

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -

МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА

КАФЕДРА

КОМПЛЕКСНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ
И ГИДРАВЛИКА

В.Н.Маркин, Л.Д. Раткович, С.А.Соколова

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ И ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В РЕЧНОМ БАССЕЙНЕ

Учебное пособие



Москва 2015

В.Н.Маркин, Л.Д. Раткович, С.А.Соколова

**ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА
ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ
В БАССЕЙНЕ РЕКИ**

Учебное пособие

Рекомендовано
Методической комиссией
Факультета Природообустройства
и водопользования МГУП
в качестве учебного пособия
для студентов, обучающихся
по специальности КИОВР

Москва 2015

ББК 31.5
УДК 628.1

Рецензенты:

В.В.Пчелкин – д.т.н., профессор кафедры мелиорации
и рекультивации земель
Малисов Ю.М. – главный инженер проекта
ЗАО ПО "Совинтервод"

Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Соколова С.А.

Обоснование и разработка водохозяйственных и водоохраных мероприятий
в речном бассейне: учебное пособие - М.:РГАУ ТСХА им. К.А.Тимирязева,
2015. - 77 с.

ISBN 5-89231-111-2

В учебном пособии рассматриваются вопросы, связанные с обоснованием и разработкой методов управления водными ресурсами и улучшения качества водных ресурсов. Изложение материала соответствует методике разработке «Схем комплексного использования и охраны водных объектов». Этим определяется состав рассматриваемых материалов, их последовательность и основной метод, основанный на составлении водохозяйственных балансов.

Предлагаемое пособие состоит из двух частей. В первой части рассматриваются вопросы анализа водохозяйственной обстановки, обоснования и разработки водохозяйственных и водоохраных мероприятий, с оценкой их эффективности. Во второй части приводятся примеры выполнения расчетов. Работа иллюстрирована и содержит примеры расчетов.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по специальности "Комплексное использование и охрана водных ресурсов", которые могут использовать пособие при выполнении курсового проекта и дипломного проектирования. Блочность изложения материалов позволяет использовать отдельные части данного проекта студентами, обучающимися по другим специальностям, например, Природоохранное обустройство территорий и Инженерная защита окружающей среды, во время работы над дипломным проектом.

Таб. 65, ил. 28. Библиогр. назв. 13

Фотография Вилуйского водохранилища, представленная на титульном листе, скопирована с сайта <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/1512654>

© Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Соколова С.А.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	11
1 АНАЛИЗ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ	13
1.1 Климатические условия в бассейне реки	13
1.2 Гидрологические условия	15
1.3 Определение экологического стока реки	18
1.4 Гидрогеологические условия.....	19
2.АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	21
2.1 Объемы водопотребления и водоотведения.....	22
2.1.1 Объемы водопотребления	22
2.1.2 Объемы водоотведения	28
2.2 Объемы водопользования	28
2.3 Характеристика качества сточных вод	28
2.4 Отчетный водохозяйственный баланс	30
2.5 Оценка качества воды в водном объекте.....	31
2.6 Оценка состояния водной экосистемы	33
3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕМОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	36
3.1 Объемы водопользования	36
3.2 Характеристика загрязненности сточных вод.....	36
3.3 Водохозяйственное районирование	37
4 ВОДНОБАЛАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ.....	39
5. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ	42
6. ВОДНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ	43
6.1 Определение среднесуточной обеспеченной мощности	44
6.2 Определение пиковой обеспеченной мощности.....	46
7 ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЙ	47
7.1 Водоохранные мероприятия	49
7.2 Оценка экологического состояния реки с учетом предлагаемых мероприятий	51
ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ	58

ВВЕДЕНИЕ.....	58
I.АНАЛИЗ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ.....	58
I.1 Климатические условия	58
I.2 Гидрологические условия	60
I.4 Гидрогеологические условия.....	61
I.5 Баланс земельных ресурсов	61
II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	63
II.1 Объемы водопотребления и водоотведения	63
II.1.1 Коммунально-бытовое хозяйство.....	64
II.1.2 Промышленность	64
II.1.3 Сельско-хозяйственное водоснабжение	64
II.1.4 Рекреация	64
II.1.5 Орошение	64
II.2 Объемы водоотведения.....	64
II.3 Показатели загрязненности сточных вод.....	65
II.4 Отчетный водохозяйственный баланс	66
II.5 Оценка качества воды в реке.....	68
III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕМОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ	70
III.1 Характеристика загрязненности сточных вод	70
III.2 Водохозяйственное районирование	71
IV. ВОДНОБАЛАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ	73
V. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	76
VI. ВОДНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.....	77
VI.1 Определение среднесуточной обеспеченной мощности	78
VI.2 Определение пиковой обеспеченной мощности	80
VII. ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ.....	81
VII.1 Водоохранные мероприятия.....	83
VII.2 Оценка экологического состояния реки с_учетом предлагаемых мероприятий	85

VIII. ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ... 87

VIII.1 Затраты на проведение водохозяйственных мероприятий 87

VIII.2 Определение величины предотвращенного ущерба от
загрязнения 89

ПРИЛОЖЕНИЕ 92

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ..... 98

Планирование водохозяйственной деятельности, как и всей экономической деятельности, является одним из важнейших достижений человечества, которое изменило характер управления развитием, превратив его из стихийного процесса в регулируемый. Коренные изменения в водном хозяйстве открывают возможности для повышения эффективности использования и охраны водных ресурсов. В этих условиях усиливается социально-экономическая роль планирования и прогнозирования. Для принятия обоснованных хозяйственных решений необходимо:

- прогнозировать изменение количественных и качественных характеристик экономического развития страны в целом, ее регионов, областей;
- оценить влияние водохозяйственных мероприятий по улучшению экономической, социальной и экологической обстановки.

Планирование и прогнозирование особенно важно в условиях рыночной экономики, так как в условиях рынка сильно возрастает роль ряда стихийных факторов (уровень цен, спрос, предложение, налоги и так далее), изменение формы собственности. Процесс планирования основывается на следующих принципах:

1. целенаправленность.
2. оптимальность и обоснованность планов.
3. сбалансированность (необходимость балансовой увязки планируемых показателей, как общеэкономических и внешнеэкономических, так и межотраслевых, внутриотраслевых и территориальных).
4. непрерывность и комплексность. (заблаговременной разработки планов и прогнозов на очередной расчётный период, обеспечение преемственности смежных планов и их корректировка при изменении условий, совместное решение нескольких разноцелевых задач).

Существуют различные методы планирования, основанные на базовом «Методе системного подхода», который предусматривает изучение любой совокупности элементов как системы, внутри которой они взаимодействуют.

1. Программно-целевой метод - в целевых программах определяется комплекс заданий и мероприятий, необходимых для решения выделенной

социальной, экономической или экологической проблемы. (Данный метод является частью системного анализа).

2. **Балансовый метод** - представляет собой систему расчётов, позволяющую увязать и сбалансировать потребности в ресурсах с возможностями их добычи, производства или завоза из других регионов. Он также позволяет обеспечить пропорциональность развития, вскрыть возникающие диспропорции, выявить неиспользованные резервы.

3. **Нормативный метод** - основан на использовании норм и нормативов, в пределах которых должны совершаться простейшие первичные социально-экономические явления и процессы.

4. **Экономико-математические методы** - это способы расчётов, количественного анализа и обоснования экономических показателей с применением методов прикладной математики и математической статистики: моделирования, программирования, корреляционного анализа и др.

Достоинства этих методов:

- сокращение времени расчётов;
- возможность использования больших массивов исходной информации;
- рассмотрение большого количества вариантов решений;
- учет влияния различных факторов на результирующие показатели;
- учет динамики явлений и процессов и, в конечном счёте, принятие более правильного решения.

С планированием тесно связано прогнозирование, так как планы разрабатываются на основе прогнозов, которые уточняются на основе данных анализа выполнения планов.

Прогнозирование - это процесс определения возможных направлений развития и оценки последствий реализации мероприятий.

Принципы прогнозирования.

1. **Альтернативность** - это необходимость проработки всех возможных вариантов будущего состояния прогнозируемого объекта.

2. **Вероятностная оценка результата** - это необходимость учета возможного риска при оценке прогнозных показателей.
3. **Адекватность** - это соответствие используемой методики прогнозных расчетов рассматриваемым объектам, процессам, явлениям.

Необходимость краткосрочного и долгосрочного планирования водохозяйственной деятельности обоснована и историческим ходом развития человечества и экологической потребностью.

Осуществление плановости основано на разработке «Схем КИОВО», основой которых являются вводно-балансовые расчеты. Их трудоемкость и необходимость учета многочисленных факторов и критериев приводит к необходимости использования различных программных средств, в частности программных продуктов фирмы разработчика: DHI Water & Environment (Дания) Mike basin, Mike 11, средств Microsoft excel, имитационная модель Д.Лаукса и др. Все это позволяет перейти к автоматизированному проектированию, как одной из важнейших составляющих современного водохозяйственного планирования и проектирования. В российской водохозяйственной практике для большинства отечественных проектов разрабатываются модели, решающие конкретные задачи, так как использование универсальных модулей нецелесообразно в частности из-за низкой эффективности. Направление исследование в данной области связано с необходимостью научных разработок по следующим проблемам:

- моделирование требований участников водохозяйственного комплекса (ВХК);
- автоматизированный расчет санитарно-экологических попусков;
- имитационное моделирование водохозяйственных систем;
- автоматизация построения диспетчерских графиков управления гидроузлами.

Работа представляет собой основную часть бассейновой "Схемы КИОВО".

Цель учебного проекта состоит в разработке перспективного плана развития водохозяйственного комплекса и непосредственно связанных с

этим проблем: водообеспечения, использования водных ресурсов для целей судоходства и энергетики, защиты земель от затопления и улучшения качества водных ресурсов.

Достижение поставленной цели требует решения задач:

- составляются водохозяйственные балансы, для обоснования мероприятий по управлению водными ресурсами
- проводятся водно-энергетические расчеты, для уточнения параметров ГЭС
- проведение гидрохимических расчетов, для обоснования эффективности водоохраных мероприятий
- проектирование мероприятий по контролю затопления земель
- расчет экономических показателей, для оценки эффективности водохозяйственных мероприятий.

Разработка мероприятий планируется на перспективу не менее 15 лет вперед. В течение данного периода рассматривается сценарий развития отраслей экономики.

Водосборная площадь бассейна реки (Fб) делится на водохозяйственные участки (ВХУ). Водно-балансовые расчеты проводятся для каждого ВХУ, для двух обеспеченностей речного стока:

○ 75% - основная расчетная обеспеченность;

95% - проверка условий использования водных ресурсов для остро маловодного года.

ВВЕДЕНИЕ

Во ВВЕДЕНИЕ дается основание выполнения работы, в виде ссылок на нормативные и законодательные акты:

- Водный кодекс российской федерации: принят ГД РФ от 03.06.2006 № 74-фз ["Собрание законодательства РФ", 05.06.2006, № 23, ст. 2381];
- «Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года», утв. распоряжением Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р.
Приводятся общие сведения об объекте исследования (бассейне реки) и административной области, в которой он расположен.
- Название области, ее местоположение и общая схема, на которой отображаются природно-климатические условия, основные водопотребители, основные водные объекты и административные границы (приводится схема области с указанием бассейна исследуемой реки).
- Характер использования водных ресурсов, на основе краткого описания участников водохозяйственного комплекса (ВХК). Все участники ВХК делятся на водопотребителей и водопользователей. Для условий работы принимается следующий состав ВХК:
 - коммунально-бытовое хозяйство городов (КБХ);
 - сельскохозяйственное водоснабжение (включающее сельское коммунально-бытовое хозяйство и животноводство);
 - промышленность;
 - орошение;
 - прочие потребители (в учебном задании подразумевается рекреация);
 - обязательным водопользователем является охрана природы. В состав водопользователей могут входить (на основе реальных данных): водный транспорт и ГЭС.

Источниками воды служат:

- река, вода которой используется для целей промышленности и орошения;

- подземные воды, гидравлически не связанные с рекой (межпластовые горизонты), используются для КБХ и рекреации;
- подземные воды, гидравлически связанные с рекой (грунтовые воды), используются для сельскохозяйственного водоснабжения.

1 АНАЛИЗ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Описание природно-климатических условий проводится с целью:

- оценки возможности развития водного хозяйства на основе использования природных ресурсов;
- оценки экологического состояния водных ресурсов;
- оценки опасности проявления негативного воздействия вод (паводковая опасность).

Данная глава разделена на несколько разделов, каждый из которых содержит сведения необходимые для дальнейшего использования в работе. Заключением к отдельным разделам является краткий вывод о возможности использования рассматриваемого природного ресурса, его состоянии и опасности развития негативных водных процессов.

1.1 Климатические условия в бассейне реки

В данном разделе даются краткие сведения о типе климата (умеренный, континентальный и т.п.) и его характеристиках: среднемноголетних годовых значениях осадков ($O, мм$), суммарного испарения с поверхности суши ($E_c, мм$), испарения с водной поверхности ($E_v, мм$), температуре воздуха ($t, °C$). Годовые значения характеристик и их внутригодовое распределение оформляются в табличном виде (табл.1.1). Данные сведения об объекте можно получить в [1], [5], [9], интернет ресурсах, таблицах приложения).

Таблица 1.1

Средне многолетние значения осадков ($O, мм$), испарения с суши ($E_c, мм$) и водной поверхности ($E_v, мм$), температуры воздуха ($t, °C$).

Факто р	Месяцы												Го д
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
$O, мм$													
$E_c, мм$													
$E_v, мм$													
$t, °C$													

Климатические условия характеризуются: продолжительностью теплого ($T_{тепл.}, сут$) и холодного ($T_{хол.}, сут$) периодов и значением коэффициента увлажнения территории (K_v).

Коэффициент увлажнения территории отражает соотношение основной приходной и расходной статей водного баланса: осадков (**Ос**) и суммарного испарения с суши (**Ес**).

$$K_{в} = O_{с} / E_{с} \quad (1.1)$$

Значение $K_{в}$ используются для оценки развития гидромелиорации, на основе агроклиматического районирования.

В соответствии с агроклиматическим районированием поверхность суши делится по условию влагообеспеченности на зоны, каждая из которых характеризуется потребностью в орошении или осушении.

Агроклиматическое районирование по условию влагообеспеченности

$K_{в}$	<0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-1	1-1,5	>1,5
Агроклиматическая зона	Очень сухая	сухая	засушлив.	Не достаточ.	достаточ.	избыточ.
				увлажнение		

В зоне избыточного увлажнения возрастает необходимость осушения земель.

В зоне недостаточного и достаточного увлажнения требуется проведение гидромелиоративных мероприятий для выращивания влаголюбивых культур, в конкретные засушливые периоды года для получения высоких гарантированных урожаев. Требуется осушение временно избыточно переувлажненных земель.

В засушливой зоне потребность в орошении возрастает, практически для всех культур, но речь идет о засушливых годах.

В сухой и очень сухой зонах требуется регулярное орошение всех культур, разница заключается в большей потенциальной возможности выращивания субтропических культур в очень сухой зон.

1.2 Гидрологические условия

В данном разделе указывается основной водный объект - река, которая используется для водопотребления и размещения загрязненных сточных вод. Следует указать, к какой категории водных объектов она принадлежит (ручей, малая река, средняя река, крупная река – см. таблицу «Классификация рек по площади водосбора и длине»).

Классификация рек по площади водосбора и длине.

Группы рек	Площадь водосбора, тыс. км ²	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, представить: возможности использования реки в хозяйственных целях; объемы стока; параметры русла и даже преобладающий тип водного сообщества водных организмов, оказывающих наибольший вклад в самоочищение воды.

Прилагается карта бассейна реки, для этого делается копия бассейна реки, увеличивается (при необходимости) или уменьшается, так чтобы в пояснительной записке карта объекта была представлена на отдельном листе формата А4.

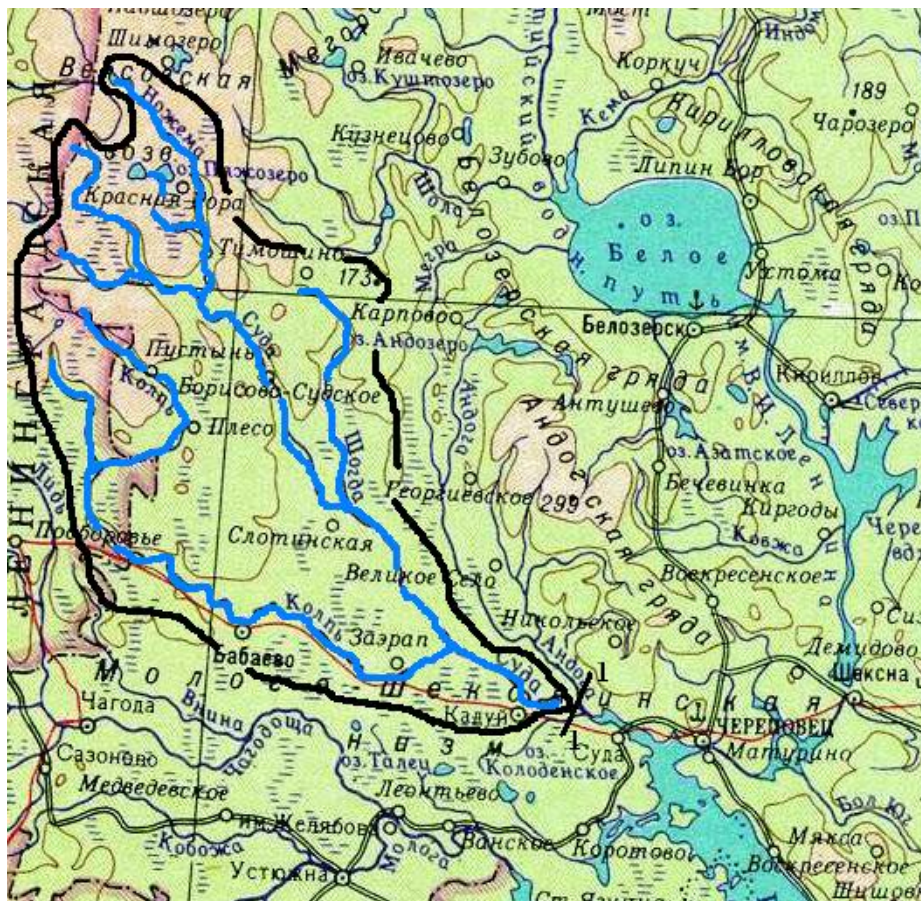


Рис. 1.1 Схема бассейна реки Суда Вологодской области.
(Устьевой створ 1-1).

Гидрологическими характеристиками водосборной площади являются: водосборная площадь F , км², длина реки L , км, модуль стока воды g , л/с×км², озерность $f_{оз}$, заболоченность $f_{бол}$, залесенность $f_{л}$ и распаханность территории $f_{паш}$.

К гидрологическим характеристикам реки относятся: норма стока воды в реке W_p , млн.м³, среднемноголетний годовой расход воды Q_p , м³/с, коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s стока, уклон реки I_p , ‰. Все эти данные представляются в табличном виде (табл.1.2).

Табл. 1.2

Гидрологические характеристики бассейна реки

Створ	L км	F, км ²	g, л/с×км ²	I _p , ‰	Q _p , м ³ /с	C _v	C _s	Площадь угодий, %				
								f _{оз}	f _{бол}	f _л	f _{паш}	
1-1												

Исходные данные: L , F , $f_{оз}$, $f_{бол}$, $f_{л}$, $f_{паш}$ – берутся из водного кадастра, интернет ресурсов или определяются по физической карте (могут задаваться в виде исходных данных). Значения g , C_v – можно определить по картам

изолиний [1]. При отсутствии сведений об уклоне реки его значение рассчитывается по формуле $I_p = A/F^{0,35}$, где $A=0,0142$ для возвышенностей, $A=0,0085$ для равнин, $A=0,0036$ для холмистых равнин; F площадь водосбора, км^2 .

Норма стока W_p и среднегоголетний расход воды Q_p в реке, при отсутствии данных наблюдений, рассчитываются по формуле:

$$W_p = Q_p \times \tau, \text{ млн. м}^3 \quad Q_p = g \times F, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.2)$$

где $\tau=31,54$ млн. секунд в году.

Строится график кривой обеспеченности годового стока воды в реке (рис.1.2). Кривая обеспеченности позволяет определить объем стока в годы заданной расчетной обеспеченности. Внутригодовое распределение стока представляется в виде таблицы 1.3, в которой указываются объемы стока для лет 75 и 95% обеспеченности (эти данные будут использованы для водно-балансовых расчетов).

Табл. 1.3

Внутригодовое распределение объемов стока воды в створе 1-1, млн.м³

P, %	Месяцы												Год	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
95														
75														

В условиях учебной работы можно использовать типовое внутригодовое распределение речного стока представленное в Приложении.

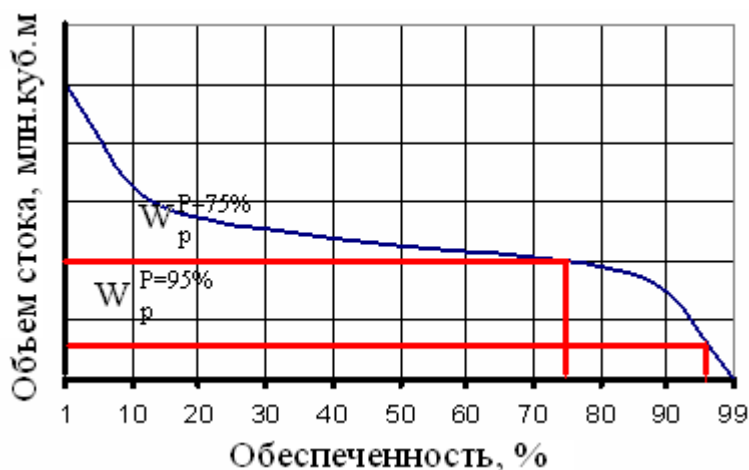


Рис.1.2 Кривая обеспеченности годового стока реки в устьевом створе (створе 1-1).

1.4 Гидрогеологические условия

Рассмотрение гидрогеологических условий позволяет принять коэффициенты гидравлической связи (α) подземных водоносных горизонтов с рекой, которые учитываются при проведении водно-балансовых расчетов.

Коэффициент гидравлической связи изменяется в пределах $0 \dots 1$, что зависит как от места расположения водозаборных скважин, так и от гидрогеологической обстановки. В случае совершенного вскрытия руслом реки водоносного горизонта подземных вод $\alpha=1$. Это означает, что водозабор из подземных вод в объеме $W_{\text{подз}}$ приводит к снижению речного стока на ту же величину $W_{\text{подз}}$. В случае отсутствия связи $\alpha=0$, например, если водоносный горизонт подземных вод перекрыт слоем водоупора или водозаборные скважины расположены на значительном удалении от реки.

В учебной работе, коэффициент гидравлической связи (α) принимается в соответствии со схемой представленной на рисунке 1.3, в пределах $0,3 \dots 0,7$.

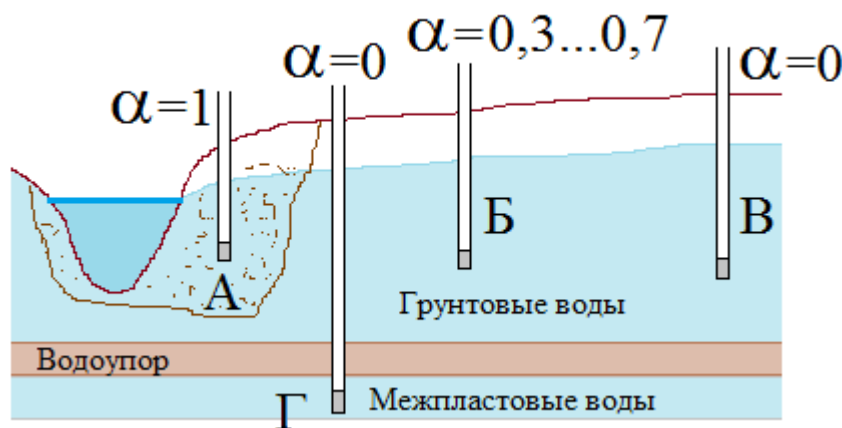


Рис. 1.3 Схема определения коэффициента гидравлической связи подземных и поверхностных вод. Случай А – водозабор из аллювиальных отложений; Б – удаление от реки 300...5000 м; В – значительное удаление от реки, более 5000 м; Г – водоносный горизонт перекрыт слоем водоупора.

1.5 Баланс земельных ресурсов

В данной работе результаты баланса земельных ресурсов необходимы для определения объемов веществ, поступающих в водный объект от

рассредоточенных источников: леса, луга, сельскохозяйственных угодий, болота.

Уравнение баланса земельных ресурсов имеет вид:

$$F_b = F_{лес} + F_{луг} + F_{бол} + F_{с/х} + F_{ур} + F_{оз}, \text{ км}^2$$
$$F_{с/х} = F_{ор} + F_{ос} + F_{бог}, \text{ км}^2 \quad (1.12)$$

где F_b – площадь бассейна реки; $F_{лес}$, $F_{луг}$, $F_{бол}$, $F_{оз}$ – соответственно, площади лесов, лугов, болот и озер; $F_{с/х}$ – площадь сельскохозяйственных угодий, включая орошаемые, богарные и осушаемые земли; $F_{ур}$ – площадь урбанизированной территории (города, деревни, дороги, свалки и т.п.).

Площади земельных угодий можно определить по следующим источникам.

- Водный кадастр (определяется площадь бассейна реки, коэффициент озерности, залесенности, заболоченности и распаханности).
- Интернет ресурсы используются для определения площади осушаемых и орошаемых земель. На официальных или информационных сайтах области ищется информация о площади области, площадях занятых лесами, сельскохозяйственными угодьями, которые включают орошаемые и осушаемые площади и т.д. Полученные данные используются для определения доли площадей от общей площади области (δ_i). В учебной работе допускается принимать, что доли занимаемых площадей по области сохраняются и для рассматриваемого бассейна реки.
- По данным таблицы Приложения «Структура земельного фонда областей европейской части России».
- Площадь орошаемых земель определяется по формуле 2.5 (раздел 2.1.1), зная объем водопотребления для орошения.

Имея результаты земельного баланса можно оценить экологическое состояние водосборной площади на основе сравнения площади занятой лесами и лугами с экологически допустимой площадью для условий конкретного объекта [3] (таб.1.12): $F_{эк.} \geq (F_{лес} + F_{луг})$ –

антропогенное влияние привело к недопустимому переформированию земельного фонда.

Табл.1.12

Экологически допустимые площади естественных угодий, %.

Область, край	Фэк	Область, край	Фэк
Ленинградская	80	Рязанская	35
Новгородская	45	Брянская	30
Псковская	45	Тульская	30
Вологодская	45	Орловская	35
Ульяновская	45	Саранская	35
Архангельская	80	Пензенская	35
Смоленская	30	Саратовская	40
Ярославская	30	Тамбовская	25
Владимирская	30	Курская	35
Костромская	40	Воронежская	35
Ивановская	30	Белгородская	35
Тверская	30	Волгоградская	40
Кировская	30	Ставропольский	40
Московская	30	Краснодарский	35
Калужская	25	Ростовская	40
Самарская	40		

В этом случае необходимо планировать мероприятия по увеличению площадей лесов, лугов и снижению доли пашни на сельскохозяйственных угодьях.

Табл.1.13

Баланс земельных ресурсов

Размерность	Флес	Флуг	Фбол	Земли с/х назначения				Фур	Фоз	Фб	Фэк.
				Фс/х	Фбог	Фор	Фос				
км ²											
%											

Примечание. $F_{с/х} = F_{бог} + F_{ор} + F_{ос}$, где $F_{бог}$, $F_{ор}$, $F_{ос}$ –соответственно, площадь богарных, орошаемых и осушаемых земель.

2.АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

В данной главе делается оценка объемов используемых водных ресурсов и их загрязненности, на основе водно-балансовых расчетов. Расчеты проводятся в соответствии «Методикой расчета водохозяйственных

балансов водных объектов». Министерство природных ресурсов РФ от 2007-11-30. Приказ 314.

Характеристики используемых водных ресурсов:

- объемы водопотребления и водоотведения,
- объемы водопользования,
- показатели загрязненности сточных вод.

Результаты данной главы позволяют делать оценку дефицитности водопользования на современном этапе, загрязненность поверхностных водных объектов, определить основные источники их загрязнения и выявить основных водопотребителей.

В состав участников ВХК, рассматриваемого объекта, входят водопотребители и водопользователи. В современный период вода используется для целей:

- питьевого водоснабжения:
 - городское коммунально-бытовое хозяйство (КБХ),
 - сельское коммунально-бытовое хозяйство и животноводство (сельскохозяйственное водоснабжение),
- промышленность,
- орошение,
- прочие потребители (рекреация).

Водопользование осуществляется для целей:

- охраны природы (экологический сток),
- водного транспорта (ВТ).

2.1 Объемы водопотребления и водоотведения

2.1.1 Объемы водопотребления

КБХ. Годовой объем водопотребления в коммунально-бытовом хозяйстве (КБХ) определяется в зависимости от численности населения ($N_{\text{КБХ}}$, чел.), нормы водопотребления (количество воды приходящееся на одного человека в сутки ($g_{\text{КБХ}}$, л/сут×чел.), расчетного периода времени ($\tau=365$ сут) и коэффициентом полезного действия ($\eta_{\text{КБХ}}$) системы водоснабжения:

$$W_{\text{КБХ}} = N_{\text{КБХ}} \times g_{\text{КБХ}} \times 365 / (10^9 \times \eta_{\text{КБХ}}), \text{ млн. м}^3 \quad (2.1)$$

На отчетный период, объемы водопотребления определяются с использованием Интернет-ресурсов. Например, объектом исследований является часть бассейн реки Ока расположенная в пределах Орловской области. По данным /ru.wikipedia.org/ площадь территории составляет 24652 км², численность населения 775826 (по данным на 2013год), доля городского населения— 66%(0,66). В области насчитывается (по карте) 29 городских поселений. В пределах водосборной площади реки Ока – 8шт. Численность городского населения на рассматриваемом объекте составит $775826 \times 0,66 \times 8 / 29 = 141240$ чел. Принимая норму водопотребления одним жителем города равной $g_{\text{КБХ}} = 165$ л/сут×чел. (табл.2.1) и $\eta_{\text{КБХ}} = 0,95$, объем водопотребления в КБХ составит:

$$W_{\text{КБХ}} = 141240 \times 165 \times 365 / (10^9 \times 0,95) = 8,95, \text{ млн. м}^3$$

Табл. 2.1

Нормы водопотребления в коммунально-бытовом хозяйстве в зависимости от степени благоустройства

Характеристика степени благоустройства	Нормы водопотребления, л/сут×чел.
Сельская местность	
Водозабор из колодцев	30
Водозабор из водоразборных колонок общего пользования	50
Поселки городского типа	
Централизованное водоснабжение холодной водой, канализация	125 - 160
Города	
Централизованное водоснабжение холодной водой, канализация, с ваннами и местным отоплением	160 - 230
Централизованное водоснабжение холодной и горячей водой и канализация с централизованным отоплением	230 - 360

Примечание: 1. Для учета водопотребления мелкими промышленными предприятиями расположенными в пределах города норму водопотребления увеличивают на 10-20%. 2.Классификация населенных

пунктов по количеству жителей дается на картах. 3. К.п.д. систем водоснабжения принимаются равными: для города 0,95, для сел 0,9.

Сельскохозяйственное водоснабжение. Годовые объемы водопотребления сельскими жителями и животноводством рассчитываются по формулам (2.2) и (2.3).

$$W_c = N_c \times g_c \times 365 / (10^9 \times \eta_c), \text{ млн. м}^3 \quad (2.2)$$

$$W_{ж} = N_{ж} \times g_{ж} \times 365 / (10^9 \times \eta_{ж}), \text{ млн. м}^3 \quad (2.3)$$

где N_c , $N_{ж}$ - соответственно, численность сельского населения и поголовье скота (в работе может приниматься равной численности крупного рогатого скота; g_c , $g_{ж}$ - соответственно, норма водопотребления сельскими жителями (табл. 2.1) и в животноводстве (табл.2.2); η_c , $\eta_{ж}$ –соответственно коэффициенты полезного действия системы водоснабжения. В работе принимается $\eta_c = \eta_{ж} = 0,9$.

Табл. 2.2

Нормы водопотребления и водоотведения в животноводстве

Вид скота	Норма водопотребления g, л/сут×гол		
	с гидросмывом	без гидросмыва	без гидросмыва и отопления
КРС	100	80	65
Свиньи	15	10	6
Овцы	10	8	6
Птица	1	0.8	0.8

В рассмотренном примере, доля сельского населения составляет 100-66=34% (0,34). Численность сельского населения составляет $N_c 141240 \times 0,34 / 0,66 = 72760$ чел. Тогда водопотребление сельскими жителями, при норме водопотребления 50 л/сут.×чел., составит $W_c = 72760 \times 50 \times 365 / (10^9 \times 0,9) = 1,48$, млн.м³. В орловской области 53000 коров (<http://agrobk.ru/v-orlovskoy-oblasti-planomerno-razvivaetsya-selskoe-hozyaystvo>). На рассматриваемом объекте поголовье скота определяется пересчетом, пропорционально численности сельского населения: $72760 \times 53000 / (775826 \times 0,34) = 14619$ гол. При норме водопотребления одной головой крупного рогатого скота $g_{ж} = 100$ л/сут.×гол., водопотребление в животноводстве составит: $W_{ж} = 14619 \times 100 \times 365 / (10^9 \times 0,9) = 0,6$ млн.м³.

Годовой объем сельскохозяйственного водоснабжения составляет:

$$W_{c/x} = W_c + W_{ж} \quad (2.4)$$

В примере: $W_{c/x} = 1,48 + 0,6 = 2,08$ млн м³.

Промышленность. Годовой объем водопотребления промышленностью определяется как доля от объема водопотребления в КБХ. В примере, по орловской области доля водопотребления промышленностью составляет 45%, а питьевого водоснабжения в КБХ 35% (населением и поголовьем скота) $W_{пром} = 8,95 \times 0,45 / 0,35 = 11,51$ млн м³. В учебной работе допускается определять водопотребление промышленностью по данным таблицы 2.3.

Орошение. Объем водопотребления для орошения определяется в зависимости от площади орошения ($F_{ор}$, га), оросительной нормы (M) и коэффициента полезного действия оросительной системы ($\eta_{ор}$). Расчеты допускается проводить для ведущей культуры орошаемого севооборота.

$$W_{ор} = F_{ор} \times M / \eta_{ор}, \text{ млн м}^3 \quad (2,5)$$

В учебной работе, данная зависимость используется для определения площади орошаемых земель. В этом случае объем воды для орошения определяется в соответствии с его долей от общего водопотребления (табл.2.3). В примере - для Орловской области доля водопотребления на орошение составляет 3% тогда $W_{ор} = 8,95 \times 0,03 / 0,35 = 0,77$ млн м³.

Объем воды потребляемый для прочих целей также определяется по данным таблицы 2.3. В рассматриваемом примере, объем водопотребления для прочих целей составит: $W_{проч} = 8,95 \times 0,03 / 0,35 = 0,77$ млн м³.

Табл. 2.3

Объемы водопотребления из поверхностных и подземных источников в областях России. /http://www.orelgiet.ru/1_11_10zimi.pdf/

Область	Забрано из подземных источников, %	Водопотребление участниками ВХК, %				
		КБХ	Промыш.	Орошение	С/х воснабж.	Прочие
Новгородская	17	25	46	1	9	11

Псковская	44	30	26	0	20	19
Волгоградская	3	11	85	0	1	0
Брянская	60	39	38	0	18	2
Владимирская	42	32	56	2	5	2
Ивановская	16	23	49	1	5	3
Тверская	6	4	60	0	1	0
Калужская	62	45	27	3	14	2
Костромская	1	2	98	0	1	0
Орловская	59	35	45	3	16	1
Рязанская	42	38	44	2	12	3
Смоленская	34	16	43	0	7	0
Тульская	57	25	48	0	6	0
Ярославская	6	43	55	0	3	3
Нижегородская	10	20	70	0	2	4
Белгородская	62	19	22	17	13	16
Воронежская	34	16	63	6	10	3
Курская	46	19	63	1	10	3
Липецкая	52	21	53	5	7	6
Волгоградская	9	13	14	32	6	7
Самарская	21	25	39	9	4	14
Пензенская	23	18	42	20	13	4
Саратовская	5	10	17	26	5	1
Ульяновская	36	30	26	10	15	15
Краснодарская	9	5	10	32	3	19
Ставропольский край	2	3	39	19	3	4
Ростовская	5	5	34	20	3	9
Пермская	10	9	85	1	1	0

Коммунально бытовое хозяйство, промышленность и сельскохозяйственное водоснабжение характеризуются равномерностью водопотребления в течение года. Объем водопотребления данных участников ВХК за i -ый месяц составит:

$$w_i = W/12, \text{ млн. м}^3 \quad (2.6)$$

Орошение относится к участникам ВХК неравномерно потребляющим воду в течение года. Объем водопотребления в конкретный месяц поливного периода составит:

$$w_i = \chi_i \times W_{op}, \text{ млн. м}^3 \quad (2.7)$$

где χ_i – доля водопотребления для орошения в i -ый месяц (табл. 2.4).

Табл. 2.4

Внутригодовое распределение объемов водопотребления
для орошения, %.

Область край, республика	Месяц								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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	13	-	-
Тамбовская	-	-	20	27	21	21	11	-	-
Куйбышевская	-	-	17	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	2
Ростовская	-	2	8	16	24	19	17	14	-
Ставропольский	2	4	11	16	20	18	17	9	3
Свердловская	-	-	20	24	21	19	16	-	-

Область край, республика	Месяц								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
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	-	-

Водопотребление для прочих целей (в работе для рекреации) в течении года осуществляется неравномерно. Однако, учитывая небольшие объемы (Wпроч.) в учебной работе можно принимать равномерное распределение объемов водопотребления по месяцам для рекреации.

2.1.2 Объемы водоотведения

Объемы водоотведения сточных вод в реку (объемы возвратных вод) определяются для всех водопотребителей по формуле (2.8), в зависимости от коэффициента возвратных вод (табл.2.5) и объемов водопотребления:

$$W_{ввi} = K_{ввi} \times W_i, \text{ млн.м}^3 \quad (2.8)$$

2.2 Объемы водопользования

Интересы водопользователей на объекте учитываются для целей охраны природы в виде экологических стоков.

2.3 Характеристика качества сточных вод

Сточные воды поступающие в водный объект, в том числе от водопотребителей, загрязнены, поэтому необходимо учитывать их влияние на качество речной воды. Для этого предлагается использовать показатель «предельной загрязненности» воды. Данная величина может быть выражена в виде:

- безразмерного коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$);
- объема предельной загрязненности ($W_{пз}$), который выражается в размерности объемов воды.

Коэффициент $K_{пз}$ приведен к виду соответствующего широко используемому в практике индексу загрязнения воды (ИЗВ). Его физический смысл – осредненная кратность превышения нормативов качества воды.

Коэффициент предельной загрязненности рассчитывается по формуле:

$$K_{пзi} = \sum(C_{ji}/ПДК_j)/n-1 \quad (2.10)$$

где C_{vj} – концентрация j -го загрязняющего вещества в сточных водах i -го источника загрязнения, мг/л; $ПДК_j$ – предельно допустимая концентрация j -го вещества, мг/л; n – количество веществ, используемых для оценки значения коэффициента $K_{пз}$ (принимается от 5 до 10 веществ).

Объем предельной загрязненности определяется по формуле:

$$W_{пз i} = K_{пзi} \times W_{ввi}, \text{ млн. м}^3 \quad (2.11)$$

где $K_{пзi}$ – коэффициент предельной загрязненности i -го водопотребителя, показывающего осредненную кратность сверхнормативного загрязнения сточных вод.

В учебной работе, расчеты коэффициентов предельной загрязненности не проводятся, а принимаются по табл.2.6. Результаты расчетов объемов водопотребления и водоотведения и показателей загрязненности сточных вод заносятся в сводные таблицы (табл. 2.6)

Табл.2.6

Показатели использования и загрязненности сточных вод, млн. м³.

Источник загрязнения и водопотребитель и	W	K _{вв}	W _{вв}	K _{пз}	W _{пз}
Городское кбх		0,7		10	
Промышленность		0,8		30	

Сельское кбх		0,5		5	
Животноводство		0,5		20	
Рекреация		0,7		10	
Орошение		0,1		10	
Осушение	-	-	-	8	
Богара	-	-	-	5	
Итого		-		-	

2.4 Отчетный водохозяйственный баланс

Анализ использования водных ресурсов на современном этапе проводится на основе составления отчетного водохозяйственного баланса (ВХБ) в целом за год и по месяцам. Воднобалансовые расчеты выполняются в соответствии с [Методика составления водохозяйственных балансов водных объектов. Министерство природных ресурсов РФ от 2007-11-30 Приказ 314]. Уравнение ВХБ для i -го месяца записывается в виде:

$$МВХБ_i = w_{pi} + w_{подi} + \sum w_{ввi} - \sum w_{wi} - \alpha \times w_{подi} - w_{нонi} \quad (2.21)$$

где w_{pi} - объем речного стока в i -ый месяц (табл. 1.3); α - коэффициент гидравлической связи подземных и поверхностных вод; $w_{подi}$ - объем водозабора из подземных вод в i -ый месяц; $\sum w_{ввi}$ - суммы объемов возвратных вод в i -ый месяц; $\sum w_{wi}$ - сумма объемов водопотребления в i -ый месяц; $w_{нонi}$ - объем попусков в i -ый месяц; $\alpha \times w_{подi}$ - ущерб речному стоку от водозабора из подземных водоносных горизонтов гидравлически связанных с рекой в i -ый месяц.

Ущерб речному стоку от водозабора из подземных водоносных горизонтов определяется с учетом коэффициентов гидравлической связи конкретного горизонта. В работе, сельскохозяйственное водоснабжение осуществляется из водоносного горизонта, гидравлически связанного с рекой (α). В этом случае величина ущерба для стока реки за счет изъятия подземных вод, в i -ый месяц, составит:

$$\alpha \times w_{подi} = \alpha \times Wc/x/12, \text{ млн. м}^3 \quad (2.22)$$

Водозабор из подземных горизонтов в i -ый месяц определяется как сумма объемов водопотребления для целей питьевого водоснабжения:

$$w_{подi} = (Wc/x + W_{КБХ} + W_{проч.})/12, \text{ млн. м}^3 \quad (2.23)$$

Объемы попусков, в уравнении ВХБ, учитывают интересы водопользователей, к которым, в общем случае относятся: гидроэнергетика ($w_{ГЭСi}$), водный транспорт ($w_{вт.i}$), лесосплав ($w_{лси}$), рыбное хозяйство ($w_{рх.i}$) и охрана водных объектов ($w_{экол.i}$). Месячный объем попусков определяется, как максимальный объем водопользования. Годовой объем попусков ($W_{\text{поп}}$) определяется как сумма максимальных объемов водопользования за каждый месяц ($w_{\text{поп}i}$):

$$w_{\text{поп}i} = \max \{ w_{ГЭСi}, w_{вт.i}, w_{лси}, w_{рх.i}, w_{экол.i} \}$$

$$W_{\text{поп}} = \sum w_{\text{поп}i} \quad (2.24)$$

В учебной работе попуск представлен только интересами охраны вод:

$$w_{\text{поп}i} = \max \{ w_{экол.i} \}$$

Составление водохозяйственного баланса проводится в табличном виде. Анализ результатов баланса (МВХБ_и) позволяет судить о наличии дефицитов и избытков воды.

2.5 Оценка качества воды в водном объекте

Оценка качества воды в реке делается на основе расчетов коэффициента предельной загрязненности речной воды ($K_{пз\ p}$). Для этого определяется показатель предельной загрязненности речной воды в год 95% обеспеченности ($K^{95\%}_{пз\ p}$).

$$K^{95\%}_{пз\ p} = ((\sum W_{пз\ i} + \sum W_{вв}) / W_{ф}) - A \quad (2.25)$$

где $W_{ф}$ – объем фактического стока (транзитный сток) реки (берется из таблицы водохозяйственного баланса); A – параметр учитывающий естественный речной фон (если естественный фон соответствует классу качества воды на уровне «чистого», то $A=1$. Если естественный фон соответствует классу «умеренно загрязненному», то $A=0$). Естественный фон (в учебной работе) принимается в зависимости от величины коэффициента вариации объемов речного стока (с учетом широтной зональности): для $C_v \leq 0,5$ – «чистый»; для $C_v > 0,5$ – «умеренно загрязненный»).

Объем фактического стока реки составляет:

$$w_{\text{фi}} = MBXB_i + w_{\text{попi}} \quad (2.26)$$

Используя полученное значение $K^{95\%}_{\text{пз р}}$ строится кривая обеспеченности показателя $K_{\text{пз р}}$. Ординаты кривой рассчитываются по формуле:

$$K^{P\%}_{\text{пз р}} = ((K^{95\%}_{\text{пз р}} + 1) \times K^{95\%}_{\text{р}} / K^{P\%}_{\text{р}}) - 1 \quad (2.27)$$

где $K^{95\%}_{\text{р}}$, $K^{P\%}_{\text{р}}$ – соответственно, модульный коэффициент речного стока для года 95% обеспеченности и заданной обеспеченности $P\%$ (берется из таблицы приложения в зависимости от C_v и C_s).

Используя данные расчета по формуле (2.27) строится кривая обеспеченности показателя $K^{P\%}_{\text{пз р}}$.

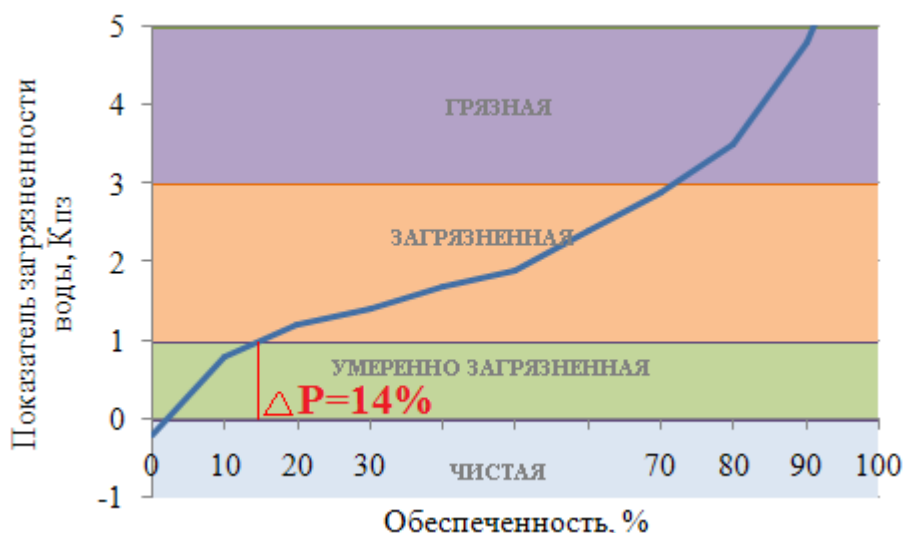


Рис. 2.1 Пример кривой обеспеченности показателя предельной загрязненности речной воды ($K^{P\%}_{\text{пз р}}$).

Качество воды в реке определяется в соответствии с классификационной таблицей 2.8.

Табл.2.8

Классификация качества воды по показателю предельной загрязненности $K_{\text{пз}}$.

Кпз	<-0,8	-0,8...0	0...1	1...3	3...5	>5
Класс	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная

2.6 Оценка состояния водной экосистемы

Экологическое состояние водной системы определяется с помощью величины степени сохранности водного объекта. Степень сохранности водной экосистемы (ΔP) представляет собой вероятность того, что свойства

системы в рассматриваемых условиях соответствуют условиям естественного фона. Величина степени сохранности системы определяется с помощью кривой обеспеченности показателя предельной загрязненности ($K^{P\%}$ пз р), как вероятность соответствия показателя $K^{P\%}$ пз р классу качества воды в природных, не подверженных антропогенной деятельности (условия естественного фона).

Полученное значение степени сохранности ΔP используются для оценки состояния системы в соответствии с классификационной таблицей 2.9. (В приведенном на рисунке 2.1 примере степень соответствия естественному фону «умеренно загрязненной» воды равна 14%, что говорит о «катастрофическом» состоянии водного объекта табл.2.9).

Табл. 2.9

Классификация состояний экосистемы по показателю степени сохранности ΔP , %.

ΔP , %	<40	40...60	60...80	>80
Состояние	Катастрофическое	Не удовлетворительное	Удовлетворительное	Хорошее

Выводы по анализу водохозяйственной обстановки на современный период

Выводы, сделанные в разделах курсового проекта, позволяют формулировать основные водохозяйственные задачи рассматриваемого объекта и предложить первоочередные мероприятия.

1. На современный период времени, на рассматриваемом объекте наблюдаются (или не наблюдаются) дефициты водных ресурсов и в какие месяцы, что позволит установить наиболее водоемкого водопотребителя. Следует отметить, что при дефиците водохозяйственного баланса, в отчетный период, перебоев воды у водопотребителей могло не быть, так как дефициты покрывались за счет снижения объемов пусков. В этом случае можно сделать вывод о том, что не соблюдаются интересы охраны вод, то есть объемы пусков меньше экологически допустимых.

2. Качество водных ресурсов удовлетворяет (или не удовлетворяет) нормативам качества вод (при этом указываются месяцы, когда наблюдается сверхнормативное загрязнение воды и основной источник загрязнения). Класс качества воды соответствует классу ... (класс определяется для остро-маловодного года).

3. Экологическое состояние реки оценивается как «...».

3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕМОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Перспективные объемы водопотребления определяются с учетом предлагаемого сценария развития водохозяйственного комплекса. Планируется рост численности населения на 10%, промышленного производства на 25%, увеличение поголовья скота на 20%, орошаемых площадей в 1,5раза и развитие рекреации на 20%.

Табл.3.1

Перспективные объемы водопотребления и водоотведения.

Участник ВХК	W _{отч.} , млн.м ³	Коэффициент роста	Перспективные объемы, млн.м ³	
			W	W _{ВВ}
КБХ		1,1		
Промышленность		1,25		
С/х водоснабжение				
в т.ч. скбх		1,1		
животноводство		1,2		
Орошение		1,5		
Рекреация		1,2		
Итого		-		

Примечание: W_{отч.} – объемы водопотребления на отчетный период (табл.2.6).

3.1 Объемы водопользования

На перспективный период предусматривается возможность устройства малой ГЭС с установленной мощностью N_{ГЭС}=1-10Мвт. Продолжительность работы ГЭС в году T_{ГЭС}=2000–4000часов.

3.2 Характеристика загрязненности сточных вод

Загрязненность сточных вод оценивается размерным показателем предельной загрязненности W_{пз}, который определяется по формуле:

$$W^{пер}_{пз\ i} = K_{пз\ i} \cdot W^{пер}_{вв\ i}, \text{ млн.м}^3$$

где $K_{пзi}$ – коэффициент предельной загрязненности i –го источника загрязнения; $W^{пер}ввi$ - объем загрязненных сточных вод, поступающий в водный объект от i – го источника загрязнения.

Табл.3.2

Показатели использования и загрязненности сточных вод на перспективный период, млн. м³.

Источник загрязнения и водопотребители	W	K _{вв}	W _{вв}	K _{пз}	W _{пз}
Городское кбх		0,7		10	
Промышленность		0,8		30	
Сельское кбх		0,5		5	
Животноводство		0,5		20	
Рекреация		0,7		10	
Орошение*		0,1		10	
Осушение**	-	-	-	8	
Богара***	-	-	-	5	
Итого		-		-	

*увеличивается по сравнению с отчетным годом в 1,5 раза ($F^{пер}ор=1,5 \cdot F^{отч}ор$).

**Остается без изменения по сравнению с отчетным годом

***снижается за счет использования части богарных земель для орошения

$W^{бог}ст=(F^{отч}бог-F^{пер}ор) \times g \times 31,54$.

3.3 Водохозяйственное районирование

Водохозяйственное районирование осуществляется в соответствии с **Методикой водохозяйственного районирования территории Российской Федерации. Утверждена приказом МПР РФ от 25 апреля 2007 г. N 111.**

Выделение водохозяйственных участков основано на гидрографо-географическом и экономико-географических подходах к районированию территорий. Водохозяйственные участки представляют собой минимальные части речных бассейнов (минимальные учетные единицы), используемые при составлении водохозяйственных балансов, и достаточные (с позиций обеспечения неистощительного водопользования и охраны водных объектов) для определения лимитов забора воды, лимитов сбросов сточных вод, других параметров использования водных объектов или их частей, расположенных в пределах конкретных водохозяйственных участков.

Выделение водохозяйственных участков осуществляется путем:

Установления граничных расчетных створов на водотоках делимой

гидрографической единицы и определения границ водосборной территории, весь сток с которой поступает к участкам водотоков между расчетными створами. В качестве замыкающего граничного расчетного створа водохозяйственного участка рекомендуется назначать створы:

- существующих гидрологических постов;
- створы гидротехнических сооружений;
- устья рек и выше устьев крупных притоков, впадающих в эти реки;
- максимальная близость к государственным границам и субъектов Российской Федерации.

Основными критериями при выделении водохозяйственных участков являются:

- площадь водосборной территории;
- объем водохранилищ, расположенных на территории участка;
- количество населенных пунктов на этой территории;
- отношение количества забираемой для использования воды к объему поверхностного стока, формирующегося на водосборной территории участка (местный сток), и/или к общему объему поверхностного стока в замыкающем участок пограничном расчетном створе;
- отношение количества загрязняющих веществ на единицу объема поверхностного стока в маловодный период к установленным нормативам предельно допустимых концентраций содержания загрязняющих веществ в водных объектах.

Минимальная площадь водохозяйственного участка не должна быть менее 1 000 км², максимальная не более 50 000 км².

При выделении на водосборной площади гидрографической единицы водохозяйственных участков учитываются:

- площадь водосборной территории,
- количество и плотность проживающего в ее пределах населения,
- параметры использования водных объектов.

В учебной работе речной бассейн делится на 2-а водохозяйственных участка. Для каждого ВХУ определяются: объемы водопользования; располагаемые ресурсы; площади.

Табл.1.3

Перспективные объемы водопотребления и водоотведения. ВХУ-1, млн.м³.

Участник ВХК	ВХУ-1		ВХУ-2	
	W	W _{ВВ}	W	W _{ВВ}
КБХ				
Промышленность				
С/х водоснабжение				
• в т.ч. скбх				
• животноводство				
Орошение				
Рекреация				
Итого				

Табл.1.4

Площади угодий, км²

Участник ВХК	ВХУ-1	ВХУ-2
Водосбор		
Богарных земель		
Осушаемых земель		
Орошаемых земель		

4 ВОДНОБАЛАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ

Водохозяйственные расчеты и балансы – один из наиболее важных разделов схем комплексного использования и охраны водных объектов (КИОВО), определяющий необходимость и очередность проведения водохозяйственных и водоохраных мероприятий.

В проектной практике обосновывающие воднобалансовые расчеты оценивают количественное соотношение располагаемых водных ресурсов и водопотребления. В дальнейшем результаты балансов оценивают с позиций достаточности предусматриваемых водоохраных мероприятий. По величине ВХБ делается вывод о наличии или отсутствии дефицита воды.

Воднобалансовые расчеты выполняются в соответствии с [Методика составления водохозяйственных балансов водных объектов. Министерство природных ресурсов РФ от 2007-11-30 Приказ 314].

Уравнение водохозяйственного баланса имеет вид:

$$\text{ВХБ} = W_p + \Delta W_p + W_{\text{пв}} + \sum W_{\text{вв}i} - \sum W_i - \alpha \cdot W_{\text{пв}} - W_{\text{кп}} \quad (4.1)$$

где W_p - объем стока реки, поступающий на рассматриваемый водохозяйственный участок, с вышележащего ВХУ, ΔW_p - объем речного стока, который формируется на рассматриваемом ВХУ; $W_{\text{пв}}$ - водозабор из подземных вод, $W_{\text{вв}i}$ - объем возвратных вод i -го участника ВХК, W_i - объем водопотребления i -м участником ВХК, $W_{\text{кп}}$ - объем комплексных попусков на ниже лежащий участок реки, α - коэффициент гидравлической связи речных и подземных вод, $W_{\text{пв}}$ - объем водозабора из подземных вод, $\alpha \cdot W_{\text{пв}}$ - ущерб речному стоку от использования подземных вод.

Расчет водохозяйственного баланса проводится для каждого ВХУ и обеспеченностей 75 и 95%, в табличной форме (форма таблицы 4.1).

Табл. 4.1

Перспективный водохозяйственный баланс в месячных интервалах времени. ВХУ-1. Обеспеченность 75%, млн.м³

Составляющие баланса	Интервал времени												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Объем стока с вышележащего участка, $w_{jр}$													
Объем стока формирующийся на рассматриваемом ВХУ реки, $\Delta w_{jр}$													
Водозабор подземных вод, $w_{п.в.j}$													
Объем возвратных вод, $\Sigma W_{ввj}$													
Всего по приходной части													
Ущерб речному стоку W_v													
Водопотребление, Σw_j , всего:													
• в том числе: КБХ													
• промышленность													
• с/х водоснабжение													
• орошение													
• прочее водопотребление													
Комплексный попуск $W_{поп}$													
• в т.ч. экологический попуск													
• водно-транспортный													
Итого по расходной части, $W_{рт}$													
Результаты баланса, МВХБ													
Дефицит ВХБ (-), D													
Резерв воды (+), R													
Фактический сток $W_{фак}$													

Результаты водохозяйственного баланса фиксируют величину дефицита водных ресурсов D , резерв воды $W_{рез}$ и проектный (транзитный или фактический) сток $W_{ф}$ на следующий по течению водохозяйственный участок.

- $VXB \geq 0$ резерв водных ресурсов равен балансу $W_{рез} = B$, а дефицит $D = 0$;
- $VXB < 0$ резерв водных ресурсов равен нулю $W_{рез} = 0$, а дефицит $D = -B$.

5. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Устранение дефицитов воды и выработка электроэнергии предусматривает регулирование стока реки, путем создания водохранилища полного годовичного регулирования. Водоохранилище планируется создать на ВХУ-2 (нижележащий участок). Полное годовичное регулирование стока делается путем равномерного распределения невязки годового баланса (ВХБ из таблицы 4.1) по месяцам:

$$\Delta VXB_i = VXB / 12$$

Величина баланса по месяцам пересчитывается с учетом ΔVXB_i :

$$MVXB_{i,гр} = \Delta VXB_i + MVXB_i$$

Определение полезного объема водохранилища проводится с помощью величин $MVXB_{i,гр}$. Для этого год делится на многоводный период (несколько месяцев подряд баланс положительный) и маловодный. Полезный объем определяется путем суммирования значений $MVXB_{i,гр}$ начиная с последнего месяца маловодного периода, для которого полезная составляющая водохранилища принимается равной нулю (величина $MVXB_{i,гр}$ берется со своим знаком).

$$V_i = V_i - MVXB_{i-1,гр}$$

Табл.5.1

Определение полезной емкости водохранилища для условий полного годовичного регулирования стока. ВХУ-2. $P=75\%$, млн. m^3

Параметр	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
MVXB _i													

ΔVXB_i													
$MVB_{i_{ггг}}$													
V_i													

Самый большой объем в строке V_i равен полезному объему водохранилища $V_{плз}$.

6. ВОДНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Водноэнергетические расчеты проводятся с целью определения:

- гарантированной мощности ($N_{гар}$);
- установленной мощности ($N_{уст}$);
- выработки электроэнергии ГЭС (Эгод);
- количества водных ресурсов для их обеспечения ($W_{гэс}$);
- места ГЭС в графике нагрузки энергосистемы (ЭС);
- подбора гидросилового оборудования для агрегатов электростанции.

В учебной работе подбор гидросилового оборудования не делается.

Гарантированная мощность ГЭС определяется как сумма обеспеченной пиковой мощности ($N^{об}_{пик}$) и базовой (базисной) ($N_{баз}$):

$$N_{гар} = N^{об}_{пик} + N_{баз} \quad (6.1)$$

Базовая мощность обеспечивается постоянным в течение года расходом, например минимальным расходом попусков ($Q_{поп. min}$):

$$N_{баз} = \rho \cdot g \cdot Q_{поп. min} \cdot H_{ср} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (6.2)$$

где ρ - плотность воды, 1 т/м^3 ; $g=9.81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; $H_{ср}$ - среднегодовой напор воды на ГЭС; $\eta=0.85$ – к.п.д. агрегатов ГЭС.

Обеспеченная пиковая мощность вырабатывается за счет объемов воды получаемых ГЭС по ВХБ. Она складывается из двух частей:

$$N^{об}_{пик} = N_{пик} + N^{об}_{ср.сут} \quad (6.3)$$

где $N_{пик}$ - пиковая мощность получаемая за счет суточного регулирования стока; $N^{об}_{ср.сут}$ – среднесуточная обеспеченная мощность, которая вырабатывается за счет использования средне суточных зарегулированных расходов.

Установленная мощность ГЭС определяется как сумма гарантированной мощности и мощности резервных агрегатов ($N_{рез}$). Значение установленной мощности, представляет собой некоторую расчетную величину, которая может быть потенциально получена при одновременной работе всех имеющихся на ГЭС агрегатов. Величина $N_{уст}$ используется, например, для определения расчетного расхода на ГЭС, для подбора оборудования, классификации гидросооружений, определения экономических показателей.

Годовой объем вырабатываемой энергии на ГЭС это объем энергии, который вырабатывается в год заданной обеспеченности при заданном режиме регулирования расходов и напоров воды.

$$N_{уст} = N_{гар} + N_{рез}.$$

$$Э_{год} = \rho \times g \times Q_{ср} \times H_{ср} \times \eta \times T, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (6.4)$$

где $Q_{ср}$ – среднегодовой расход воды пропускаемый через турбины ГЭС; $H_{ср}$ – среднегодовой напор воды на ГЭС; $\eta = 0.85$ – к.п.д. агрегатов ГЭС; T – количество часов одновременной работы всех агрегатов (для малой ГЭС $T = 2000-4000$ час); $N_{рез} = (0.10 \dots 0.20) \times N_{гар}$ – мощность резервных агрегатов.

Расчет основных параметров ГЭС требует определение уровней воды в верхнем и нижнем бьефах, так как они определяют величину напора воды на ГЭС.

6.1 Определение среднесуточной обеспеченной мощности

Величина напора в i – ый месяц определяется как разность отметок вода в верхнем и нижнем бьефах: $H_i = \nabla_{ВБi} - \nabla_{НБi}$.

Отметки воды в верхнем бьефе $\nabla_{ВБi}$ определяются по графику зависимости уровней воды в водохранилище от объемов воды ($V_{полi}$): $\nabla_{ВБi} = f(V_i)$. Величина $V_{полi} = V_i + V_{мо}$, где V_i – объем воды в водохранилище в i –ый месяц; $V_{мо}$ – мертвый объем воды в водохранилище.

Отметки уровней воды в нижнем бьефе $\nabla_{НБi}$ определяются по графику зависимости уровней воды в нижнем бьефе от расходов попусков в i -ый месяц ($Q_{поi}$).

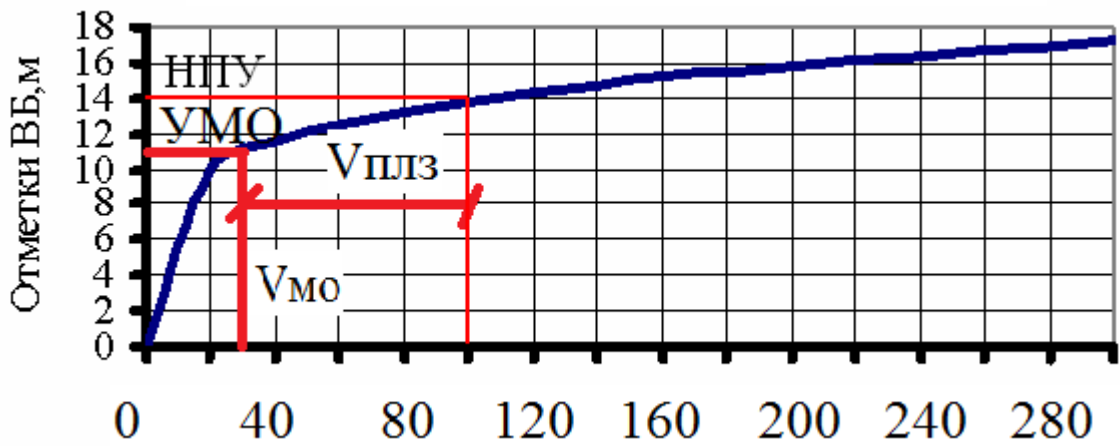


Рис. 6.1 Зависимость отметок уровней верхнего бьефа от объемов воды в водохранилище.

Величина V_{MO} принимается конструктивно (т.к. в составе гидроузла имеется ГЭС и для создания условий оптимальной работы агрегатов ГЭС разность отметок $\nabla_{НПУ} - \nabla_{УМО} \leq (0.05 \dots 0.25) \cdot H_{max}$) по графику зависимости $\nabla_{ВВ} = f(V_i)$.

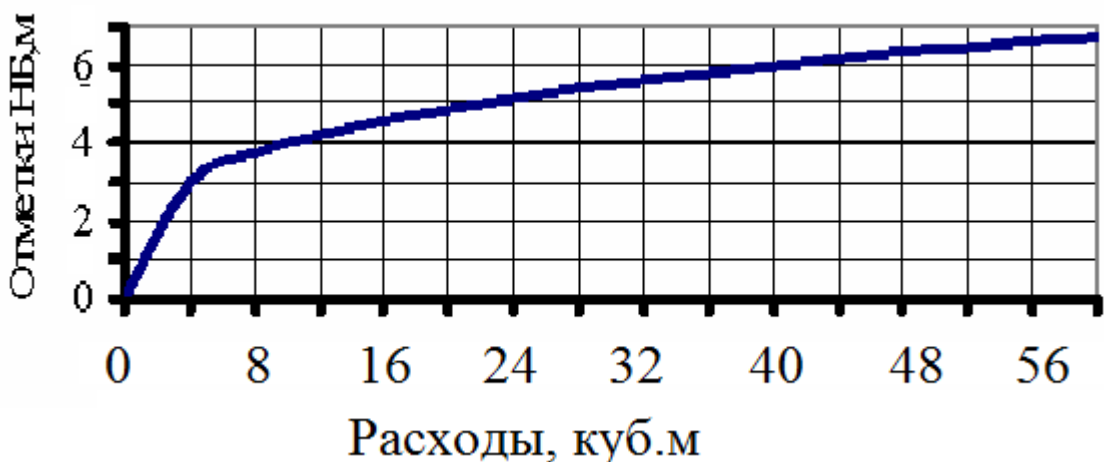


Рис. 6.2 Зависимость отметок нижнего бьефа от расходов воды.

По таблице (6.1) определяется величина обеспеченного напора H_p , который берется в диапазоне обеспеченностей 75-85%. В строчке «Год» определяются значения: $Q'_{\text{поп ср}} = \sum Q'_{\text{поп}i} / 12$ и $H_{\text{ср}} = \sum H_i / 12$. Используя данные значения, определяется годовая выработка электроэнергии и базовая мощность.

Табл.6.1

Расчет среднесуточной обеспеченной мощности.

Месяц	V_i , млн.м ³	$V_{полі}$, млн.м ³	∇BB_i , м	$W_{кп}$, млн.м ³	$Q_{кпі}$, м ³ /с	∇HB_i , м	H_i , м	N , кВт	N_{\downarrow} , кВт	P , %
1										8
2										17
3										25
4										33
5										42
6										50
7										58
8										67
9									$N^{об} ср.сут$	75
10										83
11										92
12										100
Год					$Q_{ср}$		$H_{ср}$			

6.2 Определение пиковой обеспеченной мощности

Пиковая обеспеченная мощность определяется с помощью наложения величины суточной выработки электроэнергии $\mathcal{E}_{сут}$ на график анализирующей кривой.

$$\mathcal{E}_{сут} = N^{об} ср.сут \times 24, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (6.5)$$

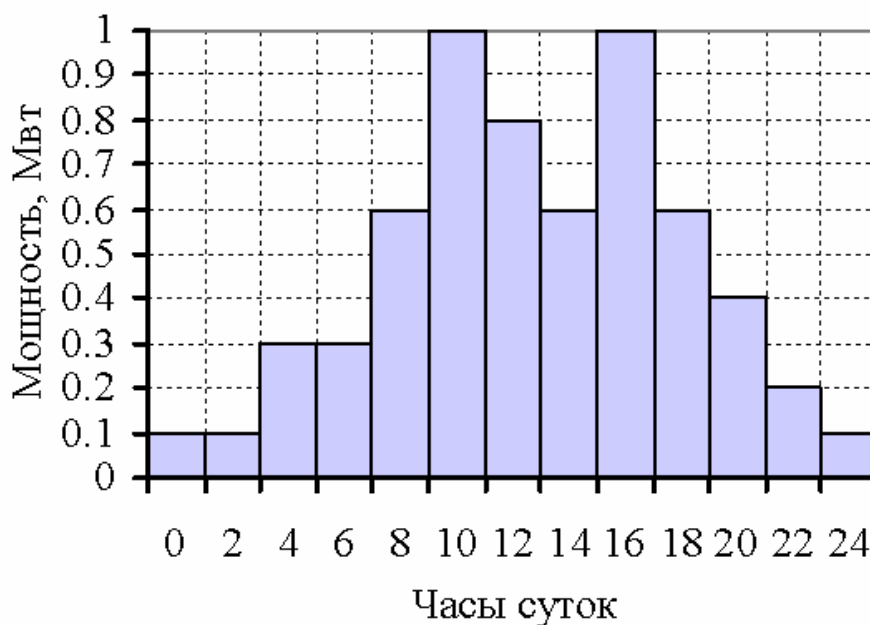


Рис. 6.3 График нагрузки энергосистемы.

Пиковая обеспеченная мощность складывается из пиковой и среднесуточной обеспеченной мощностей:

$$N_{пик} = N^{об} пик - N^{об} ср.сут$$

График анализирующей кривой строится путем разделения графика нагрузки на энергосистему (рис. 6.3) на полосы с одинаковой мощностью и определением суммы энергий по полосам.

Ординаты графика анализирующей кривой определяются в табличной форме (табл. 6.2).

Табл.6.2

Определение ординат анализирующей кривой

№ ПОЛОСЫ	$N_{\text{полосы}}$, МВт	$T_{\text{полосы}}$, час	$\mathcal{E}_{\text{полосы}}$, МВт·ч	$\Sigma \mathcal{E}_{\text{полосы}}$, МВт·ч
1	0.1	24	$N_{\text{полосы}} \cdot T_{\text{полосы}}$	
2	0.1	20		
3	0.1	18		
4	0.1	14		
5	0.2	12		
6	0.2	6		
7	0.2	4		

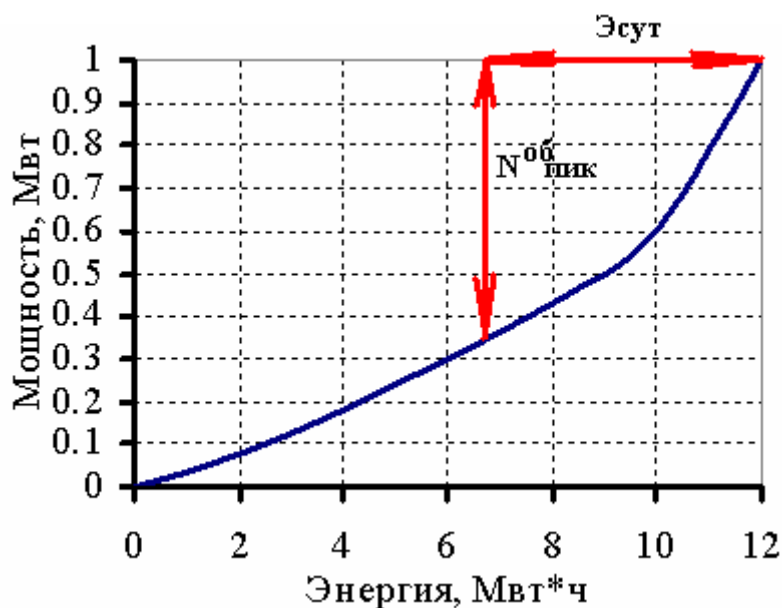


Рис. 6.4 Определение пиковой обеспеченной мощности по графику анализирующей кривой

На графике нагрузки энергосистемы выделяется область покрытия пиковой и базовой части.

7 ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Разработка водоохраных мероприятий включает: прогноз качества воды с учетом планируемой на перспективу водохозяйственной

деятельности; предложение водоохраных мероприятий и оценка их эффективности.

Оценка качества воды в реке делается на основе расчетов коэффициента предельной загрязненности речной воды ($K^{95\%}_{пз р}$) для года 95% обеспеченности стока реки.

$$K^{95\%}_{пз р} = ((\sum W_{пз i} + \sum W_{вв}) / W_{ф}) - A$$

где $W_{ф}$ – объем фактического стока (транзитный сток) реки (берется из таблицы водохозяйственного баланса); A – параметр учитывающий естественный речной фон (если естественный фон соответствует классу качества воды на уровне «чистого», то $A=1$. Если естественный фон соответствует классу «умеренно загрязненному», то $A=0$). *Естественный фон (в учебной работе) принимается в зависимости от величины коэффициента вариации объемов речного стока (с учетом широтной зональности):*

- для $C_v \leq 0,5$ – «чистый»;
- для $C_v > 0,5$ – «умеренно загрязненный»).

Объем фактического стока реки и сумма объемов возвратных вод берется из балансовой таблицы (1.5):

$$W_{ф} = ВХБ + W_{кп}$$

Качество воды в реке определяется в соответствии с классификационной таблицей 7.1.

Табл. 7.1

Классификация качества воды по показателю предельной загрязненности $K_{пз}$.

$K_{пз}$	<-0,8	-0,8...0	0...1	1...3	3...5	>5
Класс	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная

Расчеты проводятся в табличной форме (табл.7.2). Если Без учета водоохраных мероприятий (ВОМ) качество воды не соответствует уровню естественного фона, применяются управляющие воздействия, направленные на улучшение качества воды.

Табл.7.2

Прогноз качества воды без учета и с учетом водоохраных мероприятий (ВОМ).

Составляющие	Без ВОМ	Водоохранные мероприятия*		
		1	2	3
Wф				
$\Sigma W_{ВВ}$				
Источники загрязнения				
КБХ		0	0	0
Промышлен.		0	0	0
Скбх			$\times(1-0,7)$	$\times(1-0,7)$
Животноводство			$\times(1-0,7)$	$\times(1-0,7)$
Прочее		0	0	0
Богарные земли			$\times(1-0,7)$	$\times(1-0,7)$
Осушаемые земли				0
Орошаемые земли			$\times(1-0,7)$	$\times(1-0,7)$
$\Sigma W_{ПЗ}$				
$K^{95\%}$ пз р				
Класс качества				

*1 - Очистка сточных вод города и рекреации. 2 - Очистка сточных вод промышленности. 3 – устройство ВОЗ. 4 - Устройство биоплато.

7.1 Водоохранные мероприятия

Очистка сточных вод

Очистка сточных вод это традиционное и обязательное мероприятие для сосредоточенных источников загрязнения. Данное мероприятие применяется в городах, промышленности и рекреационных учреждениях, что сказывается на изменении показателей загрязненности сточных вод данных водопотребителей: $W^Г_{пз1}=0$, $W^{пр}_{пз1}=0$ и $W^{рекр}_{пз1}=0$

Устройство водоохранной зоны

Водоохранная зона (ВОЗ) устраивается вдоль всего водного объекта и элементов его гидрографической сети. Она предназначена для:

1. защиты водного объекта от загрязнений, поступающих от рассредоточенных источников;
2. защиты склонов первой надпойменной террасы от водной эрозии;
3. укрепления берегов;
4. выполнения функции биологического дренажа.

Экологическая эффективность ВОЗ зависит от периода года и изменяется по годам. В среднем она составляет $\Sigma_{воз}=0.7$.



Схема устройства водоохраной зоны

Устройство ВОЗ учитывается через изменение параметров загрязненности сточных вод, поступающих с орошаемых, богарных земель, а также ливневых и талых сточных вод сельского коммунально-бытового хозяйства и животноводства (принимается, что они не канализованы):

$$W^{op}_{пз2} = W^{op}_{пз} \cdot (1 - \Delta_{ВОЗ})$$

$$W^{бог}_{пз2} = W^{бог}_{пз} \cdot (1 - \Delta_{ВОЗ})$$

$$W^c_{пз2} = W^c_{пз} \cdot (1 - \Delta_{ВОЗ})$$

$$W^ж_{пз2} = W^ж_{пз} \cdot (1 - \Delta_{ВОЗ})$$

Очистка дренажных вод осушительной системы

Дренажные воды загрязнены и требуют очистки, но традиционные очистные сооружения не подходят, так как режим стока и загрязненность воды имеют специфический характер, выражающийся в зависимости от природно-климатических условий и использования осушаемых земель человеком. Для очистки дренажных вод используются различного вида пруды, биологические плато, биофильтры. В данной работе предусматривается устройство биологического плато в виде уширения канала осушительной сети. Характерные параметры биоплато: уклон дна $I=0.0$, скорость воды $v \leq v_{заиления}$, ширина по дну в пределах $b=3 \dots 10$ м, глубина воды $h=0.3 \dots 1.5$ м. Площадь биоплато рекомендуется принимать в пределах $0.5 \dots 1$ га. В пределах биологического плато создаются условия для произрастания сообщества водной растительности, которая играет основную роль в очистке дренажных вод. Эффективность очистки заключается в следующем:

1. осаждения взвешенных частиц ($\Delta_{взв}=0.95 \dots 0.99$);

2. поглощения веществ растениями ($E_{\text{биог}}=0.95$ – для биогенных веществ, $E_{\text{пест}}=0.2 \dots 0.4$ – для пестицидов).

Устройство биоплато учитывается изменением показателя загрязненности дренажных вод осушительной системы: $W^{\text{oc}}_{\text{пз3}}=0$.

Особенностью биоплато является то, что оно работает и формируется по принципу природного биоценоза. Это позволяет устраивать его внутри естественных водных объектов: на отдельных участках рек, в том числе и устьях малых рек, в подножии оврагов и т.д. В этом случае биоплато представляет собой профилируемую мелководную зону с постоянным слоем проточной воды.

7.2 Оценка экологического состояния реки с учетом предлагаемых мероприятий

Экологическое состояние водного объекта оценивается путем определения степени соответствия фоновому классу качества воды. Для этого, используя полученное значение $K^{95\%}_{\text{пз р}}$ (без учета и с учетом ВОМ) строятся кривые обеспеченности показателя $K_{\text{пз р}}$. Ординаты кривой рассчитываются по формуле:

$$K^{P\%}_{\text{пз р}} = ((K^{95\%}_{\text{пз р}} + 1) \times K^{95\%}_{\text{р}} / K^{P\%}_{\text{р}}) - 1$$

где $K^{95\%}_{\text{р}}$, $K^{P\%}_{\text{р}}$ – соответственно, модульный коэффициент речного стока для года 95% обеспеченности и заданной обеспеченности P% (берется из таблицы приложения в зависимости от C_v и C_s).

Используя данные расчета строится кривая обеспеченности показателя $K^{P\%}_{\text{пз р}}$.

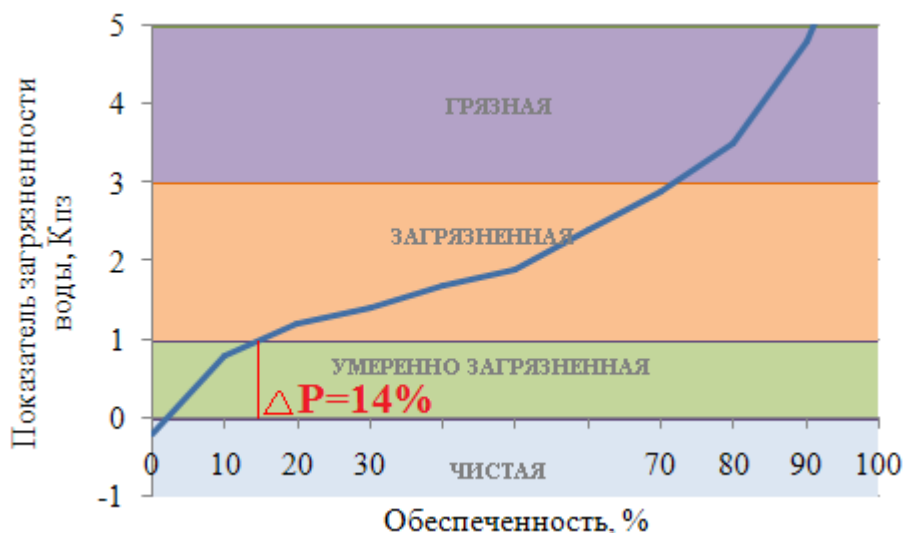


Рис. 7.1 Пример кривой обеспеченности показателя предельной загрязненности речной воды ($K^{P\%}$ пз р).

Степень соответствия (сохранности) водной экосистемы (ΔP) представляет собой вероятность того, что свойства системы в рассматриваемых условиях соответствуют условиям естественного фона. Величина степени сохранности системы определяется с помощью кривой обеспеченности показателя предельной загрязненности ($K^{P\%}$ пз р), как вероятность соответствия показателя $K^{P\%}$ пз р классу качества воды в природных, не подверженных антропогенной деятельности условиях.

Полученное значение степени сохранности ΔP используются для характеристики (табл. 7.3)

Табл. 7.3
Классификация состояний экосистемы по показателю степени сохранности (ΔP).

$\Delta P, \%$	<40	40...60	60...80	>80
Состояние	Катастрофическое	Не удовлетворительное	Удовлетворительное	Хорошее

8.ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Определяются экономические показатели, позволяющие судить о затратах на реализацию водохозяйственных мероприятий и оценке эффективности природоохранных мероприятий по величине предотвращенного ущерба.

8.1 Затраты на проведение водохозяйственных мероприятий

Проводится оценка капитальных вложений, эксплуатационных издержек и суммарных ежегодных затрат на проведение мероприятий:

- очистка сточных вод;
- устройство биоплато;
- устройство водоохраных зон;
- создание гидроузла.

Суммарные ежегодные затраты (З) определяются как сумма затрат на отдельное мероприятие (З_і) по формуле:

$$З = \sum Z_i \quad Z_i = \varepsilon \times K_i + C_i, \quad (8.1)$$

где ε - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности, принимается равным $\varepsilon = 0.12$; K_i – капиталовложения для реализации i -го водохозяйственного мероприятия, руб; C_i – ежегодные издержки для i - го мероприятия. Расчеты проводятся в табличной форме (табл. 8.1).

Табл.8.1

Расчет суммарных ежегодных затрат

Мероприятие	Объем	Капитальные затраты		Ежегодные издержки		З _і , руб./год
		Удельные, к _і	К _і руб	Удельные, с _і , руб./год	С _і , руб./год	
Очистка стоков города и рекреации	$W_{ВВ}^{гор} + W_{ВВ}^{рекр}$	40...200 руб/м ³		0.1×Коч.		
Очистка стоков промышленно сти	$W_{ВВ}^{пр}$	100...250 руб/м ³				

Биоплато	$F_{\text{биоплато}}$	300000... 500000 руб/га		30000... 50000		
Гидроузел	$W_{\text{пол.}}$	50...100 руб/м ³		0,01×Кгу		
Водоохранная зона	$F_{\text{ВОЗ}}$	10000... 30000 руб/га		1000...3000		
Итого		ΣK_i		ΣC_i		ΣZ_i

Ширина водоохранной зоны рек или ручьев (В) устанавливается от их истока для рек или ручьев протяженностью:

- 1) до 10 километров - 50 метров;
- 2) от 10 до 50 километров - 100 метров;
- 3) от 50 километров и более - 200 двухсот метров.

Для реки, ручья протяженностью менее десяти километров от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере пятидесяти метров.

Площадь водоохранной зоны (F) определяется в табличной форме, с учетом всей гидрографической сети (учитывается длина главной реки (L_p) и ее притоков (l_i):

$$F=2 \times 10^{-1} \times \Sigma l_i \times B, \text{ га} \quad (8.2)$$

Табл.8.2

Определение площади водоохранной зоны ВОЗ.

Ширина ВОЗ, м	Длина, км					F_i , га
	Река	Притоки			Общая Σl_i	
		1	2	3		
50						
100						
200						
Итого	L_p	l_1	l_2	l_3		F

Площадь биоплато (F_b) определяется по выражению:

$$F_b=10^{-1} \times b \times L_b, \text{ га} \quad L_b=v \times k^{-1} \times (C^{Bx} - \text{ПДК}), \text{ км} \quad (8.3)$$

где b – ширина биоплато (3...10м); L_b – длина биоплато, м; v – скорость течения воды на биоплато (0,2...0,3 м/с); k – коэффициент самоочищения воды (0,01...0,03 г/л·с; $C^{вх}$ – концентрация вещества на входе в биоплато, мг/л.

8.2 Определение величины предотвращенного ущерба от загрязнения

Эффективность водоохранных мероприятий определяется через величину **предотвращенного ущерба (У)**, который представляет собой дополнительные затраты на использование воды, в случае если водоохранные мероприятия не проводятся. Величина предотвращенного ущерба рассчитывается по формуле:

$$U = p \times K_{уд} \times \sum W_{вв} \times \sum (C_{ввij} - C'_{ввij}) \times A_i \quad (8.4)$$

где p – коэффициент учитывающий значимость водного объекта для водохозяйственных целей (табл. 8.3); $K_{уд}$ – удельная величина предотвращенного ущерба, ($K_{уд}=4300$ руб/усл.тонна); $C_{ввi}$ – концентрация i -го загрязняющего вещества в возвратных водах j -го участника ВХК до проведения водоохранных мероприятий; $C'_{ввi}$ – концентрация i -го загрязняющего вещества в возвратных водах j -го участника ВХК после проведения водоохранных мероприятий; $W_{ввj}$ – объем возвратных вод j -го участника ВХК; A_i – коэффициент для перевода объема сбрасываемых веществ из тонн в условные тонны, $A_i=1/ПДК_i$.

Табл.8.3

Значения коэффициента (р).

Область	Бассейн реки		
	Дон	Днепр	Волга
Смоленская		1.75	
Брянская		1.75	
Курская	1.13	1.75	
Калужская		1.75	
Орловская	1.13	1.75	0.7-2.6*
Тульская			2.60
Московская			2.60
Воронежская	1.13		
Ростовская	1.13		
Пензенская			2.60
Саратовская			2.60
Горьковская			0.7-2.6**
Ульяновская			0.70

Рязанская			2.60
Владимирская			2.60
Тамбовская			2.60
Ивановская			2.60
Ярославская			2.60
Костромская			0.91
Вологодская			0.91
Новгородская			0.91
Свердловская			0.50
Пермская			0.50

*Устье реки Оки $p=2.6$

** Ниже г. Горький $p=2.6$

Значения $C'_{вви}$ принимаются с учетом проводимого мероприятия:

- очистка сточных вод (города, рекреации, промышленности, устройства биоплато) $C'_{вви}=ПДК_i$;
- устройство водоохраной зоны (орошение, богарные земли) $C'_{вви}=C_{вви} \times (1 - \mathcal{E}_{ВОЗ})$.

Учитывая отсутствие необходимого количества исходных данных о загрязненности стоков (например, с сельскохозяйственных угодий) в работе предлагается проводить расчет величины предотвращенного ущерба не по формуле (8.4), а по формуле (8.5), в которой используются величины показателя загрязненности сточных вод.

$$Y = p \times k_{уд} \times [\sum W_{пзj} - \sum W_{пзj}^{BOM}] \quad (8.5)$$

где $\sum W_{пзj}$ - сумма объемов предельной загрязненности без учета водоохраных мероприятий; $\sum W_{пзj}^{BOM}$ - сумма объемов предельной загрязненности с учетом всех запланированных водоохраных мероприятий (табл. 7.2).

ВЫВОДЫ

Выводы по работе делаются на основе проведенных исследований по основным направлениям позволяющим решить главные водохозяйственные задачи.

- Результаты составления годового ВХБ
- Результаты учета водохозяйственных мероприятий
- Результат оценки загрязненности реки

- Результаты оценки экономических показателей.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ

ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ УПА

ВВЕДЕНИЕ

Основанием для выполнения работ по предпроектной разработке вопросов являются нормативные и законодательные акты:

- «Водный кодекс российской федерации" от 03.06.2006 п 74-ФЗ ["Собрание законодательства РФ", 05.06.2006, п 23, ст. 2381];
- «Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 года», утв. распоряжением Правительства РФ от 27 августа 2009 г. N 1235-р.

Объектом исследования является бассейн реки Упа расположенный в Тульской области. Источниками водоснабжения служат:

- подземные водоносные горизонты, которые используются для питьевого водоснабжения (коммунально-бытовое хозяйство (к.б.х.), рекреация и сельскохозяйственное водоснабжение в т.ч. животноводство и сельское коммунально-бытовое хозяйство);
- реки, которые используются для промышленных целей и орошения.

Водопользователи представлены: интересами охраны водных ресурсов.

Схема бассейна реки представлена на рис. I.1.

I. АНАЛИЗ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

I.1 Климатические условия

Климат объекта исследований умеренно-континентальный, характеризующийся среднемноголетним годовым количеством осадков $O_c=635$ мм, суммарным испарения с поверхности суши $E_c=550$ мм, испарения с водной поверхности $E_v=650$ мм, среднегодовой температурой воздуха $t=+3.8^{\circ}\text{C}$. В таблице I.1 представлено внутригодовое распределение осадков, температуры воздуха и испарения.

Табл. I.1

Средне многолетние, месячные значения осадков ($O, \text{мм}$), испарения с суши ($E_c, \text{мм}$) и водной поверхности ($E_v, \text{мм}$), температуры воздуха ($t, ^\circ\text{C}$).

Фактор	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
$O, \text{мм}$	64	53	45	36	46	56	66	64	47	47	48	63	635
$E_c, \text{мм}$	3	4	9	57	94	110	110	88	42	21	11	1	550
$E_v, \text{мм}$	-	-	-	20	104	143	137	19	78	38	7	-	650
$t, ^\circ\text{C}$	-10.0	-9.6	-4.9	3.8	11.9	15.5	17.6	16.0	10.5	4.2	-2.0	-7.4	3.8

Продолжительность теплого периода $T_{\text{тепл.}}=210$ сут, холодного $T_{\text{хол.}}=155$ сут. Величина коэффициента увлажнения территории составляет $K_v=635/550=1,15$. Таким образом, по условию влагообеспеченности, объект расположен в зоне достаточного увлажнения. В данной зоне требуется проведение оросительных мелиоративных мероприятий, позволяющих поддерживать оптимальные для произрастания растений условия в конкретные периоды засушливых лет.

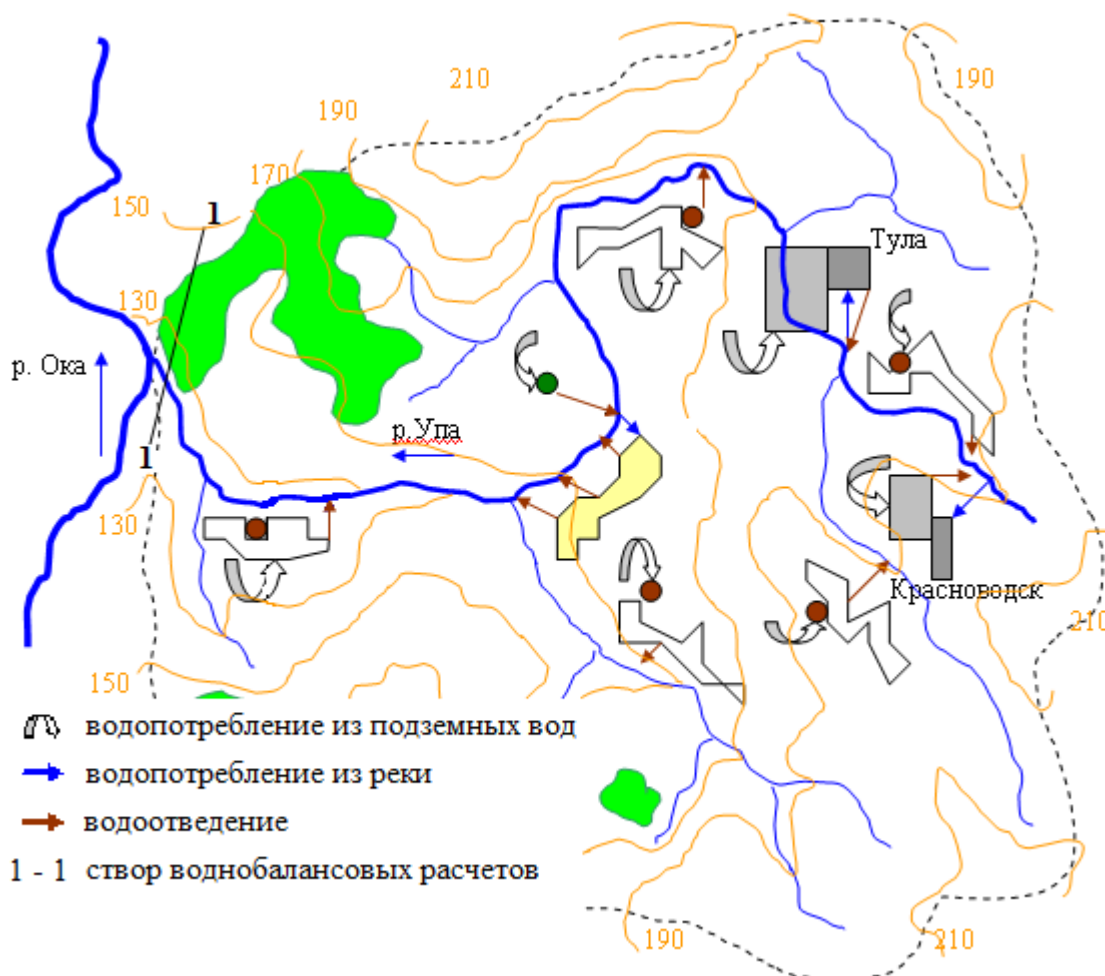


Рис. I.1 Схема бассейна реки Упа.

1.2 Гидрологические условия

Основным источником водоснабжения является река Упа, характеризующаяся снеговым типом питания. Площадь водосбора составляет $F_b=8210\text{км}^2$. Длина реки $L_p=256\text{км}$. Таким образом, река Упа относится к категории «средних» рек. Гидрологические характеристики водосборной площади реки представлены в таблице 1.2.

Норма стока (W_0) составляет:

$$W_0=g \times F \times \tau = 4,9 \times 8210 \times 31,54 / 1000 = 1268 \text{ млн.м}^3$$

На рисунке 1.2 показан график кривой обеспеченности годового стока воды в реке. В таблице 1.3 представлено внутригодовое распределение объемов стока для лет обеспеченностью 75 и 95%.

Табл. 1.2

Гидрологические характеристики бассейна реки

Створ	L, км	F, км ²	g, л/с×км ²	Qp, м ³ /с	Ip, ‰	Iv, ‰	Cv	Cs	Площадь угодий, %			
									fоз	fбол	fл	fпаш
1-1	256	8210	4.9	40,2	0.35	4.3	0.26	1.0	<1	0.0	8	70

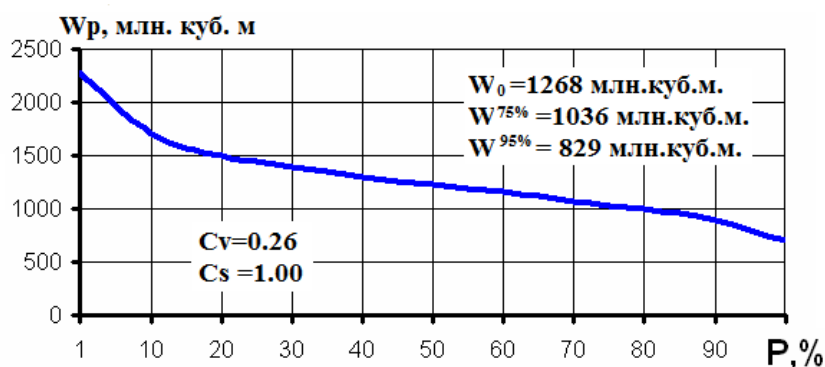


Рис.1.2 Кривая обеспеченности годового стока реки в створе 1-1.

Табл. 1.3

Внутригодовое распределение объемов стока воды в створе 1-1, млн.м³

P, %	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
95	19	18	149	404	62	32	27	24	22	22	25	25	829
75	27	25	175	505	75	41	35	32	24	30	33	34	1036

I.3 Определение минимально допустимого экологического стока реки

Годовое значение минимально допустимого экологического стока определяется для лет 75 и 95% обеспеченности методом пропорциональных коэффициентов. Годовые объемы экологического стока определяются по схеме:

$$W^{95}_{\text{эк}}=0,9 \times W^{95}, \quad W^{75}_{\text{эк}}=0,7 \times W^{75},$$

где W^{95} , W^{75} - соответственно среднегодовые расходы воды в реке для лет 95 и 75% обеспеченности.

Месячные значения объемов экологического стока воды определяются с помощью гидрографа стока воды в реке для лет заданной обеспеченности (рис. I.3). В таблице I.4 представлены значения объемов экологического стока.

Табл. I.4

Внутригодовое распределение объемов минимально допустимых объемов экологически допустимого стока воды в створе 1-1, млн.м³

P, %	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
95	17	16	134	364	56	29	24	22	20	20	23	23	746
75	19	18	123	354	53	29	25	22	17	21	23	24	725

I.4 Гидрогеологические условия

Гидрогеологические условия рассматриваются для определения коэффициентов гидравлической связи подземных водоносных горизонтов с рекой. На рассматриваемом объекте расположены два водоносных горизонта, используемых для целей: городского и сельского коммунально-бытового хозяйства, животноводства и рекреации. Первый водоносный горизонт имеет гидравлическую связь с рекой. Коэффициент гидравлической связи принимается равным $\alpha_1=0,3$. Второй водоносный горизонт не имеет гидравлической связи $\alpha_2=1$.

I.5 Баланс земельных ресурсов

Уравнение баланса земельных ресурсов имеет вид:

$$F_b = F_{\text{лес}} + F_{\text{луг}} + F_{\text{бол}} + F_{\text{с/х}} + F_{\text{ур}} + F_{\text{оз}}, \text{ км}^2$$

$$F_{\text{с/х}} = F_{\text{бог}} + F_{\text{ор}} + F_{\text{ос}}$$

Баланс земельных ресурсов.

Размерность	Fб	Fлес	Fлуг	Fбол	С/х земли				Fур	Fоз	Fэк.
					Fс/х	Fбог	Fор	Fос			
км ²	8210	657	1231	0	5747	5747	-	-	493	82	2873
%	100	8	15	0	70	70	-	-	6	1	35

Площадь лугов определена из уравнения баланса.

$F_{эк} \geq (F_{лес} + F_{луг}) = 1888 \text{ км}^2$ или 23% – антропогенное влияние привело к недопустимому снижению доли естественных угодий. В этом случае необходимо планировать мероприятия по увеличению площадей лесов, лугов и снижению доли пашни на сельскохозяйственных угодьях.

II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

На современном этапе в состав участников ВХК рассматриваемого объекта входят: городское и сельское коммунально-бытовое хозяйство, промышленность, животноводство, орошение, рекреация, охрана природы, водный транспорт (ВТ).

Характеристика Тульской области: площадь—25679 км². численность населения—1532436 чел, в том числе доля городского и сельского населения соответственно составляют 79 и 21%. Городских поселений насчитывается 25шт. В пределах бассейна реки 10шт. (рис. II.1).



Рис. II.1 Карта тульской области / <http://ru.wikipedia.org/>.

II.1 Объемы водопотребления и водоотведения

В пределах бассейна реки проживает $N=1532436 \times 10/25=612970$ чел. , в том числе городского $N_{КБХ}=484250$ чел., $N_c=128720$ чел. Структура водопотребления в области показана в таблице II.1.

Табл. II.1

Структура водопотребления в Тульской области, %.

КБХ	Промышленность	Орошение	С/х воснабжение	Прочее
25	48	0	6	0

II.1.1 Коммунально-бытовое хозяйство

Объем водопотребления коммунально-бытовым хозяйством (к.б.х.) определяется по зависимостям:

$$\text{городское кбх } W_{\Gamma} = N_{\Gamma} \times g_{\Gamma} \times 365 / \eta_{\Gamma} = 484250 \times 200 \times 365 / (10^3 \times 0,95) = 37 \text{ млн. м}^3$$

$$\text{сельское кбх } W_c = N_c \times g_c \times 365 / \eta_c = 128720 \times 50 \times 365 / (10^3 \times 0,9) = 2,6 \text{ млн. м}^3$$

Соответственно нормы водопотребления: $g_{\text{КБХ}} = 200$ л/сут.×чел. и $g_c = 50$ л/сут.×чел. КПД систем водоснабжения: $\eta_{\text{КБХ}} = 0,95$ и $\eta_c = 0,9$.

II.1.2 Промышленность

На рассматриваемом объекте получила развитие легкая промышленность выпускающая. Объем водопотребления промышленностью составляет 48% от общего объема водопотребления в области. Учитывая, что на долю КБХ приходится 25%, рассчитывается объем водопотребления промышленностью:

$$W_{\text{п}} = 37 \times 48 / 25 = 71 \text{ млн. м}^3$$

II.1.3 Сельско-хозяйственное водоснабжение

Объем водопотребления для целей сельско-хозяйственного водоснабжения составляет (6%):

$$W_{\text{с/х}} = 37 \times 6 / 25 = 8,9 \text{ млн. м}^3$$

в том числе для животноводства

$$W_{\text{ж}} = W_{\text{с/х}} - W_c = 8,9 - 2,6 = 6,3 \text{ млн. м}^3$$

II.1.4 Рекреация

В Тульской области в составе ВХК рекреация не представлена.

II.1.5 Орошение

Орошаемых земель на объекте нет.

II.2 Объемы водоотведения

Объемы водоотведения определяются по формуле:

$$W_{ВВi} = K_{ВВi} \times W_i \text{ млн.м}^3$$

Табл. II.2

Объемы водопотребления и водоотведения

Водопотребители	$K_{ВВi}$	W , млн.м ³	$W_{ВВi}$, млн.м ³
Городское кбх	0.7	93.00	65.10
Промышленность	0.28	35.57	9.96
С/х водоснабжение	0,5	5,24	2,99
сельское кбх	0.5	3.70	2.22
животноводство	0.5	1.54	0.77
Рекреация	0.7	1.22	0.85
Орошение	0.1	0	0
Итого	-	135,03	78,9

II.3 Показатели загрязненности сточных вод

Показатель качества сточных вод рассчитывается по формуле:

$$W_{ПЗ i} = K_{ПЗ i} \times W_{ВВi}, \text{ млн.м}^3$$

где $K_{ПЗ i}$ – коэффициент предельной загрязненности i -го водопотребителя.

Результаты расчетов объемов водопотребления и водоотведения, водопользования и показателей качества сточных вод представлены в таблице II.5.

Табл. II.5

Объемы водопотребления и водоотведения, млн. м³.

Участник ВХК	W	Возвратные воды	
		$K_{ВВ}$	$W_{ВВ}$
КБХ	37	0,7	25,90
Промышленность	71	0,8	56,80
С/х водоснабжение, в т.ч.:	8,9	0,5	4,45
Сельское кбх	2,6	0,5	1,30
Животноводство	6,3	0,5	3,15
Итого	116,9	-	87,15

Табл. II.6

Показатели загрязненности сточных вод, млн. м³.

Источник загрязнения	Показатели загрязненности и сточных вод	
	Кпз	Wпз
КБХ	5,1	132
Промышленность	78	4430
Сельское кбх	5,6	7
Животноводство	4,1	13
Богара	5.2	30
Итого	-	4613

Примечание. Значения Кпз приняты реальные.

II.4 Отчетный водохозяйственный баланс

Уравнение ВХБ составляется для года 95% обеспеченности. Для *i*-го месяца уравнение ВХБ записывается в виде:

$$MVXB_i = w_{pi} + w_{подi} + \sum w_{вви} - \sum w_i - \alpha \times w_{подi} - w_{попi}$$

где w_{pi} - объем речного стока в *i*-ый месяц; α - коэффициент гидравлической связи подземных и поверхностных вод; $w_{подi}$ - объем водозабора из подземных вод в *i*-ый месяц; $\sum w_{вви}$ - суммы объемов возвратных вод в *i*-ый месяц; $\sum w_i$ - сумма объемов водопотребления в *i*-ый месяц; $w_{попi}$ - объем попусков в *i*-ый месяц; $\alpha \times w_{подi}$ - ущерб речному стоку за счет водозабора из подземных горизонтов гидравлически связанных с рекой в *i*-ый месяц.

Все расчеты по составлению водохозяйственного баланса проводятся в таблице II.7.

Отчетный водохозяйственный баланс для обеспеченности 95%, млн.м³

Составляющие баланса	Интервал времени												год
	I	2	2I	IV	V	VI	V2	V2I	IX	X	XI	X2	
Объем стока реки, Δw_{jr}	19	18	149	404	62	32	27	24	22	22	25	25	829
Объем водозабора подземных вод, $w_{пв.j}$	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	3,83	45,90
Объем возвратных вод, $\Sigma W_{ввj}$	7,26	7,26	7,26	7,26	7,26	7,26	7,26	7,26	7,26	7,26	7,26	7,26	87,15
Всего по приходной части	30,09	29,09	160,09	415,09	73,09	43,09	38,09	35,09	33,09	33,09	36,09	36,09	962,05
Ущерб речному стоку W_y	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	2,67
Водопотребление, Σw_j , всего:	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74	9,74	116,90
КБХ:	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	3,08	37,00
промышленность	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	5,92	71,00
с/х водоснабжение	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	8,90
Комплексный попуск $W_{поп}$	17	16	134	364	56	29	24	22	20	20	23	23	748
Итого по расходной части , $W_{рт}$	27,06	26,16	144,06	373,56	65,76	38,76	34,26	31,56	29,76	29,76	32,46	32,46	865,67
Результаты баланса, МВХБ	3,03	2,93	16,03	41,53	7,33	4,33	3,83	3,53	3,33	3,33	3,63	3,63	96,38
Дефицит отчетного ВХБ (-),	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Резерв воды (+),	3,03	2,93	16,03	41,53	7,33	4,33	3,83	3,53	3,33	3,33	3,63	3,63	96,38
Фактический сток $W_{фак}$:	20	19	150	405	63	33	28	25	23	23	26	26	843

II.5 Оценка качества воды в реке

Оценка качества воды в реке делается на основе расчетов коэффициента предельной загрязненности речной воды ($K_{пз\ p}$). Для этого определяется показатель предельной загрязненности речной воды в год 95% обеспеченности ($K^{95\%}_{пз\ p}$).

$$K^{95\%}_{пз\ p} = ((\sum W_{пз\ i} + \sum W_{вв}) / W_{ф}) - 1,$$

где $W_{ф}$ – объем фактического стока (транзит) реки (берется из таблицы водохозяйственного баланса); A – параметр учитывающий естественный речной фон (если естественный фон соответствует классу качества воды на уровне «чистого», то $A=1$. Если естественный фон соответствует классу «умеренно загрязненному», то $A=0$). Естественный фон принимается соответствующим классу «чистый».

$$K^{95\%}_{пз\ p} = (4613 + 87,15) / 843 - 1 = 4,58$$

Качество воды в реке в расчетный остромаловодный год соответствует «грязному» классу качества (табл. II.8).

Табл. II.8

Классификация качества воды по показателю предельной загрязненности $K_{пз}$.

$K_{пз}$	$< -0,8$	$-0,8 \dots 0$	$0 \dots 1$	$1 \dots 3$	$3 \dots 5$	> 5
Класс	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная

Используя полученное значение $K^{95\%}_{пз\ p}$ строится кривая обеспеченности показателя $K_{пз\ p}$ (рис. II.2). Ординаты кривой (табл. II.9) рассчитываются по формуле:

$$K^{P\%}_{пз\ p} = ((K^{95\%}_{пз\ p} + 1) \times K^{95\%}_{пз\ p} / K^{P\%}_{пз\ p}) - 1$$

где $K^{95\%}_{пз\ p}$, $K^{P\%}_{пз\ p}$ – соответственно, модульный коэффициент речного стока для года 95% обеспеченности и заданной обеспеченности $P\%$ (берется из таблицы приложения в зависимости от $C_v=0,26$ и $C_s=2C_v$).

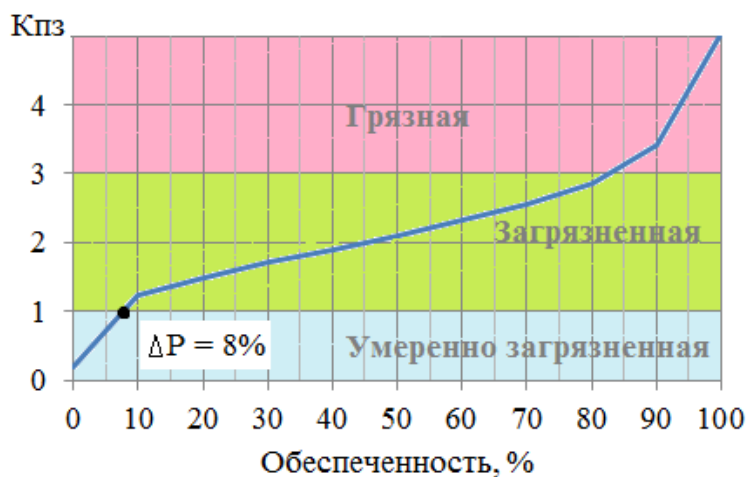


Рис. II.2 Кривая обеспеченности показателя предельной загрязненности речной воды ($K^{P\%}$ пз р).

Табл. II.8

Расчет ординат кривой обеспеченности показателя Кпз.

Обеспеченность, %	Кр			Кпз
	$C_v=0,2^*$	$C_v=0,3^*$	$C_v=0,26$	
0	2,09	2,82	2,53	0,19
10	1,26	1,4	1,34	1,24
20	1,16	1,24	1,21	1,49
30	1,09	1,13	1,11	1,70
40	1,04	1,05	1,05	1,88
50	0,98	0,97	0,97	2,09
60	0,94	0,89	0,91	2,31
70	0,89	0,82	0,85	2,55
80	0,83	0,75	0,78	2,85
90	0,75	0,64	0,68	3,41
100	0,59	0,44	0,50	5,03

*Значения модульных коэффициентов для $C_v=0,2$ и $C_v=0,3$ приводятся для интерполяции значений Кр для $C_v=0,26$.

Степень соответствия классу «чистой» воды равно нулю, даже соответствие классу «умеренно загрязненной» воды оценивается $\Delta P=8\%$, что говорит о «катастрофическом» состоянии экосистемы (табл. II.9).

Табл. II.9

Классификация состояний экосистемы по показателю степени сохранности ΔP , %.

ΔP , %	<40	40...60	60...80	>80
Состояние	Катастрофическое	Не удовлетво рительное	Удово рительное	Хорошее

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В современный период на рассматриваемом объекте для года 95% обеспеченности речного стока дефицитов водных ресурсов нет.
2. Качество воды в реке, в среднегодовом разрезе, для условий остро-маловодного года соответствует «Грязному» классу качества.
3. Экологическое состояние оценивается как «Катастрофическое».

III. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕМОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ

Перспективные объемы водопотребления определяются с учетом предлагаемого сценария развития водохозяйственного комплекса. Планируется рост численности населения на 10%, промышленного производства на 25%, увеличение поголовья скота на 20%.

Табл. III.1

Перспективные объемы водопотребления и водоотведения.

Участник ВХК	W _{отч.} , млн.м ³	Коэффициент роста	Перспективные объемы, млн.м ³	
			W	W _{ВВ}
КБХ	37	1,1	42	28
Промышленность	71	1,25	89	71
С/х водоснабжение	8,9		10	5
в т.ч. скбх	2,6	1,1	2,86	1,43
животноводство	6,3	1,2	7,56	3,78
Итого		-	141,42	104,21

III.1 Характеристика загрязненности сточных вод

Загрязненность сточных вод оценивается размерным показателем предельной загрязненности W_{пз}, который определяется по формуле:

$$W^{\text{пер}}_{\text{пз } i} = K_{\text{пз } i} \cdot W^{\text{пер}}_{\text{вви}}, \text{ млн.м}^3$$

где K_{пз i} – коэффициент предельной загрязненности i –го источника загрязнения; W^{пер}_{вви} – объем загрязненных сточных вод, поступающий в водный объект от i – го источника загрязнения.

Показатели использования и загрязненности сточных вод
на перспективный период, млн. м³.

Источник загрязнения и водопотребители	W	Квв	Wвв	Кпз	Wпз
Городское кбх	42	0,7	28	10	
Промышленность	89	0,8	71	30	
Сельское кбх	2,86	0,5	1,43	5	
Животноводство	7,56	0,5	3,78	20	
Богара	-	-	-	5	
Итого		-		-	

III.2 Водохозяйственное районирование

Водохозяйственное районирование осуществляется в соответствии с **Методикой водохозяйственного районирования территории Российской Федерации. Утверждена приказом МПР РФ от 25 апреля 2007 г. N 111.**

Выделение водохозяйственных участков основано на гидрографо-географическом и экономико-географических подходах к районированию территорий. Водохозяйственные участки представляют собой минимальные части речных бассейнов (минимальные учетные единицы), используемые при составлении водохозяйственных балансов, и достаточные (с позиций обеспечения неистощительного водопользования и охраны водных объектов) для определения лимитов забора воды, лимитов сбросов сточных вод, других параметров использования водных объектов или их частей, расположенных в пределах конкретных водохозяйственных участков.

Выделение водохозяйственных участков осуществляется путем:

Установления граничных расчетных створов на водотоках делимой гидрографической единицы и определения границ водосборной территории, весь сток с которой поступает к участкам водотоков между расчетными створами. В качестве замыкающего граничного расчетного створа водохозяйственного участка рекомендуется назначать створы:

- существующих гидрологических постов;
- створы гидротехнических сооружений;
- устья рек и выше устьев крупных притоков, впадающих в эти реки;
- максимальная близость к государственным границам и субъектов Российской Федерации.

Основными критериями при выделении водохозяйственных участков являются:

- площадь водосборной территории;
- объем водохранилищ, расположенных на территории участка;
- количество населенных пунктов на этой территории;
- отношение количества забираемой для использования воды к объему поверхностного стока, формирующегося на водосборной территории участка (местный сток), и/или к общему объему поверхностного стока в замыкающем участок пограничном расчетном створе;
- отношение количества загрязняющих веществ на единицу объема поверхностного стока в маловодный период к установленным нормативам предельно допустимых концентраций содержания загрязняющих веществ в водных объектах.

Минимальная площадь водохозяйственного участка не должна быть менее 1 000 км², максимальная не более 50 000 км².

При выделении на водосборной площади гидрографической единицы водохозяйственных участков учитываются:

- площадь водосборной территории,
- количество и плотность проживающего в ее пределах населения,
- параметры использования водных объектов.

В учебной работе речной бассейн делится на 2-а водохозяйственных участка. Для каждого ВХУ определяются: объемы водопользования; располагаемые ресурсы; площади.

Табл.Ш.3

Перспективные объемы водопотребления и водоотведения. ВХУ-1, млн.м³.

Участник ВХК	ВХУ-1		ВХУ-2	
	W	W _{ВВ}	W	W _{ВВ}
КБХ				
Промышленность				
С/х водоснабжение				
• в т.ч. скбх				

• ЖИВОТНОВОДСТВО				
Орошение				
Рекреация				
Итого				

Табл.Ш.4

Площади угодий, км²

Участник ВХК	ВХУ-1	ВХУ-2
Водосбор		
Богарных земель		
Осушаемых земель		
Орошаемых земель		

IV. ВОДНОБАЛАНСОВЫЕ РАСЧЕТЫ

Водохозяйственные расчеты и балансы – один из наиболее важных разделов схем комплексного использования и охраны водных объектов (КИОВО), определяющий необходимость и очередность проведения водохозяйственных и водоохранных мероприятий.

Водохозяйственные балансы – сопоставление потребностей населения и отраслей экономики в воде с доступными для использования водными ресурсами. Балансы составляются для речных бассейнов, подбассейнов, водохозяйственных участков при различных условиях водности, и предназначены для оценки количества и степени освоения доступных для использования водных ресурсов водных объектов.

В проектной практике обосновывающие воднобалансовые расчеты оценивают количественное соотношение располагаемых водных ресурсов и водопотребления. В дальнейшем результаты балансов оценивают с позиций достаточности предусматриваемых водоохранных мероприятий. По величине ВХБ делается вывод о наличии или отсутствии дефицита воды.

Воднобалансовые расчеты выполняются в соответствии с **[Методика составления водохозяйственных балансов водных объектов.**

Министерство природных ресурсов РФ от 2007-11-30 Приказ 314].

Уравнение водохозяйственного баланса имеет вид:

$$ВХБ=W_p+\Delta W_p+W_{пв}+\sum W_{ввi}-\sum W_i-W_{кп}-\alpha \cdot W_{пв} \quad (IV.1)$$

где W_p - объем стока реки, поступающий на рассматриваемый водохозяйственный участок, с вышележащего ВХУ, ΔW_p – объем речного стока, который формируется на рассматриваемом ВХУ; $W_{пв}$ – водозабор из подземных вод, $W_{ввi}$ - объем возвратных вод i -го участника ВХК, W_i - объем водопотребления i -м участником ВХК, $W_{кп}$.- объем комплексных попусков на ниже лежащий участок реки, α - коэффициент гидравлической связи речных и подземных вод, $W_{пв}$ – объем водозабора из подземных вод, $\alpha \cdot W_{пв}$ – ущерб речному стоку от использования подземных вод.

Расчет водохозяйственного баланса проводится для каждого ВХУ и обеспеченностей 75 и 95%, в табличной форме (форма таблицы IV.1).

Перспективный водохозяйственный баланс в месячных интервалах времени. ВХУ-1. Обеспеченность 75%, млн.м³

Составляющие баланса	Интервал времени												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
Объем стока поступающего с вышележащего участка, $w_{jр}$													
Объем стока формирующийся на рассматриваемом ВХУ реки, $\Delta w_{jр}$													
Водозабор подземных вод, $w_{п.в.j}$													
Объем возвратных вод, $\Sigma W_{ввj}$													
Всего по приходной части													
Ущерб речному стоку W_v													
Водопотребление, Σw_j , всего:													
• в том числе: КБХ													
• промышленность													
• с/х водоснабжение													
• орошение													
• прочее водопотребление													
Комплексный попуск $W_{поп}$													
• в т.ч. экологический попуск													
• водно-транспортный													
Итого по расходной части, $W_{рт}$													
Результаты баланса, МВХБ													
Дефицит ВХБ (-), D													
Резерв воды (+), R													
Фактический сток $W_{фак}$													

Результаты водохозяйственного баланса фиксируют величину дефицита водных ресурсов D , резерв воды $W_{рез}$ и проектный (транзитный или фактический) сток $W_{ф}$ на следующий по течению водохозяйственный участок.

- $VXB \geq 0$ резерв водных ресурсов равен балансу $W_{рез} = B$, а дефицит $D = 0$;
- $VXB < 0$ резерв водных ресурсов равен нулю $W_{рез} = 0$, а дефицит $D = -B$.

V. УПРАВЛЕНИЕ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ

Устранение дефицитов воды и выработка электроэнергии предусматривает регулирование стока реки, путем создания водохранилища полного годовичного регулирования. Водоохранилище планируется создать на ВХУ-2 (нижележащий участок). Полное годовичное регулирование стока делается путем равномерного распределения невязки годового баланса (VXB из таблицы IV.1) по месяцам:

$$\Delta VXB_i = VXB / 12$$

Величина баланса по месяцам пересчитывается с учетом ΔVXB_i :

$$MVXB_{i,гр} = \Delta VXB_i + MVXB_i$$

Определение полезного объема водохранилища проводится с помощью величин $MVXB_{i,гр}$. Для этого год делится на многоводный период (несколько месяцев подряд баланс положительный) и маловодный. Полезный объем определяется путем суммирования значений $MVXB_{i,гр}$ начиная с последнего месяца маловодного периода, для которого полезная составляющая водохранилища принимается равной нулю (величина $MVXB_{i,гр}$ берется со своим знаком).

$$V_i = V_i - MVXB_{i-1,гр}$$

Табл.V.1

Определение полезной емкости водохранилища для условий полного годовичного регулирования стока. ВХУ-2. $P=75\%$, млн. m^3

Параметр	Месяцы												Год	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
MVXB _i														

ΔVXB_i													
$MVB_{i\text{пгр}}$													
V_i													

Самый большой объем в строке V_i равен полезному объему водохранилища $V_{плз}$.

VI. ВОДНОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

Водноэнергетические расчеты проводятся с целью определения:

- гарантированной мощности ($N_{гар}$);
- установленной мощности ($N_{уст}$);
- выработки электроэнергии ГЭС (Эгод);
- количества водных ресурсов для их обеспечения ($W_{гэс}$);
- места ГЭС в графике нагрузки энергосистемы (ЭС);
- подбора гидросилового оборудования для агрегатов электростанции.

В учебной работе подбор гидросилового оборудования не делается.

Гарантированная мощность ГЭС определяется как сумма обеспеченной пиковой мощности ($N^{об\text{пик}}$) и базовой (базисной) ($N_{баз}$):

$$N_{гар} = N^{об\text{пик}} + N_{баз} \quad (VI.1)$$

Базовая мощность обеспечивается постоянным в течение года расходом, например минимальным расходом попусков ($Q_{поп.\text{min}}$):

$$N_{баз} = \rho \cdot g \cdot Q_{поп.\text{min}} \cdot H_{ср} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (VI.2)$$

где ρ - плотность воды, 1т/м^3 ; $g=9.81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения; $H_{ср}$ - среднегодовой напор воды на ГЭС; $\eta=0.85$ – к.п.д. агрегатов ГЭС.

Обеспеченная пиковая мощность вырабатывается за счет объемов воды получаемых ГЭС по ВХБ. Она складывается из двух частей:

$$N^{об\text{пик}} = N_{пик} + N^{об\text{ср.сут}} \quad (VI.3)$$

где $N_{пик}$ - пиковая мощность получаемая за счет суточного регулирования стока; $N^{об\text{ср.сут}}$ – среднесуточная обеспеченная мощность, которая вырабатывается за счет использования средне суточных зарегулированных расходов.

Установленная мощность ГЭС определяется как сумма гарантированной мощности и мощности резервных агрегатов ($N_{рез}$). Значение установленной мощности, представляет собой некоторую расчетную величину, которая может быть потенциально получена при одновременной работе всех имеющихся на ГЭС агрегатов. Величина $N_{уст}$ используется, например, для определения расчетного расхода на ГЭС, для подбора оборудования, классификации гидросооружений, определения экономических показателей.

Годовой объем вырабатываемой энергии на ГЭС это объем энергии, который вырабатывается в год заданной обеспеченности при заданном режиме регулирования расходов и напоров воды.

$$N_{уст} = N_{гар} + N_{рез}.$$

$$Э_{год} = \rho \times g \times Q_{ср} \times H_{ср} \times \eta \times T, \text{ кВт}\cdot\text{ч} \quad (\text{VI.4})$$

где $Q_{ср}$ – среднегодовой расход воды пропускаемый через турбины ГЭС; $H_{ср}$ – среднегодовой напор воды на ГЭС; $\eta = 0.85$ – к.п.д. агрегатов ГЭС; T – количество часов одновременной работы всех агрегатов (для малой ГЭС $T = 2000-4000$ час); $N_{рез} = (0.10 \dots 0.20) \times N_{гар}$ – мощность резервных агрегатов.

Расчет основных параметров ГЭС требует определение уровней воды в верхнем и нижнем бьефах, так как они определяют величину напора воды на ГЭС.

VI.1 Определение среднесуточной обеспеченной мощности

Величина напора в i – ый месяц определяется как разность отметок вода в верхнем и нижнем бьефах: $H_i = \nabla_{ВБi} - \nabla_{НБi}$.

Отметки воды в верхнем бьефе $\nabla_{ВБi}$ определяются по графику зависимости уровней воды в водохранилище от объемов воды ($V_{полi}$): $\nabla_{ВБi} = f(V_i)$. Величина $V_{полi} = V_i + V_{мо}$, где V_i – объем воды в водохранилище в i –ый месяц; $V_{мо}$ – мертвый объем воды в водохранилище.

Отметки уровней воды в нижнем бьефе $\nabla_{НБi}$ определяются по графику зависимости уровней воды в нижнем бьефе от расходов попусков в i -ый месяц ($Q_{попi}$).

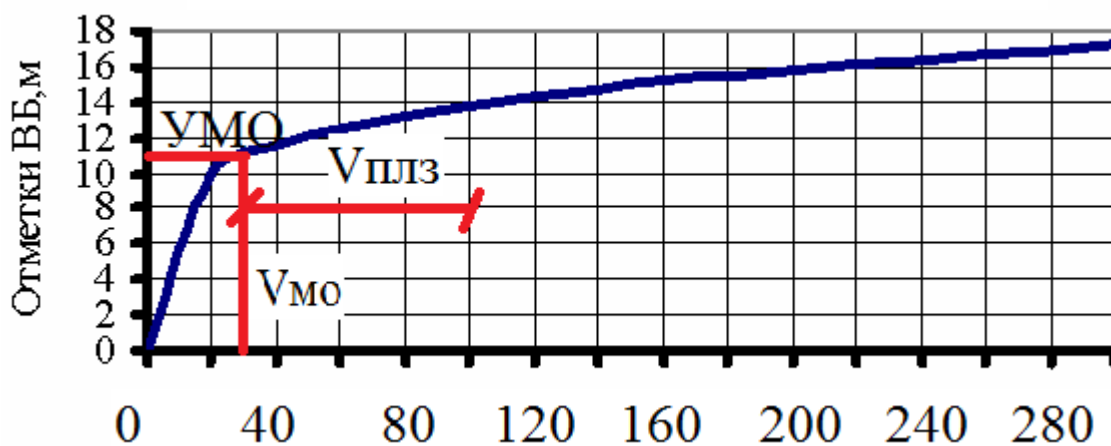


Рис. VI.1 Зависимость отметок уровней верхнего бьефа от объемов воды в водохранилище.

Величина V_{MO} принимается конструктивно (т.к. в составе гидроузла имеется ГЭС и для создания условий оптимальной работы агрегатов ГЭС разность отметок $\nabla_{НПУ} - \nabla_{УМО} \leq (0.05 \dots 0.25) \cdot H_{max}$) по графику зависимости $\nabla_{ВБ} = f(V_i)$.

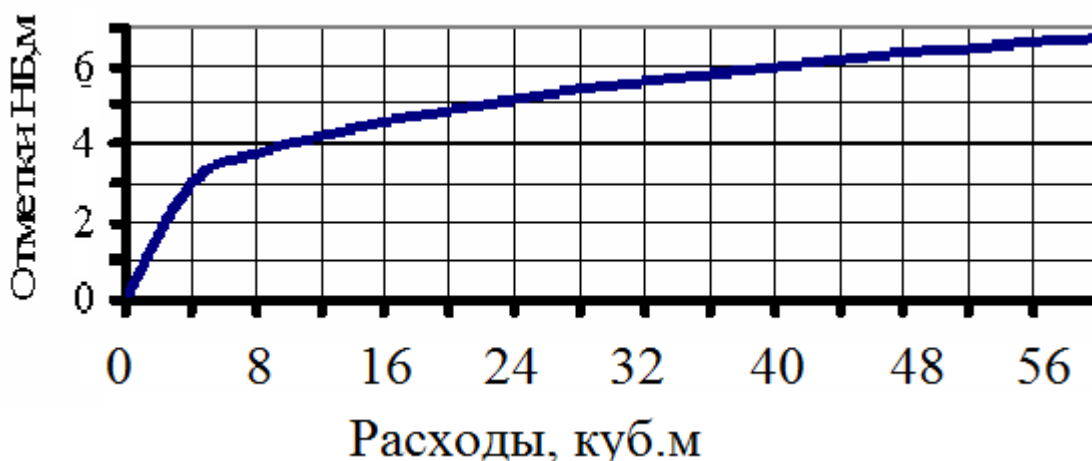


Рис. VI.2 Зависимость отметок нижнего бьефа от расходов воды.

По таблице VI.1 определяется величина обеспеченного напора H_p , который берется в диапазоне обеспеченностей 75-85%. В строчке «Год» определяются значения: $Q'_{\text{поп ср}} = \sum Q'_{\text{поп i}} / 12$ и $H_{\text{ср}} = \sum H_i / 12$. Используя данные значения, определяется годовая выработка электроэнергии и базовая мощность.

Табл. VI.1

Расчет среднесуточной обеспеченной мощности.

Месяц	V_i , млн.м ³	$V_{полі}$, млн.м ³	$\nabla BБi$, м	$W_{кп}$, млн.м ³	$Q_{кпi}$, м ³ /с	$\nabla HБi$, м	H_i , м	N , кВт	N_{\downarrow} , кВт	P , %
1										8
2										17
3										25
4										33
5										42
6										50
7										58
8										67
9									$N^{об} ср.сут$	75
10										83
11										92
12										100
Год					$Q_{ср}$		$H_{ср}$			

VI.2 Определение пиковой обеспеченной мощности

Пиковая обеспеченная мощность определяется с помощью наложения величины суточной выработки электроэнергии $\mathcal{E}_{сут}$ на график анализирующей кривой.

$$\mathcal{E}_{сут} = N^{об} ср.сут \times 24, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (VI.5)$$

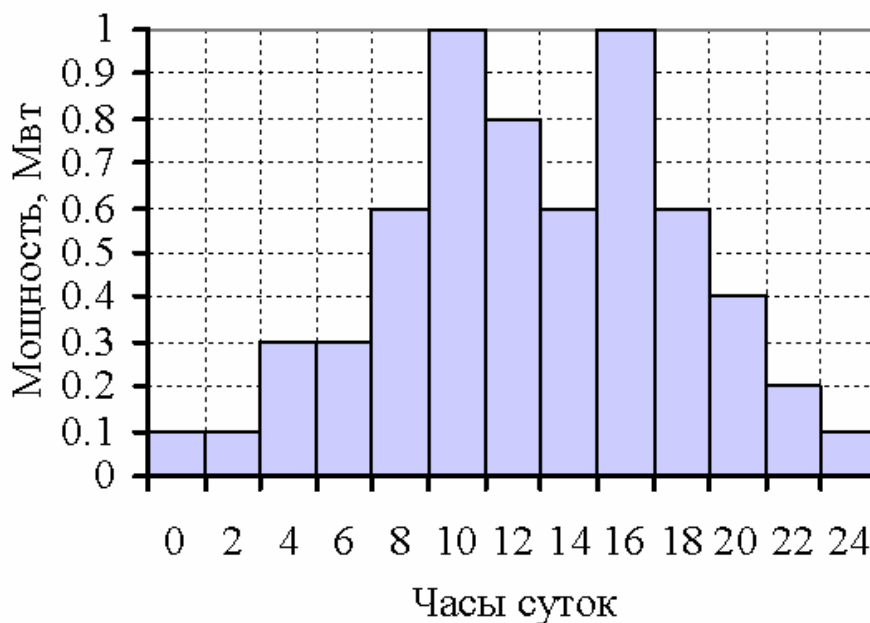


Рис. VI.3 График нагрузки энергосистемы.

Пиковая обеспеченная мощность складывается из пиковой и среднесуточной обеспеченной мощностей:

$$N_{пик} = N^{об} пик - N^{об} ср.сут$$

График анализирующей кривой строится путем разделения графика нагрузки на энергосистему (рис. 6.3) на полосы с одинаковой мощностью и определением суммы энергий по полосам.

Ординаты графика анализирующей кривой определяются в табличной форме (табл. VI.2).

Табл. VI.2

Определение ординат анализирующей кривой

№ ПОЛОСЫ	$N_{\text{полосы}}$, МВТ	$T_{\text{полосы}}$, час	$\mathcal{E}_{\text{полосы}}$, МВТ·Ч	$\Sigma \mathcal{E}_{\text{полосы}}$, МВТ·Ч
1	0.1	24	$N_{\text{полосы}} \cdot T_{\text{полосы}}$	
2	0.1	20		
3	0.1	18		
4	0.1	14		
5	0.2	12		
6	0.2	6		
7	0.2	4		

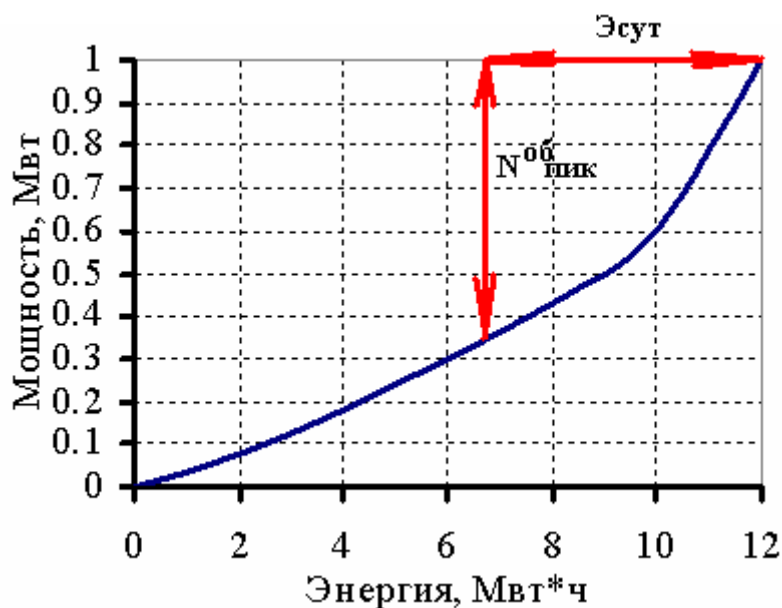


Рис. VI.4 Определение пиковой обеспеченной мощности по графику анализирующей кривой

На графике нагрузки энергосистемы выделяется область покрытия пиковой и базовой части.

VII. ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Разработка водоохраных мероприятий включает: прогноз качества воды с учетом планируемой на перспективу водохозяйственной

деятельности; предложение водоохраных мероприятий и оценка их эффективности.

Оценка качества воды в реке делается на основе расчетов коэффициента предельной загрязненности речной воды ($K^{95\%}_{пз р}$) для года 95% обеспеченности стока реки.

$$K^{95\%}_{пз р} = ((\sum W_{пз i} + \sum W_{вв}) / W_{ф}) - A$$

где $W_{ф}$ – объем фактического стока (транзитный сток) реки (берется из таблицы водохозяйственного баланса); A – параметр учитывающий естественный речной фон (если естественный фон соответствует классу качества воды на уровне «чистого», то $A=1$. Если естественный фон соответствует классу «умеренно загрязненному», то $A=0$). *Естественный фон (в учебной работе) принимается в зависимости от величины коэффициента вариации объемов речного стока (с учетом широтной зональности):*

- для $C_v \leq 0,5$ – «чистый»;
- для $C_v > 0,5$ – «умеренно загрязненный»).

Объем фактического стока реки и сумма объемов возвратных вод берется из балансовой таблицы (1.5):

$$W_{ф} = ВХБ + W_{кп}$$

Качество воды в реке определяется в соответствии с классификационной таблицей VII.1.

Табл. VII.1

Классификация качества воды по показателю предельной загрязненности $K_{пз}$.

$K_{пз}$	<-0,8	-0,8...0	0...1	1...3	3...5	>5
Класс	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная

Расчеты проводятся в табличной форме (табл.VII.2). Если Без учета водоохраных мероприятий (ВОМ) качество воды не соответствует уровню естественного фона, применяются управляющие воздействия, направленные на улучшение качества воды.

Табл.VII.2

Прогноз качества воды без учета и с учетом водоохраных мероприятий (ВОМ).

Составляющие	Без ВОМ	Водоохранные мероприятия*		
		1	2	3
W _ф				
ΣW _{ВВ}				
Источники загрязнения				
КБХ		0	0	0
Промышлен.		0	0	0
Скбх			×(1–0,7)	×(1–0,7)
Животноводство			×(1–0,7)	×(1–0,7)
Прочее		0	0	0
Богарные земли			×(1–0,7)	×(1–0,7)
Осушаемые земли				0
Орошаемые земли			×(1–0,7)	×(1–0,7)
ΣW _{пз}				
K ^{95%} _{пз р}				
Класс качества				

*1 - Очистка сточных вод города и рекреации. 2 - Очистка сточных вод промышленности. 3 – устройство ВОЗ. 4 - Устройство биоплато.

VII.1 Водоохранные мероприятия

Очистка сточных вод

Очистка сточных вод это традиционное и обязательное мероприятие для сосредоточенных источников загрязнения. Данное мероприятие применяется в городах, промышленности и рекреационных учреждениях, что сказывается на изменении показателей загрязненности сточных вод данных водопотребителей: $W^Г_{пз1}=0$, $W^{пр}_{пз1}=0$ и $W^{рекр}_{пз1}=0$

Устройство водоохранной зоны

Водоохранная зона (ВОЗ) устраивается вдоль всего водного объекта и элементов его гидрографической сети. Она предназначена для:

5. защиты водного объекта от загрязнений, поступающих от рассредоточенных источников;
6. защиты склонов первой надпойменной террасы от водной эрозии;
7. укрепления берегов;
8. выполнения функции биологического дренажа.

Экологическая эффективность ВОЗ зависит от периода года и изменяется по годам. В среднем она составляет $\text{Э}_{\text{ВОЗ}}=0.7$.



Схема устройства водоохраной зоны

Устройство ВОЗ учитывается через изменение параметров загрязненности сточных вод, поступающих с орошаемых, богарных земель, а также ливневых и талых сточных вод сельского коммунально-бытового хозяйства и животноводства (принимается, что они не канализованы):

$$W^{\text{ор}}_{\text{пз2}} = W^{\text{ор}}_{\text{пз}} \cdot (1 - \text{Э}_{\text{ВОЗ}})$$

$$W^{\text{бог}}_{\text{пз2}} = W^{\text{бог}}_{\text{пз}} \cdot (1 - \text{Э}_{\text{ВОЗ}})$$

$$W^{\text{с}}_{\text{пз2}} = W^{\text{с}}_{\text{пз}} \cdot (1 - \text{Э}_{\text{ВОЗ}})$$

$$W^{\text{ж}}_{\text{пз2}} = W^{\text{ж}}_{\text{пз}} \cdot (1 - \text{Э}_{\text{ВОЗ}})$$

Очистка дренажных вод осушительной системы

Дренажные воды загрязнены и требуют очистки, но традиционные очистные сооружения не подходят, так как режим стока и загрязненность воды имеют специфический характер, выражающийся в зависимости от природно-климатических условий и использования осушаемых земель человеком. Для очистки дренажных вод используются различного вида пруды, биологические плато, биофильтры. В данной работе предусматривается устройство биологического плато в виде уширения канала осушительной сети. Характерные параметры биоплато: уклон дна

$I=0.0$, скорость воды $v \leq v_{\text{заилления}}$, ширина по дну в пределах $b=3 \dots 10$ м, глубина воды $h=0.3 \dots 1.5$ м. Площадь биоплато рекомендуется принимать в пределах $0.5 \dots 1$ га. В пределах биологического плато создаются условия для произрастания сообщества водной растительности, которая играет основную роль в очистке дренажных вод. Эффективность очистки заключается в следующем:

3. осаждения взвешенных частиц ($E_{\text{взв}}=0.95 \dots 0.99$);
4. поглощения веществ растениями ($E_{\text{биог}}=0.95$ – для биогенных веществ, $E_{\text{пест}}=0.2 \dots 0.4$ – для пестицидов).

Устройство биоплато учитывается изменением показателя загрязненности дренажных вод осушительной системы: $W^{\text{оч}}_{\text{пз3}}=0$.

Особенностью биоплато является то, что оно работает и формируется по принципу природного биоценоза. Это позволяет устраивать его внутри естественных водных объектов: на отдельных участках рек, в том числе и устьях малых рек, в подножии оврагов и т.д. В этом случае биоплато представляет собой профилируемую мелководную зону с постоянным слоем проточной воды.

VII.2 Оценка экологического состояния реки с учетом предлагаемых мероприятий

Экологическое состояние водного объекта оценивается путем определения степени соответствия фоновому классу качества воды. Для этого, используя полученное значение $K^{95\%}_{\text{пз р}}$ (без учета и с учетом ВОМ) строятся кривые обеспеченности показателя $K_{\text{пз р}}$. Ординаты кривой рассчитываются по формуле:

$$K^{P\%}_{\text{пз р}} = ((K^{95\%}_{\text{пз р}} + 1) \times K^{95\%}_{\text{р}} / K^{P\%}_{\text{р}}) - 1$$

где $K^{95\%}_{\text{р}}$, $K^{P\%}_{\text{р}}$ – соответственно, модульный коэффициент речного стока для года 95% обеспеченности и заданной обеспеченности $P\%$ (берется из таблицы приложения в зависимости от C_v и C_s).

Используя данные расчета строится кривая обеспеченности показателя $K^{P\%}_{\text{пз р}}$.

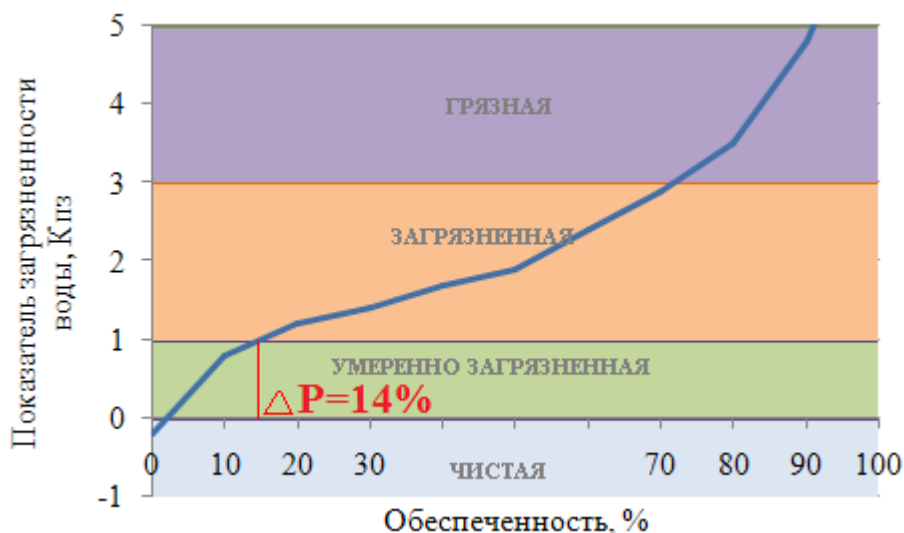


Рис. VII.1 Пример кривой обеспеченности показателя предельной загрязненности речной воды ($K^{P\%}$ пз р).

Степень соответствия (сохранности) водной экосистемы (ΔP) представляет собой вероятность того, что свойства системы в рассматриваемых условиях соответствуют условиям естественного фона. Величина степени сохранности системы определяется с помощью кривой обеспеченности показателя предельной загрязненности ($K^{P\%}$ пз р), как вероятность соответствия показателя $K^{P\%}$ пз р классу качества воды в природных, не подверженных антропогенной деятельности условиях.

Полученное значение степени сохранности ΔP используются для характеристики (табл. VII.3)

Табл. VII.3
Классификация состояний экосистемы по показателю степени сохранности (ΔP).

$\Delta P, \%$	<40	40...60	60...80	>80
Состояние	Катастрофическое	Не удовлетворительное	Удовлетворительное	Хорошее

VIII. ТЕХНИКО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Определяются экономические показатели, позволяющие судить о затратах на реализацию водохозяйственных мероприятий и оценке эффективности природоохранных мероприятий по величине предотвращенного ущерба.

VIII.1 Затраты на проведение водохозяйственных мероприятий

Проводится оценка капитальных вложений, эксплуатационных издержек и суммарных ежегодных затрат на проведение мероприятий:

- очистка сточных вод;
- устройство биоплато;
- устройство водоохранных зон;
- создание гидроузла.

Суммарные ежегодные затраты (Z) определяются как сумма затрат на отдельное мероприятие (Z_i) по формуле:

$$Z = \sum Z_i \quad Z_i = \varepsilon \times K_i + C_i, \quad (\text{VIII.1})$$

где ε - нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности, принимается равным $\varepsilon = 0.12$; K_i - капиталовложения для реализации i -го водохозяйственного мероприятия, руб; C_i - ежегодные издержки для i - го мероприятия. Расчеты проводятся в табличной форме (табл. VIII.1).

Табл. VIII.1

Расчет суммарных ежегодных затрат

Мероприятие	Объем	Капитальные затраты		Ежегодные издержки		Z_i , руб./год
		Удельные, k_i	K_i руб	Удельные, c_i , руб./год	C_i , руб./год	
Очистка стоков города и рекреации	$W_{\text{ВВ}}^{\text{гор}} + W_{\text{ВВ}}^{\text{рекр}}$	40...200 руб/м ³		$0.1 \times K_{\text{оч}}$		
Очистка стоков промышленно сти	$W_{\text{ВВ}}^{\text{пр}}$	100...250 руб/м ³				
Биоплато	$F_{\text{биоплато}}$	300000...		30000...		

		500000 руб/га		50000		
Гидроузел	W _{пол.}	50...100 руб/м ³		0,01×Kгу		
Водоохранная зона	F _{воз}	10000... 30000 руб/га		1000...3000		
Итого		ΣKi		ΣCi		ΣZi

Ширина водоохранной зоны рек или ручьев (В) устанавливается от их истока для рек или ручьев протяженностью:

- 1) до 10 километров - 50 метров;
- 2) от 10 до 50 километров - 100 метров;
- 3) от 50 километров и более - 200 двухсот метров.

Для реки, ручья протяженностью менее десяти километров от истока до устья водоохранная зона совпадает с прибрежной защитной полосой. Радиус водоохранной зоны для истоков реки, ручья устанавливается в размере пятидесяти метров.

Площадь водоохранной зоны (F) определяется в табличной форме, с учетом всей гидрографической сети (учитывается длина главной реки (L_p) и ее притоков (l_i):

$$F=2 \times 10^{-1} \times \sum l_i \times B, \text{ га} \quad (\text{VIII.2})$$

Табл.VIII.2

Определение площади водоохранной зоны ВОЗ.

Ширина ВОЗ, м	Длина, км					F _i , га
	Река	Притоки			Общая Σl _i	
		1	2	3		
50						
100						
200						
Итого	L _p	l ₁	l ₂	l ₃		F

Площадь биоплато (F_б) определяется по выражению:

$$F_b=10^{-1} \times b \times L_b, \text{ га} \quad L_b=v \times k^{-1} \times (C^{bx} - \text{ПДК}), \text{ км} \quad (\text{VIII.3})$$

где b – ширина биоплато (3...10м); L_b – длина биоплато, м; v – скорость течения воды на биоплато (0,2...0,3 м/с); k – коэффициент самоочищения воды (0,01...0,03 г/л·с; $C^{вх}$ – концентрация вещества на входе в биоплато, мг/л.

VIII.2 Определение величины предотвращенного ущерба от загрязнения

Эффективность водоохранных мероприятий определяется через величину **предотвращенного ущерба** (Y), который представляет собой дополнительные затраты на использование воды, в случае если водоохранные мероприятия не проводятся. Величина предотвращенного ущерба рассчитывается по формуле:

$$Y = p \times K_{уд} \times \sum_j W_{ввj} \times \sum_i (C_{ввиj} - C'_{ввиj}) \times A_i \quad (\text{VIII.4})$$

где p – коэффициент учитывающий значимость водного объекта для водохозяйственных целей (табл. VIII.3); $K_{уд}$ – удельная величина предотвращенного ущерба, ($K_{уд}=4300$ руб/усл.тонна); $C_{вви}$ – концентрация i -го загрязняющего вещества в возвратных водах j -го участника ВХК до проведения водоохранных мероприятий; $C'_{вви}$ – концентрация i -го загрязняющего вещества в возвратных водах j -го участника ВХК после проведения водоохранных мероприятий; $W_{ввj}$ – объем возвратных вод j -го участника ВХК; A_i – коэффициент для перевода объема сбрасываемых веществ из тонн в условные тонны, $A_i=1/ПДК_i$.

Табл. VIII.3
Значения коэффициента (p).

Область	Бассейн реки		
	Дон	Днепр	Волга
Смоленская		1.75	
Брянская		1.75	
Курская	1.13	1.75	
Калужская		1.75	
Орловская	1.13	1.75	0.7-2.6*
Тульская			2.60
Московская			2.60
Воронежская	1.13		
Ростовская	1.13		
Пензенская			2.60
Саратовская			2.60

Горьковская			0.7-2.6**
Ульяновская			0.70
Рязанская			2.60
Владимирская			2.60
Тамбовская			2.60
Ивановская			2.60
Ярославская			2.60
Костромская			0.91
Вологодская			0.91
Новгородская			0.91
Свердловская			0.50
Пермская			0.50

*Устье реки Оки $p=2.6$

** Ниже г. Горький $p=2.6$

Значения $C'_{ввi}$ принимаются с учетом проводимого мероприятия:

- очистка сточных вод (города, рекреации, промышленности, устройства биоплато) $C'_{ввi}=ПДК_i$;
- устройство водоохраной зоны (орошение, богарные земли) $C'_{ввi}=C_{ввi} \times (1 - \Delta_{ВОЗ})$.

Учитывая отсутствие необходимого количества исходных данных о загрязненности стоков (например, с сельскохозяйственных угодий) в работе предлагается проводить расчет величины предотвращенного ущерба не по формуле (VIII.4), а по формуле (VIII.5), в которой используются величины показателя загрязненности сточных вод.

$$Y = p \times k_{уд} \times [\sum W_{пзj} - \sum W_{пзj}^{BOM}] \quad (VIII.5)$$

где $\sum W_{пзj}$ - сумма объемов предельной загрязненности без учета водоохраных мероприятий; $\sum W_{пзj}^{BOM}$ - сумма объемов предельной загрязненности с учетом всех запланированных водоохраных мероприятий (табл. VII.2).

ВЫВОДЫ

Выводы по работе делаются на основе проведенных исследований по основным направлениям позволяющим решить главные водохозяйственные задачи.

- Результаты составления годового ВХБ

- Результаты учета водохозяйственных мероприятий
- Результат оценки загрязненности реки
- Результаты оценки экономических показателей.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Внутригодовое распределение осадков (Ос), испарения с суши (Ес)
и водной поверхности (Ев),%

Геоботаническая зона	Фактор	Месяцы											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Европейская территория России													
Хвойные леса	Ес	=	0.5	2	6	17	25	22	15	8	4	0.5	=
	Ев	=	=	=	3	16	22	21	19	12	6	1	=
	Ос	7	6	5	4	6	7	11	14	11	11	9	9
Смешанные и лиственные леса, лесостепи	Ес	0.5	1	3	9	18	20	18	13	9	5	3	0.5
	Ев	=	=	=	6	14	20	21	19	12	6	2	=
	Ос	7	5	7	5	8	10	12	11	10	8	9	8
Степь	Ес	15	1	3	11	19	20	16	12	8	5	3	1
	Ев	=	=	3	6	13	17	20	19	13	7	2	=
	Ос	7	9	6	5	12	14	7	5	7	6	10	13

Значения модульных коэффициентов речного стока Кр% ($C_s = 2 \times C_v$).

Р, %	Коэффициент изменчивости C_v полов										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	
0.001	1,49	2,09	2,82	3,68	4,67	5,78	7,03	8,40	9,89	11,50	
10	1,13	1,26	1,40	1,54	1,67	1,80	1,94	2,06	2,19	2,30	
20	1,08	1,16	1,24	1,31	1,38	1,44	1,50	1,54	1,58	1,61	
30	1,05	1,09	1,13	1,16	1,19	1,21	1,22	1,22	1,22	1,20	
40	1,02	1,04	1,05	1,05	1,04	1,03	1,01	0,89	0,96	0,92	
50	0,99	0,98	0,97	0,95	0,92	0,89	0,85	0,80	0,75	0,70	
60	0,97	0,94	0,89	0,85	0,80	0,75	0,69	0,63	0,57	0,51	
70	0,95	0,89	0,82	0,76	0,69	0,62	0,55	0,49	0,42	0,36	
80	0,91	0,83	0,75	0,66	0,57	0,50	0,50	0,42	0,35	0,28	
90	0,87	0,75	0,64	0,53	0,44	0,35	0,27	0,21	0,15	0,11	
99	0,78	0,59	0,44	0,30	0,21	0,13	0,08	0,04	0,02	0,01	

Типовое внутригодовое распределение речного стока для лет разной обеспеченности, %.

Район	Р%	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хвойных лесов	50	2.9	2.5	2.3	19.1	35	9	6.2	4.1	2.8	5	6.9	4.2
	75	2.7	2.3	2.1	20.3	37.3	9.6	5.5	3.6	2.4	4.3	6.1	3.8
	95	2.3	2	1.8	21.6	39.8	10.2	4.7	3.1	2.1	3.8	5.3	3.3
Смешан ных лесов	50	0.7	1	1.4	57.8	15.9	4.4	4	1.7	1	2.6	6.2	3.3
	75	0.8	1	2.3	62.8	15.4	4.4	3.9	2	1.2	2.6	1.9	1.7
	95	0.7	0.9	2	63.8	15.6	4.4	3.8	1.9	1.1	2.5	1.8	1.5
Лесостеп ь	50	2.7	1.8	1.6	5.3	58.2	11.2	5.3	1.5	1.9	2.3	5.2	3
	75	2.2	1.4	1.7	5.3	56.7	17.9	3.8	2.5	1.8	1.5	2.4	2.8
	95	1.9	1.3	1.5	5.4	58.1	18.3	3.5	2.3	1.6	1.4	2.2	2.5
Степь	50	2.9	2.4	2.5	3.8	55.8	10.9	4.8	3.7	3.3	3	3.8	3.1
	75	2.7	2.2	2.4	3.8	56.4	11	4.7	3.6	3.3	3	3.8	3.1
	95	2.5	2	2.2	3.9	56.6	11.1	4.7	3.7	3.3	3	3.9	3.1

Типовое внутригодовое распределение температур воздуха, °С

Область, край	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Кировская	-14.2	-13.1	-7.1	2	9.8	15.5	17.8	15.4	9	1.5	-6	-12	1.5
Удмуртия	-14.6	-13.8	-7.6	2.8	11.1	16.8	18.7	16.6	10	2.4	-5.7	-12.6	2.1
Кострома	-11.8	-11.3	-6	2.6	10.5	15.2	17.6	15.6	9.7	3	-3.6	-10.9	2.6
Иваново	-11.6	-10.7	-5.5	3.7	11.5	15.9	18.5	16.3	10.1	3.4	-3.2	-9	3.3
Горький	-13.7	-13	-7	1.9	11.2	16.1	18.2	16	10	2.8	-5	-11	2.2
Мари-Эл	-13.2	-12.8	-6.9	3.7	12.5	17.4	19	17.6	11.2	3.4	-4.2	-10.6	3.1
Чувашия	-11.5	-11.4	-5.7	4.3	13.1	17.2	19.3	17.4	11.4	4.3	-2.6	-8.7	3.9
Мордовия	-10	-8	-4	2	10	14	18	12	3	0	-5	-8	2.0
Московс- кая	-7.5	-6	-0.5	5	16	22	21	12	4	1	-2	-4	5.1
Астрахан- ская	-4.2	-2.1	0.3	3	10.6	15.7	21.2	18.4	9.8	5.5	-0.2	-4.8	6.1
Курская	-2.3	-1.8	1.4	4.8	11.9	18.8	21.7	19.6	10.6	6.4	0.8	-3.6	7.4
Ставро- польский	-1.8	-1.3	2.1	5.2	15.5	19.2	24.6	20.6	14.7	7.3	1.3	-2.6	8.7

Площадь орошаемых земель в субъектах РФ

Федеральный округ	Площадь орошаемых земель, тыс. га
Краснодарский край	391
Ставропольский край	335
Пермский край	16,9
Ростовская обл.	241
Кемеровская обл.	21,8
Оренбургская обл.	64,1
Ленинградская обл.	12,7
Костромская обл.	1,2
Московская обл.	140
Тверская обл.	5,4
Нижегородская обл.	24,7
Свердловская обл.	33,9
Самарская обл.	144
Астраханская обл.	219
Волгоградская обл.	222
Челябинская обл.	98,4
Республика Башкортостан	64,7
Республика Татарстан	169
Саратовская обл.	257

Структура земельного фонда областей европейской части России.

ри ан	Область, край	Структура, %						Природная зона
		$f_{лес}$	$f_{луг}$	$f_{бол}$	$f_{с/х}$	$f_{оз}$	$f_{застр}$	
1	Ленинградская	46	14	3	25	2	2	лесная
2	Новгородская	53	13	2	18	2	3	лесная
3	Псковская	45	15	3	25	2	2	лесная

4	Вологодская	42	18	2	26	2	2	лесная
5	Ульяновская	10	21	0	56	2	2	лесная
6	Астраханская	9	27	0	45	2	2	степная
7	Смоленская	48	12	1	22	2	2	лесная
8	Ярославская	38	20	3	27	2	2	лесная
9	Владимирская	36	19	2	31	2	2	лесная
10	Костромская	44	17	1	25	2	2	лесная
11	Ивановская	43	18	1	24	2	2	лесная
12	Кировская	38	22	1	26	2	2	лесная
13	Калужская	32	12	0	44	2	2	лесная
14	Самарская	31	14	0	42	2	2	Лесостепная
15	Рязанская	27	18	0	43	2	2	лесная
16	Брянская	34	13	2	38	2	2	лесная
	Курская	17	29	0	50	1	3	Лесостепная
	Оренбургская	9	32	0	56	0	3	Степная
17	Тульская	28	23	1	32	2	2	лесная
18	Орловская	24	17	0	47	2	2	лесная
19	Ставропольский	4	7	0	77	2	2	степная
20	Пензенская	30	21	1	36	2	2	лесная

Оросительные нормы для разных сельскохозяйственных культур, м³/га

Область, край, республика	Зерновые	Овощи	Кормовые	Травы
Брянская	1000	1400	1400	1650
Владимирская	1050	1500	1450	1750
Ивановская	950	1350	1450	1700
Тверская	500	900	850	950
Калужская	700	1050	1000	1300
Костромская	700	1050	1000	1250
Московская	750	1200	1050	1300
Орловская	1100	1700	1700	2000
Рязанская	1200	1800	1750	2200
Смоленская	400	800	800	900
Тульская	1050	1600	1650	1950
Ярославская	700	1000	1000	1200
Горьковская	1100	1750	1700	2100
Кировская	950	1450	1350	1600
Марийская	1150	1850	1850	2150
Мордовская	1300	2050	2200	2600
Чувашская	1200	2000	2000	2400
Белгородская	1650	2400	2500	3050
Воронежская	1800	2850	3150	3700
Курская	1250	2050	1950	2350
Липецкая	1450	2300	2300	2750
Тамбовская	1700	2600	2800	3200
Куйбышевская	2000	2500	3500	4200
Саратовская	2450	3460	3460	4990
Волгоградская	2680	4350	3790	5780
Астраханская	2870	5550	4770	6920
Калмыцкая	2700	4830	4830	7470
Башкирская	1340	1760	1480	2910
Татарская	1960	1820	1560	1960
Пензенская	1410	1600	1600	2330
Ульяновская	1620	2250	2240	2520
Краснодарский	1750	3350	1880	4150
Ростовская	2380	4570	2790	5300
Ставропольский	2200	4050	2510	5160
Свердловская	850	1620	1440	1710
Пермская	680	1260	860	1380
Удмуртская	860	1550	1040	1620
Курганская	1440	2430	2160	2880
Челябинская	1530	2430	2070	2610
Оренбургская	1800	3150	2700	3330

Алтайский	1550	2240	1720	2670
Кемеровская	860	1120	630	1420
Новосибирская	1350	2050	1590	2310
Омская	1380	2810	1470	2270
Тюменская	910	1330	950	1570
Томская	490	770	460	890
Красноярский	2000	2300	1800	2700

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И СПРАВОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ.

1. «Методика расчета водохозяйственных балансов водных объектов». Министерство природных ресурсов РФ от 2007-11-30. Приказ 314
2. А.Н. Иванов, Т.А.Неговская. Гидрология регулирование стока. Учебник. – М.:Колос,1979
3. Географические атласы;
4. Государственный водный кадастр. Гидрографические характеристики речных бассейнов европейской территории СССР. -Л.: Гидрометеиздат. 1971.
5. Комплексное использование водных ресурсов и охрана природы. - Под ред. Шабанова В.В. - М.: 1990
6. Малые реки России. Под ред. Черняева А.М. – Свердловск: Средне уральское книжное издательство, 1988
7. Реймерс Н.Ф. Природопользование. –М.:Мысль 1990
8. СНиП 2.01.14-83 "Определение расчетных гидрологических характеристик".
9. СНиП 22-02-2003 "Инженерная защита территорий, зданий и сооружений от опасных геологических процессов".
10. СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети и сооружения".
11. СНиП 2.06.03-85 "Мелиоративные сооружения".
12. Справочники. Агроклиматические ресурсы.
13. Справочник. Водное хозяйство. Под ред. Бородавченко И.И. – М.: Агропромиздат.,1988
14. Хрисанов Н.И. Управление эвтрофированием водоемов. – С.- П.:Гидрометеиздат. 1993
15. Карты России по областям [<http://haveall.net/karta-rossii-po-oblastyam/>] (по данным на 17.02.2014).