вместе с санитарными попусками может быть пропущен через турбины ГЭС:

$$Q_{ГЭС} = Q_{зар} + Q_{сан}, \text{ м}^3/\text{с}.$$

#### **7.4 Режим работы водохранилища**

Параметры водохозяйственных объектов, так же как и структуру водохозяйственной системы, выбирают по минимуму народнохозяйственных затрат. Например, при выборе параметров комплексного гидроузла (подпорной отметки, вместимости водохранилища) руководствуются следующими соображениями.

Отметка нормального подпорного уровня (НПУ) определяет основные размеры сооружений, объем строительных работ, площади затоплений, которые возрастают с повышением отметки НПУ. В то же время растет производственный эффект (выработка электроэнергии, площадь орошаемых земель и т. п.). Необходимо рассмотреть не менее трех вариантов НПУ. При этом нижний предел возможного диапазона изменений НПУ определяется минимально допустимыми уровнями оросительных водозаборов при самотечном орошении, необходимой мощностью гидроэлектростанций, судоходными глубинами, необходимой вместимостью водохранилища (для проведения заданного вида регулирования стока). Верхний предел может ограничиваться недопустимостью затопления ценных сельскохозяйственных угодий, крупных населенных пунктов, промышленных и транспорт-

ных объектов, топографическими или геологическими условиями створа плотины, подпором расположенного выше гидроузла, резким увеличением объема строительных работ.

Выбор полезного объема водохранилища — также сложная технико-экономическая задача. При заданной отметке НПУ полезный объем водохранилища определяется глубиной сработки  $h_{sr}$ . Увеличение ее в большинстве случаев приводит к росту положительного эффекта из-за более полного использования стока. Однако на гидроэнергетическом гидроузле увеличение сработки влечет за собой рост выработки электроэнергии лишь до определенного предела. Этот рост выработки связан с увеличением объемов воды, пропущенной через турбины. Но при этом уменьшается используемый на ГЭС напор, причем по мере понижения уровня воды в верхнем бьефе одно и то же уменьшение напора на величину  $h_1=h_2$  (рис.1) происходит при все более уменьшающихся объемах воды, пропускаемой через турбины. Из двух противоположно направленных факторов (рост объемов воды и уменьшение напоров) второй с увеличением сработки начинает действовать сильнее (рис. 2).

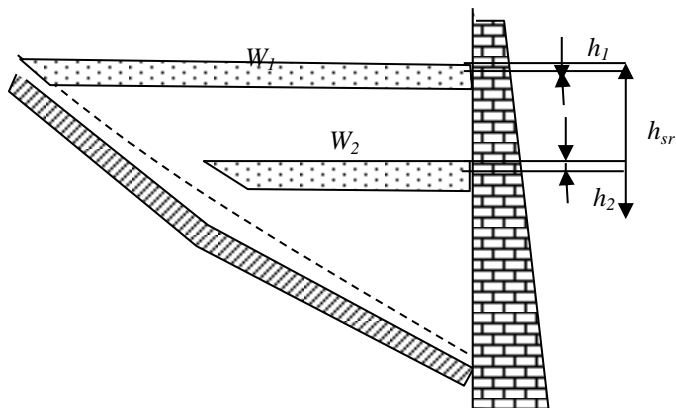


Рисунок 7.2 - Схема сработки водохранилища

На основании анализа режима работы водохранилища выполняется регулирование стока реки, определяются объемы воды в водохранилище в разные периоды времени, а также пропускаемые расходы, отметки уровней воды в верхнем и нижнем бьефах.

Расчеты режима работы водохранилища начинают при условии, что в водохранилище уровни воды находятся на отметке мертвого объема ( $W_B = 0$ ). Начало расчета привязывают к наступлению паводкового периода реки. Остаточный объем воды в водохранилище (превышающий  $W_{ПОЛ}$ ) перед началом расчетного месяца должен быть сброшен.

Расчет выполняется в таблице 7.3.

Таблица 7.3 - Режим работы водохранилища

Месяцы	Период времени, $t \cdot 10^6, c$	Приток воды		Потребление воды		Разность притока и потребления		Объем воды, $M^3$		Ра сход сброса, $Q_{сбр}, M^3/c$
		$Q_{пр.г.}, M^3/c$	$W_{пр}, M^3$	$Q_{зар}, M^3/c$	$W_{потр}, M^3$	+	-	В водохранилище, $W_B$	Сброс, $W_{сбр}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										
4										
5										
6										
.....										
12										

Примечания:

1. В графе 2 –  $t$  – количество секунд в месяце, с.;
2. В графе 3 – расход  $Q_{p.z.}$  берется из таблицы 4.1;
3. В графе 4 –  $W_{np}$  – объем притока воды,  $W_{np} = Q_{p.z.} \cdot t, м^3$
4. В графе 5 –  $Q_{зар}$  – зарегулированный расход,  $м^3/с$ ;
5. В графе 6 –  $W_{номр} = Q_{зар} \cdot t$ , где  $t$  – число секунд в месяце;
6. В графы 7 и 8 записываются значения разности объемов

притока и потребления в зависимости от знака;

7. В графе 9 от  $W_{max}$ , соответствующего максимальному расходу в таблице 3.1, вычитаются отрицательные значения из графы 8, при положительных значениях в графе 7, в графу 9 пишется  $W_{max}$ ;

8. В графу 10 заносятся значения соответствующие значениям графы 7;

9. В графе 11 –  $Q_{сбр} = W_{сбр}/t$ , где  $W_{сбр}$  – объем сброса воды;  $Q_{сбр}$  – расход сброса.

В результате расчетов в таблице получен режим работы водохранилища с пропуском расходов воды через ГЭС.

## 7.5 Определение напоров воды на ГЭС

На основании расчетов, выполненных в предыдущих разделах, определяются напоры воды на ГЭС, которые формируются в соответствии с проектным режимом работы водохранилища. Расчет целесообразно вести в табличной форме.

Таблица 7.4 - Определение напоров воды на ГЭС

Месяцы	Объем воды в водохранилище $W = W_{умо} + W_B, \text{ М}^3$	Расход $Q = Q_{сбр} + Q_{зар}, \text{ М}^3/\text{с}$	Отметка уровня воды, м		Напор на ГЭС, м
			УВБ	УНБ	
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Примечания:

1. В графе 2 –  $W = W_{умо} + W_B$ , где  $W_B$  – из табл. 7.3, графа 9.
2. В графе 3 –  $Q = Q_{сбр} + Q_{зар}$ , где  $Q_{сбр}$  и  $Q_{зар}$  - из табл.7.3, графы 5 и 11.
3. В графе 4 –  $\nabla УВБ$  определена по кривой связи  $H=f(W)$ .
4. В графе 5 –  $\nabla УНБ$  определена по кривой связи  $H=f(Q)$ .
5. В графе 6 –  $H = \nabla УВБ - \nabla УНБ, \text{ м}$ .

На основании данных таблицы по графам 4 и 5 строится график напоров воды на ГЭС (рисунок 7.3).

## 7.6 Определение среднемесячных мощностей ГЭС

Среднемесячная мощность ГЭС определяется по формуле (7.9):

$$N = 9.81 Q_{ГЭС} \cdot H \cdot \eta, \quad (7.9)$$

где  $N$  - среднемесячная мощность ГЭС, кВт;  
 $Q_{ГЭС}$  - расход воды на ГЭС, м<sup>3</sup>/с, ( $Q_{ГЭС} = Q_{сан} + Q_{зар}$ )  
 $H$  - напор воды на ГЭС, м (см. таблицу 7.4 и рисунок 7.3);  
 $\eta$  - КПД ГЭС, который принимается равным 0,8 - 0,85.

Расчеты сводятся в таблицу 7.5. По результатам таблицы проводится анализ работы ГЭС.

Таблица 7.5 - Определение среднемесячных мощностей ГЭС

Параметры	МЕСЯЦЫ												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1. Напор воды на ГЭС, $H, м$													
2. Расход воды на ГЭС, $Q_{ГЭС}, м^3/с$													
3. Мощность, $N, кВт$													

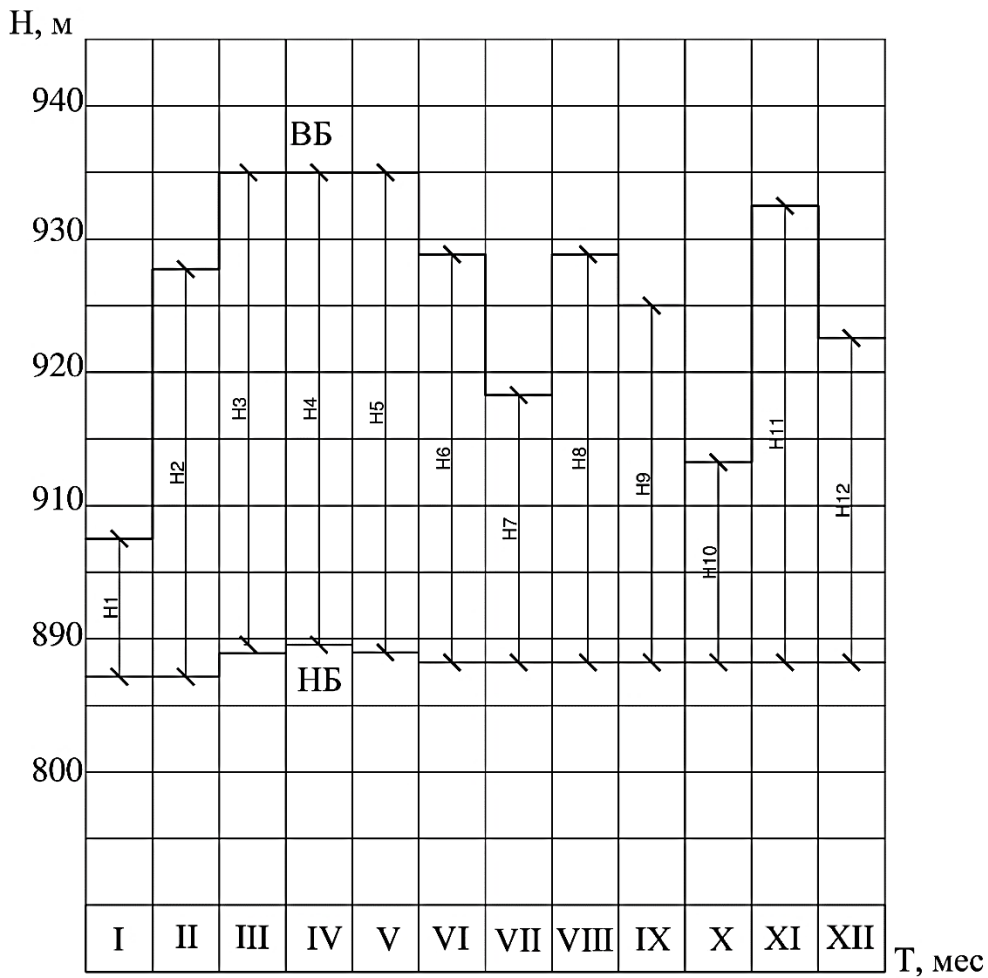


Рисунок 7.3 - Определение напоров воды на ГЭС



## 7.7 Расчёт обеспеченной мощности и суточной выработки электроэнергии

Для определения обеспеченной мощности, соответствующей заданию, необходимо построить кривую обеспеченности. С этой целью значения мощности из таблицы.7.5 гр. 3 выписываются в убывающем порядке. По этому ряду строится кривая обеспеченности среднемесячных мощностей ГЭС (рис.4), причём по оси ординат откладываются величины мощности  $N$ ,  $кВт$ , а по оси абсцисс - время года  $T$ ,  $час$ . В каждом месяце  $(24 \cdot n)$  часов, ( $n$ - количество суток в месяце).

Затем на графике по оси абсцисс откладывается количество часов, соответствующих по времени процентной обеспеченности, которое определяется по пропорции:

$$\begin{aligned} T &= 100 \%, \\ X &= p \%, \end{aligned}$$

Откуда  $X = \frac{T \cdot p}{100}$ , где  $p$  - процентная обеспеченность по заданию.

Отложив по оси  $T$  величину  $X$ , по кривой определяется обеспеченная мощность  $N_{об}$  (рис. 4).

Обеспеченная суточная выработка электроэнергии будет равна:

$$\mathcal{E}_{об} = 24 \cdot N_{об}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$N \times 10 \text{ кВт}$

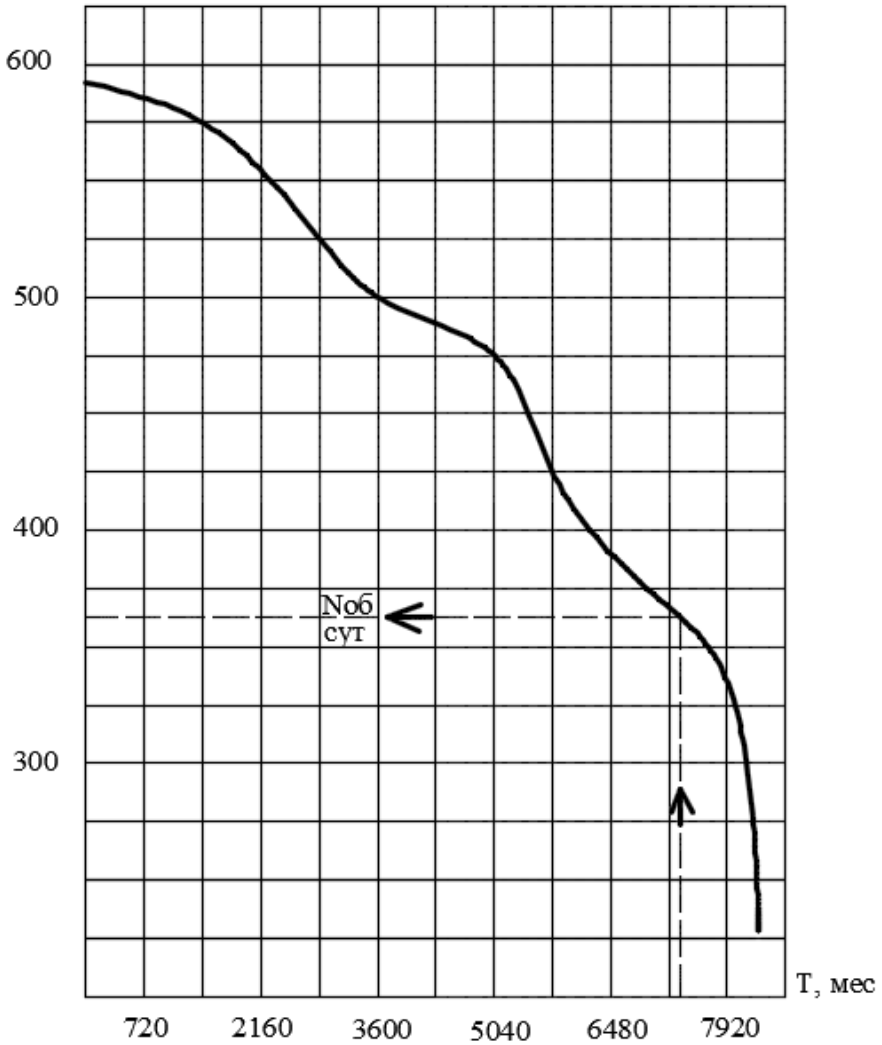


Рисунок 7.4 - Кривая обеспеченности среднемесячных мощностей

## 7.8 Расчёт и построение анализирующей кривой. Определение базисной и пиковой обеспеченной мощностей ГЭС

Проектируемая ГЭС, имеющая возможность регулирования стока, будет участвовать в покрытии суточного графика нагрузки с мощностью:

$$N_{\text{раб.гар.}} = N_{\text{пик}}^{\text{об}} + N_{\text{баз}}^{\text{ГЭС}}, \quad (47.10)$$

где  $N_{\text{раб.гар.}}$  - рабочая гарантированная мощность (суммарная мощность, с которой ГЭС будет покрывать график нагрузки);

$N_{\text{баз}}^{\text{ГЭС}}$  - базисная мощность, обеспечивается расходом санитарных попусков;

$N_{\text{пик}}^{\text{об}}$  - пиковая обеспеченная мощность, обеспечивается за счет объемов воды, полученных энергетикой по ВХБ.

$$N_{\text{баз}}^{\text{ГЭС}} = 9,81 Q_{\text{сан}} \cdot H_{\text{г.ср.}} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (7.11)$$

$$H_{\text{г.ср.}} = \frac{\sum H_i \cdot t_i}{\sum t_i}, \quad (7.12)$$

где  $H_{\text{г.ср.}}$  - средневзвешенный напор;

$H_i$  - напор по таблице 7.5, первая строка;

$t_i$  - принимают за единицу времени один месяц.

Основную часть энергии, вырабатываемую за счет водных ресурсов, полученных энергетикой по ВХБ, целесообразно использовать для покрытия пиков графика нагрузки энергосистемы, обеспечив тем самым более равномерную работу ТЭС, входящих в данную энергосистему.

Анализирующая кривая представляет собой зависимость суточной выработки электрической энергии от мощности

$$\mathcal{E}_{об} = f(N).$$

Строят ее следующим образом. График нагрузки энергосистемы (рис. 7.5), начиная с минимальной мощности, разбивают на ряд горизонтальных полос, мощность которых равна разности верхней и нижней границ полосы. Площади этих полос в принятом для графика масштабе обозначают соответствующее им количество энергии:

$$\Delta\mathcal{E} = \Delta N \cdot \Delta t, \text{ кВт}\cdot\text{ч}; \quad (7.13)$$

где  $\Delta\mathcal{E}$  - энергия полосы, кВт·ч;

$\Delta N$  - мощность полосы, кВт;

$\Delta t$  - длина полосы по оси  $T$ , т.е. количество времени в часах, в течение которого в сутках вырабатывается мощность  $\Delta N$ .

Результаты расчётов представляем в таблице 7.6.

Таблица 7.6 - Определение параметров анализирующей кривой

№ полосы	Мощность, $N \cdot 10^3$ , кВт	Приращение мощности, $\Delta N \cdot 10^3$ , кВт	Время выработки, $\Delta t$ , ч	Приращение энергии, $\Delta\mathcal{E} \cdot 10^3$ , кВт·ч	Сумма $\Delta\mathcal{E} \cdot 10^3$ с нарастающим итогом, кВт·ч
1	2	3	4	5	6

По графе 6 таблицы 7.6 в пределах графика нагрузки строится анализирующая кривая (рис. 7.5). Построение ведут в следующей последовательности:

1. Параллельно оси абсцисс проводится дополнительная ось, на которой в заданном масштабе наносятся рассчитанные количества электрической энергии при соответствующей мощности.

Откладывая конечное значение  $\mathcal{E}$ , получают точку  $A$  анализирующей кривой. Затем параллельно оси  $\mathcal{E}$  откладывается влево величина  $\mathcal{E}_{об}$ , и таким образом получается точка  $K$ . Опуская из точки  $K$  вертикальную линию вниз до анализирующей кривой, на ней устанавливают точку  $C$ . Линия, параллельная оси абсцисс, проходящая через точку  $C$ , на вертикальной оси координат даст величину базисной мощности  $N_{баз}$ . В базисной части графика выделяется  $N_{баз}^{ГЭС}$ , которая обеспечивается расходом санитарных попусков, остальная часть графика покрывается за счет других источников электрической энергии - ГЭС или ТЭЦ.

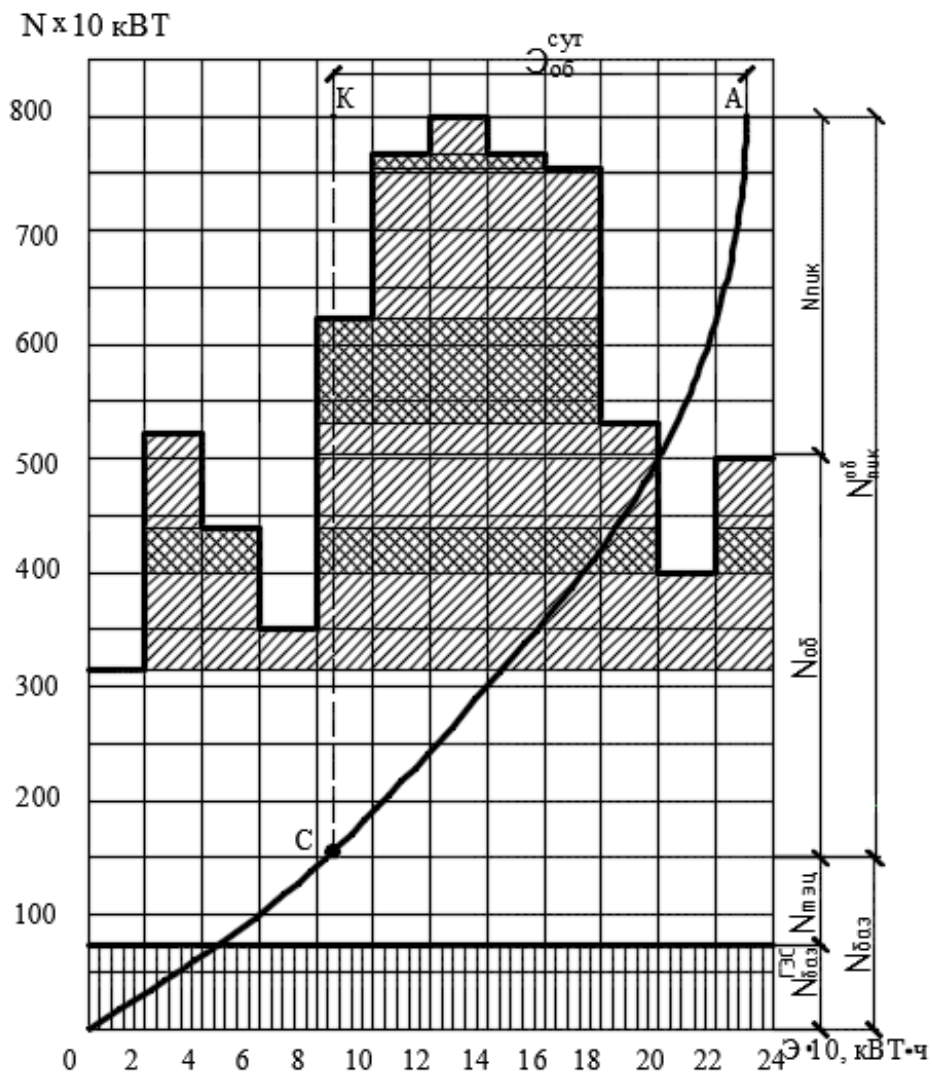


Рисунок 7.5 - Анализирующая кривая графика нагрузки энергосистемы

## 8. ПОСЛЕДСТВИЯ СОЗДАНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА И МЕРОПРИЯТИЯ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ И ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Водохозяйственное строительство вносит определенные изменения в окружающую среду, которые могут носить как положительный, так и отрицательный характер. Эти изменения особенно существенны при создании водохранилищ. Они могут проявляться в следующем:

**1. Изменения гидрологического и гидрогеологического режимов водотока.** В верхнем бьефе происходят затопления и подтопления полезных площадей, с/х угодий, дорог и сооружений. При этом верхняя граница подтоплений будет определяться поднятием уровня грунтовых вод выше НПУ до 0,8-1,0 м. В нижнем бьефе будет происходить осуходоливание с/х угодий и снижение их продуктивности. Берега водохранилища будут подвергаться волновой переработке, которая в зависимости от состава слагающих пород может распространяться до 50-100 м, а иногда и до 200 м от первоначальной бровки.

Для защиты берегов от волнобоя целесообразно создание на мелководье пояса жесткой водной растительности (тростник, камыш).

**2 Изменение микроклимата.** Водоохранилище оказывает влияние на микроклимат как терморегулятор. Весной оно понижает температуру воздуха, осенью - повышает на 2-3°C. Это влияние распространяется на прибрежную полосу шириной около 1 км. Влияние водохранилища сказывается также на повышении влажности воздуха на 2-5%, что оказывает благоприятное воздействие на урожайность прилежащих с/х угодий.

**3. Изменение ихтиофауны.** Резкое изменение режима водотока приведет к существенному изменению условий обитания рыб, что сказывается как на видовом составе рыбного

стада, так и на его продуктивности. При высоких плотинах трудно осуществить строительство эффективных рыбопропускных сооружений, поэтому следует ожидать замену наиболее ценных проходных рыб озерными. В целом, при создании водохранилища рыбопродуктивность водоема обычно возрастает, достигая 8-10 ц с одного га поверхности водоема. Для увеличения эффективности рыбного хозяйства следует рассмотреть вопрос о разведении в водохранилище продуктивных озерных рыб, а также растительноядных, очищающих водоем от излишней растительности. На всех водозаборах необходимо предусмотреть установку рыбозащитных сооружений.

**4. Изменение фауны.** Большие затопления территории водохранилищем приведут к сокращению сухопутных видов животных (лисиц, зайцев и пр.). Вместе с тем, увеличение водного зеркала и мелководий с водной растительностью дадут возможность более быстрого развития водоплавающей и болотной дичи. Появится возможность организации охотничьего хозяйства.

Создание водохранилища создаст благоприятные условия для **развития рекреаций**. На берегах водохранилища могут быть размещены дома и базы отдыха, пляжи, проведены другие мероприятия для отдыха, спорта, здравоохранения.

Проектируемое водохранилище расположено в теплом климатическом поясе, поэтому в нем **могут интенсивно развиваться сине-зеленые водоросли**, которые в период массового развития («цветения») существенно ухудшают качество воды и делают её малоприспособленной для питьевого водоснабжения и рекреации, приводят к гибели рыбы, затрудняют очистку воды для нужд промышленности.

Одной из основных причин интенсивного развития сине-зеленых водорослей является накопление в воде питательных веществ, поступающих в водоем с/х удобрений в виде неиспользованных удобрений и со сточными водами населенных пунктов, животноводческих комплексов, промышленных предпри-



ятий и пр.

В качестве хозяйственных и природоохранных мероприятий надлежит выполнить следующее:

- До затопления водохранилища в его будущем ложе произвести вырубку товарной древесины, корчевку пней и кустарника с последующим вывозом или сжиганием на месте, обеззараживание кладбищ, скотомогильников, свалок и других источников загрязнения.

- Использовать чернозем для рекультивации земель, выделяемых в порядке компенсации затопляемых угодий или в качестве удобрений. В зоне подтопления осуществить инженерную защиту населенных пунктов, предприятий, памятников старины и ценных угодий (при надлежащем экономическом обосновании), произвести посадку ивы. После затопления водохранилища для защиты берегов от волнобоя полезно на мелководьях создать пояс жесткой водной растительности (тростник, камыш), который также будет способствовать очищению воды и насыщению её кислородом.

- Берега водохранилища должны быть облесены ветрозащитными полосами, шириной не менее 10 метров. На прилегающих склонах необходимо создание лесных полос шириной 30-50 метров для задержания снега и смываемых с поверхности земли веществ, а также для перевода поверхностного стока в подземный.

- В качестве агрономических мероприятий следует запретить распашку склонов и выпас скота в зоне около 100 м от уреза воды, а на выше расположенных участках производить вспашку и рядовой загущенный посев поперёк склона. При внесении удобрений строго следить за соблюдением норм и сроков. Обеспечить надлежащее хранение удобрений и пестицидов в закрытых помещениях.

- Промышленные, коммунально-бытовые и дождевые стоки должны подвергаться тщательной очистке.

При проектировании гидротехнических сооружений необходимо обращать внимание на их архитектурное оформ-

ление с тем, чтобы будущие сооружения облагораживали прилегающую территорию. С этой же целью у сооружений должны создаваться парки, сады, благоустроенные проходы и проезды, устанавливаться красивые светильники и др. объекты монументального искусства.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Астафьева О.Е. Правовые основы природопользования и охраны окружающей среды. М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 272 с.
2. Арустамов Э.А. Природопользование. Учебник. – М.: Издательский дом «Дашков и К<sup>о</sup>», 2001. – 276 с.
3. Бородавченко И. И. и др. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. – М.: Колос, 1983.
4. Водный кодекс Российской Федерации. Текст с изм. И доп. На 2013 год. М.: - Издательство Эксмо, 2013. -64 с.
5. Денисов В.В. и др. Основы инженерной экологии. – Ростов н/Д: Феникс, 2013 – 623 с.
6. Зарубаев Н. В.. Комплексное использование водных ресурсов. –Л.: Стройиздат, 1976.
7. Колесников С.И. Экологические основы природопользования. М.: ИКЦ «МарТ»; Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2005. – 336 с.
8. Комарова Н.Г. Геоэкология и природопользование: учеб. Пособие для высш.пед. учеб. Заведений/ - 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 192 с.
9. Потапов В. М., Ткаченко Л. Е., Юшманов О. Л.. Использование волной энергии. – М.: Колос, 1972.
10. Семененко А. Н.. Комплексное использование водных ресурсов и охраны природы. Методические указания для студентов очного и заочного отделений специальности 1511 «Гидромелиорация». – Краснодар, 1988.
11. Шабанов В. В.. Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы. – М.: Колос, 1994.
12. Юшманов О. Л.. Комплексное использование и охрана водных ресурсов. – М.: Агропромиздат, 1985.
13. Юшманов О. Л.. Методические указания по выполнению курсовой работы «Комплексное использование и охрана водных ресурсов». – М., 1981.

## Приложение А

Таблица 1 – Удельное среднесуточное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды

Степень благоустройства районов жилой застройки	Удельное хозяйственно-питьевое водопотребление в населенных пунктах на одного жителя среднесуточное (за год), л/сут
Застройка зданиями, оборудованными внутренним водопроводом и канализацией: <ul style="list-style-type: none"><li>• <i>без ванн</i></li><li>• <i>с ванными и местными водонагревателями</i></li><li>• <i>с централизованным горячим водоснабжением</i></li></ul>	125-160
	160-230
	230-350

## Приложение Б

Таблица 1 – Нормы водопотребления на единицу промышленной продукции в м<sup>3</sup>/т год

<b>Промышленное предприятие</b>	<b>Измеритель</b>	<b>Удельный расход воды, куб. м</b>
Обогатительная фабрика	1 т руды	8-23
Агломерационная фабрика	1 т агломерата	1.1-5.7
Металлургический комбинат или завод	1 т стали	220-245
	1 т чугуна	240-270
Трубный завод	1 т труб	120-130
Коксохимический завод	1 т кокса	19-22
Цинковый завод	1 т цинка	374-490
Свинцовый завод	1 т свинца	170-180
Медный завод	1 т меди	180-310
Нефтеперерабатывающий завод	1 т нефти	15-25
Содовый завод	1 т соды	95-115
Лакокрасочный завод	1 т красок	2-6
Лесопильный завод	1 м <sup>3</sup> сырья	3-3,5
Фанерный завод	1 м <sup>3</sup> фанеры	12-18
Сульфитно-целлюлозный завод	1 т продукта	320-385
Фабрика первичной обработки шерсти	1 т шерсти	40-70
Ватная фабрика	1 т ваты	70
Кожевенный завод	1 т изделий	89-258
Обувная фабрика	1 тыс. пар	7-9
Валяльно-войлочная фабрика	1 т изделий	49-96
Фабрика восстановления шерсти	1 т шерсти	91-106
Фабрики-прачечные и хим-		

чистки		
а) стирка белья	1 т белья	37,5
б) химчистка	То же	83
Льнокомбинат	1 т ткани	190-350
Тонкосуконная фабрика	1 т изделий	300-400
Пряжекрасильный цех хлопчатобумажного комбината	1 т пряжи	150-300
Прядильная фабрика	1 т пряжи	60-210
Ситценабивная фабрика	1 т изделий	200-250
Мыловаренный завод	1 т мыла	30-50
Клееварочное производство	1 т продукции	120-400
Хлебозавод	1 т хлеба	1,8-4,8
Кондитерская фабрика	1 т изделий	16-30
Макаронная фабрика	То же	1,7
Мясокомбинат	1 т продукции	10-40
Рыбозавод	То же	15-23
Молокоприемный пункт	1 т молока	4,0-5,2
Молочный завод	1 т продукции	7,5-12
Маргаринный завод	1 т маргарина	16-84
Колбасный завод	1 т колбасы	13-76
Мелькомбинат	1 т муки	5,4-5,6
Сахарный завод	1 т сахара	18-25
Флодоовощной консервный завод	1 т учетных банок	8-28
Пивоваренный завод	1 м <sup>3</sup> продукции	10-15
Спирто-водочный завод	1 т продукции	15-20
Крахмало-паточный завод	То же	30-60
Сыродельный завод	1 т сыра	30-40
Табачная фабрика	1 т табака	3-5
Кирпичный завод	1 тыс. шт. кирпича	1,3-1,8
Цементный завод	1 т цемента	2-13,5
Стекольный завод	1 тыс. м <sup>2</sup>	105-160

	стекла	
Завод металлоконструкций	1 т металла	12,5-30
Завод ячеистых и силикатных бетонов	1 м <sup>3</sup> бетона	1,6-3.3
Шинный завод	1 покрышка	3,5-3,9

## Приложение В

Таблица 1 – Средние нормы возврата сточных вод

Отрасль	Норма возврата
Верхний бьеф	
Орошаемое земледелие	0,16
Промышленность	0,90
Коммунально-бытовое водоснабжение	0,50
Рыбное хозяйство	0,60
Нижний бьеф	
Орошаемое земледелие	0,15
Промышленность	0,90
Коммунально-бытовое водоснабжение	0,30
Рыбное хозяйство	0,50

Таблица 2 – Средние нормы разбавления сточных вод

Отрасль	Норма возврата
Верхний бьеф	
Орошаемое земледелие	5
Промышленность	10
Коммунально-бытовое водоснабжение	5
Рыбное хозяйство	10
Нижний бьеф	
Орошаемое земледелие	5
Промышленность	5
Коммунально-бытовое водоснабжение	10
Рыбное хозяйство	10



## Приложение Г

Таблица 1 - Внутригодовое распределение объемов водопотребления для орошения

Область край, республика	Месяц							
	4	5	6	7	8	9	10	
Рязанская	-	-	14	32	18	22	14	-
Смоленская	-	-	10	27	22	25	16	-
Тульская	-	5	16	27	23	19	10	-
Ярославская	-	-	11	45	26	16	2	-
Горьковская	-	-	18	32	20	24	6	-
Кировская	-	-	14	30	28	22	6	-
Марийская	-	-	14	35	24	19	8	-
Мордовская	-	-	20	28	17	22	13	-
Чувашская	-	-	12	34	21	22	11	-
Белгородская	-	-	19	24	22	19	16	-
Воронежская	-	-	19	22	21	20	18	-
Курская	-	-	17	21	20	24	18	-
Липецкая	-	-	17	27	22	21	-	-
Тамбовская	-	-	20	27	21	21	11	-
Куйбышевская	-	-	-	30	28	15	10	-
Саратовская	-	4	22	24	25	10	15	-
Волгоградская	-	4	22	29	24	10	11	-
Астраханская	-	8	24	25	23	10	10	-
Калмыцкая	-	8	25	25	26	8	8	-
Башкирская	-	-	15	31	36	18	-	-
Татарская	-	-	15	30	39	16	-	-
Пензенская	-	-	15	35	36	14	-	-
Ульяновская	-	-	16	34	41	9	-	-
Краснодарский	3	4	10	11	22	18	17	15
Ростовская	-	2	8	16	24	19	17	14
Ставропольский	2	4	11	16	20	18	17	9
Свердловская	-	-	20	24	23	19	16	-

Пермская	-	-	13	25	25	23	14	-
Удмуртская	-	-	14	23	28	21	14	-
Курганская	-	-	11	31	21	20	17	-
Челябинская	-	-	13	31	19	19	18	-
Оренбургская	-	-	12	34	22	20	12	-
Томская	-	-	-	42	39	19	-	-
Омская	-	-	6	45	22	22	5	-
Тюменская	-	-	4	37	30	26	3	-
Алтайский	-	-	3	33	41	14	9	-
Кемеровская	-	-	-	33	37	30	-	-
Новосибирская	-	-	-	32	45	12	11	-
Красноярский	-	-	21	23	23	20	13	-
Тувинская	-	-	18	18	18	18	28	-
Иркутская	-	-	21	21	20	17	21	-

## Приложение Д

Таблица 1 - Основной перечень рек, используемых в описании

№ п/п	Название реки
1.	Волга
2.	Обь
3.	Дон
4.	Иртыш
5.	Амур
6.	Енисей
7.	Днепр
8.	Кубань
9.	Ея
10.	Челбас
11.	Кирпили
12.	Калалы
13.	Сосыка
14.	Бейсуг
15.	Понура
16.	Протока
17.	Афипс
18.	Кочеты
19.	Кавалерка
20.	Ясени
21.	Абин
22.	Чамлык
23.	Албаши
24.	Бейсужек левый

25.	Бейсужек правый
26.	Псекупс
27.	Пшада
28.	Туапсе
29.	Уруп
30.	Северский Донец
31.	Маньч
32.	Егорлык
33.	Терек
34.	Горькая балка
35.	Калаус

Учебное издание

**Кузнецов Евгений Владимирович,**  
**Дегтярева Елена Владимировна,**  
**Яценко Кристина Вадимовна.**

**ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ И  
ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ**

*Учебное пособие*

В авторской редакции

Подписано в печать ..... Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. – 4,5. Уч.-изд. л. – 3,5.

Тираж 100 экз. Заказ № .....

Типография Кубанского государственного аграрного университета.  
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13