

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА ИМ. К.А. ТИМИРЯЗЕВА

В.Н. Маркин, С.А.Федоров

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Москва

Издательство РГАУ-МСХА

2016

УДК 502.3

ББК 28.08

Маркин В.Н. Эколого-экономическая оценка водных объектов: учебное пособие/В.Н. Маркин, С.А. Федоров. - М.: издательство РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2016.-с.128

В работе представлен теоретический курс и пособие для выполнения практического задания. Учебное пособие позволяет выполнять расчетно-графические, курсовые и выпускные квалификационные работы, а так же проводить промежуточную проверку знаний студентов. Учебное пособие позволяет решать вопросы на основе исходных данных конкретного объекта и задания их по вариантам.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению «Природообустройство и водопользование», является основой для проведения дисциплины «Эколого-экономическая оценка водных объектов».

Рецензенты:

ISBN

© Маркин В.Н.,С.А. Федоров, 2016

©ФГБОУ ВО РГАУ-ТСХА

им.К.А. Тимирязева, 2016

©Издательство РГАУ-МСХА, 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	5
ТЕМА 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ. СВЯЗЬ С ДИСЦИПЛИНАМИ КУРСА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ	5
ТЕМА 2 ОСНОВЫ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА И НОРМАТИВНАЯ БАЗА.....	8
ТЕМА 3 ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ МИРА И РОССИИ	13
ТЕМА 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	22
ТЕМА 5 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	27
5.1 Оценка качества воды с помощью физико-химических показателей	31
5.2 Оценка экологического состояния водных экосистем	33
5.2.1 Оценка экологического состояния водных экосистем с помощью индекса сапробности.....	36
5.2.2 Оценка экологического состояния водных экосистем с помощью индекса Шеннона	38
ТЕМА 6. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ	42
ТЕМА 7 ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ	45
7.1 Политические водоохранные мероприятия	45
7.2 Государственные водоохранные мероприятия.....	47
7.3 Инженерно-технические мероприятия	48
7.4 Экономические мероприятия по экономии и охране водных ресурсов	52
7.5 Организационно-хозяйственные мероприятия	54

8. ПРИМЕР РАНЖИРОВАНИЯ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИРТЫШ	57
ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ	61
ЗАДАНИЕ 1 РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПО СБРОСУ АГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ...	61
ЗАДАНИЕ 2 РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ	64
ЗАДАНИЕ 3 ОБОСНОВАНИЕ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ	71
ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ ПО ОБОСНОВАНИЮ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ.....	90
ПРИЛОЖЕНИЕ	103
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	106

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ТЕМА 1

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ. СВЯЗЬ С ДИСЦИПЛИНАМИ КУРСА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ

Цель дисциплины освоение методологии оценки и обоснования мероприятий по рациональному использованию водных ресурсов, включая вопросы; оценка качества вод.

Задачи курса:

- оценка экономической эффективности водохозяйственной деятельности;
- экологическая оценка использования и охраны водных ресурсов;
- методы экологического и экономического обоснования мероприятий по охране водных объектов, управления водными ресурсами и их экономии;
- обосновывающие гидрохимические и водохозяйственные балансы, экономические расчеты и анализ результатов;
- рассмотрение вопросов рационального использования водных ресурсов.

Оценка деятельности связана с определением экономической эффективности водохозяйственной деятельности. При этом определяются: доход от использования водных ресурсов (Д); Затраты на проведение мероприятий (З), включая капитальные затраты на строительство (К) и ежегодные издержки (С), затраты на компенсацию ущерба (У) связанных с созданием водохозяйственных объектов (водохранилищ, подпорных сооружений, каналов переброски стока и др.). При этом учитывается величина предотвращенного ущерба (П) от ухудшения состояния водного объекта (например, загрязнения). Эффективность мероприятий оценивается с помощью коэффициента экономической эффективности (Э), который сравнивается с его нормативным значением (Э_{норм}):

$$\text{Э} = (\text{Д} + \text{П} - \text{С} - \text{У}) / \text{К} \quad \text{Э} \geq \text{Э}_{\text{норм}}.$$

Экологическая оценка позволяет определить, как и какие изменения состояния водного объекта происходят в результате водохозяйственной деятельности. Оценивается это по изменениям параметров, характеризующих экологическое состояние водного объекта. Например: индекс загрязнения воды (ИЗВ или его модификации) - характеризует качество воды; индекс Шеннона - характеризуют видовой состав водных гидробионтов.

Антропогенная деятельность связана с использованием водных ресурсов, что ухудшает их состояние. Поэтому необходимо обоснование и разработка мероприятий по охране водных объектов. При обосновании водоохранных мероприятий используются эколого-экономические методы, позволяющие улучшить качество воды (К) до природного (естественного $K_{\text{ест}}$) класса качества («чистого» - «умеренно загрязненного»): $K \rightarrow K_{\text{ест}}$. При этом затраты на мероприятия должны быть минимальными $Z \rightarrow \text{мин.}$, экономические показатели соответствовать нормативно техническим требованиям.

Табл. 1.1

Параметры и характеристика экологического состояния водных объектов

Оценочный показатель	Класс качества воды					
	1	2	3	4	5	6
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загряз.	Загряз.	Гряз.	Очень гряз.
Индекс загрязнения воды (ИЗВ)	≤ 0.2	0.2...1	1...2	2...4	4...6	> 6
Индекс Шеннона (H)	3.06...2.3	2.3...1.89	1.89...1.52	1.52...1.25		1.25...1.11
Трофность	Олиготрофная	мезотрофная		эвтрофная		Гиперэвтроф.
Зоны кризисности экосистемы	Стадия обратимых изменений		Пороговая стадия	Стадия необратимых изменений		

Методы обоснования связаны с составлением гидрохимических и водохозяйственных балансов, а так же проведением экономических расчетов. Например, требуется обосновать проведение мероприятий по охране реки. Объем речного стока составляет $W_p=300\text{млн.м}^3$. Речная вода используется для целей промышленного предприятия. Объем водопотребления $W=80\text{млн.м}^3$, объем образующихся сточных вод составляет $W_{вв}=60\text{млн.м}^3$. В сточных водах содержатся нефтепродукты, концентрация которых составляет $C_{вв}=0,6\text{мг/л}$. Минимальный объем стока воды в реке (экологический сток) составляет $W_{эк}=270\text{млн.м}^3$.

Обоснование включает составление водохозяйственного баланса:

$$ВХБ=W_p+W_{вв}-W-W_{эк}=300+60-80-270=+10\text{млн.м}^3,$$

т.к. величина водохозяйственного баланса больше нуля $ВХБ\geq 0$, то дефицитов воды и истощения реки нет - мероприятия по управлению объемами водных ресурсов не требуются (рассматриваются вопросы рационального использования водных ресурсов).

Проводятся гидрохимические расчеты по оценке загрязненности речной воды:

$$C_p=W_{вв}\times C_{вв}/(W_p+W_{вв}-W)=60\times 0,6/(300+60-80)=0,13\text{мг/л}.$$

Концентрация загрязняющего вещества в речной воде превышает $ПДК_{p/x}=0,05\text{мг/л}$, следовательно, требуются мероприятия по очистке сточных вод.

Дисциплина «Эколого-экономическая оценка водных объектов» решает вопросы, которые используются другими дисциплинами (Комплексное использование и охрана водных ресурсов, Управление водохозяйственными системами, Проектирование водохозяйственных систем и др.).

ТЕМА 2

ОСНОВЫ ВОДНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА И НОРМАТИВНАЯ БАЗА

Основные законодательные документы. Принципы водного законодательства. Основные положения в отношении использования и охраны водных ресурсов. Нормативные документы.

Водное законодательство – это элемент системы законодательства, включающий нормативные и правовые акты, регулирующие отношения в области использования и охраны водных объектов. Целями Водного законодательства РФ являются: обеспечение прав граждан на чистую воду и благоприятную водную среду; поддержание оптимальных условий водопользования, а также качества поверхностных и подземных вод в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям; защита водных объектов от загрязнения, засорения и истощения; предотвращение или ликвидация вредного воздействия вод, сохранение биологического разнообразия водных экосистем. Цели Водного законодательства РФ реализуются на основе принципа устойчивого развития (сбалансированного развития экономики и улучшения состояния природной среды) [Указ Президента РФ от 04.02.1994 № 236 О государственной стратегии Российской Федерации по охране окружающей среды и обеспечению устойчивого развития].

Основным законодательным документом является **Водный кодекс Российской Федерации: принятый ГД РФ от 3 июня 2006 г. N 74-ФЗ**. Кодекс основан на принципах:

1. значимости водных объектов в качестве основы жизни и деятельности человека;
2. приоритет охраны водных объектов перед их использованием;
3. сохранение особо охраняемых водных объектов;
4. целевое использование водных объектов;

5. приоритет использования водных объектов для целей питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения;
6. регулирование водных отношений в границах бассейновых округов (бассейновый подход) в зависимости от особенностей режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностей и взаимосвязи водных объектов и гидротехнических сооружений;
7. комплексное использование водных объектов;
8. платность использования водных объектов;
9. экономическое стимулирование охраны водных объектов.

Вопросы охраны природы, в том числе и водных объектов регламентирует **Федеральный «Закон об охране окружающей среды»: принятым ГД РФ от 10.01.2002 N 7-ФЗ**, который учитывает следующие положения.

1. Обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека.
2. Научно обоснованное сочетание экологических, экономических и социальных интересов человека, общества и государства в целях обеспечения устойчивого развития и благоприятной окружающей среды.
3. Охрана, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов как необходимые условия обеспечения благоприятной окружающей среды и экологической безопасности.
4. Презумпция экологической опасности планируемой хозяйственной и иной деятельности.
5. Обязательность оценки воздействия на окружающую среду при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности.
6. Приоритет сохранения естественных экологических систем, природных ландшафтов и природных комплексов.

Реализация принципов водного законодательства предусматривается документом **«Водная стратегия РФ на период до 2020 года»**, утверждена распоряжением Правительства РФ от 27.08.2009 № 1235-р. Стратегия разработана в целях водоресурсного обеспечения долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации. Выделяются следующие

стратегические цели и приоритетные направления развития водохозяйственного комплекса:

- гарантированное обеспечение водными ресурсами населения и отраслей экономики;
- охрана и восстановление водных объектов;
- обеспечение защищенности от негативного воздействия вод.

Предусмотрены механизмы реализации планов:

- сокращение сверхнормативного изъятия водных ресурсов из водных объектов;
- внедрение систем оборотного и повторно-последовательного водоснабжения;
- внедрение систем приборного учета водных ресурсов;
- сокращение непроизводительных потерь воды.

Нормативно методическая база включает **Методические указания по разработке схем комплексного использования и охраны водных объектов: утверждены приказом МПР России от 4 июля 2007 г. № 169**. Схемы разрабатываются в целях:

- определения допустимой антропогенной нагрузки на водные объекты;
- определения потребностей в водных ресурсах в перспективе;
- обеспечения охраны водных объектов;
- определения основных направлений деятельности по предотвращению негативного воздействия вод.

Основной задачей Схем является формирование инструментария принятия управленческих решений по достижению целевых показателей качества воды водных объектов и уменьшения последствий негативного воздействия вод.

Допустимая антропогенная нагрузка на водные объекты определяется в соответствии с **Методическими указаниями по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты: принятых МПР РФ от 12 декабря 2007 г. N 328**.

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты всех источников, расположенных в пределах речного бассейна или его части разрабатываются в целях поддержания поверхностных и подземных вод в состоянии, соответствующем:

- устойчивому функционированию естественных экологических систем, сохранению биологического разнообразия и предотвращению негативного воздействия в результате хозяйственной деятельности;
- сохранению естественных экосистем и улучшению состояния нарушенных антропогенной деятельностью экологических систем;
- сведению к минимуму последствий антропогенных воздействий, создающих риск возникновения необратимых негативных изменений в экологической системе водного объекта;
- обеспечению устойчивого и безопасного водопользования в процессе социально-экономического развития территории.

Нормативы допустимого воздействия на водные объекты (НДВ) предназначены для установления безопасных уровней содержания загрязняющих веществ, а также других показателей, характеризующих воздействие на водные объекты, с учетом природно-климатических особенностей водных объектов данного региона и сложившейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки.

Нормативы допустимого воздействия, регламентирующие виды воздействия на водные объекты, определяются целевым назначением водного объекта.

Требования к качеству воды регламентируются документами, которые устанавливают нормативы по отдельным показателям и свойствам воды:

- 1. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утверждены приказом Росрыболовства от 18 января 2010 года № 20.**

2. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Размер вреда, причиненного водным объектам, гражданам и хозяйственной деятельности, определяется в соответствии с **Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства: утверждена постановлением Правительства РФ от 04.11.2006 г. № 639**. Исчисление размера определяется по величине компенсационных затрат на устранение последствий: истощения, загрязнения и засорения. При этом учитываются факторы, влияющие на его величину вреда (например, состояние водных объектов, природно-климатические условия, длительность и интенсивность негативного воздействия).

ТЕМА 3

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ МИРА И РОССИИ

Водные ресурсы и их роль в жизни общества. Водные ресурсы мира и России. Особенности распределения водных ресурсов в России. Современное экологическое состояние водных объектов и качество воды.

Водные ресурсы – это все воды пригодные для использования человеком. К ним относятся природные воды и сточные, образующиеся в результате антропогенной деятельности. Природные водные ресурсы сосредоточены в поверхностных и подземных водных объектах, атмосфере и почве (табл. 3.1, 3.2).

Табл. 3.1

Характеристика мировых запасов вод

Воды	Запасы, % от общих запасов	Запасы пресной воды, % от запасов пресных вод	Время возобновления	Использование для водопотребления
Океан	96,5	-	3000 лет	не используются
Подземные	1,7	30,1	5000 лет	питьевые цели
Ледники	1,76	39,56	8000 лет	не используются
Озера	0,013	0,26	7 лет	широкое использование
Почвенные	0,001	0,05	1 год	потребление растениями
Атмосферные	0,001	0,04	10 сут	не используются
Болотные	0,0008	0,03	5 лет	не используются
Речные	0,0002	0,006	12 сут	широкое использование

Суммарные водные ресурсы России
(по данным Центра регистра и кадастра)

Ресурсы	Среднеголетний объем возобновляемого стока		Статические запасы	
	км ³ /год	%	км ³	%
Речной сток	4270	42	-	-
Озера	532	5	26068	27
Болота	1000	10	3000	3
Ледники	110	1	39890	41
Подземные воды	787.5	8	28000	29
Почвенная влага	3500	34	-	-
Всего	10193.5	100	96958	100

Наибольшее использование получили пресные подземные и речные воды. Связано это со следующим. Подземные воды характеризуются постоянством объемов и состава. Речные воды характеризуются доступностью и возможностью управления водными ресурсами. Самые большие ресурсы речных вод расположены в Азии и Южной Америки, где сосредоточено 63% мировых ресурсов (рис. 3.1).

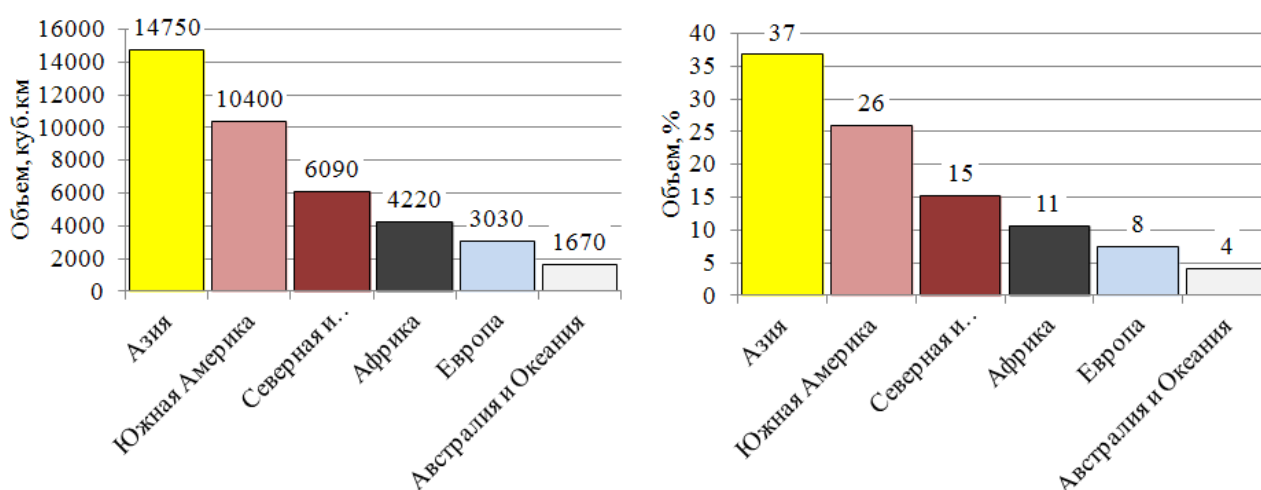


Рис. 3.1 Распределение объемов речного стока в Море, км³; %.

Водные ресурсы.-[Электронный ресурс].-Режим доступа:

<http://vodamama.com/vodnye-resursy.html>.- (Дата обращения 06.05.2016)

В настоящее время реки используются, в основном, для целей водопотребления и размещения сточных вод (табл. 3.3). Объем водопотребления составляет 9% от имеющихся ресурсов. Объем возвратных вод, в среднем по Миру, составляет 44% от объема водопотребления. В России данный показатель составляет 72%. При этом ресурс речной воды превышает объем стоков в 27 раз по Миру и 71 раз в России (кратность разбавления).

Табл. 3.3

**Характеристика использования речного стока
на континентах Мира и в странах**

Континенты, страны	Сток, км ³ /год	Водозабор,		Сброс сточ- ных вод, км ³ /год	Кратность разбавления стоков
		км ³ /год	%		
Континенты					
Европа	3030	480	16	365	8
Азия	14750	2050	14	610	24
Северная Америка	6090	600	10	416	15
Южная Америка	10400	130	1	60	173
Африка	4220	170	4	50	84
Австралия и Океания	1670	20	1	10	167
Мир	40160	3450	9	1511	27
Страны					
Россия	4270	83	3	60	71
Германия	105	45	43	38	3
Франция	170	40	24	34	5
Китай	2900	545	19	165	18
Индия	1590	560	35	135	12
США	2380	470	20	340	7
Канада	2770	45	2	38	73
Мексика	350	80	23	35	10
Аргентина	290	30	10	13	22
Бразилия	5670	35	1	20	284

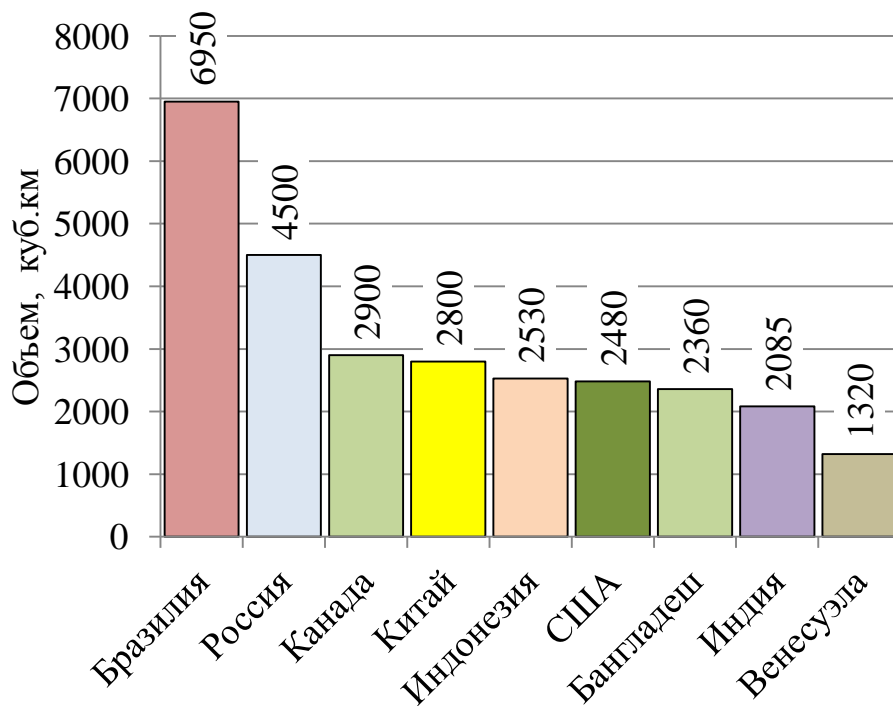


Рис. 3.2 Запасы пресных подземных вод в странах Мира

Водные ресурсы.-[Электронный ресурс].-Режим доступа:

<http://vodamama.com/vodnye-resursy.html>.- (Дата обращения 06.05.2016)

Все природные воды на Земле находятся в непрерывном круговороте. Ежегодно в нем участвует 577 тыс. км^3 воды, что составляет $0,04\%$ от всех ее запасов на Земле. На осуществление круговорота расходуется около 23% всей достигающей Землю солнечной энергии (в год эта величина составляет $7 \cdot 10^{14} \text{ мВт} \cdot \text{ч}$). Количество солнечной энергии, расходуемой в круговороте на 1 м^3 воды, составляет $1,2 \text{ мВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ (в этом случае стоимость 1 м^3 воды можно оценить как $3,05 \text{ руб}/\text{квт} \cdot \text{ч} \times 1,2 \text{ мВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3 = 4200 \text{ руб}/\text{м}^3$). С поверхности океана испаряется 505 тыс. км^3 , суши – 72 тыс. км^3 воды в год; выпадает в виде атмосферных осадков: на поверхность океана – 458 тыс. км^3 , суши – $119 \text{ тыс. км}^3/\text{год}$. Разность между осадками и испарением с поверхности океана, равная $47 \text{ тыс. км}^3/\text{год}$, представляет собой объем воды, который идет на пополнение рек, озер, болот, подземных вод и ледников.

Табл. 3.4

**Составляющие глобального круговорота воды,
среднегодовые объёмы**

Области земного шара	Площадь, тыс. км ²	Осадки		Испарение		Сток	
		тыс. км ³	мм	тыс. км ³	мм	тыс. км ³	мм
Мировой океан	361	411	1140	453	1254	41	114
Суша	149	181	1148	140	798	41	350
Земной шар	510	525	1030	525	1030	—	—

Водопотребление в РФ по данным на 2004 год составило 83 км³/год, что соответствует годовому стоку двух таких рек как Дон и Днепр. В мировой практике, больший объем водопотребления связан с потребностями орошения, а в России большая доля водопотребления приходится на промышленность. В промышленном секторе Российской Федерации наибольший объем воды используются для ТЭС и АЭС – 69.7%, а например, в машиностроении – 7.2%, черной металлургии – 3.7%.

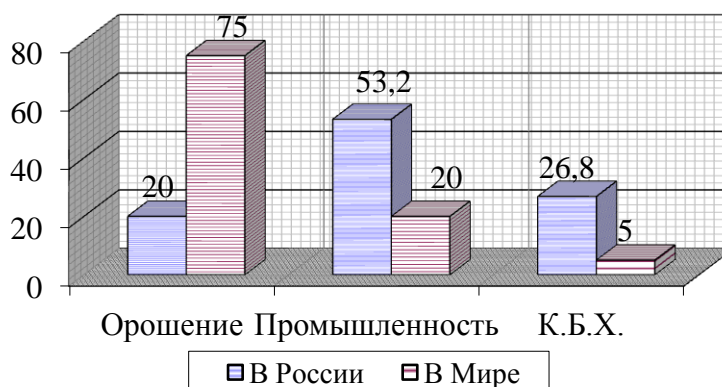


Рис. 3.3. Структура водопотребления по отраслям

В коммунально-бытовом секторе норма водопотребления изменяется в больших пределах, в зависимости от благоустройства. В сельской местности норма водопотребления колеблется в пределах от: 30 до 80 л/сут·чел, а в городских условиях от 150-350 л/сут·чел в городских условиях. Так например водопотребление в Москве – 280 л/сут·чел, Санкт-Петербурге 350 л/сут·чел, Лондоне 286 л/сут·чел, Париже 500 л/сут·чел, Нью-Йорке 1000 л/сут·чел.

В поверхностные водные объекты Российской Федерации отводится около $60\text{ км}^3/\text{год}$ использованных вод, из которых 30% сильно загрязнены и требуют очистки (рис. 3.4). Суммарная мощность очистных сооружений в целом по России составляет $31\text{ км}^3/\text{год}$, что на 8.4 км^3 превышает объем сточных вод, требующих очистки. Однако в целом до нормативного уровня очищается лишь около 11% отводимых вод, нуждающихся в очистке.

В среднем по стране, достаточно высокая водообеспеченность населения и составляет $29000\text{ м}^3/\text{чел.}\cdot\text{год}$. Однако в некоторых регионах страны отмечается дефицит воды. Связано это с рядом факторов:

- рост водопотребления из-за увеличения численности населения, урбанизации, индустриализации и развития сельскохозяйственного производства, в том числе орошаемого земледелия;
- неравномерность распределения водных ресурсов по территории страны;
- неравномерность распределения стока вода во времени. *Поверхностный сток изменяется по годам и во внутригодовом разрезе. Неравномерность распределения стока во времени характеризуется коэффициентом вариации C_v , который изменяется в пределах от 0.1 – в северных областях до 1.0 и более в южных областях;*
- неравномерность расселения людей по территории страны. *Наиболее освоенные районы европейской части страны, где сосредоточено до 80% населения и производственного потенциала, приходится около 8% водных ресурсов.*

- загрязненность воды. В связи с загрязненностью требуется специальная, дорогостоящая водоподготовка. Так, например, вода не соответствует качеству питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения в реках: Нева, Томь, Ока, Урал, Волга, Днепр, Дон, Кубань, Северная Двина, Печора, Обь, Иртыш, Енисей, Лена, Кама, Амур. Загрязнение вод затронуло и подземные водоносные горизонты. На территории 83 субъектов Федерации выявлено 3234 участка загрязнения подземных вод. В основном загрязняются воды первого от поверхности водоносного горизонта.

Важной проблемой водопользования время является нерациональное и неэффективное использование водных ресурсов с высоким удельным расходом воды в промышленности, агропромышленном комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве.

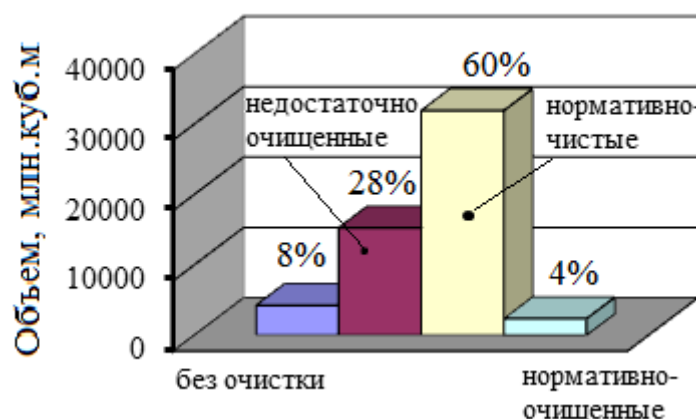


Рис. 3.4. Структура качества сточных вод, млн.м³

Крупным источником негативного воздействия на водные объекты является сельское хозяйство, в том числе орошение, которое потребляет большие объемы воды. Площадь сельскохозяйственных угодий составляет 220,6 млн. га, в том числе 121,6 млн. га пашни. В настоящее время площадь мелиорированных земель составляет 9,1 млн.га, в том числе 4,3 млн. га орошаемых и 4,8 млн. га осушаемых земель с общей балансовой стоимостью систем всех форм собственности 350 млрд. рублей. Фактически поливаемая площадь составляет около 2,4 млн. га. На этих землях производится до 70 % овощей, более 20% грубых и

сочных кормов, весь рис, значительное количество другой продукции растениеводства. Значительные площади орошаемых земель не поливаются из-за отсутствия оборудования, запасных частей к оросительной технике, износа и старения гидротехнических сооружений на оросительных системах.

В 2007 году из водных объектов на нужды орошения было использовано – 8107млн.м³. В перспективе площадь орошаемых земель в России может увеличиться до 10 млн. га. Общая потребность в воде для орошения (с учетом КПД оросительных систем 0,8...0,9) составит 29 км³ в год, в том числе для орошения риса 8,1 км³ воды.

Перспективы использования водных ресурсов связаны с необходимостью решения ряда проблем [Водная стратегия, 2012].

1. Строительство гидроэлектростанций в Сибири и Дальнем Востоке.
2. Развитие орошаемого земледелия в южных районах европейской части Российской Федерации (в бассейнах рек Волги, Дона, Кубани, Северного Кавказа, юга Сибири и Приморского края).
3. Развитие прудового рыбоводства в Южном, Центральном, южной части Уральского и Сибирского регионов, в низовьях р. Волги.
4. Решение задачи обеспечения населения качественной питьевой водой.
5. В регионах с дефицитом водных ресурсов строительство и реконструкция гидроузлов для создания дополнительных регулирующих емкостей водохранилищ и увеличения водоотдачи. Реконструкция водохозяйственных систем, использование запасов пресных подземных вод.
6. Развитие и модернизация системы государственного мониторинга водных объектов.

Увеличение объемов использования водных ресурсов может вызвать обострение региональных проблем, связанных с водообеспечением населения и объектов экономики. Обострение проблем следует ожидать в бассейнах рек Волга, Дон, Кубань, Терек, Урал, Азовского и Каспийского морей и ряде других регионов. Основными проблемами водного хозяйства страны в настоящее время являются:

- высокий удельный расход воды на единицу произведенной продукции и высокие нормы водопотребления городскими жителями;
- неудовлетворительное качество воды в водных объектах, из-за недостаточной очистки (до нормативного качества очищается около 10% сточных вод, требующих очистки) и значительным количеством загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты с поверхностным стоком с водосборов;
- ухудшение технического состояния сооружений, защищающих от вредного воздействия вод, что ведет к возрастанию ущерба от наводнений, подтоплений, оползней, эрозии;

износ основных производственных фондов водного хозяйства, что снижает безопасность их эксплуатации, и ведет к возрастанию затрат на их содержание.

ТЕМА 4

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Цель и задачи экономической оценки природных ресурсов. Особенности экономической оценки водных ресурсов. Затратный подход оценки природных ресурсов – принцип, использование. Результативный подход - оценки природных ресурсов – принцип, использование. Воспроизводственный подход - оценки природных ресурсов – принцип, использование. Подход по экономической оценке природных ресурсов на основе возмещения ущерба - оценки природных ресурсов – принцип, использование. Кадастровый подход. Оценка водных биоресурсов.

Экономическая оценка природных ресурсов – определение в денежных единицах народнохозяйственной ценности естественных благ, которые дают природные ресурсы, т. е. общественная полезность, измеренная через производство и потребление. Таким образом, экономической оценкой природного ресурса является эффект от его использования. Различают отраслевую оценку - в качестве объекта оценки может выступать источники отдельных видов ресурсов (лесные массивы, водоемы, земельные участки). Региональная оценка, - т. е. оценка всей совокупности ресурсов той или иной территории (оценка природно-ресурсного потенциала).

Хозяйственная деятельность связана с использованием природных ресурсов, что требует проведения *оценки воздействия этой деятельности на окружающую среду (ОВОС)*. В результате определяются условия, при которых возможно использование природных ресурсов. После чего делается их экономическая оценка.

Экономическая оценка природных ресурсов, используемых для производства материальных благ, определяется как разница между результатами (доходом) и затратами с учетом фактора времени, экологических требований при заданных технических и социально-экономических условиях производства.

Особенность оценки водных ресурсов (от других видов природных ресурсов) заключается в многообразии их хозяйственного использования. Экономическая оценка водных ресурсов может быть определена на основе суммы полезных эффектов по каждому направлению их использования.

Забор воды для хозяйственных целей:

$$R=r^i \times w$$

где: r^i - удельный доход от использования воды, руб./м³; w - объем забираемой воды в пределах лимита, м³.

Величина r^i может определяться в зависимости от экономико-географических условий данного региона, исходя из:

- экономического эффекта от дополнительного расхода водного ресурса в рассматриваемом регионе (например, при использовании воды для орошения);
- затрат на получение дополнительного количества водных ресурсов за счет осуществления мероприятий по регулированию и территориальному перераспределению речного стока (строительство водохранилищ, каналов и т.п.);
- затрат на осуществление водосберегающих мероприятий.

В настоящее время используются следующие подходы социально-экономической оценки природных ресурсов.

1. **Затратный подход** - оценка стоимости ресурсов определяется по величине затрат на их добычу, освоение или использование. *Например, стоимость воды приравнивается к стоимости ее водозабора, водоподготовки и подачи потребителю.* Недостатком подхода является то, что природный ресурс более высокого качества, расположенный на более удобной для освоения территории, получит меньшую стоимость, в то время как его потребительская стоимость будет выше, чем ресурса более низкого качества. *Например, при использовании воды болота (потребуется большие затраты на устройство водозабора и водоподготовки) и родника (минимальное обустройство места водозабора, без водоподготовки).* Данный подход применим для предварительной

оценки максимальной величины стоимости альтернативных ресурсов (*например, для питьевого водоснабжения используется вода реки, подземных и морских вод. Определяется стоимость затрат на их использование и максимальная величина для трех источников водоснабжения принимается в качестве стоимости ресурса*).

2. Результативный подход - экономическая оценка делается для природных ресурсов, которые приносят доход. То есть, стоимость ресурса определяется как стоимость первичной продукции, получаемой от эксплуатации природного ресурса, либо разницей между полученным доходом и текущими затратами. Недостатки данного метода связаны с следующим.

- Определить стоимость первичной продукции можно не для всех природных ресурсов. *Например, использование минеральной воды непосредственно для питья, можно считать доходом первичного продукта.*
- Доход от использования ресурса может быть прямым и косвенным, который сложно оценить. *Например, при использовании водных объектов в рекреационных целях.*
- Не учитывается фактор времени. Неиспользуемый ресурс, не имеющий в настоящее время стоимости, может быть востребован и даже стать дефицитным в процессе освоения территории и развития новых технологий и производств.

3. Воспроизводственный подход – экономическая оценка стоимости ресурса подразумевает затраты на восстановление в прежнем качестве и количестве (для возобновляемых ресурсов), либо компенсацию за ухудшение состояние окружающей среды на данной территории, при использовании не возобновляемого ресурса. Стоимость природного ресурса будет в данном случае определяться как совокупность затрат, необходимых для воспроизводства (или компенсации потерь) ресурса на определенной территории. Данный подход предполагает дефицитность природных ресурсов, что может привести к завышенным оценкам. Однако, в регионах, где резервы экстенсивного использования природных ресурсов практически исчерпаны, а состояние окружающей

среды близко к критическому, данный подход является актуальным и целесообразным. Оценки, проводимые методом восстановительной стоимости, наиболее приемлемы в условиях отсутствия данных о рыночных ценах на биологические объекты.

4. Подход по экономической оценке природных ресурсов на основе возмещения ущерба - экономическая оценка природных ресурсов (преимущественно биологических) делается на основе нормативов возмещения ущерба, убытков и потерь, связанных с нарушением режимов природопользования, незаконного изъятия ресурсов из экосистемы, нарушением природоохранных норм и правил, законодательства в области охраны окружающей среды.

5. Кадастровый подход - основан на совокупной информации о конкретном виде природного ресурса, включая характеристики его количества, качественного состава, местоположения и других показателей. Кадастровый подход обеспечивает достаточно детализированную оценку ресурсов.

Экономическая оценка *водных биоресурсов* производится на основе общего допустимого вылова, представляющего собой научно-обоснованную величину годового изъятия конкретного вида в определенном районе, установленную с учетом его биологических особенностей.

Ресурсы особо охраняемых природных объектов и их оценка. Указанные объекты играют важную роль в сохранении биологического разнообразия, а также выполняют ряд других важных функций для сохранения окружающей среды и улучшения здоровья населения. Экономическая оценка указанных территорий определяется как сумма оценок отдельных их функций.

Оценка редких и исчезающих видов животных может производиться двумя способами:

- методом аналоговых продаж - основан на учете цен на объекты животного мира, отнесенные к редким и исчезающим, складывающихся на нелегальных рынках торговли животными;

методом восстановительной (воспроизводительной) стоимости - основан на определении затрат, которые пришлось бы нести обществу, чтобы полностью

возместить исчезновение этих ресурсов. При таком подходе применяется принцип условного замещения одних ресурсов (естественных) другими (искусственными).

ТЕМА 5

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Цель экологической оценки. Физико-химические методы оценки качества вод. Биологические методы оценки качества вод. Оценка состояния водных экосистем. Вопросы решаемые экологической оценкой. Связь показателей состояния водной экосистемы и качества воды.

Экологическая оценка водных ресурсов - это определение характеристик их состояния для естественных и подверженных антропогенному воздействию условий. Цель оценки - определение допустимого воздействия, оценки существующего состояния и прогноза влияния использования водных ресурсов. Таким образом, экологическая оценка водных ресурсов включает определение:

- качества воды водных объектов (*качество воды – совокупность состава и свойств воды, определяющих ее использование*);
- экологического состояния водных объектов.

В настоящее время для оценки качества поверхностных и подземных вод, а также загрязненности сточных вод используются физико-химические и биологические методы. Физико-химические методы позволяют количественно определить содержание конкретного вещества в воде и сделать вывод о возможности её использования человеком, но не позволяют судить о состоянии водной экосистемы. Биологические методы, напротив, позволяют только качественно оценить загрязненность воды, но при этом характеризуют состояние экосистемы. Поэтому данные методы взаимно дополняют друг друга и используются совместно.

Физико-химические методы оценки качества вод

Оценка качества воды проводится на основе использования нормативов предельно-допустимых концентраций (ПДК), которые разработаны для санитарно-гигиенических и рыбохозяйственных целей. Вода считается не загрязненной (условно чистой) если выполняется условие:

$$C_i \leq \text{ПДК}_i,$$

где C_i - концентрация i -го вещества в исследуемой воде.

Сточные воды промышленных предприятий дополнительно нормируются по объему сброса загрязнителей. В этом случае объем сбрасываемых в водоем загрязняющих веществ не должен превышать величины предельно-допустимого сброса (ПДС_i):

$$V_i \leq \text{ПДС}_i,$$

$$\text{ПДС}_i = C_{\text{доп.}i} \times W_{\text{вв}},$$

где $V_i = W_{\text{вв}} \times C_{\text{вв}i}$ - объем фактического сброса i -го загрязняющего вещества; $W_{\text{вв}}$ - объем сточных вод, с концентрацией i -го загрязняющего вещества $C_{\text{вв}i}$; $C_{\text{доп.}i}$ - допустимая концентрация i -го загрязняющего вещества в сточных водах, не приводящая к превышению ПДК_i в контрольном створе водного объекта.

Допустимая концентрация должна удовлетворять условию:

$$\sum (C_{\text{доп.}i} / \text{ПДК}_i) \leq 1$$

под знаком суммы учитываются загрязняющие вещества входящие в одну группу лимитирующего признака вредности ЛПВ (для водных объектов рыбохозяйственного водопользования) и относящиеся к 1-му и 2-му классам опасности (для водных объектов хозяйственно-питьевого и коммунально-бытового водопользования).

Биологические методы оценки качества вод

Биологические методы основаны на разных подходах к анализу состояния водных экосистем, среди которых различают: организменный, популяционный и биоценотический.

Организменный подход проводится на основе анализа физиологических и морфологических признаков конкретных анализируемых организмов (биотестов). Например, об ухудшении состояния экосистемы судят по изменению размеров особи, изменению размеров отдельных органов, частоты сердцебиения и т.п. В качестве биотестов используют бактерий, планктонных организмов, водоросли, рыб. Применяется данный подход, например, при мониторинге работы очистных сооружений. Недостаток подхода связан с тем, что о состоянии системы судят по «здоровью» отдельной ее особи, реакция которой на изменение состояния среды может быть специфичной. Поэтому требуется серьезное обоснование выбора тестируемого объекта.

Популяционный подход заключается в анализе изменения состава и структуры популяции организмов. Например, изменение численности особей, изменение скорости размножения и гибели, соотношения между возрастными и половыми структурами. Применяется наряду с организменным подходом и, до некоторой степени, лишён недостатков последнего, но не полностью, так как состояние системы оценивается по реакции одного из видов водного сообщества.

Биоценотический подход проводится на основе анализа состава и трофической структуры сообщества. Например, изменение численности видов, изменение вклада вида в формирование устойчивости экосистемы. Данный подход является основным, среди биологических методов, в оценке качества вод. Недостатком является трудоемкость. Применяется в научных целях и мониторинге водных объектов.

В таблице 5.1 приведены характеристики водных систем, позволяющие оценить их экологическое состояние и пригодность воды для хозяйственных целей.

Табл. 5.1

Характеристики состояния водных экосистем

Показатели качества воды, мг/л	Характеристика водной экосистемы
--------------------------------	----------------------------------

>5.00	2.51...5.0	0.51...2.50	0.21...0.5	0.05...0.2	<0.05	NH ₄
>0.30	0.101...0.3	0.021...0.1	0.006...0.02	0...0.005	0	NO ₂
>4.0	2.5104.0	1.51...2.5	0.51...1.5	0.05...0.5	<0.05	NO ₃
>0.6	0.31...0.6	0.101...0.3	0.031...0.1	0.005...0.03	<0.005	PO ₄
>10	30...10	60...31	80...61	90...81	100...91	O ₂
>25	20.1...25	10.1...20	6.1...10	2.1...6.0	<2	Перманганатная окисляемость
>80	61...80	31...60	19...30	8...18	<7	Бихроматная окисляемость
>10	7.1...10	2.1...7.0	1.3...2.1	0.4...1.2	<0.4	БПК ₅
Поли-апробная-α	Поли-сапробная-β	Мезосапробная-α	Мезосапробная-β	Олиго	Ксено	Сапробность.
Гиперэвтр.	Эвтр.-α	Эвтр.-β	Мезотроф.-α	Мезотроф.-β	Олиго	Трофность
Очень грязн.	Грязн.	Загряз.	Удовл. чистая	Чистая	Очень чистая	Качество воды

Использование любого метода оценки качества воды и состояния водных экосистем подразумевает использование некоторых показателей:

- физико-химических, например, индекс загрязнения воды, коэффициент предельной загрязненности;
- биологических, например, индекс сапробности, индекс Шеннона.

5.1 Оценка качества воды с помощью физико-химических показателей

Антропогенное воздействие на водные объекты приводит к их загрязнению и истощению, что ухудшает среду обитания водных организмов. Использование физико-химических показателей позволяет учесть данные причинно-следственные связи.

Загрязнённость сточных и природных вод можно оценивать с помощью показателя предельной загрязнённости [Шабанов В.В., Маркин В.Н, 2007; 2015]. Показатель предельной загрязнённости выражается в безразмерном виде ($K_{пз}$ - коэффициент предельной загрязнённости) и в размерном виде ($W_{пз}$ – объем предельной загрязнённости, выраженный в единицах объем воды).

$$W_{пз}=W_p \times K_{пз}$$

$$K_{пз}=(1/N) \times [\sum (C_i / ПДК_i) - 1]$$

где i – номер загрязняющего воду вещества; W_p – объем воды, качество которой оценивается (например, объем речного стока, объем сточных вод); $K_{пз}$ – коэффициент предельной загрязнённости воды i -ми веществами, N – количество i -х веществ используемых для оценки показателя.

Коэффициент предельной загрязнённости представляет собой осредненную кратность сверх нормативного превышения показателей, используемых для оценки качества воды. Объем предельной загрязнённости представляет условный осредненный объем загрязняющих веществ. Предложенный показатель качества воды имеет ряд достоинств:

- возможность связать, в явном виде, гидрологические (например, объемы воды) и гидрохимические показатели. Это в свою очередь позволяет учесть влияние, как загрязнения, так и истощения вод, на изменение их качества и состояние водных объектов, и делать прогностические расчеты;
- возможность оценки загрязнённости природных и сточных вод, что позволяет учесть условия их формирования.

Оценка качества речной воды по данным о загрязненности сточных вод

Определяется значение показателя предельной загрязнённости сточных (например, возвратных) вод $K_{пз}^{сб}$

$$K_{пз}^{сб} = \frac{N \cdot \sum C_i}{\sum ПДК_i},$$

где N – количество веществ используемых для определения показателя (5...10 шт.); C_i , $ПДК_i$ – соответственно, концентрация i -го загрязняющего вещества и его нормативное значение.

Рассчитывается коэффициент предельной загрязненности речной воды:

$$A = \frac{W_{ф}}{W_{р} + W_{пв} + \sum W_{вв} - \sum W - W_{ущ}}$$

где A - коэффициент учитывающий естественный фон. Если в естественных условиях качество воды соответствует классу «чистая», $A=1$. Если естественный фон соответствует классу «умеренно загрязненной» воды $A=0$; $W_{ф}$ – объем фактического стока воды в реке:

$$W_{ф} = W_{р} + W_{пв} + \sum W_{вв} - \sum W - W_{ущ},$$

где $W_{р}$ – объем естественного стока реки; $W_{пв}$ – взводозабор подземных вод; $W_{вв}$, W – соответственно объем возвратных вод и водопотребление; $W_{ущ}$ – ущерб речному стоку от использования подземных вод.

По классификационной таблице (табл. 5.2) определяется класс качества воды.

Табл. 5.2

**Классификация качества воды по
коэффициенту предельной загрязнённости $K_{пз}$**

Оценочный показатель	Класс качества воды					
	1	2	3	4	5	6
	Очень чистая	Чистая	Умеренно за- грязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
$K_{пз}$	≤ -0.8	$-0.8 \dots 0.0$	$0.0 \dots 1$	$1 \dots 3$	$3 \dots 5$	> 5

Б. Оценка изменения качества воды в многолетнем разрезе

Оценка качества речной воды в многолетнем разрезе делается на основе коэффициентов предельной загрязненности ($K_{пз}^{р\%}$), которые рассчитываются для лет разной обеспеченности ($P\%$) по стоку.

где $K_{пз}^{р}$ – коэффициент предельной загрязненности воды в отчетный год; $K_{пз}^{р\%}$ – соответственно, модульные коэффициенты стока реки для отчетного года и года заданной обеспеченности $P\%$.

В. Оценка экологической эффективности водоохранных мероприятий

Определение экологической эффективности водоохранных мероприятий позволяет оценить их достаточность и прогнозировать результат их осуществления. Требуемая эффективность ($\mathcal{E}_m, \%$) мероприятий определяется по формуле:

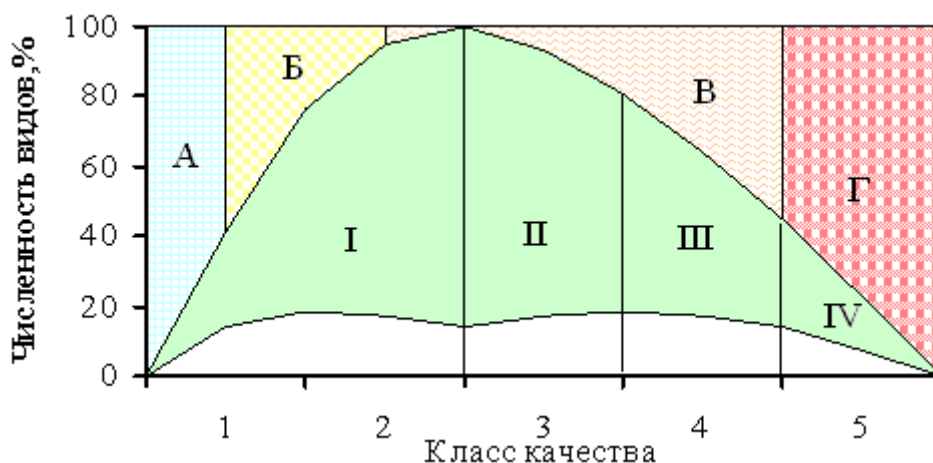
$$\mathcal{E}_m = 100 \times (K_{пз}^{р\%} - K_{пз}^m) / K_{пз}^{р\%}$$

где $K_{пз}^m$ – коэффициент предельной загрязненности соответствующий классу качества воды, который достигается в результате проведения водоохранных мероприятий или планируется для достижения; $K_{пз}^{р\%}$ – коэффициент предельной загрязненности соответствующий исходному уровню загрязненности (например, без учета проведения водоохранных мероприятий).

5.2 Оценка экологического состояния водных экосистем

Экологическое состояние водных экосистем, во многом определяется их устойчивостью к внешним воздействиям, т.е. способностью сохранять свои параметры и структуру, находясь под воздействием внешних факторов. Устойчивость экосистем в первую очередь определяется видовым разнообразием, которое изменяется в зависимости: от трофического уровня водного объекта, объема жизненного пространства, гидрологических и гидрохимических условий и других характеристик и свойств экосистемы.

Экологическое состояние экосистемы характеризуется обратимостью процессов саморегуляции водных экосистем (рис.5.1). Зона обратимых изменений характеризуется способностью водной системы сохранять свои свойства и состав практически без изменений, находясь под влиянием антропогенного воздействия. Увеличение антропогенного воздействия выводит систему на пороговый уровень. Состав и свойства системы, в этом случае, претерпевают определенные изменения, но она способна восстановиться при снижении нагрузки. Дальнейшее увеличение воздействия переводит систему в зону необратимых изменений, когда она утрачивает способность вернуться в естественное исходное состояние даже после снятия нагрузки. Изменения, происходящие в ней существенны и необратимы. Переход в зону кризиса означает, что система деградирует.



I - стадия обратимых изменений, II - пороговая стадия,

III - стадия необратимых изменений, IV - зона кризиса

Уровень трофности:

А- олиготрофный, Б- мезотрофный, В- эвтрофный, Г- гиперэвтрофный

Рис. 5.1 Соотношение видового состава в зависимости от класса качества воды и трофического уровня, в % от максимально возможного (по Бариновой С.С.)

Наибольшее видовое разнообразие соответствует эвтрофному уровню развития экосистемы. Эвтрофирование водоемов или водотоков ведет к увеличению биомассы. Большое влияние на видовой состав оказывает объем жизненного пространства (например, объем стока, площадь мелководной зоны) и условий его образования (площадь формирования стока, уклон реки). Так, для рек (по Алимову А.Ф.), видовой состав рыб (n) связан с площадью бассейнов ($F_{\text{бас}}$):

$$n=0.134 F_{\text{бас}}^{0.544}$$

Антропогенное влияние не должно выводить систему за пределы пороговой стадии. Достигается это установлением нормативов допустимого воздействия. Оценка допустимого воздействия это задача сложная, в силу разнообразного по видам, интенсивности, масштабам и продолжительности влияния, которое человек оказывает на природные системы.

Определение допустимой биогенной нагрузки на реки от диффузного источника загрязнения

Допустимая интенсивность поступления загрязняющих веществ в водные объекты может быть определена из условия: скорость самоочищения воды (e) должна быть не менее интенсивности поступления веществ в водный объект (g):

$$e \geq g$$

Биогенное загрязнение отмечается в случае превышения диапазона изменения концентрации рассматриваемого вещества в воде $C \times (1 + 3 \cdot C^c \cdot v)$. Разная реакция организмов на уровень загрязненности воды позволяет выделить диапазон концентраций $C \times (1 + C^c \cdot v)$, соответствующий условиям «хорошего» состояния гидробионтов. В результате, учитывая что активное самоочищение происходит в течение теплого периода года (T , сут), получим:

$$g_{\text{дон}} = \frac{g_e \times \left(1 + \frac{C^c}{C_v} \right) \times T \times \left(1 + C_v^c \right) - f_e}{1 - f_e}, \text{ кг/га}$$

где g_e - удельный вынос биогенных веществ с естественных угодий: вынос фосфатов с леса $g_e=0.056\text{кг/га}$, k - коэффициент самоочищения, $1/\text{сут}$; f_e - относительная площадь источника загрязнения: $f_e=F_e/F_{\text{бас}}$; F_e , $F_{\text{бас}}$ - соответственно, площадь естественных угодий и бассейна реки.

Определение допустимой нагрузки на водные объекты от сосредоточенного источника

Допустимая нагрузка i -м загрязняющим веществом определяется величиной предельно допустимого сброса (ПДС_i), которая должна гарантировать соблюдение нормативов качества воды в водном объекте. Таким образом, объем загрязняющих веществ (G_i), сбрасываемых в водный объект, должен удовлетворять условию:

$$G_i \leq \text{ПДС}_i$$

Оценка экологического состояния водных экосистем может быть сделана разными методами, в данной работе рассмотрены только три, основанные на использовании показателей: Индекса сапробности, индекса Шеннона, и метода соответствия параметров.

5.2.1 Оценка экологического состояния водных экосистем с помощью индекса сапробности

Сапробность - это степень насыщенности воды разлагающимися органическими веществами. Устанавливается сапробность по видовому составу организмов - сапробионтов в водных сообществах. В соответствии с этой классификацией водные объекты делятся на: поли-, мезо- и олигосапробные.

Полисапробные водоемы характеризуются: почти полным отсутствием растворенного в воде кислорода, большим содержанием углекислого газа, сероводорода, метана, протеканием процессов самоочищения за счет бактерий, наличие неразложившихся белков, протеканием анаэробных процессов (табл.5.3).

Мезосапробные водоемы характеризуются: заметным количеством кислорода, отсутствием неразложившихся белков, низким содержанием углекислого газа и сероводорода. Отсутствует метан. Преобладают аэробные процессы. В самоочищении воды участвуют кроме бактерий, губки, моллюски, водоросли.

Олигосапробные водоемы характеризуются: высоким содержанием кислорода, низким содержанием углекислого газа, отсутствием ядовитых газов, большим видовым разнообразием, активным протеканием процессов самоочищения.

Индекс сапробности (S) оценивается по выражению:

$$S = \frac{\sum (K_i \cdot h_i)}{\sum h_i}$$

где X_i - коэффициент значимости видов организмов, принимается для олиго -, мезо- и полисапробных видов, соответственно: 1, 2 и 3; h_i - относительная численность видов, принимаемая равной 1 (случайные находки), 3 (частая встречаемость) и 5 (массовое развитие).

Индекс сапробности изменяется в пределах: для полисапробной зоны от 4 до 3.5, мезосапробной от 3.5 до 1.5 и олигосапробной от 1.5 до 1. Данный индекс хорошо коррелирует с БПК₅ (биологическое потребление кислорода, характеризует наличие в воде легко разлагаемого органического вещества, которым питаются сапробионты) (рис. 5.2).

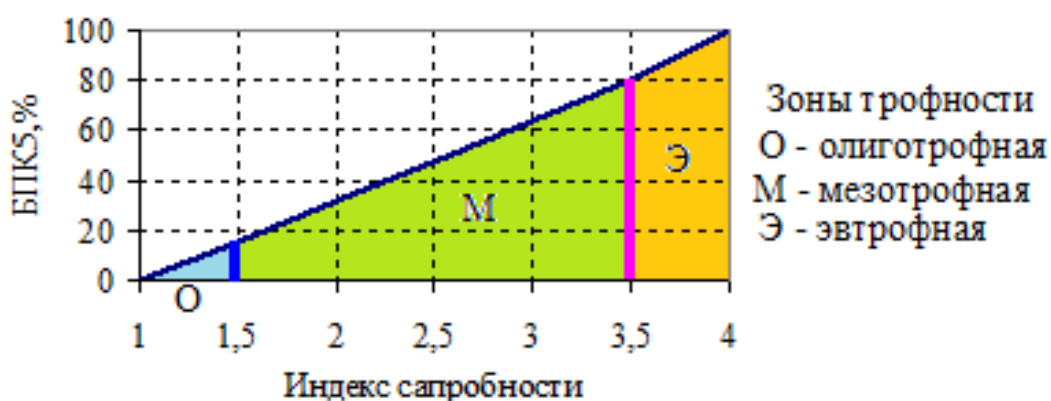


Рис. 5.2 Соотношение индекса сапробности и БПК₅

5.2.2 Оценка экологического состояния водных экосистем с помощью индекса Шеннона

Индекс Шеннона (H) служит показателем частоты встречаемости видов гидробионтов и характеризует видовое разнообразие экосистемы.

$$H = -\sum \frac{n_i}{N \times \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)}$$

где n_i – число особей каждого вида во всех пробах; N – общая численность особей всех видов во всех пробах.

Индекс Шеннона изменяется в пределах от ~1 до 3 (табл. 5.4) и позволяет определить уровень трофности водной системы: олиготрофный, мезотрофный, эвтрофный и гиперэвтрофный. Каждому уровню соответствует определенное качество воды, структура и видовой состав водных сообществ.

Табл.5.3

Характеристика водных объектов на разных трофических уровнях

Трофический уровень	Рыбопродуктивность, кг/га	Прозрачность, м	Цвет	Пригодность воды
Олиготрофный	5...10	≥ 10	Без цвета	Любое водопользование
Мезотрофный	10...20	5...10	Желтовато-коричневатый	Любое водопользование, но для питьевых целей с водоподготовкой
Эвтрофный	20...30	1,5...3	Желто-коричневато-бурый	Техническое водопользование с водоподготовкой, орошение, рыбоводство
Гиперэвтрофный	-	0, 1...0,3	Серо-сизый	Без водоподготовки не пригодна

Следует отметить, что биологические методы сложны для использования в инженерной практике. Они приводят к существенному усложнению работ по оценке состояния водных объектов. Несмотря на общие закономерности, которые отражают биологические показатели, возникает необходимость конкретизировать состояние водной среды. Кроме того, биологические методы сложно использовать для целей прогноза состояния среды (*о которой они дают косвенное суждение*), что представляет особый интерес при водохозяйственном проектировании, особенно на стадии разработки «Схем комплексного использования и охраны водных объектов».

Совместное применение физико-химических и биологических методов оценки водной экосистемы позволяет выйти на количественный анализ состояния экосистемы в целом.

Оценка экологического состояния водных экосистем с помощью метода соответствия параметров

Данный метод основан на взаимозависимости и взаимосвязи компонентов водных экосистем между собой. Определенному состоянию водной системы соответствует определенное качество воды. Поэтому зная характеристику качества воды можно с определенной долей уверенности говорить об ее загрязненности (классе качества) и о состоянии водной системы. Или по биологическому параметру, например индексу сапробности (Шеннона), можно судить не только о состоянии водной экосистемы, и качестве воды. Вопрос заключается в выборе параметров оценки. Метод соответствия параметров учитывает связь не только гидрохимических и гидробиологических параметров между собой, но и их связи с гидрологическими характеристиками.

Число видов изменяется с изменением жизненного пространства, пригодного для обитания (при сохранении концентрации питания). Для речных организмов жизненное пространство определяется объемом стока, который полностью характеризуется кривой распределения. По гипотезе Шабанова В.В., индекс Шеннона связан с плотностью распределения речного стока. В этом случае можно использовать плотность распределения речного стока, как модель, описывающую видовое разнообразие реки. Это допустимо на основании проведенных исследований [Алимов А.Ф., 1990], где показана практически линейная связь общего количества видов с линейными размерами области обитания. На рисунке 5.3 показаны графики относительного распределения модульных коэффициентов естественного и фактического стока. Совместная площадь перекрытия кривых представляет собой степень сохранности естественного стока (ΔP). Безвозвратное водопотребление в объеме 20% нормы стока, в разные по водности годы допустимо, так как $\Delta P_{20\%} = 70\% > \Delta P_{\text{допустимое}} = 60\%$. Изъятие 50% воды приводит к недопустимым изменениям $\Delta P_{50\%} = 38\% < \Delta P_{\text{допустимое}}$.

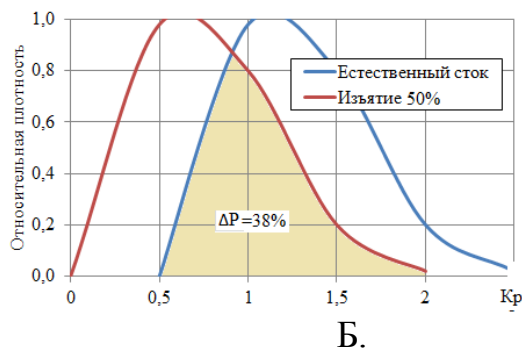
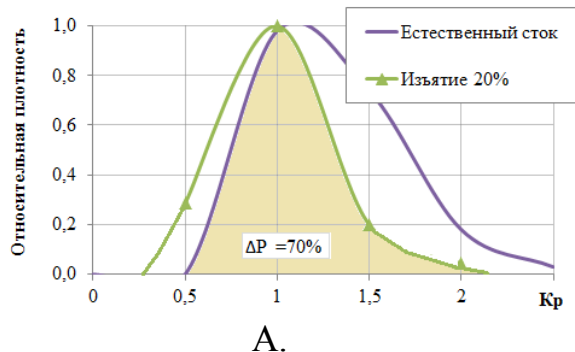


Рис. 5.3. Определение степени сохранности (ΔP) реки, по условию истощения, путем сопоставления относительных распределений модульных коэффициентов естественного и фактического стока, с уровнем безвозвратного изъятия воды: А- 20%, Б-50% от нормы стока

Табл. 5.4

Связь показателей состояния водной экосистемы и качества воды.

Оценочный показатель	Класс качества воды					
	1	2	3	4	5	6
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загряз- ненная	Загряз- ненная	Грязная	Очень грязная
БПК ₅ , мг О/л	0.5-1.0	1.1-1.9	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-10.0	>10
ИЗВ	≤0.2	0.2-1	1-2	2-4	4-6	>6
Индекс са- пробности S	≤0.5	0.5-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-4	>4
Фосфаты, мгР/л	0,005- 0,015	0,015- 0,05	0,05-0,2	0,2-0,3		0,3-0,6
Нитраты, мгN/л	0,05-0,2	0,2-1,0	1,0-2,0	2,0-2,5		2,5-4,0
Индекс Шеннона H	3.06-2.30	2.30-1.89	1.89-1.52	1.52-1.25		1.25-1.11
Трофность	Олиго-	Мезотрофная		эвтрофная		Гипер-
Сапробность	ксено-	олиго-	α-мезо-	β-мезо-		Поли-
	сапробная					
Зоны кризис- ности экоси- стемы	Стадия обратимых изменений		Пороговая стадия	Стадия необратимых из- менений		

Учитывая связь числа видов водных организмов с объемом жизненного пространства можно предположить, что безвозвратное изъятие стока приведет к снижению видового разнообразия, соответственно на 30 (100...70) и 62% (100...38).

Таким образом, исходя из положения, что гидрологические и гидрохимические факторы среды связаны с биотическими, по состоянию среды можно судить о качестве воды и ее пригодности для хозяйственной деятельности и дать оценку состояния водной экосистемы в целом.

ТЕМА 6.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Ценность воды и плата за ее использование. Экономическая оценка воды и плата за загрязнение водоемов. Вопросы оптимизации водораспределения. Максимизация доходов от использования водных ресурсов.

Ценность воды в том, что ее использование приводит к получению дохода, величина которого зависит от качества воды в источнике. При этом вода рассматривается в двух видах:

1. вода в источнике (природный ресурс);
2. вода в конечном потреблении (дополнительно включаются затраты на доставку потребителю, водоподготовку и водоотведение).

Ценность воды, находящейся в источнике (цена воды), определяется суммой, которую платит потребитель. *Оценка источника определяется как разность между выручкой, от продажи потребителю забранной из источника воды, и затратами на содержание источника. Оценка воды для конечного потребителя это цена, которую платит потребитель за воду, получаемую из водопровода. Доход водохозяйственной организации подающей воду потребителю определяется как разность цены и затрат на подачу, включая затраты на забор воды из источника.*

Различия между указанными категориями имеет ключевое значение при установлении тарифов на воду. Так, потребитель может забирать воду из источника самостоятельно и участвовать в его эксплуатации наряду с другими субъектами или получать посредством системы доставки.

Максимизация экономических показателей при использовании водных ресурсов

Возрастающая потребность в воде ведет к необходимости:

- управления объемами водных ресурсов путем их увеличения и экономии;
- управления качеством водных ресурсов путем снижения загрязненности сточных вод и улучшения экологического состояния водных объектов.

При этом, появляются дополнительные экономические затраты на проведение водохозяйственных и водоохранных мероприятий. Это обосновывает проведение оптимизации:

- распределения объемов воды (V_i), между i -ыми водопользователями;
- объемов затрат на проведение водохозяйственных (Z^{BXM}_i) и водоохранных (Z^{BOM}_i).

Для решения данных задач используется целевая функция - суммарная прибыль (Π) от использования воды. Критерием оптимизации служит максимизация данной прибыли. Экономическая модель водохозяйственной системы (ВХС) имеет вид:

$$\begin{aligned}\Pi &= \sum D_i - \sum C_i - \sum Z^{BXM}_i - \sum Z^{BOM}_i \\ Z^{BXM}_i &= P_i + F_i + \varphi_i \quad Z^{BOM}_i = O_i + Y_i \quad \Pi \rightarrow \max \\ V_p + \Delta V_i &\leq \sum (V_i - M_i) \quad K \leq K_n \quad i=1 \dots n\end{aligned}$$

где D_i - доход водопользователей; C_i - затраты предприятия на получение продукции; M_i - потери воды; P_j - затраты увеличение располагаемых ресурсов; F_j - затраты на забор, подготовку, подачу и отведение воды; φ_i - затраты на сокращение потерь воды; O_i, Y_i - соответственно, затраты на снижение загрязненности сточных вод и улучшение качества воды водного объекта; ΔV_i - прирост располагаемых водных ресурсов; V_p - объем располагаемых водных ресурсов; K, K_n - соответственно, показатель качества воды и его нормативное значение; n - количество водопользователей.

В модели ВХС все экономические составляющие зависят от объемов используемой воды (V_i).

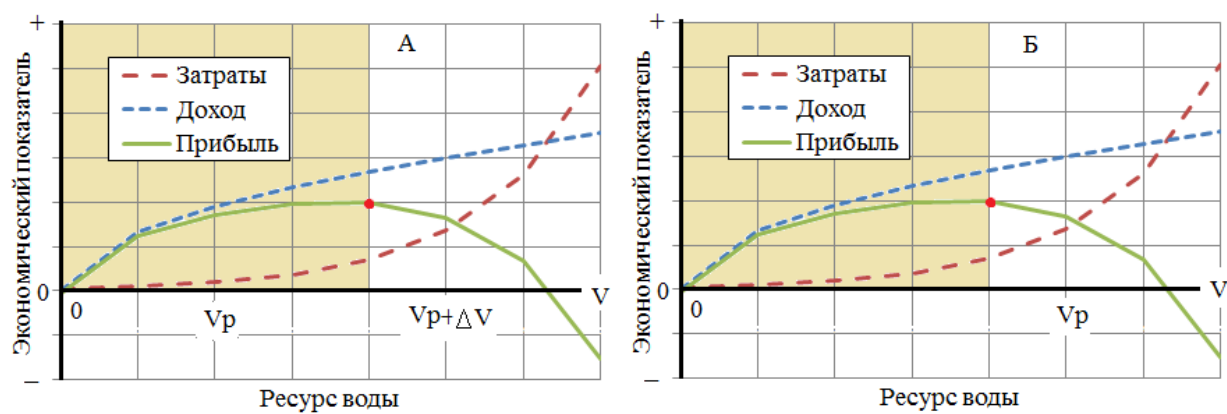


Рис. 6.1. Оптимизация прибыли при условии нехватки ресурса (А) и достаточном количестве ресурса (Б)

ТЕМА 7

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Охрана водных объектов. Водоохранные мероприятия, их классификация и эффективность. Формирование набора водоохранных мероприятий, позволяющих достичь требуемого качества воды в водном объекте.

Охрана вод - система мер, направленных на предотвращение, ограничение и устранение последствий загрязнения, засорения и истощения вод. Водоохранные мероприятия подразделяются по их направленности на: политические, государственные, инженерно-технические, экономические, административно-хозяйственные.

7.1 Политические водоохранные мероприятия

Политические водоохранные мероприятия - направлены на консолидацию усилий мирового сообщества в области охраны водных объектов. В рамках данных мероприятий заключены международные соглашения.

- **Рамсарская конвенция** (Конвенция о водно-болотных угодьях) - конвенция о водоплавающих видах некоторых птиц принята в феврале 1971 года в г. Рамсар (Иран). Это первый глобальный международный договор, целиком посвящённый одному типу экосистем. Участниками конвенции являются 160 государств.
- **Соглашение о поддержании биологического разнообразия** принято в Рио-де-Жанейро 5 июня 1992 г. Цель Конвенции - сохранение биологического разнообразия, устойчивое использование его компонентов и совместное получение выгод, связанных с использованием генетических ресурсов.
- **Хельсинкская конвенция** - по защите морской среды района Балтийского моря. Конвенция была подписана в 1974 году странами Балтийского ре-

гиона: Дания, Финляндия, ГДР, ФРГ, Польша, Швеция и СССР, вступила в силу 3 мая 1980 года. После политических изменений в Море, новый вариант конвенции был подписан 9 апреля 1992 года, вступил в свою силу 17 января 2000 года.

- **Рамочная конвенция ООН, касающаяся изменения климата (UNFCCC)** принята 9 мая 1992 года. Стороны Конвенции признают что изменения связаны с выбросом парниковых газов в результате антропогенной деятельности. Учитывается важность морских экосистем, как поглотителей данных газов. Требуется широкое сотрудничество всех стран в деятельности по реагированию сообразно с общей, но дифференцированной ответственности и реальными возможностями стран и их социально-экономическими условиями. Государства должны ввести эффективное законодательство в области окружающей среды.
- **Соглашение между Россией и КНР о рациональном использовании и охране трансграничных вод** заключено в Пекине и вступило в действие 23 мая 2008 года. Соглашения распространяется на использование и охрану трансграничных вод, под которыми понимаются реки, озера, ручьи, болота, расположенные на границе между Российской Федерацией и Китайской Народной Республикой или пересекающие эту границу. В частности, Соглашения учитывают предотвращение и сокращение трансграничного воздействия на воды в результате сброса загрязняющих веществ и последствий паводков, предусматривают осуществление мониторинга трансграничных вод.
- **Конвенция ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер** от 17 марта 1992 года. Конвенция подчеркивает необходимость укрепления национальных и международных мер по предотвращению, ограничению и сокращению сбросов опасных веществ в водную среду и по уменьшению эвтрофикации. При этом используется принцип «загрязнитель платит». Учитывается, что потребности нынешнего

поколения удовлетворялись без ущерба для будущих поколений. Деятельность сторон не должна приводить к ухудшению экологических условий.

- **Конвенции по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов** от 29 декабря 1972 года. Принимается, что морская среда и водные организмы имеют жизненное значение для человечества. Стороны способствуют эффективной борьбе со всеми источниками загрязнения морской среды.
- **Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря** принята в Хельсинки в апреле 1992. Учитывается ценность морской среды района Балтийского моря, его исключительные гидрографические и экологические особенности и чувствительность его живых ресурсов к изменениям состояния окружающей среды. Стороны добиваются экологического возрождения Балтийского моря путем обеспечения возможности самовосстановления и сохранения ее экологического баланса. Приоритет отдается предупредительным действиям по принятию мер в случае, когда вещества или энергия, внесенные в морскую среду, могут создать опасность для здоровья человека и морским экосистемам.

7.2 Государственные водоохранные мероприятия

Государственные водоохранные мероприятия - направлены на формирование законодательной и нормативной базы в области охраны вод. Внешняя и внутренняя политика Российского государства определяется Водным законодательством, которое опирается на Водный Кодекс, нормативные акты, международные соглашения и другие юридические документы федерального и регионального уровней. Политическая деятельность государства в области охраны водных объектов, на федеральном уровне, связана с осуществлением международных акций, государственного регулирования и управления использованием и охраной водных ресурсов. Региональные и локальные уровни проводят, намеченную государством политику, использования и охраны вод, в жизнь. Таким образом, роль Государства выражается в следующем.

- Разработка законов (*Водный кодекс Российской Федерации: принят ГД РФ от 03.06.2006 N 74-ФЗ; СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод; О плате за пользование водными объектами: принят ГД РФ 15.04.1998 № 71-ФЗ*) и контроль их выполнения. Государственный контроль осуществляют: Министерство природных ресурсов Российской Федерации, органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации, специально уполномоченные государственные органы в области охраны окружающей природной среды.
- Проведение единой научно-технической и инвестиционной политики.
- Осуществление государственного мониторинга водных объектов. Государственный мониторинг водных объектов включает:
 - мониторинг поверхностных водных объектов суши и морей;
 - мониторинг подземных водных объектов;
 - мониторинг водохозяйственных систем и сооружений.

Мониторинг водных объектов включает:

- наблюдения за качеством воды и состоянием водных объектов;
 - состояние и использование дна, бегов и водоохраных зон;
 - создание базы данных;
 - оценку и прогнозирование изменений качества воды и состояния водных объектов.
- Установление порядка использования и охраны водных объектов.

7.3 Инженерно-технические мероприятия

Инженерно-технические мероприятия направлены на предотвращение и снижение объемов поступающих загрязнений, предотвращение истощения вод и восполнение их запасов. К данным мероприятиям относятся следующие.

Внедрение маловодных технологий

Использование маловодных технологий позволяет уменьшить потребление свежей воды, забираемой из источника водоснабжения, и улучшить качество водных ресурсов. Эффективность данных мероприятий основана на снижении

нормы водопотребления, коэффициента возвратных вод и снижении загрязненности сточных вод.

Использование прогрессивных систем водоснабжения

Прогрессивные системы водоснабжения позволяют снизить водопотребление пресной воды за счет использования сточных или минерализованных вод. В настоящее время широко используются оборотные, повторные и дуплексные системы водоснабжения. Эффективность их заключается в снижении забора свежей воды (пресной) ($W_{\text{св}}$) из источника и снижении опасности загрязнения водных объектов.

Очистка сосредоточенных сточных вод

В коммунально-бытовом хозяйстве образуются два вида сточных вод - бытовые и ливневые. В промышленности - три: бытовые, технологические и ливневые. Все сточные воды должны быть канализованы и централизованно отводиться на очистные сооружения.

Табл. 7.1

Эффективность удаления загрязнений на биологических очистных сооружениях.

Вещества	Эффективность очистки, %
взвешенные вещества	97...99,5
нефтепродукты	85...95
СПАВ	75...90
формальдегиды	80
сульфиды	99,5
медь	80
никель	50
кадмий	60
хром (Cr^{+3})	80
цинк	70
свинец	50
кобальт	50

Обычно бытовые и технологические стоки сбрасываются в единую канализационную систему. Они характеризуются относительно постоянным составом, свойством и режимом поступления. Ливневые стоки отличаются периодичностью и не постоянством состава. Поэтому для более эффективной очистки сто-

ки рекомендуется очищать на отдельных сооружениях. Данный метод позволяет осуществлять управление качеством водных ресурсов. Эффективность метода определяется снижением опасности загрязнения водного объекта и снижением затрат на водоподготовку.

Снижение нагрузки на водный объект со стороны рассредоточенных стоков

Одним из мощных источников загрязнения являются диффузные стоки с не канализованных территорий: сельскохозяйственных угодий, населенных пунктов и свалок. Территория, на которой они формируются, достигает 45...85% водосборной площади водного объекта, а фронт поступления загрязнений в него растянуться на десятки и тысячи километров. Загрязненные поверхностные стоки имеют временный характер и образуются после выпадения осадков и снеготаяния. Их объем, и загрязненность зависит от количества осадков, объема снега на момент снеготаяния, интенсивности дождя и снеготаяния, загрязненности почв и виды загрязняющего вещества и т.д. Все это не позволяет использовать традиционные очистные сооружения для охраны водных объектов. В целях предотвращения поступления в водные объекты загрязненных поверхностных вод используются следующие мероприятия: создание водоохранных зон (ВОЗ), высадка лесополос, устройство бессточных канав, прудов накопителей, заболачивание территории, снегозадержание и др. Водоохранные мероприятия в данном случае можно разделить на три группы (по Н.И.Хрисанову).

- Мероприятия, позволяющие снизить объем образующихся загрязненных стоков. Они проводятся в источнике загрязнения. *Например: на сельскохозяйственных угодьях: создание лесополос, контурная распашка склона, соблюдение технологии внесения удобрений, использование медленнодействующих гранулированных удобрений, снежные мелиорации, увеличение доли трав в составе севооборотов, устройство кулисных паров.*

- Мероприятия, позволяющие перехватить объем загрязнений в транзитной зоне (от источника загрязнений до водного объекта). *Например: устройство водоохраной зоны, перехват стока поглотителями (открытыми и закрытыми), создание прудов накопителей, в том числе в овражно-балочной сети, устройство биологических плато на транспортирующих каналах. Устройство отстойников и обвалование территории животноводческих ферм.*
- Мероприятия, направленные на повышение самоочищающей способности водных объектов. *К таким мероприятиям относятся, например: аэрация воды, создание русловых биоплато, удаление водной растительности по окончании их вегетации, организация мест отдыха на воде и водопоев скота.*

Данные мероприятия позволяют задержать поверхностный сток (это дает возможность воде самоочищаться) и перевести его в грунтовую составляющую.

Табл. 7.2

Экологическая эффективность мероприятий по снижению рассредоточенной нагрузки на водный объект (по Хрисанову Н.И.)

Мероприятие	Эффективность, %
Обвалование территории	20...40
Устройство отстойников	40...70
Складирование навоза	55...65
Водоохранная зона	60...80
Создание лесополос	40...60
Аэрация воды	20...40
Снежные мелиорации	20...30
Залужение	5...15
Пруды накопители	30...50
Заболачивание территории	15...45
Закрытые поглотители	20...40

Устранение непроизводительных потерь воды

При использовании воды часть ее теряется на испарение, фильтрацию и утечки. Это приводит к увеличению объема воды забираемого из источника водоснабжения (брутто). В расчетах это учитывается снижением коэффициента

полезного действия ($KПД$) систем водоснабжения (η_c). В целях экономии воды необходимо проводить мероприятия по повышению $KПД$ систем водоснабжения (η_n). Эффективность данного метода основана на снижении объемов водопотребления (брутто). Для повышения кпд проводятся такие мероприятия, как: замена арматуры и старого трубопровода, проведение противоточных мероприятий, устройство лесопосадок по берегам открытых водотоков и водоемов (для снижения испарения). Данный метод недостаточно эффективен по сравнению с другими (если $\eta_c=0.7$, а $\eta_n=0.9$, то экономия воды составит 22%). Экологическая эффективность (\mathcal{E}) определяется отношением:

Затраты на его проведение большие, но метод относится к обязательным мероприятиям для каждого водопользователя, так как эффективно управлять водообеспечением с низкими $KПД$ системы (т.е. с большими объемами не управляемой воды) достаточно сложно. Кроме того, утечки и фильтрационные потери ведут к: подъему уровня грунтовых вод, засолению земель, подтоплению коммуникаций, снижению напора в сети, увеличению объемов забираемой свежей воды из источника.

7.4 Экономические мероприятия по экономии и охране водных ресурсов

Экономические методы охраны водных ресурсов заключаются в создании механизмов: стимулирующих водоохранную деятельность, поиска путей снижения затрат для достижения желаемого состояния окружающей среды и ее отдельных компонентов. Система данных мероприятий включают:

- экономическое стимулирование водоохраной деятельности;
- внедрение системы платного водопользования.

Экономическое стимулирование заключается в создании благоприятных условий для хозяйственной деятельности конкретного водопользователя, который активно и постоянно проводит работу по охране вод от загрязнения и экономии водных ресурсов. Стимулирование выражается снижением налоговой

ставки, регулированием нормативов, инвестирования водоохраной деятельности и других экономических рычагах. Все эти меры призваны сократить срок окупаемости затрат на водоохранные мероприятия и сделать экономически выгодным их проведение.

Система платного водопользования включает следующие виды платежей:

- платежи на воспроизводство и охрану водных ресурсов;
- плата за водопользование, *которое направлено на:*
 - *создание фондов финансирования водоохранных программ;*
 - *пополнение государственного бюджета;*
 - *стимулирование рационального использования водных ресурсов;*
 - *повышение эффективности природоохранной деятельности;*
 - *переход водного хозяйства на самоокупаемость.*
- платежи за сбросы загрязняющих веществ, в том числе и налог с прибыли за экологически вредную продукцию или за использование технологий наносящих значительный вред природе.

Платежи за сброс загрязненных сточных вод в водный объект определяются с учетом сброса загрязнений в пределах установленного норматива (Π_n) и за сверхлимитный сброс ($\Pi_{сн}$). Нормативом является величина предельно допустимого сброса (ПДС), который рассчитывается для каждого загрязняющего вещества.

$$\Pi_n = K \times \sum C_{ni} \times M_i, \text{ руб. при } M_i \leq \text{ПДС}_i$$

где: K - коэффициент индексации платы; C_{ni} - норматив платы за сброс 1-ой тонны i -го загрязняющего вещества в пределах допустимого норматива сброса (руб./т); M_i - фактический сброс i -го загрязняющего вещества (т); ПДС_i - предельно допустимый сброс i -го загрязняющего вещества (т); i - вид загрязняющего вещества ($i=1, 2 \dots n$); n - количество загрязняющих веществ.

Сверхлимитный сброс предусматривает увеличение норматива платы и пятикратный повышающий коэффициент.

$$\Pi_{сн} = 5 \times K \times \sum C_{ni} \times (M_i - \text{ПДС}_i), \text{ руб. при } M_i > \text{ПДС}_i$$

где: $C_{снi}$ - норматив платы за сброс 1-ой тонны i -го загрязняющего вещества в пределах установленного лимита (руб./т): $C_{снi} > C_{ни}$.

7.5 Организационно-хозяйственные мероприятия

Организационно-хозяйственные мероприятия направлены на: организацию деятельности (*например, планирование использования вод (в том числе ограничение водопользования), размещения источников загрязнений, организацию территории населенных мест*), снижение формирующихся на территории загрязнений (*озеленение, уборка территории*) и создание условий для осуществления других видов водоохранных мероприятий (*контроль и учет использования воды и объемов загрязнений*).

Ограничение водопользования проводится при дефиците водных ресурсов в острымаловодные годы. Ограничивают водой участников водохозяйственного комплекса, которые допускают перебои с водообеспечением. Ограничение водопотребления и водопользования, в условиях дефицита воды, может проводиться вплоть до исключения участника из состава ВХК.

Планирование размещения отраслей экономики по территории водохозяйственного объекта проводится с целью рассредоточить нагрузку на водный объект, т.е. не допустить концентрированного водопотребления и сброса сточных вод, что может вызвать локальное истощение и загрязнение водных объектов. При этом, на основе водохозяйственных и гидрохимических балансов, составленных для различных створов реки, рассматривается возможность размещения мест водозаборов и сброса сточных вод, добиваясь минимизации воздействия на водный объект.

7.6 Обоснование водоохранных мероприятий

Обоснование того или иного вида водоохранных мероприятий связано с решением следующих задач:

1. оценка качества воды (истощения водного объекта);
2. определение требуемой эффективности водоохранных мероприятий;

3. определение возможных для осуществления водоохранных мероприятий, с учётом источников загрязнения;
4. определение оптимального набора водоохранных мероприятий.

Оценка качества воды может выполняться с помощью комплексного показателя загрязнённости воды, например, коэффициента предельной загрязнённости ($K_{пз}$) [Шабанов, Маркин, 2007]. Физический смысл $K_{пз}$ – осреднённая кратность превышения нормативов качества воды.

$$K_{пз} = \frac{1}{N} \times \sum_i^N \frac{C_i}{ПДК_i} - 1$$

где i – номер загрязняющего воду вещества; C_i , $ПДК_i$ – соответственно, фактическая и предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде.

Теоретически полученное выражение коэффициента предельной загрязнённости воды соответствует широко применяемому на практике индексу загрязнения воды (ИЗВ). Это даёт возможность оценки качества речной воды на основе действующей классификации, разработанной для ИЗВ. Кроме того, не требуется получение исходной информации о естественном гидрохимическом фоне, при этом ошибка расчётов параметра не превышает 10%.

Требуемая эффективность водоохранных мероприятий ($\mathcal{E}_{тр}$) определяется из условия снижения фактической загрязнённости воды ($K_{пз}$) в водном объекте до приемлемого уровня ($K_{пз \text{ фон}}$):

$$\mathcal{E}_{тр} = (K_{пз} - K_{пз \text{ фон}}) / K_{пз},$$

Выбор водоохранных мероприятий, т.е. решение задач 3 и 4, объединяется понятием - ранжирование. Ранжирование – сортировка характеристик объекта по схожести, на основе задаваемого признака.

Табл. 7.3

Классификация качества воды по коэффициенту предельной загрязнённости

$K_{пз}$	$\leq -0,8$	$-0,8 \dots 0$	$0 \dots 1$	$1 \dots 3$	$3 \dots 5$	> 5
Класс	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязнённая	Загрязнённая	Грязная	Очень грязная

Ранжирование водоохранных мероприятий можно сделать модифицированным методом «Попарного среднего». Он основан на следующем. Выбираются конкретные i -ые мероприятия ($i=1 \dots N$), обладающие определённой эффективностью (Θ_i). Делается перебор всех возможных сочетаний данных мероприятий и определяется их совместная общая эффективность. Получаемые значения эффективностей сравниваются с требуемой ($\Theta_{тр}$). Это позволяет определить возможные сочетания мероприятий, удовлетворяющие условию:

$$1 - \dots \geq \Theta_{тр}.$$

Таким образом получают несколько наборов мероприятий, из которых с помощью оптимизации, например, по критерию минимальных затрат ($Z_{вом}$), определяется наиболее выгодный:

$$Z_{вом} \rightarrow \text{мин.}$$

8. ПРИМЕР РАНЖИРОВАНИЯ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ИРТЫШ

Фоновое качество воды рек бассейна Иртыша оценивается на «умеренно загрязнённом» уровне. Качество воды рек изменяется от «загрязнённого» до «очень грязного». Требуемая эффективность водоохранных мероприятий, для перехода на уровень «умеренно загрязненной» воды, в среднем по бассейну реки Иртыш, составляет 82% (год 95% обеспеченности по стоку).

Классы качества воды согласуются с необходимым набором водоохранных мероприятий, с помощью которых достигается фоновый уровень. Для этого, составляется список мероприятий (любой сложности) по снижению объёмов загрязнений, поступающих в водный объект (для примера в табл. 8.1 дан набор водоохранных мероприятий для рассредоточенных стоков, поступающих с застроенных территорий [Хрисанов, Осипов, 1993]. Список должен содержать мероприятия, которые можно реализовать в конкретных условиях.

Табл. 8.1

Водоохранные мероприятия и их эффективности (Э) по снижению негативного влияния диффузных источников загрязнения

№ п/п	Мероприятия	Э, %
1	Регулярная уборка территории	10
2	Озеленение	20
3	Замена грунтовых покрытий на твердые и газоны	30
4	Обустройство водоохранной зоны	70

Как уже говорилось, определить набор требуемых водоохранных мероприятий можно с помощью модифицированного метода «Попарного среднего» [Методические указания..., 2007]. Модификация связана с тем, что общая эффективность объединяемых мероприятий рассчитывается по формуле перемножения остаточных эффектов. Алгоритм классификации включает ряд шагов.

1. Составляется матрица эффективности мероприятий (матрица симметричная с нулевой диагональю). Попарная эффективность мероприятий определяется по формуле:

$$\mathfrak{E}_{ij}^{\text{BOM}} = 1 - (1 - \mathfrak{E}_i) \times (1 - \mathfrak{E}_j),$$

где i, j – номера водоохранных мероприятий в строке и столбце матрицы.

BOM	i	1	2	3	4
j	0*	0,1	0,2	0,3	0,7
1	0,1	0	0,28	0,37	0,73
2	0,2	0,28	0	0,44	0,76
3	0,3	0,37	0,44	0	0,79
4	0,7	0,73	0,76	0,79	0

*Диагональные значения обнуляются.

2. В матрице, по минимальной эффективности, выделяются: столбец и строка (так называемое выделение близких кластеров). Данные кластеры U и V объединяются, образуя новый кластер К. Строки и столбцы, соответствующие кластерам U и V, удаляются из матрицы. Вместо них пересчитывается новая строка и столбец, соответствующие кластеру К. Последний образуется путем объединения кластеров U и V. Суммарная эффективность новых кластеров W определяется по формуле:

$$\mathfrak{E}[(u,v),w] = 1 - (1 - \mathfrak{E}(u,v)) \times (1 - \mathfrak{E}(v,w)), \quad (8.1)$$

В результате матрица сокращается на одну строку и один столбец.

BOM	1	1,2	3	4
j	0	0,424	0,559	0,919
1,2	0,424	0	0,44	0,76
3	0,559	0,44	0	0,79
4	0,919	0,76	0,79	0

3. Процедура повторяется до тех пор, пока не будут объединены все кластеры (перебираются все возможные варианты).

BOM	i	1,2,3	4
j	0	0,75	0,98

1,2,3	0,75	0	0,79
4	0,98	0,79	0

BOM	i	1,2,3,4
J	0	0,99
1,2,3,4	0,99	0

Результат кластеризации можно выразить в виде дендрограммы, которая отражает пути достижения требуемой эффективности (рис. 8.1).

4. Требуемая эффективность определяется по формуле:

$$\text{---},$$

где --- , --- – комплексный показатель загрязнённости воды, соответственно для расчётного года и естественного фона. Вместо фоновой уровня может приниматься приемлемый, т.е. возможный для достижения в конкретных условиях поэтапного планирования.

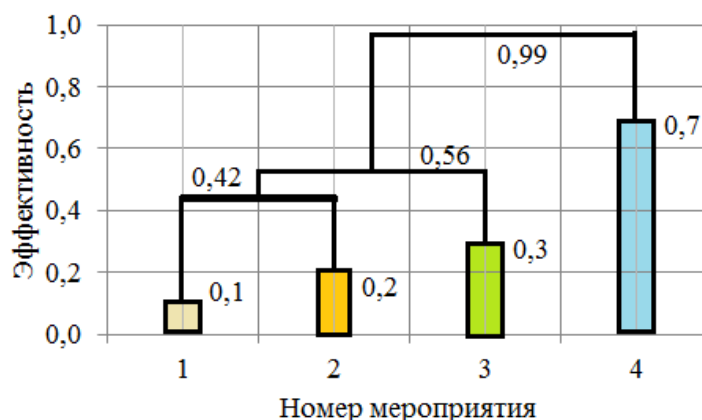


Рис. 8.1. Дендрограмма объединения водоохранных мероприятий в группы, обеспечивающие достижение максимальной эффективности

Полученные матрицы позволяют каждому классу качества воды определить соответствующий набор мероприятий, с помощью которого достигается заданный (в данном примере фоновый) уровень. При этом соблюдается условие, Эффективность набора мероприятий (Э_{BOM}) должна быть больше требуемой ($\text{Э}_{\text{тр}}$): $\text{Э}_{\text{BOM}} > \text{Э}_{\text{тр}}$.

Табл. 8.2

Ранжирование водоохранных мероприятий по классу качества воды

Класс	Э _{тр} , %	Водоохранные мероприятия	Э _{вом} , %
Загрязненный	67	Обустройство водоохранной зоны	70
Грязный	80	Озеленение, обустройство водоохранной зоны	91,9
Очень грязный	90	Регулярная уборка территории, озеленение, замена грунтовых покрытий на твердые и газоны, обустройство водоохранной зоны	99

Выводы и предложения

Ранжирование показателей загрязнённости водных объектов позволяет разделить последние на группы по качеству воды. Это, в свою очередь, позволяет сделать ранжирование по требуемой эффективности водоохранных мероприятий. *В практической деятельности следует учитывать вклад отдельных источников (сосредоточенных и диффузных) загрязнения при оценке требуемой эффективности.*

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНЫХ ЗАДАНИЙ

ЗАДАНИЕ 1

РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПО СБРОСУ АГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Нормативы допустимого сброса загрязняющих веществ в водные объекты рассчитываются в соответствии с **Методическими указаниями по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты : приказ МПР РФ от 12 декабря 2007 г. № 328.**

Норматив допустимого воздействия по сбросу химических веществ (предельно допустимый сброс ПДС)- это суммарная масса загрязняющих веществ, максимально допустима для отведения в установленном режиме на расчетный участок водного объекта, не приводящая к превышению нормативов качества воды. Норматив допустимого воздействия по сбросу химических веществ в водные объекты рассчитывается для условий остро маловодного года (обеспеченностью 95%) с учетом влияния всех источников загрязнения. В качестве нормативов качества воды могут приниматься:

- предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДКгиг.);
- предельно допустимые концентрации для химических веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного значения (ПДКр/х);
- ориентировочно допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования;
- ориентировочно безопасные уровни воздействия (ОБУВ) вредных веществ в воде водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение;

- нормативы предельно допустимых концентраций химических веществ (ПДК_{экол.}), установленные с учетом максимального содержания веществ в водных объектах в естественных условиях (рекомендуется применять для веществ двойного генезиса, т.е. содержащиеся в воде в естественных условиях и поступающие в результате антропогенного воздействия. Например: вещества азотной группы, фосфор, элементы водной вытяжки и др.).

Установление норматива ПДК_{экол.} учитывает параметры естественного фона. Естественный фон характеризуется показателями качества воды, сформировавшегося под влиянием природных факторов, характерных для конкретного региона, и не являющееся вредным для сложившихся экологических систем. При этом экологическое благополучие определяется по гидробиологическими методами.

$$\text{ПДК}_{\text{экол.}} = C_{\text{ср}} + (\sigma_c \times t_s) / \sqrt{n}$$

где $C_{\text{ср}}$ - средняя концентрация вещества; σ_c - среднее квадратическое отклонение концентрации; t_s - коэффициент Стьюдента на 95% (или 5%) уровне значимости; n - количество данных по концентрациям загрязняющего вещества.

Расчет ПДС для расчетного участка водного объекта за любой период времени выполняется по балансовой формуле:

$$\text{ПДС}_{\text{мах}} = C_n \times W_{\text{вху}} - \sum (C_n \times \Delta W + C_{\text{нвх}} \times W_{\text{вх}} + C_{\text{нвв}} \times W_{\text{вв}})$$

$$W_{\text{вху}} = \Delta W + W_{\text{вх}} + \sum W_{\text{вв}}$$

где $W_{\text{вху}}$ – суммарный объем стока в замыкающем створе водохозяйственного участка, млн. м³; ΔW - объем стока формирующегося на водохозяйственном участке, млн.м³; $W_{\text{вх}}$ - объем стока, поступающий с вышерасположенного водохозяйственного участка, млн. м³; $W_{\text{вв}}$ – объем возвратных вод сбрасываемых в водный объект, млн.м³; C_n , $C_{\text{нвх}}$, $C_{\text{нвв}}$ - нормативы качества воды водного объекта для соответствующих водохозяйственных участков, мг/л.

Для веществ двойного генезиса расчетная формула имеет вид:

$$\text{ПДС}_{\text{мах}} = C_n \times W_{\text{вху}} - \sum (\text{ПДК}_{\text{экол.}} \times \Delta W + C_{\text{нвх}} \times W_{\text{вх}} + C_{\text{нвв}} \times W_{\text{вв}}), \text{ т/год}$$

Получаемое значения ПДС является максимально допустимой массой за-

грязняющих веществ на участке нормативов качества воды ПДС_{мах}. Поскольку соблюдение нормативов по всем показателям является идеальным вариантом, для практического использования оно корректируется с учетом фактических усредненных концентраций (ПДС_{факт}).

$$\text{ПДС}_{\text{факт}} = C_n \times W_{\text{вх}} - \sum (C_{\text{факт}} \times \Delta W + C_{\text{фактвх}} \times W_{\text{вх}} + C_{\text{фактвв}} \times W_{\text{вв}}), \text{ т/год}$$

В зависимости от соотношения ПДС_{факт} и максимального расчетного ПДС_{мах} утверждаемый норматив ПДС определяется следующим образом:

- если ПДС_{факт} < ПДС_{мах}, то ПДС = ПДС_{факт}.
- если ПДС_{факт} > ПДС_{мах}, ПДС = ПДС_{мах}.

Расчет величины допустимого воздействия рекомендуется вести дифференцировано по основным гидрологическим сезонам. В качестве наиболее неблагоприятных условий при указанном выше внутригодовом распределении рекомендуется принимать:

- летне-осеннюю и зимнюю межень года 95% обеспеченности;
- весеннее половодье года 50% обеспеченности.

$$\text{ПДС}_{\text{год}} = \text{ПДС}_{\text{зм}}^{95\%} + \text{ПДС}_{\text{лом}}^{95\%} + \text{ПДС}_{\text{вп}}^{50\%}$$

Значения нормативов ПДС_{год} для условного года являются теоретической величиной. При управлении водными ресурсами используются данные лет различной обеспеченности, обычно в диапазоне от 50 до 95%. Для перехода от условного года к расчетной обеспеченности применяются сезонные переходные коэффициенты:

$$\begin{aligned} K_3^{p\%} &= W_3^{p\%} / W_3^{95\%}; \\ K_{\text{ло}}^{p\%} &= W_{\text{ло}}^{p\%} / W_{\text{ло}}^{95\%}; \\ K_{\text{вп}}^{p\%} &= W_{\text{вп}}^{p\%} / W_{\text{вп}}^{50\%} \end{aligned}$$

ЗАДАНИЕ 2

РАСЧЕТ НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Нормативы допустимых сбросов (НДС или ПДС – предельно допустимый сброс) загрязняющих веществ в водные объекты рассчитываются для условий питьевого, хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного водопользования в соответствии с **Методикой разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей: приказ МПР РФ от 17 декабря 2007 г. N 333. Норматив допустимого воздействия** – это максимально допустимая масса загрязняющего вещества сбрасываемая в установленное место водного объекта, с установленным режимом, не приводящая к превышению нормативов качества в контрольном створе. Норматив рассчитывается с учетом предельно допустимых концентраций (ПДК) веществ, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды. **Предельно допустимая концентрация** - максимальная концентрация вещества в воде, при длительном или кратковременном контакте с которым не оказывается прямого или опосредованного влияния на здоровье населения в настоящем и последующих поколениях и не ухудшающие условия водопользования [ГН 2.1.5.689-98]. **Ассимилирующая** способность водного объекта - способность водного объекта принимать определенную массу веществ без нарушения нормативов качества воды в контрольном створе.

При сбросе сточных вод в водный объект питьевого или хозяйственно-бытового водопользования нормативы качества вод для водотоков должны выполняться в створе расположенном на расстоянии 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования (для водоемов - в радиусе 1 км от пункта ближайшего водопользования).

При сбросе сточных вод в водный объект рыбохозяйственного водопользования нормативы качества вод должны выполняться с контрольного створа

располагающегося не далее 500 м от места выпуска сточных вод.

Нормативы НДС представляются в размерности г/час (используется для контроля сброса загрязняющих веществ) и т/год. (используется для расчета штрафных платежей).

НДС разрабатываются на срок пять лет.

При расчете НДС для водопользователей, расположенных в пределах одного водохозяйственного участка, соблюдается условие:

$$\sum \text{НДС} + \sum \text{Lim} \geq 0,8 \text{НДВ}_{\text{хим}}$$

где $\sum \text{НДС}$ - сумма нормативов допустимых сбросов от всех водовыпусков сточных вод, расположенных в пределах расчетного водохозяйственного участка, т/год; $\sum \text{Lim}$ - сумма лимитов на сброс загрязняющих веществ со сточными водами по выпускам сточных вод, расположенным в пределах расчетного водохозяйственного участка, т/год; $\text{НДВ}_{\text{хим}}$ - норматив допустимого воздействия по сбросу веществ в водный объект, т/год; 0,8 – коэффициент учитывающий перспективы развития территории и возможность появления новых выпусков сточных вод.

Величины НДС определяются для всех категорий водопользователей как произведение максимального часового расхода сточных вод - q ($\text{м}^3/\text{ч}$) на допустимую концентрацию загрязняющего вещества C_d ($\text{г}/\text{м}^3$):

$$\text{НДС} = q \times C_d, \text{ г/час}$$

Допустимая концентрация определяется с учетом вида химического вещества.

А. Допустимая концентрация консервативных вещества определяется по формуле:

$$C_d = n \times (\text{ПДК} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}, \text{ мг/л}$$

где: n - кратность общего разбавления сточных вод в водотоке, равная произведению кратности начального разбавления n_n на кратность основного разбавления n_o (основное разбавление, возникающее при перемещении воды от места

выпуска к расчетному створу); C_{ϕ} – фоновая концентрация вещества, мг/л.

Фоновая концентрация химического вещества - расчетное значение концентрации химического вещества выше по течению места выпуска сточных вод, при неблагоприятных условиях, обусловленных как естественными, так и антропогенными факторами воздействия.

$$n = n_n \times n_o$$

В. Допустимая концентрация неконсервативных вещества определяется по форме:

$$C_d = n \times (ПДК \times e^{k \times t} - C_{\phi}) + C_{\phi}, \text{ мг/л}$$

где: k - коэффициент не консервативности органических веществ, показывающий скорость потребления кислорода, зависящий от характера органических веществ, 1/сут; t - время добегания фронта загрязнений от места выпуска сточных вод до расчетного створа, сутки.

Значения коэффициента не консервативности принимаются по данным натурных наблюдений или по справочным данным и пересчитываются в зависимости от температуры и скорости течения воды реки.

С. При установлении НДС по БПК расчетная формула имеет вид:

$$C_d = n \times ((ПДК - C_{см}) \times e^{k_o \times t} - C_{\phi}) + C_{\phi}, \text{ мг/л}$$

где: k_o - осредненное значение коэффициента не консервативности органических веществ, 1/сут.; $C_{см}$ - концентрация органических веществ по БПК_{полн.}, смываемых в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на расстоянии от контрольного створа равном 0,5 суточного добегания. Принимается равным:

- для горных рек - 0,6...0,8 г/м³;
- для равнинных рек, протекающих по территории, почвы которой не богаты органическими веществами - 1,7...2 г/м³;
- для равнинных рек, протекающих по территории, почвы которой богаты органическими веществами и рек болотного питания - 2,3...2,5 г/м³;

- если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, то $C_{см}=0$.

Д. Допустимая концентрация взвешенных веществ $C_{двзв}$, определяется по уравнению:

$$\gamma \cdot Q \cdot C_{фвзв} + q \cdot C_{двзв} = (\gamma \cdot Q + q) \cdot (C_{фвзв} + \Delta C) \text{ откуда } C_{двзв} = \Delta C \cdot (\gamma \cdot Q / q + 1) + C_{фвзв}$$

где γ - коэффициент смешения сточных и речных вод; $C_{фвзв}$ - содержание взвешенных веществ в воде водного объекта до спуска сточных вод, г/м³; ΔC - допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в водном объекте после спуска сточных вод (равное 0,25 мг/л для водных объектов рыбохозяйственного назначения и 0,75 мг/л - для водных объектов хозяйственно-питьевого водопользования), г/м³; Q , q - расход, соответственно, речных и сточных вод, м³/сут.

Кратность начального разбавления n_n (по Лапшеву Н.Н.) учитывается при выпуске сточных вод в водотоки в следующих случаях:

- напорный сосредоточенный и рассеивающий выпуск при соотношении скоростей воды в реке v_p и выпуска сточных вод $v_{ст}$:

$$v_{ст} \geq 4 \cdot v_p$$

- при скорости сброса сточных вод ≥ 2 м/с.

Для единичного напорного водовыпуска кратность начального разбавления определяется по номограммам, в зависимости от соотношения d/d_0 , где d - диаметр загрязненного пятна в граничном створе зоны начального разбавления; d_0 - диаметр выпуска (рис.1). Соотношение d/d_0 и $v_p/v_{ст}$ используется для определения кратности начального разбавления (рис.2).

Для рассеивающего напорного выпуска при определении кратности начального разбавления вначале задаются числом выпускных отверстий оголовка выпуска N_0 и скоростью истечения сточных вод из них $v_{ст} \geq 2,0$ м/с. Определяет диаметр отверстия или оголовка рассеивающего выпуска:

$$D = \frac{Q}{v_{ст} \cdot N_0}$$

где: q - суммарный расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$.

По рисунку 1 определяется отношение d/d_0 . Найденное значение d сравнивается с глубиной реки H . Если $d < H$, то по рисунку 2 определяется кратность начального разбавления n_H . Для случая $d > H$ найденное значение кратности разбавления умножается на поправочный коэффициент $f \cdot H/d$ (рис. 3).

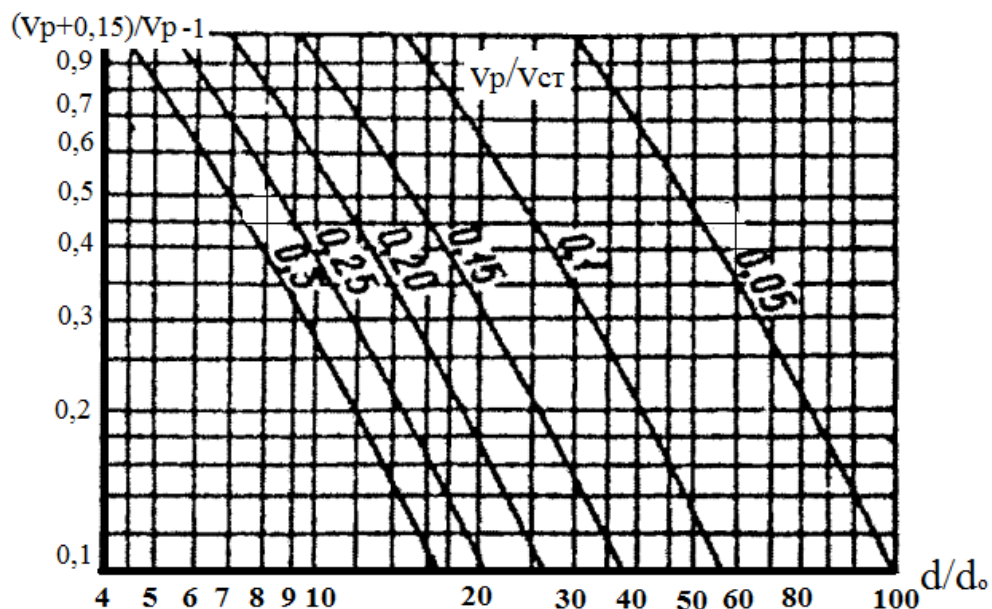


Рис. 1. Номограмма для определения диаметра струи в расчетном сечении

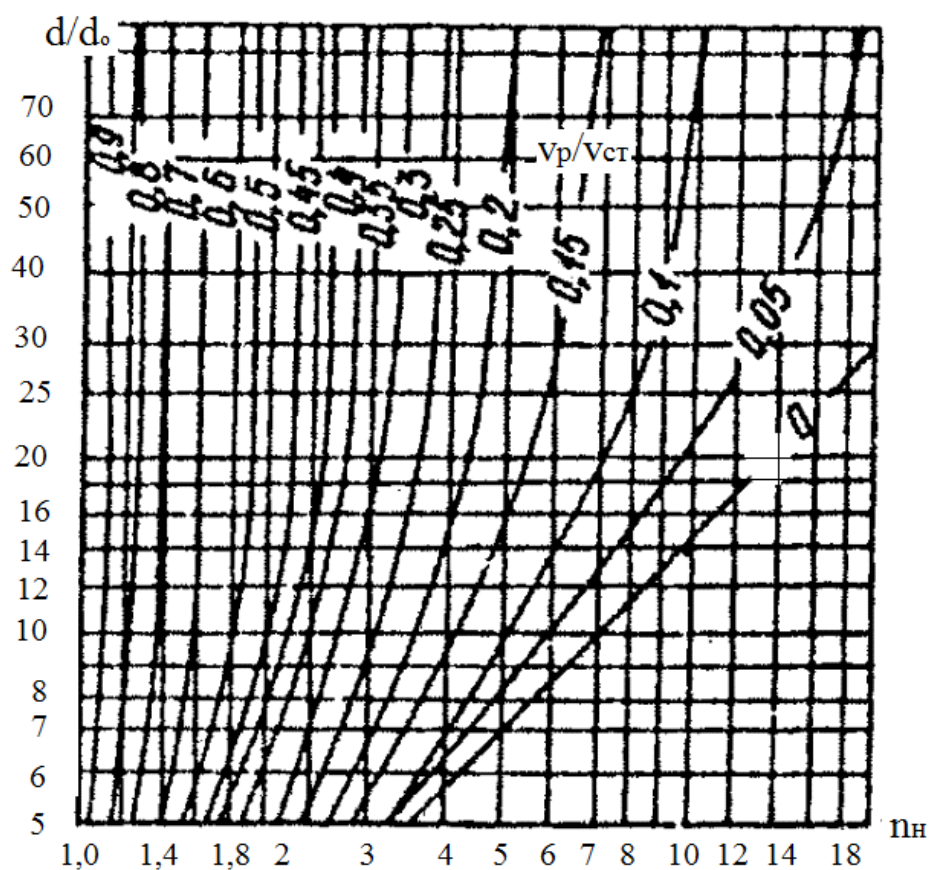


Рис. 2. Номограмма для определения начального разбавления в потоке

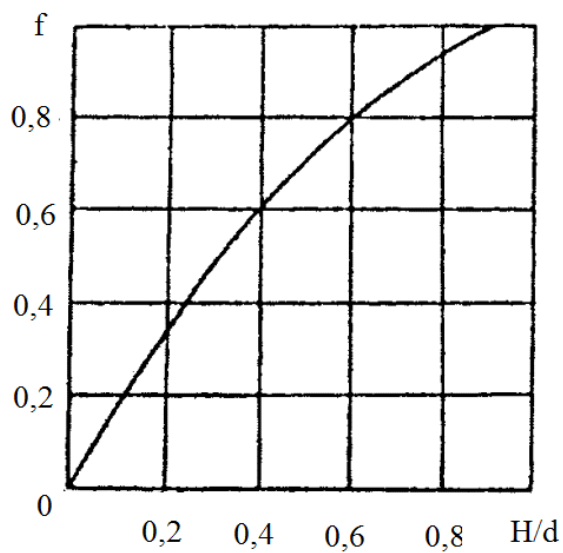


Рис. 3 Номограмма для определения поправочного коэффициента f

Кратность основного разбавления n_0 определяется по методу В.А. Фролова

- И.Д. Родзиллера:

где: Q - расчетный расход водотока, м³/с; γ - коэффициент смешения, показывающий, какая часть речного расхода смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа:

$$\frac{Q_{\text{ст}}}{Q_{\text{р}} + Q_{\text{ст}}}$$

где: l - расстояние от выпуска до расчетного створа, м; α - коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке:

$$\frac{l}{l_0}$$

где: φ - коэффициент извилистости (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой); ξ - коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега $\xi=1$, при выпуске в стрежень реки $\xi=1,5$); D - коэффициент турбулентной диффузии, м²/с. Для летнего времени:

$$D = 0,075 v_p H$$

где: v_p - средняя скорость течения реки, м/с; H - средняя глубина реки, м; $n_{\text{ш}}$ - коэффициент шероховатости реки; C - коэффициент Шези (м^{0,5}/с):

$$C = \frac{49}{n_{\text{ш}}}$$

где: R - гидравлический радиус потока, м ($R \approx H$);

$$R = \frac{A}{P}$$

Метод применяется при соблюдении условия:

$$L > 100$$

ЗАДАНИЕ 3

ОБОСНОВАНИЕ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ

Рассматривается вопрос обоснования водоохранных мероприятий в бассейне реки, на основе анализа изменения загрязненности воды внутри года. Расчеты проводятся для конкретного створа, в месячных интервалах времени, года обеспеченностью 95%. Приемлемое качество воды в реке соответствует классу «умеренно загрязненному».

Алгоритм действий включает определение:

- 1) внутригодового распределения стока в расчетном году;
- 2) объемов водопользования;
- 3) фактического стока воды в реке для условий расчетного года;
- 4) комплексного показателя загрязненности сточных вод, поступающих от всех источников загрязнения;
- 5) комплексного показателя качества речной воды по месяцам года;
- 6) основные источники загрязнения, для которых предусматриваются водоохранные мероприятия;
- 7) эффективности предлагаемых водоохранных мероприятий.

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА В РАСЧЕТНОМ ГОДУ

В данной главе указывается водный объект (например река Теза Ивановской области), который используется для водопотребления и размещения загрязненных сточных вод. Гидрологическими характеристиками водосбора являются: водосборная площадь F , км², модуль стока воды g , л/с·км², заозеренность $f_{оз}$, заболоченность $f_{бол}$, залесенность $f_{л}$ и распаханность $f_{паш}$ территории.

К гидрологическим характеристикам стока реки относятся: норма стока воды в реке W_p , млн.м³, коэффициенты вариации C_v и асимметрии C_s стока. Все эти данные представляются в табличном виде (табл.1.1).

Таблица. 1.1- Гидрологические характеристики бассейна и стока реки

Створ	F, км ²	g, л/с·км ²	Cv	Cs	Площадь угодий, %			
					fоз	fбол	fл	fпаш
устьевой								

Норма стока и среднегогодежный расход воды, при отсутствии данных наблюдений, рассчитываются по формуле:

$$W = Q \times \tau, \text{ млн. м}^3 \quad Q = g \times F, \text{ м}^3/\text{с}$$

где $\tau = 31.54$ млн. секунд в году.

Определяется объем стока в год расчетной обеспеченности $P=95\%$.

Внутригодовое распределение стока представляется в табличном виде.

Таблица 1.3 - Внутригодовое распределение объемов
стока воды в створе 1-1, $P=95\%$, млн.м³

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

В условиях курсового проекта можно использовать типовое внутригодовое распределение речного стока представленное в ПРИЛОЖЕНИИ.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В состав водопотребителей рассматриваемого объекта входят:

- коммунально-бытовое хозяйство (КБХ);
- сельскохозяйственное водоснабжение (сельское коммунально-бытовое хозяйство и животноводство);
- промышленность;
- орошение;

- прочие потребители.

2.1 Объемы водопотребления

Объемы водопотребления рассчитываются в соответствии со структурой водопотребления в области, в которой расположен рассматриваемый бассейн реки. При этом объем водопотребления для КБХ задаются в исходных данных (см. ПРИЛОЖЕНИЕ).

Сельскохозяйственное водоснабжение. Годовые объемы водопотребления сельскими жителями и животноводством определяются, соответственно, как 1/3 и 2/3 от объема сельскохозяйственного водоснабжения.

Табл. 2.1

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:

$$w_i = W/12, \text{ млн.м}^3$$

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

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

где χ_i – доля водопотребления для орошения в i -ый месяц (табл. 2.2).

Табл. 2.2

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	-	-
Ивановская	-	-	13	31	20	22	14	-	-
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	-	-

Область край, республика	Месяц								
	3	4	5	6	7	8	9	10	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	-	-
Куйбышев- ская	-	-	17	30	28	15	10	-	-
Саратовская	-	4	22	24	25	10	15	-	-
Волгоград- ская	-	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	-	-	-
Краснодар- ский	3	4	10	11	22	18	17	15	2
Ростовская	-	2	8	16	24	19	17	14	-
Ставрополь- ский	2	4	11	16	20	18	17	9	3
Свердловская	-	-	20	24	21	19	16	-	-
Пермская	-	-	13	25	25	23	14	-	-
Удмуртская	-	-	14	23	28	21	14	-	-
Курганская	-	-	11	31	21	20	17	-	-
Челябинская	-	-	13	31	19	19	18	-	-
Оренбургская	-	-	12	34	22	20	12	-	-
Томская	-	-	-	42	39	19	-	-	-
Омская	-	-	6	45	22	22	5	-	-
Тюменская	-	-	4	37	30	26	3	-	-
Алтайский	-	-	3	33	41	14	9	-	-
Кемеровская	-	-	-	33	37	30	-	-	-
Новосибир- ская	-	-	-	32	45	12	11	-	-
Красноярский	-	-	21	23	23	20	13	-	-
Тувинская	-	-	18	18	18	18	28	-	-
Иркутская	-	-	21	21	20	17	21	-	-

Прочее водопотребление. Прочее водопотребление (в учебной работе для целей рекреации) в течении года осуществляется неравномерно, однако, учиты-

вая небольшие объемы ($W_{\text{проч.}}$) в учебной работе можно принимать равномерное распределение объемов водопотребления в рекреации.

2.2 Объемы водоотведения

Объемы водоотведения сточных вод в реку (объемы возвратных вод) определяются для всех водопотребителей в зависимости от коэффициента возвратных вод и объемов водопотребления:

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

Табл. 2.3

Значения коэффициентов возвратных вод

Водопотребители	$K_{\text{ВВ}}$
Городское кбх	0.7
Промышленность	0.8
Сельское кбх	0.5
Животноводство	0.5
Рекреация	0.7
Орошение	0.1

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО СТОКА РЕКИ ДЛЯ УСЛОВИЙ РАСЧЕТНОГО ГОДА

Определение объемов фактического стока воды в реке делается на основе водобалансового уравнения в соответствии с [Методика составления водохозяйственных балансов водных объектов. Министерство природных ресурсов РФ от 2007-11-30 Приказ 314]. Уравнение для i -го месяца записывается в виде:

$$W_{\text{ф}i} = W_{\text{р}i} + W_{\text{нод}i} + \sum W_{\text{вв}i} - \sum W_i - \alpha \times W_{\text{нод}i}$$

где $W_{\text{р}i}$ - объем речного стока в i -ый месяц; α - коэффициент гидравлической связи подземных и поверхностных вод (принимается в пределах 0,3...0,7); $W_{\text{нод}i}$ - объем водозабора из подземных вод в i -ый месяц; $\sum W_{\text{вв}i}$ - суммы объемов возвратных вод в i -ый месяц; $\sum W_i$ - сумма объемов водопотребления в i -ый месяц; $\alpha \times W_{\text{нод}i}$ - 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:

$$\alpha \times w_{\text{под}i} = \alpha \times W_{\text{с/х}} / 12, \text{ млн. м}^3$$

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

$$w_{\text{под}i} = (W_{\text{с/х}} + W_{\text{КБХ}} + W_{\text{проч.}}) / 12, \text{ млн. м}^3$$

Определение фактического стока проводится в табличном виде.

Табл. 3.1

Определение объемов фактического стока реки в год 95% обеспеченности, млн.м³

[illegible]

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды, сбрасываемые водопотребителями в водные объекты, 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 загрязнённости ($K_{пз}$);
- объема предельной загрязненности ($W_{пз}$), который выражается в размерности объемов воды.

Объем предельной загрязненности определяется по формуле:

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

где $K_{пз\ i}$ – коэффициент предельной загрязненности i -го водопотребителя, показывающего осредненную кратность сверхнормативного загрязнения сточных вод; $W_{ст}$ – объем сточных вод, с которым загрязняющие вещества поступают в водный объект.

В работе учитываются следующие источники загрязнения: КБХ, промышленности, сельское кбх, животноводство, прочее водопользование и земледелие (богарное, орошаемое, осушаемое. Значения коэффициентов $K_{пз}$ задаются. При этом объемы сточных вод для КБХ, промышленности, сельское кбх, животноводство, прочее водопользование определяются как объемы возвратных вод. Для земледелия объем стоков определяется как сток формирующийся после выпадения осадков и таяния снега.

$$W_{ст} = q \times 315,4 \times F \times k_{p\%}, \text{ м}^3/\text{га}$$

где q – модуль стока воды с водосборной площади, л/с×км²; F – площадь угодий, га (в учебной работе принимается: осушаемых угодий $F_{ос} = 0,15F_c/x$; $F_{ор} = 0,08F_c/x$; $F_{бог} = F_c/x - F_{ор} - F_{ос}$; $k_{p\%}$ – коэффициент для перехода в условия остро маловодного года $P = 95\%$ (см. ПРИЛОЖЕНИЕ).

Результаты расчетов объемов водопотребления, сточных вод и показателей загрязненности сточных вод заносятся в сводную таблицу.

Табл.4.1

**Объемы водопотребления, сточных вод и
показатели загрязненности сточных вод, млн. м³**

Участник ВХК	W	Возвратные воды		Показатели загрязненности сточных вод	
		Квв	Wст	Кпз	Wпз
Городское кбх		0,7		10	
Промышленность		0,8		30	
Сельское кбх		0,5		6	
Животноводство		0,5		20	
Рекреация		0,7		10	
Орошение		0,1		5	
Итого		-		-	
Богарные земли				4	
Осушаемые земли				6	
Орошаемые земли				8	
Итого				-	

Внутри годовое распределение показателей загрязненности сточных вод делается следующим образом. Для источников загрязнения: КБХ, промышленность, сельское кбх, животноводство и прочих водопользователей, объемы $w_{\text{пз}}$ распределяются равномерно:

$$W_{\Pi_3} = W_{\Pi_3}/12.$$

Для сельскохозяйственных угодий объемы $w_{\text{пз}i}$ распределятся пропорционально стоковым коэффициентам ($k_{\text{ст}i}$):

$$W_{\Pi 3} = k_{CT} \times W_{\Pi 3}$$

Внутри годовые объемы показателей загрязненности сточных вод определяются в табличном виде. Последовательность расчетов:

- записываются в расчетную таблицу осадки (в мм или %)и температурные условия (в какие месяцы температуры отрицательные и положительные);
- определяются стоковые осадки, для этого за месяцы с отрицательными температурами (для которых стоковые осадки принимаются равными нулю) суммируются осадки и прибавляются к осадкам за первый месяц с положительной температурой. В остальные месяцы с положительными температурами осадки не изменяются;
- стоковые коэффициенты определяются делением стокообразующих осадков на их годовой объем.

Табл.4.2

Внутри годовые значения показателей загрязненности сточных вод

[illegible]

Животноводство													
Орошение													
Прочие													
Богарные земли													
Осушаемые													
Орошаемые													
ИТОГО													

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕЧНОЙ ВОДЫ

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 ($K^{95\%}_{пз\ p}$).

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

где $W_{ф}$ – объем фактического стока реки; 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»; i – номер месяца.

Определение качества воды в реке делается в табличном виде.

Табл. 5.1

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

Табл. 5.2

Оценка качества вод в реке без учета водоохранных мероприятий (ВОМ)

[illegible]

Если качество воды в расчетные интервалы времени не соответствует приемлемому уровню (класс «умеренно загрязненный»), то делается вывод о необходимости разработки мероприятий по охране вод от загрязнения.

6. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Водоохранные мероприятия по месту их проведения делятся на группы.

1. Мероприятия проводимые в источнике загрязнения – предназначены для снижения объемов формирующихся загрязнений. Данные мероприятия имеют самую высокую эффективность (изменение технологии получения продукции, в том числе переход на малоотходное производство, использование повторных и оборотных систем водоснабжения. К данным мероприятиям относится создание лесополос на сельскохозяйственных угодьях, озеленение территории населенных пунктов.
2. Мероприятия проводимые в транзитной зоне – направлены на перехват поступающих в водные объекты загрязнений (традиционными являются очистка сточных вод, в том числе на биологических плато, устройство водоохранных зон).
3. Мероприятия проводимые в охраняемом водном объекте – предназначены для повышения самоочищающей способности водного объекта (устройство берегового биоплато, удаление водной растительности в конце периода ее вегетации, удаление загрязненного донного грунта, аэрация воды).

В работе предусматривается учет следующих водоохранных мероприятий.

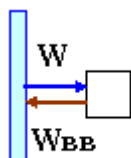
Введение водооборотной системы водоснабжения

Водооборотные системы широко применяются в промышленности и орошении. В данной работе водооборот предусматривается только для промышленности, что предполагает использование сточных вод ($W_{\text{вв пр}}$) промышленности в оборотном водоснабжении ($W_{\text{об}}$) для выработки продукции

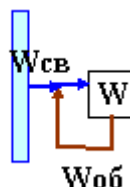
($W_{об} = W_{вв\ пр}$). Эффективность данного мероприятия заключается в следующем:

1. экономия свежей воды забираемой из источника;
2. снижение опасности загрязнения водного объекта.

Применяемые системы водоснабжения:



Прямоточная система



Оборотная система

Введение полного водооборота в промышленности учитывается в расчетах путем изменения составляющих:

$$W_{вв\ пр} = 0 \quad W_{пз\ пр} = 0$$

Очистка сточных вод

Очистка сточных вод это традиционное и обязательное мероприятие для сосредоточенных источников загрязнения. Данное мероприятие, в работе, применяется для очистки сточных вод КБХ, рекреационных учреждений. Очистка сточных вод учитывается обнулением составляющих: $W_{пз\ КБХ} = 0$ и $W_{пз\ рекр} = 0$

Обустройство водоохраной 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.

Минимальная ширина водоохранных зон ($W_{воз}$), в соответствии с Водным кодексом, назначается для участков рек в зависимости от их протяженности от истока. Водоохранная зона обустраивается с учетом особенностей местности. В

нее включаются поймы рек, овраги и балки расположенные на надпойменных террасах.

Табл. 3.3

Минимальная ширина водоохраной зоны рек

Расстояние от истока, км	Ширина ВОЗ, м
0...10	50
10...50	100
>50	200

Экологическая эффективность ВОЗ зависит от периода года и изменяется по годам (в среднем $\mathcal{E}_{\text{ВОЗ}}=0.7$).



Схема устройства водоохраной зоны

Водоохраные зоны позволяют перехватить загрязнения, идущие от диффузных (не канализованные территории) источников загрязнения. К последним относятся: орошаемые и богарные земли, сельское коммунально-бытовое хозяйство и животноводство (принимается, что они не канализованы) Устройство ВОЗ учитывается через изменение параметров загрязненности сточных вод:

$$W_{\text{пз ор}}^{\text{ВОЗ}} = W_{\text{пз ор}} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{ВОЗ}})$$

$$W_{\text{пз бог}}^{\text{ВОЗ}} = W_{\text{пз бог}} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{ВОЗ}})$$

$$W_{\text{пз скбх}}^{\text{ВОЗ}} = W_{\text{пз скбх}} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{ВОЗ}})$$

$$W_{\text{пз ж}}^{\text{ВОЗ}} = W_{\text{пз ж}} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{ВОЗ}})$$

Очистка дренажных вод осушительной системы

Дренажные воды сильно загрязнены и требуют очистки, но традиционные очистные сооружения не подходят, так как режим стока и загрязненность воды зависит от природно-климатических условий и использования осушаемых земель. Для очистки дренажных вод используются различного вида биологические плато. В данной работе предусматривается устройство руслового биологического плато. Оно представляет уширение канала осушительной сети, с характерными параметрами: уклон дна $I=0.0$, скорость воды $v \leq v_{\text{заиления}}$, ширина по дну в пределах $b = 3 \dots 10 \text{ м}$, глубина воды $h = 0.3 \dots 1.5 \text{ м}$. Площадь биоплато рекомендуется принимать в пределах $0.5 \dots 1 \text{ га}$. Для удобства эксплуатации биоплато делится на продольные и поперечные секции. Длина продольной секции рекомендуется принимать равной $L_{\text{сек.}} = 50 \dots 100 \text{ м}$, Ширина поперечной секции согласуется с шириной захвата строительной техники. 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 ($\text{Эвзв} = 0.95 \dots 0.99$);
2. поглощения веществ растениями ($\text{Э биог} = 0.95$ – для биогенных веществ, $\text{Эпест} = 0.2 \dots 0.4$ – для пестицидов).

Устройство биоплато учитывается изменением показателя загрязненности дренажных вод осушительной системы: $W_{\text{пз ос}} = 0$.

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.

Агро и лесотехнические мероприятия

Данные мероприятия проводятся на сельскохозяйственных угодьях и представляют собой:

- устройство лесополос ($\text{Элп} = 0.2 \dots 0.4$);
- применение медленно действующих удобрений ($\text{Эму} = 0.3 \dots 0.5$);

- контурная вспашка полей ($\text{Экв}=0,4\dots0,6$).

Данные мероприятия учитываются через изменение показателей загрязненности сточных вод (аналогично тому, как это было показано на примере водоохранной зоны).

Табл. 6.1

Оценка качества вод в реке с учетом водоохранных мероприятий (ВОМ)

Параметры	Интервал времени												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Объем фактического стока $w_{jф}$													
Объем возвратных вод, $\Sigma W_{ввj}$	$\Sigma W_{вв}-W_{вв \text{ пр}}$												
Показатели загрязненности сточных вод с учетом ВОМ													
КБХ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Промышленность	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Сельское кбх	$W_{пз} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{ВОЗ}})$												
Животноводство	$W_{пз} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{ВОЗ}})$												
Орошение	$W_{пз} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{му}})$												
Прочие	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Богарные земли	$W_{пз} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{ВОЗ}}) \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{лп}}) \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{му}}) \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{кв}})$												
Осушаемые земли	$W_{пз} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{бп}})$												
Орошаемые земли	$W_{пз} \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{ВОЗ}}) \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{лп}}) \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{му}}) \cdot (1 - \mathcal{E}_{\text{кв}})$												
ИТОГО $\Sigma w_{jпз}$													
$K^{95\%}_{\text{пз р}}$													
Класс качества воды													

Учет эффективности водоохранных мероприятий проводится последовательно с отображением в графическом виде результатов изменения качества воды в реке (на примере наиболее напряженного периода). По результатам расчетов делается вывод об эффективности водоохранных мероприятий.

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ ПО ОБОСНОВАНИЮ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ В БАССЕЙНЕ РЕКИ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА В РАСЧЕТНОМ ГОДУ

Водным объектом является река Безымянная протекающая в Ивановской области. Водосборная площадь $F_{\text{бас}}=2000 \text{ км}^2$, модуль стока воды $g=4 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$.

Таблица. 1.1- Гидрологические характеристики бассейна и стока реки

Створ	F, км ²	g, л/с·км ²	Cv	Cs	Площадь угодий, %			
					fоз	fбол	fл	fпаш
устьевой	2000	4	0,3	0,6	1	1	40	24

Норма стока и среднегогодежный расход воды, при отсутствии данных наблюдений, рассчитываются по формуле:

$$W = Q \times \tau = 8 \times 31,54 = 252 \text{ млн. м}^3 \quad Q = g \times F = 4 \times 2000 / 1000 = 8 \text{ м}^3/\text{с}$$

где $\tau = 31.54$ млн. секунд в году.

Объем стока в год расчетной обеспеченности $P=95\%$ составит

$$W^{95\%} = W \cdot k_{p=95\%} = 252 \cdot 0,54 = 136 \text{ млн. м}^3$$

Внутригодовое распределение стока для зоны смешанных лесов представлено в таблице 1.2.

Таблица 12 - Внутригодовое распределение объемов
стока воды в створе 1-1, $P=95\%$, млн.м³

Месяцы												Год
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0,95	1,23	2,73	86,93	21,26	6,00	5,18	2,59	1,50	3,41	2,45	2,04	136

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМОВ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

В состав водопотребителей рассматриваемого объекта входят:

- коммунально-бытовое хозяйство (КБХ);
- сельскохозяйственное водоснабжение (сельское коммунально-бытовое хозяйство и животноводство);
- промышленность;
- орошение;
- прочие потребители.

2.1 Объемы водопотребления

Объемы водопотребления рассчитываются в соответствии со структурой водопотребления в области, в которой расположен рассматриваемый бассейн реки. Годовой объем водопотребления в КБХ составляет 10 млн.м³.

Сельскохозяйственное водоснабжение. Годовые объемы водопотребления сельскими жителями и животноводством определяются, соответственно, как 1/3 и 2/3 от объема сельскохозяйственного водоснабжения.

Таблица 2.1 Объемы водопотребления из поверхностных и подземных источников в областях России. http://www.orelgiet.ru/1_11_10zimi.pdf/

Объект	Водопотребление участниками ВХК				
	КБХ	Промыш.	Орошение	С/х воснабж.	Прочие
Ивановская, %	23	49	1	5	3
Бассейн реки, млн.м ³	40,00	85,22	1,74	8,70	5,22

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

$$w_i = W/12, \text{ млн.м}^3$$

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

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

где χ_i – доля водопотребления для орошения в i -ый месяц (табл. 2.2).

Таблица 2.2 Внутригодовое распределение объемов водопотребления для орошения, %.

Область край, республика	Месяц					
	5	6	7	8	9	Год
Ивановская, %	13	31	20	22	14	100
Бассейн	0,23	0,54	0,35	0,38	0,24	1,74

Прочее водопотребление. Прочее водопотребление (в учебной работе для целей рекреации) в течении года осуществляется неравномерно, однако, учитывая небольшие объемы ($W_{проч.}$) в учебной работе можно принимать равномерное распределение объемов водопотребления в рекреации.

2.2 Объемы водоотведения

Объемы водоотведения сточных вод в реку (объемы возвратных вод) определяются для всех водопотребителей в зависимости от коэффициента возвратных вод и объемов водопотребления:

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

Таблица 2.3 Определение объемов водоотведения

Водопотребители	W, млн.м ³	K _{вв}	W _{вв} , млн.м ³
Городское кбх	40,00	0,7	28,00
Промышленность	85,22	0,8	68,17
Сельское кбх	2,90	0,5	1,45
Животноводство	5,80	0,5	2,90
Рекреация	5,22	0,7	3,65
Орошение	1,74	0,1	0,17
ИТОГО	140,87	-	104,35

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО СТОКА РЕКИ ДЛЯ УСЛОВИЙ РАСЧЕТНОГО ГОДА

Определение объемов фактического стока воды в реке делается на основе водобалансового уравнения в соответствии с [Методика ..., 2007]. Уравнение для i -го месяца записывается в виде:

$$w_{\phi i} = w_{pi} + w_{nodi} + \sum w_{vvi} - \sum w_i - \alpha \times w_{nodi}$$

где w_{pi} - объем речного стока в i -ый месяц; α - коэффициент гидравлической связи подземных и поверхностных вод (принимается в пределах 0,3...0,7); w_{nodi} - объем водозабора из подземных вод в i -ый месяц; $\sum w_{vvi}$ - суммы объемов возвратных вод в i -ый месяц; $\sum w_i$ - сумма объемов водопотребления в i -ый месяц; $\alpha \times w_{nodi}$ - 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 коэффициента гидравлической связи подземных и речных вод ($\alpha=0,3$) составит:

$$\alpha \times w_{подi} = 0,3 \times 8,7 = 2,61 \text{ млн. м}^3$$

Водозабор из подземных горизонтов определяется как сумма объемов водопотребления для целей питьевого водоснабжения:

$$w_{подi} = (W_c/x + W_{КБХ} + W_{проч.}) = 53,91 \text{ млн. м}^3$$

Таблица 3.1 Определение объемов фактического стока реки в год 95% обеспеченности, млн.м³

Составляющие баланса	Интервал времени												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
Объем стока реки, Δw_{jr}	0,95	1,23	2,73	86,93	21,26	6,00	5,18	2,59	1,50	3,41	2,45	2,04	136
Водозабор подземных вод,	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	53,91
Объем возвратных вод, ΣW_{BVj}	8,68	8,68	8,68	8,68	8,70	8,74	8,72	8,72	8,71	8,68	8,68	8,68	104,35
ПРИХОД	14,13	14,40	15,90	100,10	34,45	19,22	18,39	15,80	14,70	16,58	15,63	15,22	295
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	2,61
Водопотребление, Σw_j , всего:	11,59	11,59	11,59	11,59	11,82	12,13	11,94	11,98	11,84	11,59	11,59	11,59	141
КБХ	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	3,33	40,00
промышленность	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	85,22
с/х водоснабжение	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	8,70
орошение					0,23	0,54	0,35	0,38	0,24				1,74
прочее	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	5,22
РАСХОД	11,81	11,81	11,81	11,81	12,04	12,35	12,16	12,19	12,06	11,81	11,81	11,81	143
Фактический сток $W_{фак}$	2,32	2,59	4,09	88,29	22,41	6,87	6,23	3,61	2,64	4,77	3,81	3,41	152

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ СТОЧНЫХ ВОД

Сточные воды, сбрасываемые водопотребителями в водные объекты, загрязнены, поэтому необходимо учитывать их влияние на качество речной воды. Для этого использован показатель «предельной загрязненности» воды. Данная величина может быть выражена в виде:

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

Объем предельной загрязненности определяется по формуле:

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

где $K_{пз\ i}$ – коэффициент предельной загрязненности i -го водопотребителя, показывающего осредненную кратность сверхнормативного загрязнения сточных вод; $W_{ст}$ – объем сточных вод, с которым загрязняющие вещества поступают в водный объект.

В работе учитываются следующие источники загрязнения: КБХ, промышленности, сельское кбх, животноводство, прочее водопользование и земледелие (богарное, орошаемое, осушаемое). Структура сельскохозяйственных угодий следующая:

Таблица 4.1 Структура земельного фонда Ивановской области

Объект	Структура			
	С/х угодья	Богарные	Орошаемые	Осушаемые
Ивановская, %	24	12	4	8
Бассейн, га	48000	24000	8000	16000

$$W_{ст} = g \times 315,4 \times F \times k_{p\%} = 4 \times 315,4 \times F \times k_{p\%} = \text{м}^3/\text{га}$$

Результаты расчетов объемов водопотребления, сточных вод и показателей загрязненности сточных вод заносятся в сводную таблицу.

Таблица 4.2 Объемы водопотребления, сточных вод и
показатели загрязненности сточных вод, млн. м³.

Участник ВХК	W	Возвратные воды		Показатели загрязненности сточных вод	
		Квв	Wст	Кпз	Wпз
Городское кбх	40,00	0,7	28,00	10	280
Промышленность	85,22	0,8	68,17	30	2045
Сельское кбх	2,99	0,5	1,45	6	9
Животноводство	5,80	0,5	2,90	20	58
Рекреация	5,22	0,7	3,65	10	37
Орошение	1,74	0,1	0,17	5	1
Итого	140,87	-	104,35	-	2429
Богарные земли			16,35	4	65
Осушаемые земли			10,90	6	65
Орошаемые земли			5,45	8	44
Итого			-	-	2604

Внутригодовое распределение показателей загрязненности сточных вод делается следующим образом. Для источников загрязнения: КБХ, промышленность, сельское кбх, животноводство и прочих водопользователей, объемы $w_{пzi}$ распределяются равномерно:

$$w_{пzi} = W_{пз}/12.$$

Для сельскохозяйственных угодий объемы $w_{пzi}$ распределяются пропорционально стоковым коэффициентам ($k_{сти}$):

$$w_{пzi} = k_{сти} \times W_{пз}$$

Внутригодовые объемы показателей загрязненности сточных вод определяются в табличном виде. Последовательность расчетов:

- записываются в расчетную таблицу осадки (в мм или %)и температурные условия (в какие месяцы температуры отрицательные и положительные);
- определяются стоковые осадки, для этого за месяцы с отрицательными температурами (для которых стоковые осадки принимаются равными нулю) суммируются осадки и прибавляются к осадкам за первый месяц с положительной температурой. В остальные месяцы с положительными температурами осадки не изменяются;
- стоковые коэффициенты определяются делением стокообразующих осадков на их годовой объем.

Таблица 4.3 Внутри годовые значения показателей загрязненности сточных вод

Показатели	Период времени												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Год
Температура	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	
Осадки, %	7	5	7	5	8	10	12	11	10	8	9	8	100
Стоковые осадки, %				49	8	10	12	11	10				
Коэффициент стока				0,49	0,08	0,1	0,12	0,11	0,1				
КБХ	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	280
Промышленность	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	170	2045
Сельское кбх	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	8,7
Животноводство	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	58,0
Орошение					0,2	0,5	0,3	0,3	0,2				1,5
Прочие	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	36,5
Богарные земли				32,0	5,2	6,5	7,8	7,2	6,5				65,4
Осушаемые				32,0	5,2	6,5	7,8	7,2	6,5				65,4
Орошаемые				21,4	3,5	4,4	5,2	4,8	4,4				43,6
ИТОГО	202	202	202	287	216	219	223	221	219	202	202	202	2593

5. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА РЕЧНОЙ ВОДЫ

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 ($K^{95\%}_{пз\ p}$).

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

где $W_{ф}$ – объем фактического стока реки; 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»; i – номер месяца.

Определение качества воды в реке делается в табличном виде.

Таблица 5.1 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

Таблица 5.2 Оценка качества вод в реке без учета водоохранных мероприятий (BOM)

Параметры	Интервал времени												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	год
ΣW_{Bvj}	8,68	8,68	8,68	8,68	8,70	8,74	8,72	8,72	8,71	8,68	8,68	8,68	104,35
Фактический стока w_{jf}	2,32	2,59	4,09	88,29	22,41	6,87	6,23	3,61	2,64	4,77	3,81	3,41	151,03
Показатели загрязненности сточных вод $w_{jпз}$													
Без BOM	202	202	202	288	217	220	224	222	220	202	202	202	2604
Водооборот	32	32	32	117	46	50	53	51	50	32	32	32	558
Очистка стоков	6	6	6	91	20	23	27	25	23	6	6	6	242
ВОЗ	1,65	1,65	1,65	49,67	9,66	11,92	13,65	12,75	11,62	1,65	1,65	1,65	119
Биоплато	1,65	1,65	1,65	17,67	4,46	5,42	5,85	5,55	5,12	1,65	1,65	1,65	53
Дополнительные BOM	0,34	0,34	0,34	5,15	1,32	1,82	1,81	1,72	1,52	0,34	0,34	0,34	0,34
$K_{пз р}^{95\%}$													
Без BOM	91	91	91	128	97	99	100	100	99	91	91	91	1128
Водооборот	15,11	13,52	8,56	1,36	2,19	7,72	9,00	14,98	20,07	7,34	9,17	10,28	3,93
Очистка стоков	3,89	3,48	2,20	1,06	1,03	3,79	4,82	7,77	9,85	1,89	2,36	2,64	1,84
ВОЗ	2,01	1,80	1,14	0,60	0,57	2,18	2,68	4,38	5,54	0,98	1,22	1,37	1,02
Биоплато	2,01	1,80	1,14	0,23	0,33	1,23	1,43	2,38	3,08	0,98	1,22	1,37	0,59
Дополнительные BOM	1,44	1,29	0,82	0,09	0,19	0,71	0,78	1,32	1,72	0,70	0,88	0,98	0,33
Качество воды	Загрязнен.		Умеренно загрязненный					Загрязнен.		Умеренно загрязненный			

Качество воды в расчетные интервалы времени Без учета ВОМ соответствует классы «очень грязному», следовательно необходимы мероприятий по охране вод от загрязнения.

6. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДООХРАННЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

Предлагаются следующие ВОМ (табл.5.2).

4. Введение водооборота в промышленности.
5. Очистка сточных вод в КБХ и рекреации.
6. Обустройство водоохранной зоны.
7. Устройство биологического плато на осушительной сети.

Данные мероприятия позволяют в среднем за расчетный год 95% обеспеченности достичь класса «загрязненного», что говорит о необходимости проведения дополнительных ВОМ: обвалование территорий животноводческих ферм ($\text{Эоб}=0,7$); устройство в животноводстве отстойников ($\text{Эот}=0,7$); создание лесополос ($\text{Элп}=0,4$) и использование медленно действующих удобрений ($\text{Эму}=0,5$).

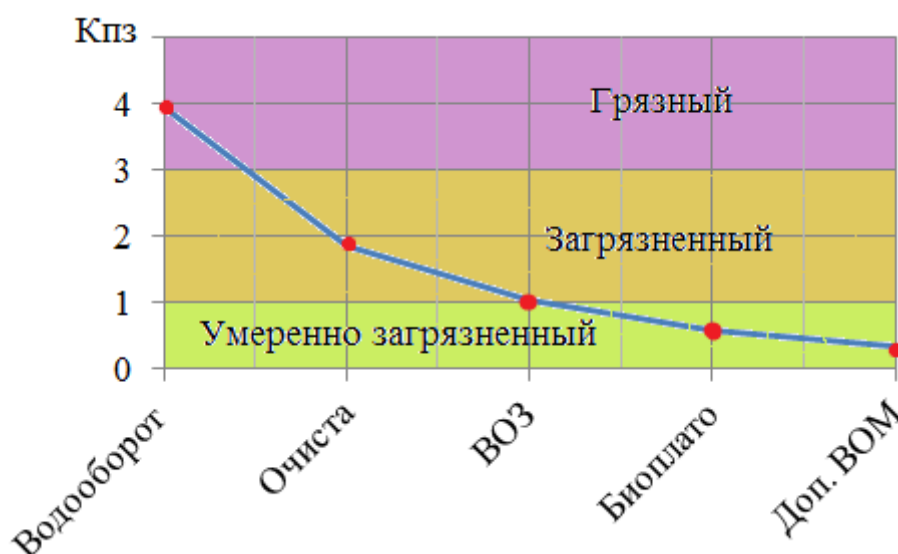


Рисунок 6.1 - Эффективность проведения ВОМ

С учетом всех мероприятий в среднем за год достигается класс «умеренно загрязненной» воды, но внутри года, в отдельные месяцы, качество соответствует классу «загрязненному», что говорит о недопустимо высокой нагрузке на

водный объект. Снижение нагрузки возможно уменьшением объемов водопотребления, и следовательно объемов сброса возвратных вод.

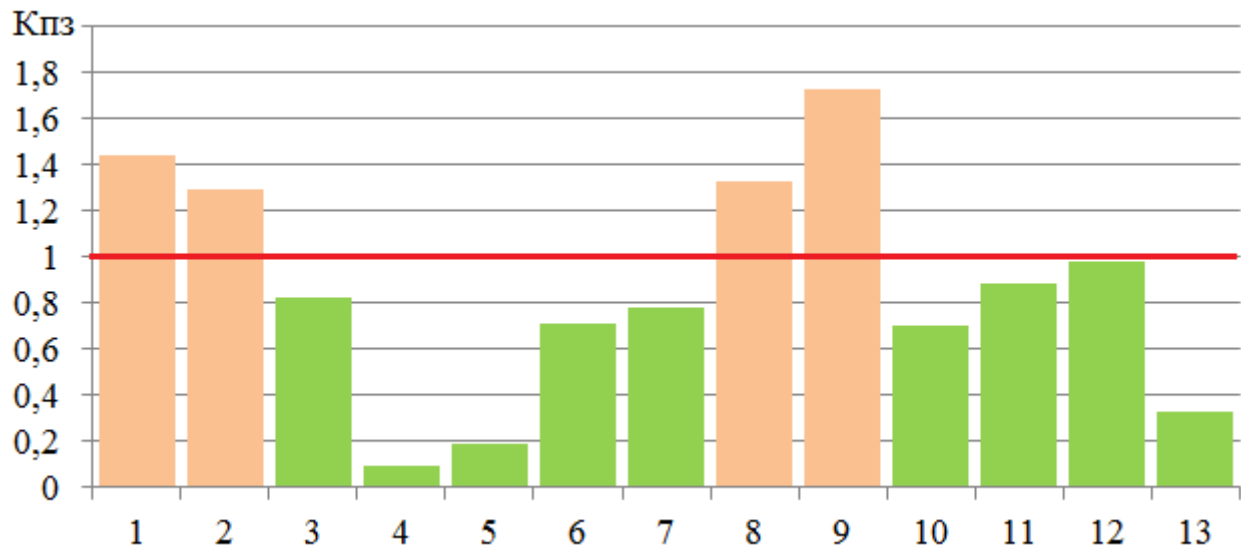


Рисунок 6.2 - Изменение качества воды в реке по месяцам расчётного года обеспеченностью 95%.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Структура земельного фонда областей европейской части России

Вариант	Область, край	Структура, %						Природная зона
		$f_{лес}$	$f_{луг}$	$f_{бол}$	$f_{с/х}$	$f_{ос}$	$f_{ор}$	
1	Ленинградская	46	14	3	25	4	2	лесная
2	Новгородская	53	13	2	18	3	1	лесная
3	Псковская	45	15	3	25	4	2	лесная
4	Вологодская	42	18	2	26	4	2	лесная
5	Ульяновская	10	21	0	56	8	3	лесная
6	Астраханская	9	27	0	45	3	15	степная
7	Смоленская	48	12	1	22	3	1	лесная
8	Ярославская	38	20	3	27	4	2	лесная
9	Владимирская	36	19	2	31	5	2	лесная
10	Костромская	44	17	1	25	4	2	лесная
11	Ивановская	43	18	1	24	4	4	лесная
12	Кировская	38	22	1	26	4	2	лесная
13	Калужская	32	12	0	44	7	3	лесная
14	Самарская	31	14	0	42	3	8	Лесостепная
15	Рязанская	27	18	0	43	3	6	лесная
16	Брянская	34	13	2	38	6	2	лесная
17	Курская	17	29	0	50	2	12	Лесостепная
18	Оренбургская	9	32	0	56	3	8	Степная
19	Тульская	28	23	1	32	5	2	лесная
20	Орловская	24	17	0	47	7	3	лесная
21	Ставропольский	4	7	0	77	1	20	степная
22	Пензенская	30	21	1	36	2	5	лесная

Типовое внутригодовое распределение речного стока для лет разной обеспеченности, %

Природная зона	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Хвойных лесов	2,3	2	1,8	21,6	39,8	10,2	4,7	3,1	2,1	3,8	5,3	3,3
Смешанных лесов	0,7	0,9	2	63,8	15,6	4,4	3,8	1,9	1,1	2,5	1,8	1,5
Лесостепь	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	2,5	2	2,2	3,9	56,6	11,1	4,7	3,7	3,3	3	3,9	3,1

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

Объемы водопотребления в КБХ по вариантам задания, млн.м³.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9
W _{КБХ}	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вариант	10	11	12	13	14	15	16	17	18
W _{КБХ}	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Вариант	19	20	21	22	23	24	25	26	27
W _{КБХ}	19	20	21	22	23	24	25	26	27

Значения модульных коэффициентов речного стока K_{p%} (C_s = 2×C_v)

P, %	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
75	0,93	0,86	0,785	0,71	0,63	0,56	0,525	0,455	0,385	0,32
95	0,825	0,67	0,54	0,415	0,325	0,24	0,175	0,125	0,085	0,06

Внутригодовое распределение осадков (Ос, %) и температурные условия

Природная зона	Фактор	Месяцы												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Хвойных лесов	t	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	-	
	Ос	7	6	5	4	6	7	11	14	11	11	9	9	
Смешанных лесов	t	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	-	
	Ос	7	5	7	5	8	10	12	11	10	8	9	8	
Лесостепь	t	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	
	Ос	7	9	6	5	12	14	7	5	7	6	10	12	
Степь	t	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
	Ос	5	8	7	6	11	15	10	7	11	5	7	8	

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

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. Вершинская М.Е., Шабанов В.В., Маркин В.Н. Эколого-водохозяйственная оценка водных систем: монография / М.Е. Вершинская, В.В.Шабанов, В.Н.Маркин. – М: РГАУ-МСХА, 2015. – С.144
4. Государственный водный кадастр. Гидрографические характеристики речных бассейнов европейской территории СССР. -Л.: Гидрометеиздат. 1971.
5. Карты России по областям [<http://haveall.net/karta-rossii-po-oblastyam/>] (по данным на 17.02.2014).
6. Реймерс Н.Ф. Природопользование. –М.:Мысль 1990
7. СП 33-101-2003"Определение расчетных гидрологических характеристик".
8. Хрисанов Н.И. Управление эвтрофированием водоемов. – С.-П.:Гидрометеиздат. 1993

Учебное пособие

СОСТАВИТЕЛИ:

Маркин Вячеслав Николаевич

Федоров Сергей Анатольевич

**ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Учебное пособие

Авторская редакция