

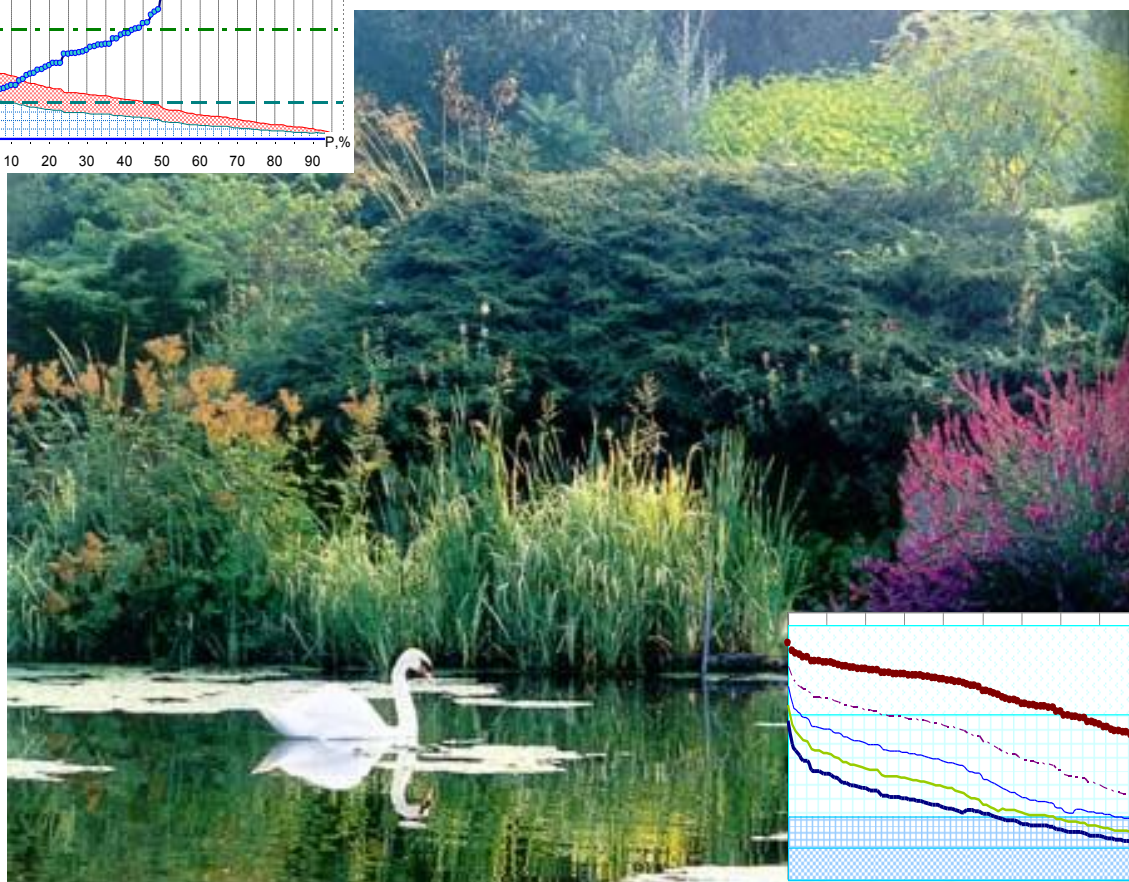
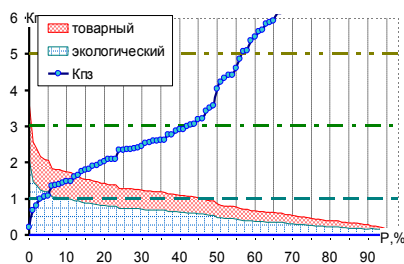
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

Российский государственный аграрный университет МСХА-им. К.А.Тимирязева

институт природообустройства им. А.Н.Костякова

МЕТОДИКА ЭКОЛОГО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

В.В.Шабанов, В.Н. Маркин



Москва 2014

ББК 31.5
УДК 628.1, 504.064.2.001.18
Ш 12

Рецензенты

Начальник Управления ресурсов вод и регулирования водохозяйственной деятельности Федерального агентства водных ресурсов РФ

А.В.Шевчук

Кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА – им. К.А.Тимирязева, институт природообустройства им. А.Н.Костякова

Н.В.Лагутина

В.В.Шабанов, В.Н. Маркин

Методика эколого - водохозяйственной оценки водных объектов.

В.В.Шабанов, В.Н. Маркинонография.-М.: ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА-им. К.А.Тимирязева. 162с.

ISBN 978-5-89231-280-6

В монографии рассматривается методика оценки качества воды и состояния водных объектов, предлагаемая для разработки Схем комплексного использования и охраны водных объектов.

В монографии приводится краткий обзор литературы по физико-химическим и биологическим методам оценки водных объектов. Дается обоснование предлагаемого метода, основанного на взаимосвязи и взаимозависимости параметров характеризующих состояние водных организмов и среды их обитания. Приведены примеры эколого-водохозяйственной оценки водных объектов бассейна реки Иртыш.

Фотография на обложке взята из сайта www.vashdom.ru

Таб.62, ил.95. Библиогр. назв. 44

ISBN 978-5-89231-280-6

© Шабанов В.В., Маркин В.Н.
2014

© ФГБОУ ВПО РГАУ МСХА
-им. К.А.Тимирязева.
2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	8
1.1 Физико-химические методы	8
1.1.1 Комплексные индивидуальные показатели	8
1.1.2 Комплексные показатели	10
1.1.2.1 Показатель химического загрязнения (ПХЗ-10).....	10
1.1.2.2 Комбинаторный индекс загрязнения.....	11
1.1.2.3 Показатель Эрисмана Ф.Ф.....	11
1.1.2.4 Экотоксикологический критерий Моисеенко Т.И.....	12
1.1.2.5 Комплексная оценка загрязненности вод по Фрулину Г.Т. и Баркану Л.В.....	13
1.1.2.6 Индекс загрязнения воды (ИЗВ)	14
1.2 Биологические методы	16
1.2.1 Индекс сапробности (S).....	17
1.2.2 Олигохетный индекс (ОИ).....	19
1.2.3 Биотический индекс (БИ)	20
1.2.4 Индекс стабильности.....	21
1.2.5 Индекс Маргалефа (d)	22
1.2.6 Индекс Шеннона (H).....	22
1.3 Смешанные показатели.....	24
1.3.1 Индекс эвтрофикации–TRIX	24
1.3.2 Показатели устойчивости экосистемы	25
1.4 Эколого-водохозяйственная оценка водных объектов	29
2 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СХЕМАХ КИОВР... 38	
2.1 Оценка качества воды в многолетнем разрезе.....	44
2.2 Определение требуемой эффективности водоохраных мероприятий	45
2.3 Оценка величины предотвращенного ущерба	46
3. ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В БАССЕЙНЕ Р.ИРТЫШ	47
3.1 Эколого-водохозяйственная оценка реки Иртыш	48
3.1.1 Иртыш. Створ 123	48
3.1.2 Иртыш. Створ 126-3	51
3.1.3 Иртыш. Створ 126-4	54
3.1.4 Иртыш. Створ 126-8	57
3.1.5 Иртыш. Створ 126-10	60
3.1.6 Иртыш. Створ 126-12	62
3.1.7 Иртыш. Створ 133-1	65
3.1.8 Иртыш. Створ 133-5	67
3.2 Эколого-водохозяйственная оценка реки Ишим.....	70
3.3 Эколого-водохозяйственная оценка реки Тобол	73
3.4 Эколого-водохозяйственная оценка реки Тура	77
3.5 Эколого-водохозяйственная оценка реки Тавда	80

3.6 Эколого-водохозяйственная оценка реки Конда	83
3.7 Эколого-водохозяйственная оценка реки Вагай.....	85
3.8 Эколого-водохозяйственная оценка реки Исеть.....	88
3.9 Эколого-водохозяйственная оценка реки Уй	91
3.10 Эколого-водохозяйственная оценка реки Синара.....	93
3.11 Эколого-водохозяйственная оценка реки Теча.....	96
3.12 Эколого-водохозяйственная оценка реки Миасс.....	99
4.НАПРАВЛЕННОСТЬ ВОДООХРАНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	106
4.1 Загрязненность воды в реке Иртыш на современном этапе	106
4.2 Формирование системы уравнений для расчета изменения загрязненности речной воды.....	108
4.3 Оценка требуемой эффективности водоохранных мероприятий..	111
4.3.1 Многоводный год (P=25%).....	111
4.3.2 Средний по водности год (P=50%).....	112
4.3.3 Маловодный год (P=75%).....	114
4.3.4 Остро маловодный год (95%)	115
4.4 Оценка требуемой эффективности водоохранных мероприятий. Река Тобол.....	117
4.4.1 Маловодный год (75%)	118
4.4.2 Остро маловодный год (95%)	119
4.4.3 Оценка требуемой эффективности водоохранных мероприятий. Река Исеть	121
4.4.4 Маловодный год (75%)	122
4.4.5 Остро маловодный год (95%)	123
4.5 Оценка требуемой эффективности водоохранных мероприятий. Река Ишим	125
4.5.1 Маловодный год (75%)	126
5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИМИТОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ИСЕТЬ.....	127
6.МЕТОДИКА ЭКОЛОГО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОЦЕНКИВОДНЫХ РЕСУРСОВ	132
6.1 Оценка качества воды.....	136
6.2 Методика оценки экологической эффективности планируемых водоохранных мероприятий.....	136
6.3 Методика оценка экологического состояния водной экосистемы	138
7.ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ.....	142
7.1 Определение значение коэффициента предельной загрязненности (Kпз) для отчетного года.....	142
7.2 Построение кривой обеспеченности коэффициентов Kпз.....	142
7.3 Построение кривой плотности распределения коэффициентов предельной загрязненности	144
8.ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ В Microsoft EXCEL.....	146
8.1 Определение коэффициента предельной загрязненности воды ...	146

8.2 Построение кривой обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности	155
9.ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДОТВРАЩЕННОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИРТЫША	159
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	161

ВВЕДЕНИЕ

Накоплен большой опыт оценки загрязненности водных объектов загрязняющими веществами, на основе сравнения их содержания в воде с допустимыми нагрузками. При этом ставятся задачи: оценка пригодности воды для тех или иных целей человека, и оценка состояния водной экосистемы. Решение данных задач ведется с помощью физико-химических и биологических методов. Все эти методы основаны на определении некоторых показателей качества воды и состояния экосистемы. Используемые в настоящее время показатели можно разделить на три группы:

- индивидуальные и комплексные показатели химико-физического загрязнения;
- комплексные биологические показатели;
- смешанные показатели, учитывающие гидрохимические и гидробиологические параметры.

Индивидуальные показатели оценивают загрязненность воды конкретным веществом, в конкретный момент времени. В этом случае концентрация загрязняющего вещества в воде (C_i) сравнивается с его предельно-допустимой концентрацией (ПДК $_i$). В соответствии с /СанПиН 2.1.5.980-00/ вода считается не загрязненной (условно чистой) если выполняется условие:

$$C_i \leq \text{ПДК}_i, \quad (1)$$

Сточные воды промышленных предприятий дополнительно нормируются по объему сброса загрязнителей со сточными водами. Объем сбрасываемых в водоем загрязняющих веществ не должен превышать величины предельно-допустимого сброса (ПДС):

$$V_i \leq \text{ПДС}_i, \quad \text{ПДС}_i = C_{di} \times W_{\text{лим.}} \quad (2)$$

где $V_i = W_{\text{вв}} \times C_{\text{вв}i}$ - объем фактического сброса загрязнителя,

$W_{\text{вв}}$ -фактический объем сточных вод, с концентрацией i -го загрязняющего вещества $C_{\text{вв}i}$;

$W_{\text{лим}}$ -разрешенный лимит сброса сточных вод;

$S_{\text{д}}$ -допустимая для сточных вод концентрация i -го загрязняющего вещества, не приводящая к превышению ПДК i в контрольном створе водного объекта, которая определяется в соответствии с СанПин 2.1.5.980-00.

Метод индивидуальных показателей дает точную количественную оценку загрязнения конкретным веществом. Такая оценка используется в случае:

- контроля работы очистных сооружений;
- контроля качества сточных вод;
- контроля состояния водных объектов по ряду загрязняющих веществ;
- оценки последствий аварий и т.д.

Существенным недостатком использования индивидуальных показателей является невозможность оценки состояния всей экосистемы в целом. Использование комплексных показателей до некоторой степени лишено данного недостатка.

Комплексные или интегральные показатели, призваны оценить состояние всей водной среды. Они, прямо или косвенно, связаны со многими физико-химическими и даже биологическими показателями, хотя бы по тому, что оценивают состояние одного и того же водного объекта. Поэтому интегральные показатели более адекватно отражают состояние среды обитания водных организмов.

Комплексные показатели должны удовлетворять ряду требований /Т.В.Гусева, и др. Эколайн/:

- простота использования;
- универсальность;
- достаточная информативность;
- иметь физический и логический смысл.

В настоящее время широко используются:
 индивидуальные интегральные показатели, которые представляют собой конкретный параметр состояния водной среды;
 комплексные показатели, которые определяются с учетом целого ряда параметров среды.

1 МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

1.1 Физико-химические методы

1.1.1 Комплексные индивидуальные показатели

В качестве индивидуального показателя используется биологическое потребление кислорода (БПК). БПК – показатель, оцениваемый по количеству кислорода, которое за установленное время пошло на окисление органических загрязнений, содержащихся в единице объема воды /Реймерс, 1990/. Окисление органических веществ определяется за различное количество суток, например: 1, 5, 10, 20 или за время необходимое для полного окисления (БПКп). БПК₅ - в поверхностных природных водах изменяется обычно в пределах 0,5-4 мг О₂/дм³ и подвержено сезонным и суточным колебаниям. Весьма значительны изменения величин БПК₅ в зависимости от степени загрязненности водоемов (табл.1.1).

Табл. 1.1

Классификация качества воды по величине БПК₅ /Крылов А.В.,2000/

Степень загрязнения	БПК ₅ , мг О ₂ /л	Стадии экологического состояния экосистемы
Очень чистые	0,5-1,0	Стадия обратимых изменений
Чистые	1,1-1,9	
Умеренно загрязненные	2,0-2,9	Пороговая стадия
Загрязненные	3,0-3,9	Стадия необратимых изменений
Грязные	4,0-10,0	

БПК₅ имеет ярко выраженную связь с индексом сапробности /Оценка...,2000/, что позволяет использовать его для оценки экологического состояния водного объекта (табл.1.2).

Табл.1.2
Соответствие БПК₅ индексу (S) и уровню сапробности.

Уровень сапробности	S	БПК ₅ ,%
Олигосапробный	1-1.5	0 - 15
Мезосапробный	1.5 – 3.5	15 - 80
Полисапробный	3.5 – 4.0	80 - 100

БПК₅ связан с индексом Шеннона (H), характеризующим видовое разнообразие сообществ зоопланктона и зообентоса (1.1). Данные сообщества представляют две важнейшие подсистемы водных экосистем /Алимов А.Ф.,2004/. Зависимость (1.1), справедливая для чистых и загрязненных озер и рек, позволяет оценить трофность водного объекта (табл.1.3).

$$H=3,74 \times \text{БПК}_5^{-0.27}, \quad (1.1)$$

где БПК₅-рассчитана в единицах энергии, отнесенных к единице площади (ккал/м²).

Табл.1.3
Соответствие трофического статуса водного объекта и БПК₅

Трофность водоемов	БПК ₅ , ккал/м ²
Ультраолиготрофные	2.11–6.13
Олиготрофные	6.13–12.71
Мезотрофные	12.71–28.27
Эвтрофные	28.27–58.64
Гиперэвтрофные	58.64–92.82

Таким образом, показатель биологического потребления кислорода может использоваться для чистых и загрязненных вод и характеризует:

- химическое загрязнение воды,
- состояние водной экосистемы по уровню сапробности и трофности.

Однако в инженерной водохозяйственной практике БПК используется главным образом в качестве одного из показателей загрязнения воды органическим веществом. В прогнозных расчетах, и особенно для характеристики крупно масштабных систем (участок или бассейн реки) его использование затруднено из-за влияния на него условий, значительно изменяющихся во времени и пространстве, например: содержание растворенного в воде кислорода, температура воды, освещенность.

1.1.2 Комплексные показатели

Краткий обзор комплексных показателей состояния среды представлен в работе /Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д., 2005/. Они определяются на основе индивидуальных показателей физико-химического загрязнения воды, с помощью различных математических приемов. Наиболее часто учитываются: концентрации загрязняющих веществ, рН, растворенный в воде кислород, температура воды.

Широкое применение нашли следующие комплексные показатели.

1.1.2.1 Показатель химического загрязнения (ПХЗ-10)

Показатель химического загрязнения определяется по 10 ингредиентам, среди которых:

общие, относящиеся к обязательным для оценки качества вод (О₂, БПК, взвешенные вещества, вещества азотной группы и др);

вещества, наиболее характерные для конкретного водного объекта.

Вычисляется он как сумма отношений концентраций загрязнителей C_i к их ПДК_i

$$ПХЗ - 10 = \sum_i^{10} \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (1.2)$$

Причем, для концентраций загрязнителей не превышающих их ПДК, отношение $C/ПДК$ принимается равным 1. Таким образом, учитывается только сверхнормативное загрязнение.

Данный показатель требует использования собственной классификации качества вод, изменяется в широких пределах: от 10, что соответствует не загрязненной воде, и выше. Поэтому он не используется для характеристики воды природного качества (не загрязненных вод) в пределах уровней, например: чистая, очень чистая.

1.1.2.2 Комбинаторный индекс загрязнения

Комбинаторный индекс (В) определяется с учетом повторяемости уровня загрязненности N_i конкретным веществом, и оценивается по относительной загрязненности воды К. Индекс (В) определяется как произведение данных характеристик:

$$B = \sum K_i \times H_i \quad K_i = \frac{C_i}{ПДК_i} \quad H_i = \frac{N_{oi}}{N_i} \quad (1.3)$$

где N_{oi} -количество случаев превышения ПДК, по i -му загрязняющему веществу, из общего количества наблюдений N_i .

Данный показатель изменяется в широких пределах от 0 (не загрязненная вода $N_i=0$) и выше. Обладает недостатками, указанными для предыдущего показателя. Кроме того, требует строгого соблюдения методики отбора проб воды, так как определяется по частотным характеристикам.

1.1.2.3 Показатель Эрисмана Ф.Ф.

Показатель Эрисмана оценивает качество воды на основе разделения загрязняющих веществ по четырем критериям:

- санитарный (W_c): растворенный кислород, БПК, ХПК и специальные загрязнители характерные для конкретного водного объекта, которые нормируются по обще санитарным нормам;
- органолептический (W_f): запах, взвешенные вещества и специальные загрязнители, нормируемые по органолептическим критериям;
- санитарно-токсикологический ($W_{ст.}$);
- эпидемиологический ($W_э$).

Фактически речь идет о распределении веществ по группам лимитирующего признака вредности (кроме эпидемиологического критерия). Для каждой группы веществ делается оценка по формуле:

$$W_j = 1 + \frac{\sum(\delta_{ij} - 1)}{N_j} \quad \delta_{ij} = \frac{C_{ij}}{ПДК_i} \quad (1.4)$$

где N_j – количество веществ в j -ой группе.

На основе значений групповых показателей делается вывод о загрязнении воды в соответствии с таблицей 1.4. Причем если $\delta < 1$, то его значение принимается равным $\delta = 1$.

Табл.1.4

Классификация качества воды по групповым показателям загрязненности.

Уровень загрязнения	Значения показателей			
	W _ф	W _с	W _{ст}	W _э
Допустимый	1	1	1	1
Умеренный	1-1.5	1-3	1-3	1-10
Высокий	1.5-2	3-6	3-10	10-100
Чрезвычайно высокий	>2	>6	>10	>100

1.1.2.4 Экотоксикологический критерий Моисеенко Т.И.

Экотоксикологический критерий (X) определяется как сумма показателей:

$$X = X_m + X_\phi + X_\varepsilon \quad (1.5)$$

Токсичности $X_m = \sum \frac{C}{ПДК} \quad (1.6)$

Физико-химического загрязнения (сульфаты, хлориды, взвешенные вещества, общая минерализация и др.).

$$X_\phi = \sum \left(\frac{C}{C_{фон}} - 1 \right) \quad (1.7)$$

Эвтрофности (по концентрации фосфора в воде C_ϕ и его фоновому значению $C_{фон.ф}$).

$$X_\varepsilon = K * \left(\frac{C_\phi}{C_{фон.ф}} - 1 \right) \quad (1.8)$$

где K —коэффициент, учитывающий состояние водного объекта: $K=2$ —водный объект в мезотрофной стадии, $K=3$ —в эвтрофной стадии.

Данный показатель существенно не отличается от предыдущих, однако позволяет учесть фоновые концентрации веществ. Хотя при этом не учитывается значимость конкретной категории для водного объекта.

1.1.2.5 Комплексная оценка загрязненности вод по Фрулину Г.Т. и Баркану Л.В.

Комплексная оценка делается с учетом загрязненности воды конкретным загрязнителем, для которого рассчитывается функция желательности. *Функция желательности Харрингтона применяется для решения многокритериальных задач. Она, обладает свойствами: непрерывность, монотонность и гладкость. Функция желательности часто описывается экспонентой с отрицательным показателем степени, что позволяет снизить ее чувствительностью в областях близких к 0 и 1, и повысить чувствительностью в средней части.*

$$D_i = \exp(-\exp(P_i)) \quad P_i = b_0 + b_1 \times C_i / ПДК_i \quad (1.9)$$

где b_0 , b_1 —коэффициенты, зависящие от рассматриваемых веществ и класса качества воды.

Обобщенный показатель рассчитывается по формуле:

$$D = (D_1 \times D_2 \times D_3 \times \dots \times D_i \times \dots \times D_n)^{\frac{1}{n}} \quad (1.10)$$

Степень загрязненности воды определяется по таблице 1.5.

Табл.1.5
Классификация загрязнения воды.

Класс качества	D
Очень чистая	0.99
Чистая	0.99-0.8
Умеренно загрязненная	0.8-0.63
Загрязненная	0.63-0.37
Грязная	0.37-0.2
Очень грязная	0.2-0.1

Данный показатель учитывает значимость конкретного загрязнителя и определяется как некоторое осредненное значение по индивидуальным показателям. Однако снижается чувствительность метода для высоких концентраций и концентраций, близких к фоновым значениям.

1.1.2.6 Индекс загрязнения воды (ИЗВ)

Индекс загрязнения воды широко используется в отечественной и зарубежной практике в качестве интегрального показателя качества воды /Методические рекомендации, 1988. Т.В.Гусева и др., 2003/.

Расчет ИЗВ проводится по формуле:

$$ИЗВ = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (1.11)$$

где: n–количество рассматриваемых веществ.

Табл. 1.6

Классы качества вод по ИЗВ

Класс качества воды	Характеристика качества воды	Величина ИЗВ	Стадии экологического состояния экосистемы
I	очень чистая	до 0,2	Стадия обратимых изменений
II	чистая	0,2-1	
III	умеренно загрязненная	1-2	Пороговая стадия
IV	загрязненная	2-4	Стадия необратимых изменений
V	грязная	4-6	
VI	очень грязная	6-10	
VII	чрезвычайно грязная	более 10	

Для оценки качества вод расчеты ИЗВ ведут для n=5...7 индивидуальных показателей–включая обязательные: растворенный кислород, БПК, рН. В зависимости от значений ИЗВ различают семь классов

качества воды (табл. 1.6), которые соотносятся со стадиями кризисности экосистем.

Используются и модификации данного метода. Так более информативным комплексным показателем является «удельный комбинаторный индекс загрязненности воды» (УКИЗВ) /В.И.Губанов и др. 1997, 2000/, который рассчитывается по двадцати пяти ингредиентам, вносящим наибольший вклад в загрязнение поверхностных вод, и класс качества воды. Значение УКИЗВ может варьировать в водах, различной степени загрязненности, от 1 до 16. В зависимости от величины коэффициента УКИЗВ качество воды оценивается 5-ю классами: чем больше значение УКИЗВ, тем хуже качество воды.

Достоинством метода ИЗВ является:

- простота определения показателя;
- возможность учета разнородных параметров, например рН, O_2 ;
- сопоставимость результатов для разных водных объектов (т.к. оценка качества идет по определенному количеству параметров, включающих список обязательных для учета характеристик);
- использование существующей базы данных, которая представлена в Государственном водном кадастре.

Все это способствует широкому использованию ИЗВ в практике водного хозяйства. Однако метод имеет недостатки, связанные с необходимостью:

использования фиксированного набора загрязнителей;

необходимостью выбора заменителя значению ПДК в формуле (1.11), для растворенного кислорода, температуры воды, рН.

Заключение

Физико-химические методы достаточно просты и пригодны для использования в инженерной практике. Однако из-за большого количества загрязнителей необходим выбор нескольких из них для определения

оценочных характеристик, что ведет к субъективизму при оценке конкретного водного объекта.

Физико-химические методы позволяют оценить состояние среды обитания водных организмов, и поэтому только косвенно характеризуют состояние самих организмов. Хотя среда определяет, развивающиеся в ней виды организмов, все же в условиях антропогенного воздействия возможны отклонения. Кроме того, каждый метод данной группы, требует специальной классификационной шкалы. В этих условиях выбирается некоторый общий метод, который и является базовым, в качестве которого, в настоящее время, используется метод, основанный на определении ИЗВ.

Оценка качества воды по ИЗВ, позволяет учесть одиночное воздействие конкретных показателей на качество воды и их суммарное влияние. Он прост в использовании и достаточно полно характеризует гидрохимическую составляющую водного объекта.

Применение показателя ИЗВ ограничивается следующими недостатками:

- показатель ИЗВ в явном виде не учитывает гидрологическую составляющую, например, объемы стока.
- сложность использования для целей прогноза качества вод в водохозяйственной практике.

1.2 Биологические методы

Биологические методы (биоиндикация) позволяют характеризовать состояние экосистемы в целом, и, на качественном уровне, оценить загрязненность воды. Биоиндикационные методы основаны на определении характеристик состояния водных организмов и дают интегральную оценку результатов всех природных и антропогенных процессов, протекавших в водном объекте. Биоиндикация в ряде случаев является более дешевым экспресс-методом, по сравнению с химическими дорогостоящими анализами. Широко используются методы биоиндикации, основанные на

анализе состояния и поведения организмов низшего уровня трофических связей /Методы биоиндикации, 1989; Руководство...1983; Современное состояние...,1985; Дмитриев В. В. Оценка экологического состояния... 2003; Абакумова В. А. ,1992; Владимиров А.М., 1991; Дмитриев В.В. 1997...1999; Снакин В.В. 1992; Балушкина У.В. 1976; Браун В.М.,1979; Гиляров А.М., 1985/.

Наибольшее распространение нашли методы, основанные на определении: индекса сапробности (S), олигохетного индекса (ОИ), биотического индекса (БИ), индекса стабильности (St), индекса видовой разнообразия (H).

1.2.1 Индекс сапробности (S)

Сапробность—это комплекс физиолого-биохимических свойств сапробионтов, обуславливающий их способность обитать в воде с определенной степенью загрязненности органическими веществами. Сапробионты – организмы способные перерабатывать органику, участвуя, таким образом, в процессах самоочищения воды. Среди сапробионтов выделяют: полисапробов, обитающих в очень загрязнённых водах; мезосапробов—организмы, характерные для вод средней загрязнённости, и олигосапробов, встречающихся в водах малой загрязнённости. Состав, количество и структура специфических сообществ сапробионтов служат критериями для оценки степени загрязнённости водоёмов. Численное выражение способности сообщества гидробионтов выдерживать определенный уровень органического загрязнения оценивается индексом сапробности (S), который рассчитывается исходя из индивидуальных характеристик сапробионтов, представленных в различных водных сообществах (фитопланктоне, перифитоне).

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i * h_i)}{\sum_{i=1}^N h_i} \quad (1.12)$$

где S_i -значимость i -го вида гидробионтов, которая задается специальными таблицами;

h_i -относительная встречаемость i -го индикаторного вида организмов;

N -количество выбранных индикаторных видов организмов.

Каждому виду исследуемых организмов присвоено некоторое условное численное значение индивидуального индекса сапробности, отражающее совокупность его физиолого-биохимических свойств, обуславливающих способность обитать в воде с тем или иным содержанием органических веществ. Для статистической достоверности результатов необходимо, чтобы в пробе содержалось не менее двенадцати индикаторных видов с общим числом особей в поле наблюдения не менее тридцати. Классификация водных объектов по значению индекса сапробности S представлена в таблице 1.7.

Методы оценки качества воды с помощью индекса сапробности имеют свою историю. К настоящему времени разработан ряд модификаций (см. рис.1.1), обусловленный конкретными условиями.

Табл. 1.7

Классификация качества воды по индексу сапробности

/Ecjlife,<http://ecolife.org.ua/data/tdata/td4-1-2.php/>

Уровень загрязненности	Зоны	Индексы сапробности S	Классы качества вод
Очень чистые	ксеносапробная	$\leq 0,50$	1
Чистые	олигосапробная	0,50-1,50	2
Умеренно загрязненные	α -мезосапробная	1,51-2,50	3
Тяжело загрязненные	β -мезосапробная	2,51-3,50	4
Очень тяжело загрязненные	полисапробная	3,51-4,00	5
Очень грязные		$>4,00$	6

Индекс сапробности широко используется в практике мониторинга, например для составления Государственного водного кадастра (ГВК). Однако, отсутствие явной связи индекса сапробности (биологического показателя) с условиями среды (например, гидрохимическими показателями), которая подвержена непосредственному влиянию водохозяйственной деятельности, ограничивает его использование в инженерной практике.

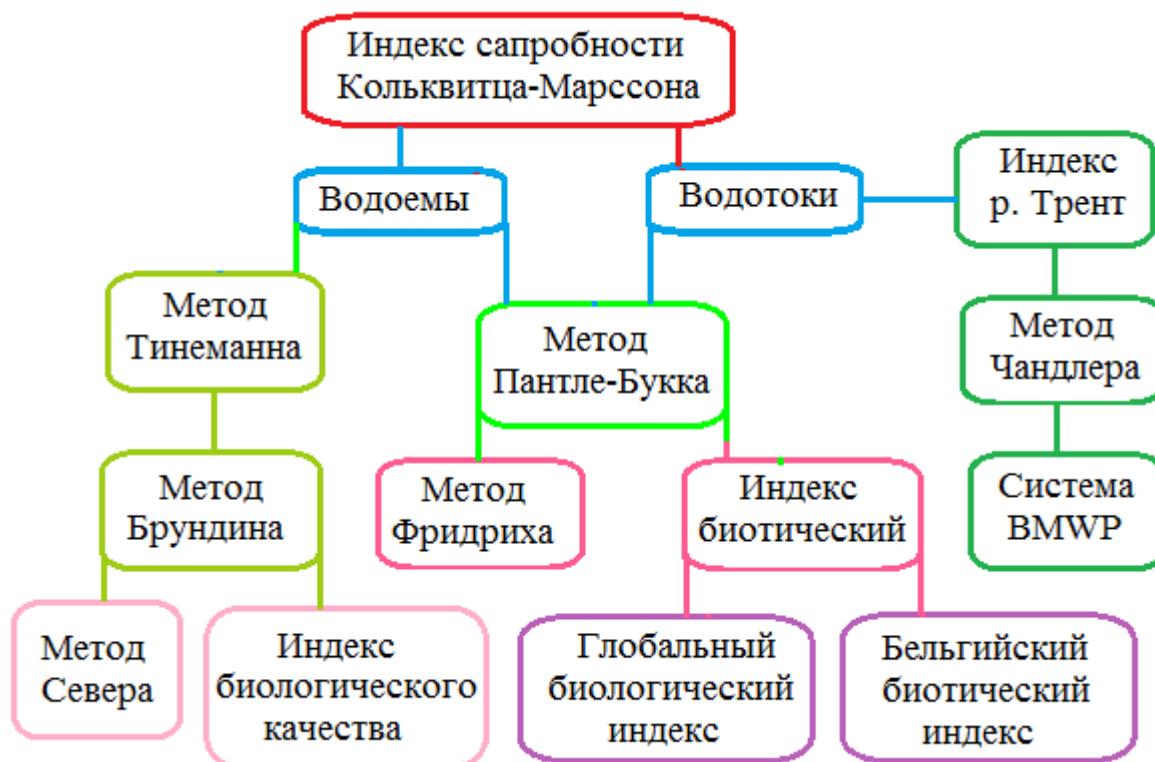


Рис.1.1 История развития системы Кольквитца-Марссона и ее модификаций (Jonson,1995)

1.2.2 Олигохетный индекс (ОИ)

Олигохетный индекс рассчитывается как отношение численности олигохет к общей численности организмов в пробе. (Олигохеты – это малощетинковые черви, относящиеся к классу кольчатых червей. Длина их тела изменяется от долей мм до 2,5 м. Насчитывается около 5 тыс. видов, которые обитают в почве (дождевые черви) или пресных водах, реже в морях. Повышают плодородие почв, способствуют самоочищению водоемов /Интернет-энциклопедия. <http://encycl.assoona.ru/?id=44337/>). В таблице 1.8 представлена классификация качества вод по ОИ.

Табл.1.8

Классификация качества воды
по олигохетному индексу (ОИ),%

Класс качества воды	ОИ, %
Очень чистая	1-16
Чистая	17-33
Умеренно загрязненная	34-50
Загрязненная	51-67
Грязная	68-84
Очень грязная	≥ 85

1.2.3 Биотический индекс (БИ)

Биотический индекс, разработанный Вудивиссом, рекомендуется РосГИДРОМЕТ для оценки качества вод. В основу метода положено упрощение структуры биоценоза по мере повышения уровня загрязнения вод, за счет выпадения индикаторных видов зообентоса. В качестве индикаторных групп выбраны отряды веснянок, поденок, ручейников, ракообразных и др. В таблице 1.9 представлена классификация качества вод по индексу Вудивисса /http://mnepu.sura.ru/El_utebnik/ecomonitoring/Source/bioindicacia.htm#_Toc352_24928/.

Табл.1.9

Классификация качества воды по биологическому индексу Вудивисса

Класс качества	Характеристика класса	Значение индекса
1	Очень чистые	10–8
2	Чистые	7–5
3	Умеренно загрязненные	4–3
4	Загрязненные	2–1
5	Грязные	1–0
6	Очень грязные	0

Методы биоиндикации, в том числе и метод Вудивисса, имеют ряд недостатков – они нуждаются в привязке к конкретным условиям. Например, большая численность олигохет является признаком органического загрязнения, но их отсутствие не всегда является гарантией чистоты водоема. Слабостью методов биоиндикации является малая достоверность

для крупных экосистем. Отмечается, практически, отсутствие их связи с важнейшими параметрами водной среды (табл.1.10), а значит можно подвергнуть сомнению достоверность оценки экологического состояния водных объектов.

Табл. 1.10

Коэффициенты корреляции биологических индексов с факторами окружающей среды реки Барнаулка

[/http://www.sibpatent.ru/default.asp?khid=8825&code=702711&sort=2/](http://www.sibpatent.ru/default.asp?khid=8825&code=702711&sort=2/)

Показатели	Сапробности (S)	Олигохетный (ОИ)	Вудивисса
Щелочность	-0,28	-0,55	-0,08
Кислотность	-0,03	0,18	-0,31
Концентрация O ₂	0,49	0,17	-0,47
БПК ₅	0,80	0,65	-0,40
Температура	-0,64	-0,83	0,44
Концентрация хлорофилла "а"	0,27	0,69	-0,20

Примечание. Выделенные коэффициенты, отвечают требованиям достоверности связи.

1.2.4 Индекс стабильности

Индекс стабильности зоопланктонного сообщества (St) используется для оценки состояния пресноводных экосистем в условиях фонового загрязнения. Выделяют два показателя стабильности.

Первый предполагает, что устойчивость характеризуется величиной, получаемой из осреднения индивидуальных показателей стабильности системы. В качестве показателя стабильности принимается величина отклонения переменной относительно ее среднего значения.

Второй показатель стабильности учитывает вариабельность системы и определяется исходя из положения: стабильность достигает своего максимума при отсутствии изменений свойств экосистемы.

Высокие значения St свидетельствуют о степени «нарушенности» экосистем водных объектов.

Индекс стабильности имеет прямую связь с продукцией зоопланктона и обратную с его видовым разнообразием. Он представляется вполне надежным для оценки состояния водных систем. Недостатком является трудоемкость, так как требуются подробные исследования зоопланктона в водоеме по целому набору параметров (показатели численности организмов - N , их биомассы - B , продукции зоопланктона - P , индекса видового разнообразия Шеннона - H) в течение не менее двух лет.

1.2.5 Индекс Маргалефа (d)

Индекс Маргалефа /Чернышев В.Б., 1996/ выведен, исходя из положения, что с увеличением уровня загрязнения водоема видовое богатство, как правило, падает. Оценка степени загрязнения по видовому разнообразию применима к любым видам загрязнения.

$$d=(V-1)/\ln(n), \quad (1.13)$$

где V - число видов, $\ln(n)$ – натуральный логарифм числа особей.

Индекс d принимает максимальное значение, если все особи принадлежат к разным видам ($V=n$) и равен 0, когда все особи принадлежат к одному виду ($V=1$). Индекс Маргалефа отличается простотой в применении и отражает уровень видового богатства экосистемы. Хорошие результаты получаются в условиях сильного органического загрязнения. Однако, метод имеет малую чувствительность к наличию «редких», немногочисленных видов, которые могут быть индикаторами качества воды.

1.2.6 Индекс Шеннона (H)

Индекса Шеннона заимствован из теории информации и представляет собой параметр оценки сложности и содержания информации любых типов систем, он лучше всего подходит для целей сравнения в тех случаях, когда не интересуют компоненты разнообразия по отдельности. Индекс Шеннона обычно меняется в пределах от 1,1 до 3,0 и вычисляется по формуле:

$$H=-\sum(n_i/N)\times\ln(n_i/N) \quad (1.14)$$

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

В настоящее время индекс Шеннона широко используется для оценки видового разнообразия сообществ организмов, на основе которого делается заключение и о качестве среды их обитания (табл.1.11).

Индекс Шеннона имеет ряд недостатков. Он придает больший вес редким видам организмов, среди которых могут быть и виды индикаторные к чистой воде или достаточно загрязненной. Кроме того, как и все биологические характеристики, он ориентирован на анализ существующего состояния водного объекта, что существенно затрудняет его использование для целей перспективных прогнозов.

Табл.1.11

Оценка трофического статуса водного объекта
по индексу Шеннона (H)

Трофность водоемов	H
Ультраолиготрофные	3.06-2.30
Олиготрофные	2.30-1.89
Мезотрофные	1.89-1.52
Эвтрофные	1.52-1.25
Гиперэвтрофные	1.25-1.11

Заключение

В практике водного хозяйства широкое применение нашли биологические показатели, такие как индекс сапробности, индекс Вудивисса и индекс Шеннона, которые позволяют, на качественном уровне, характеризовать экологическое состояние системы.

Биологические методы сложны для использования в инженерной практике. Они приводят к существенному усложнению работ по оценке состояния водных объектов, в явном виде не учитывают гидрологические характеристики водного объекта и не однозначно связаны с гидрохимическими показателями. В то время, как именно они, в первую очередь, подвержены влиянию хозяйственной деятельности.

Не смотря на общие закономерности, которые отражают биологические показатели, возникает необходимость учета конкретных условий (характерных видов организмов, конкретный гидрохимический фон водного объекта). Существенным недостатком является и то, что биологические методы сложно использовать для целей перспективных расчетов и прогноза состояния среды, что представляет особый интерес при водохозяйственном проектировании, особенно на стадии разработки Бассейновых схем комплексного использования водных объектов (Схем КИОВО). Разработка Схем подразумевает составление водохозяйственных балансов на региональном уровне, бассейна (бассейнов) рек или участка реки. В этом случае необходимо давать оценку качества воды и состояния водного объекта, что можно сделать, используя методику, которая в качестве исходных данных будет использовать показатели, учитывающие гидрологические и гидрохимические условия.

1.3 Смешанные показатели

1.3.1 Индекс эвтрофикации–TRIX

Индекс эвтрофикации /Т.В.Гусева, 2003; Губанов В. И, 2000; Vollenveider R. A.,1982; *Moncheva S.*, 2000/ является функцией концентрации растворенного кислорода, общего фосфора, суммы минеральных форм азота и хлорофилла "а". Последний показатель, обычно включает в себя общее содержание хлорофилла "а" и феофитина "а", позволяет судить о биомассе фитопланктона, выраженной через углерод. Индекс эвтрофикации определяется по формуле:

$$\text{TRIX}=\log([\text{Chl}]\times[\text{DO}_2]\times\text{P}\times\text{N}\times 1.5)/1.2, \quad (1.15)$$

где: Chl–хлорофилл "а" в мкг/л;

DO₂–недостаток насыщения воды растворенным кислородом, %;

P–общий фосфор в мкг/л;

N–растворенная форма минерального азота в мкг/л.

Классы качества воды в зависимости от величины *TRIX* представлены в табл. 1.12.

Индекс эвтрофирования позволяет достаточно объективно судить о состоянии водной экосистемы, слабо подверженной антропогенному загрязнению /Vollenveider R. A., 1998/, так как он связан с водной биотой. Однако сложность определения отдельных составляющих ограничивает его применение в инженерной практике.

Табл. 1.12

Качество вод в зависимости от индекса эвтрофирования

Индекс эвтрофирования	Трофические категории
<4	низкий трофический уровень
4-5	средний трофический уровень
5-6	высокий трофический уровень
6-10	очень высокий трофический уровень

1.3.2 Показатели устойчивости экосистемы

В исследовательской практике используются показатели, характеризующие устойчивость экосистем, что ставит их в ряд экологических методов, способных определить степень воздействия на экосистему и уровень ее функционирования.

Биотические и абиотические составляющие экосистемы по механизмам устойчивости различаются между собой. С одной стороны устойчивость достигается физико-механическими и химическими процессами: переноса, разбавления, сорбции, миграции веществ. С другой - устойчивость обусловлена способностью адаптации организмов к воздействию.

Параметры уязвимости и устойчивости водных экосистем объединены в систему, которая учитывает региональные особенности водных объектов. Это дает возможность оценить водные экосистемы по устойчивости к воздействию /Дмитриев В. В., 2003/ /Дмитриев В.В., Мякишева Н.В., 1977, Снакин В.В., Мельченко В.Е., 1992/.

Оценка антропогенного эвтрофирования и загрязнения проводится путем последовательного суммирования оценочных индексов, которые определяются с учетом гидрологического, гидрохимического и гидробиологического режимов водного объекта. В табл. 1.13 приведены некоторые учитываемые характеристики.

Использование данного метода в инженерной практике очень затруднено сложностью определения биологических параметров, большой стоимостью определения гидрохимических величин и сложностью интерпретации результатов из-за отсутствия разработанной шкалы классификаций. Кроме того, само понятие устойчивости в данном случае применяется для оценки степени «благополучия» экосистемы, что не всегда соответствует действительности. Водная экосистема при антропогенном воздействии не может быстро деградировать и потерять устойчивость «...экосистема может достаточно долго противостоять внешнему воздействию, проявляющемуся в изменении параметров режимов водного объекта, и тем самым быть устойчивой к внешним воздействиям и нагрузкам.

Табл.1.13

Признаки трофности водных экосистем /Дмитриев В.В., 1999/

Критерий	Тип трофности водного объекта			
	Олиго-трофный	Мезо-трофный	Эвтрофный	Гипер-эвтрофный
Ихтиомасса, г/м ²	<1,25-2,5	2,5-10	10-40	>40
Концентрация общего фосфора, P _{общ} , мкг/л	5-20	20-50	50-100	>100
Концентрация общего азота, N _{общ} , мкг/л	5-80	80-500	500-1500	>1500
Отношение концентраций N: P	30-40	25-30	15-25	12-15
Концентрация минерального фосфора, PO ₄ , мг P/л	<0,01	0,01-0,02	>0,02	
РН при 100% насыщении воды кислородом	6.69-7.35	7.36-8.01	8.02-8.67	-
Индекс видового	2,0-3,0	2,0-1,0	1,0-0,0	-

разнообразия				
БПК ₅ , мгО/л	2,3-3,3	3,3-5,5	>5,5	
Концентрация растворенного кислорода, % насыщения	95-105	50-155	<50	
Концентрация кремния, мг Si/л	0,05-0,30	0,30-0,65	>0,65	-
Концентрация аммонийного азота, мг N/л	0,025-0,15	0,015-0,06	>0,060	-
Концентрация нитритного азота, мг N/л	0,01-0,015	0,15-0,60	>0,06	-
Концентрация нитратного азота, мг N/л	0,01-0,020	0,2-0,3	>0,03	-
Концентрация минеральных форм азота, мг N/л	0,05-0,35	0,35-0,95	>0,95	-

Повышенной устойчивостью к эвтрофированию обладают крупные и (или) высокопродуктивные экосистемы водоемов, находящиеся в оптимальных условиях формирования водности. Повышенной устойчивостью к загрязнению обладают крупные и (или) сильно загрязненные экосистемы или экосистемы, находящиеся в оптимальных условиях формирования качества воды. Таким образом, устойчивыми к изменению какого-либо свойства могут оказаться экосистемы, уже в значительной степени обладающие (наделенные) этим свойством. Именно поэтому устойчивыми к загрязнению могут оказаться грязные экосистемы, а устойчивыми к эвтрофированию – эвтрофные и гиперэвтрофные экосистемы, это и не позволяет назвать их экологически благополучными» /Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., 1991, Дмитриев В.В. 1999, Современное состояние...,1985, Дмитриев В. В., 2003/.

Заключение

Рассмотренные методы комплексных показателей с той или иной степенью приближения позволяют характеризовать водную среду с точки зрения ее гидрохимического и биологического состава, пригодности воды для использования и экологическое состояние водной экосистемы. Поэтому они применяются для целей:

- оценки качества природных водных ресурсов;
- обоснования необходимости проведения водоохранных мероприятий;
- мониторинга;
- оценки последствий аварийных ситуаций и т.п.

Физико-химические методы позволяют косвенно охарактеризовать экосистему, но позволяют оценить пригодность воды для использования. Биологические методы напротив, дают оценку состояния экосистемы, но не характеризуют качество воды по отдельным загрязняющим веществам.

Смешанные методики, основанные на показателях, учитывающих и гидрохимическую и гидробиологическую среду, не устраняют недостатки двух перечисленных выше методов, так как используют очень ограниченный набор параметров.

Основываясь на том, что все показатели, биотической и абиотической среды относятся к одному водному объекту, они должны быть связаны между собой. Данная связь должна проявляться как для водных объектов не подверженных антропогенному влиянию или находящихся под слабым влиянием, так и для объектов, подверженных сильному влиянию.

Анализируя таблицу 1.14, в которой представлены рассмотренные выше комплексные показатели, можно убедиться, что многие из них являются функциями объемов загрязняющих веществ и объемов воды, в которых «разбавляются» данные загрязнения. Именно объемы веществ и объемы воды доступны при проектировании на стадии Схем КИОВО.

Табл.1.14

Классификация качества воды

Оценочный	Класс качества воды
-----------	---------------------

показатель	1	2	3	4	5	6
БПК ₅ , мгО/л	0.5-1.0	1.1-1.9	2.0-2.9	3.0-3.9	4.0-10	>10
ИЗВ	≤0.2	0.2-1	1-2	2-4	4-6	>6
Индекс сапробности	≤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
Трофический индекс Карлсона, TSI, 100 бал.	0-40	40-60		60-80		>80
Индекс трофности, ИТ	20-40	40-60		60-80		>80
Индекс Вудивиса	10	9-7	6-5	4	3-2	1-0
Трофность	Олиго-трофная	мезотрофная		эвтрофная		гипер-
Сапробность	ксено-	олиго-	α-мезо-	β-мезо-		поли-
Стадии кризисности экосистемы	обратимые изменения		пороговая	необратимые изменения		

1.4 Эколого-водохозяйственная оценка водных объектов

Методы оценки качества водных ресурсов и экологического состояния водных экосистем, используемые в практике водного хозяйства, основаны на определении химических, биологических и физических показателей. Химические и физические показатели позволяют непосредственно судить о состоянии водной среды, в то время как биологические характеризуют состояние биоты.

Биологические методы сложны для использования в инженерной практике. Они приводят к существенному усложнению работ по оценке состояния водных объектов. Не смотря на общие закономерности, которые отражают биологические показатели, возникает необходимость конкретизировать состояние водной среды. Их существенным недостатком

является и сложность использования для целей перспективных расчетов и прогноза состояния среды, что представляет особый интерес при водохозяйственном проектировании, особенно на стадии разработки Схем комплексного использования и охраны водных объектов (КИОВО).

Физико-химические методы дают на количественном уровне оценку среды обитания водных организмов, но возникают сложности в оценке состояния водного объекта в целом.

Водная экологическая система формируется и развивается на основе тесной взаимосвязи и взаимозависимости водной биоты и среды их обитания. Биота оценивается на основе показателей состояния: отдельных особей, популяций, сообществ. Среда их обитания – вода, характеризуется: гидрологическим режимом, гидрофизическими свойствами воды, ее гидрохимическим состоянием и т.д.

Совместное применение физико-химических и биологических методов оценки состояния отдельных компонентов водной экосистемы позволяет выйти на количественный анализ состояния экосистемы в целом. Однако в ряде случаев это невозможно, например, при составлении «Схем комплексного использования и охраны водных объектов». На данной стадии рассматривается стратегия использования водных ресурсов на перспективный период в масштабах: участка реки, речного бассейна или региона страны, когда в обязательном порядке решаются задачи, связанные с оценкой качества водных ресурсов и объемов использования воды при соблюдении экологических требований. В силу масштабности и многофакторности эта задача достаточно сложная. Требуется большое количество исходных данных, особенно таких, которые характеризуют качество воды (концентрации загрязняющих веществ, гидробиологические показатели), при этом информация необходима для разных створов водного объекта и разных по водности лет. Положение усугубляется необходимостью прогноза изменения состояния водной экосистемы, особенно для трансграничных водных объектов. В этих условиях для оценки качества воды

и экологического состояния водных объектов в целом определенный интерес представляет:

- сокращение количества параметров необходимых для анализа и прогноза;
- возможность использования, хорошо известных и применяемых в инженерной практике гидрохимических показателей;
- упрощение расчетов без потери их значимости и точности получаемых результатов.

Решаемые задачи:

- оценка экологического состояния экосистемы;
- прогноз изменения состояния экосистемы при оценке планируемой на перспективу водохозяйственной деятельности и определении допустимых воздействий;
- оценка и прогноз изменения качества воды с учетом планируемой на перспективу водохозяйственной деятельностью;
- определение эффективности водоохранных мероприятий, позволяющих добиться заданного уровня качества вод.

Решение данных задач возможно на основе использования связи между показателями состояния водной биоты и показателями среды их обитания.

Связи между отдельными гидрохимическими и гидробиологическими показателями известны /Экологический мониторинг. 2003, Н.Г.Булгаков и др.,2001, Алимов А.Ф,2003/ и очевидны, так как и те и другие характеризуют конкретную водную экосистему, поэтому оценка ее состояния разными показателям должна давать одни и те же результаты. Связи между самими параметрами состояния экосистемы или отдельными ее компонентами не всегда очевидны, в силу влияния на них многих других факторов, поэтому в первую очередь выявляются те, для которых связи достаточно постоянны, в пространственно временном отношении, и достоверны.

Одним из интегральных биологических показателей состояния водной системы является индекс сапробности (S), который дает оценку степени насыщенности воды легко разлагающимися органическими веществами. Он устанавливается по видовому составу организмов-сапробионтов в водных сообществах. Содержание органических веществ в воде оценивается величиной БПК. Очевидно, что связь между данными показателями, например БПК₅ и индексом сапробности S должна быть. Выражается она пропорциональной зависимостью /Оценка...,2000/. Это позволяет по концентрациям БПК₅ не только проследить изменение уровня сапробности, но и выйти на связь индекса S с объемами стока воды в реке в i-ый год (Wi). Например, если принять объем загрязнений, который оценивается показателем БПК, поступающий в реку (G_{БПК}) – постоянным по годам, что характерно для таких источников загрязнения, как коммунально-бытовое хозяйство, промышленность и животноводство, тогда среднегодовая концентрация БПК₅ в i-ый год может быть определена по формуле:

$$\text{БПК}_i = G_{\text{БПК}} / W_i \quad (1.16)$$

Используя связь показателя БПК и индекса сапробности (S) определяется значение Si. В качестве примера, на рис.1.2 показаны кривые обеспеченности индекса сапробности (S) и объемов речного стока, полученные реки Исеть, левого притока реки Тобол бассейна Иртыша. Объем стока представлен модульным коэффициентом (kp), равным отношению фактического объема стока воды в i-ый год к норме стока $kpi = Wi / W_{\text{ср}}$.

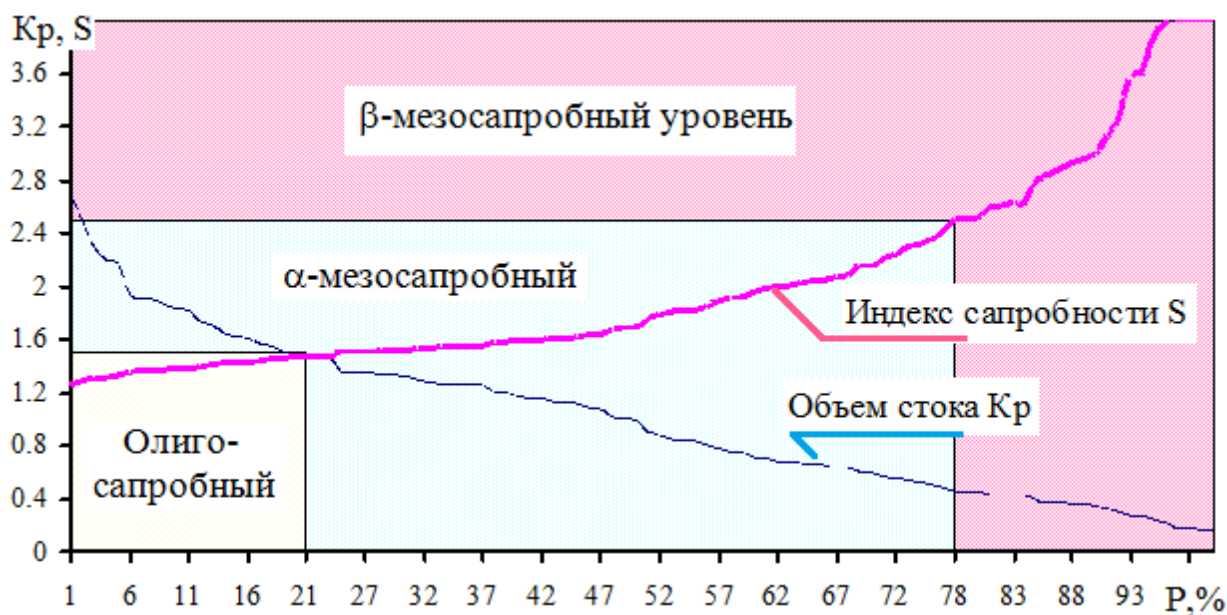


Рис. 1.2 Кривые обеспеченности модульных коэффициентов фактического речного стока реки Исеть (K_p) и индекса сапробности (S).

Данный рисунок иллюстрирует возможности метода оценки качества воды и экологического состояния водного объекта на основе использования связи гидрохимических и гидробиологических показателей. Графики дают следующую информацию:

- с вероятностью 21% , т.е. в годы с обеспеченностью до 21% по стоку воды в реке, сапробность водной экосистемы соответствует уровню «олигосапробная», т.е. в многоводные годы состояние водного объекта улучшается, за счет разбавления загрязняющих веществ в больших объемах речного стока;
- с вероятностью 57% экосистема находится в « α -мезосапробной» стадии, что соответствует обеспеченности от 21 до 78%, то есть наиболее часто повторяющимся (средним) условиям;
- в « β -мезосапробной» стадии речная система находится с вероятностью 20%, что соответствует обеспеченности стока от 78 до 98%. Причем вероятности пребывания «мезосапробной» стадии рана 77%.

Используя таблицу связи гидрохимических и гидробиологических характеристик (табл.1.15), можно судить об экологическом состоянии водного объекта и классе качества воды.

Табл.1.15

Показатели состояния водной экосистемы и качества воды.

Оценочный показатель	Класс качества воды					
	1	2	3	4	5	6
	Очень чистая	Чистая	Умеренно загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
БПК ₅ , мгО/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 сапробности	≤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
Биотический индекс Вудивиса	10	9-7	6-5	4	3-2	1-0
Трофность	Олиготрофная	мезотрофная		эвтрофная		Гиперэвтрофная
Сапробность	ксено-	олиго-	α-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная		Поли-сапробная
Зоны кризисности экосистемы	Обратимых изменений		Пороговая	Необратимых изменений		

Так в условиях рассмотренного примера, для среднемноголетних условий, состояние водного объекта соответствует уровню «α-мезосапробный», класс качества воды—«умеренно загрязненный», стадия протекания природных процессов—«пороговая». Трофический статус водного объекта, который характеризует степень развития пищевых цепей, возраст системы и видовое разнообразие экосистемы оценивается как «мезотрофный».

Такая интерпретация получаемых результатов дает возможность с одной стороны оперировать доступными при разработке «Схем КОИВО» исходными данными (объемами стока воды и концентрациями загрязняющих воду веществ), с другой—характеризовать экологическое состояние водной экосистемы.

Полностью оценить состояние водного объекта по показателю сапробности может быть не достаточно. Экологическая система характеризуется не только способностью гидробионтов выдерживать определенный уровень органического загрязнения, что отражает индекс сапробности, но и трофической структурой, видовым разнообразием и т.п. Эти свойства водной экосистемы учитывает индекс Шеннона (H).

Индекс Шеннона является показателем частоты встречаемости видов гидробионтов и тем самым характеризует видовое разнообразие сообщества организмов.

$$H = -\sum \frac{n_i}{N \times \lg\left(\frac{n_i}{N}\right)} \quad (1.17)$$

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

Если предположить, что число видов изменяется с изменением объема пространства, пригодного для обитания (при сохранении концентрации питания), то индекс Шеннона может быть связан с плотностью распределения речного стока $\rho(W)$, так как объем стока и представляет объем жизненного пространства речных организмов. 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 доказана практически линейная связь общего количества видов с линейными размерами области обитания.

Сделанное предположение позволяет:

- использовать, легко доступную в водохозяйственной практике, величину объема стока реки для характеристики экологического состояния водной экосистемы;
- оценить область изменения объемов стока, для которого характерно наибольшее разнообразие видового состава.

В работе /Алимов А.Ф.,2003/ была получена эмпирическая зависимость индекс Шеннона от величины БПК₅:

$$H=3.74 \times \text{БПК}_5^{0.27} \quad (1.18)$$

где БПК₅ -биологическое потребление кислорода за 5-ть суток, выраженное в энергетических единицах, ккал/м².

Уравнение (1.18) позволяет связать объемы речного стока и индекс Шеннона (рис.1.3.а). Для этого концентрация БПК₅ выражалась через объемы стока воды, как это было описано ранее (1.16).

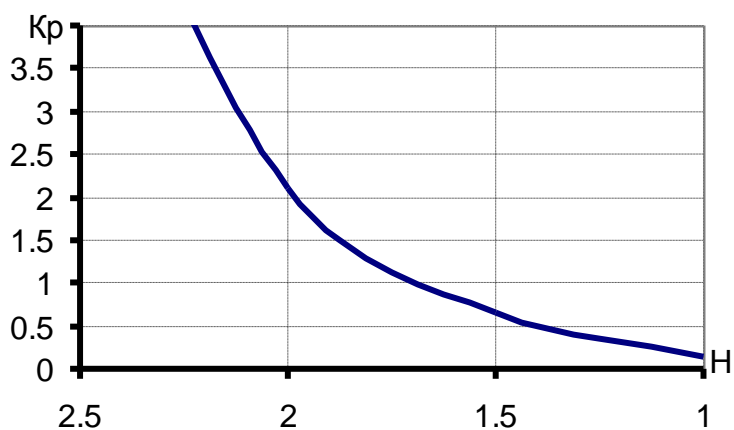


Рис.1.3.а Связь относительных значений индекса Шеннона (H) и среднемноголетних объемов стока (объемы стока выражены в единицах модульных коэффициентов Kp).

Данная зависимость справедлива для постоянных объемов воды, в которых формируется экосистема. Для реки это среднемноголетний объем стока. Все объемы стока реки имеют некоторую вероятность появления, и система развивается в них только ограниченный период времени. Поэтому для получения графика зависимости индекса Шеннона от объемов стока реки необходимо учесть вероятность появления конкретного объема стока.

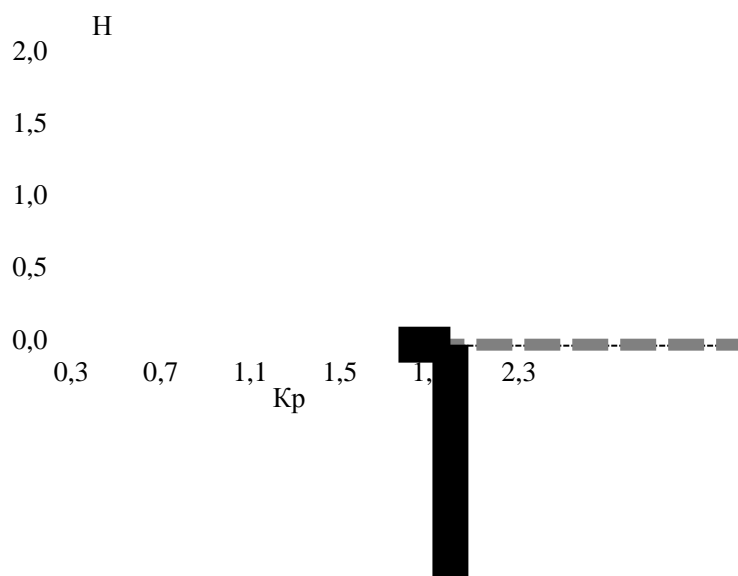


Рис.1.3.б Связь относительных значений индекса Шеннона с модульными коэффициентами, учитывающих вероятностное распределение стока.

Для этого, значения индекса, показанные на рис.1.3.а умножаются на вероятности появления соответствующего объема стока. Результаты расчета значений индекса Шеннона по функции плотности распределения стока, для условий реки Исеть приведены на рисунке 1.3.б. Из рисунка видно, что область наибольшего видового разнообразия изменяется в пределах K_p от 0.5 до 1.5. Учитывая, что коэффициент вариации стока $C_v = 0.6$, данная зона находится в пределах $\sim 2C_v$, т.е. соответствует площади под кривой распределения оцениваемой в $\sim 56\%$. Это зона наиболее часто повторяющихся условий, к которым и приспосабливаются обитатели водной среды.

Сказанное подтверждает предположение о возможности использовать плотность распределения объемов стока для оценки значений индекса разнообразия, а значит и оценки экологического состояния реки в целом.

Таким образом на основе связи абиотических факторов среды (*которые характеризуют среду обитания водных организмов, например, гидрохимические и гидрологические*) с биотическими (*видовым разнообразием*), по состоянию среды можно судить не только о качестве

воды и ее пригодности для хозяйственной деятельности, но и дать оценку состояния водной экосистемы в целом.

В данной работе рассматривается возможность оценки состояния речной системы с помощью объемов речного стока. В этом случае объем стока используется в качестве показателя гидрохимического и гидробиологического режимов. Для водных объектов, находящихся в естественном состоянии, не подверженным, или находящихся под слабым влиянием антропогенной деятельности, такое положение допустимо, в силу действия законов: «Все связано со всем», «Физико-химического единства», «Оптимальности» /Реймерс, 1994/. Однако антропогенное их загрязнение и истощение в результате хозяйственной деятельности приводит к независимому друг от друга изменению качественного состава и объемов воды, которые переформируют среду обитания водных организмов. В таких условиях дополнительно требуется интегральный показатель, учитывающий загрязненность воды.

2 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ В СХЕМАХ КИОВР

Использование водных ресурсов связано с забором воды из источника водоснабжения и сбросом в него загрязненных стоков. Это сказывается на экологическом состоянии водных объектов, так как приводит к истощению, изменению гидрологического режима, и ухудшению качества воды. Это ухудшает и условия использования водного объекта для целей водоснабжения и водопользования. Поэтому при решении водохозяйственных задач проводится обоснование возможности использования воды и необходимости проведения водоохраных мероприятий. Осуществляется это с помощью уравнений водного и гидрохимического балансов. Составление балансов - задача достаточно сложная из-за необходимости получения и обработки большого объема информации. Решение усложняется при рассмотрении вопросов комплексного использования и охраны водных

объектов бассейна реки или даже её отдельного участка. Особенно сложно решается вопрос с оценкой качества воды. Это сложная и многомерная задача, решение которой связано с необходимостью определения состава сточных вод, объемов загрязняющих веществ, учета пространственно-временных процессов, влияющих на изменение концентраций загрязнителей. Важность её решения приводит к необходимости разработки более простых способов учета качества вод.

В данной работе рассмотрен способ учета загрязненности сточных и природных вод предложенный В.В. Шабановым. Суть его сводится к следующему. В уравнение водохозяйственного баланса (ВХБ) вводится показатель качества вод, выраженный в единицах объема воды. Его наличие в уравнении свидетельствует о поступлении в водный объект загрязненных стоков, а отрицательный баланс говорит о загрязнении водоисточника.

В водохозяйственной практике наиболее доступными сведениями являются концентрации загрязняющих веществ в реке, поэтому выразим показатель качества вод относительно загрязненности реки.

Запишем выражение гидрохимического баланса (ГХБ) в соответствии с расчетной схемой представленной на рисунке 2.1 и введем в него объем $G1$ равный произведению объема воды ($W1$) и фоновой концентрации загрязняющего вещества в реке (Cp). Величина $G1$ представляет собой некоторый виртуальный объем, который необходим для того, чтобы разбавить загрязненные речные воды до состояния условно чистых. В уравнении баланса он играет роль показателя загрязненности сточных, поступающих в реку, вод.

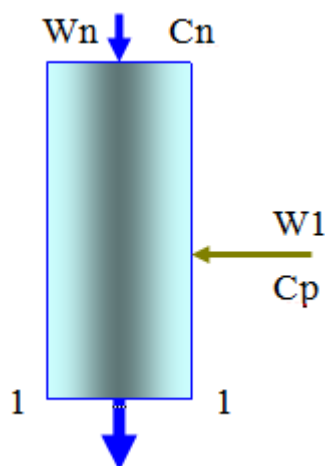


Рис. 2.1 Расчетная схема для составления ГХБ:

W_n —фактический объем стока воды в контрольном створе реки 1-1; C_p фоновая концентрации вещества в реке; C_n -концентрация загрязняющего вещества в реке после сброса сточных вод.

$$W_n \times C_n + W_1 \times C_p = (W_n + W_1) \times \text{ПДК} \quad (2.1)$$

или

$$W_1 = W_p \times (C_n - \text{ПДК}) / (\text{ПДК} - C_p) \quad (2.2)$$

откуда получим выражение для определения виртуального объема W_1 :

$$W_1 = W_n \times (C_n - \text{ПДК}) / (\text{ПДК} - C_p) \quad (2.3)$$

Соотношение, стоящее в правой части выражения (2.3) представляет собой коэффициент (коэффициент предельной загрязненности), который показывает кратность сверхнормативного загрязнения реки:

$$K_{пз} = (C_n - \text{ПДК}) / (\text{ПДК} - C_p) \quad (2.4)$$

В случае если река загрязняется веществом, которого в природных условиях в воде не было, из формулы (2.4) видно, что выражение коэффициента предельной загрязненности упрощается:

$$K_{пз} = (C_n - \text{ПДК}) / \text{ПДК} \quad (2.5)$$

В некоторых случаях $K_{пз}$ можно определять по еще более простой формуле:

$$K_{пз} = C_n / \text{ПДК} \quad (2.6)$$

Определим ошибку (δ) определения коэффициента $K_{пз}$ по формуле (2.6). Выражение для определения ошибки расчета представляет собой относительную разницу значений $K_{пз}$, рассчитанного по формулам (2.4) и (2.6):

$$\{(C_n - ПДК)/(ПДК - C_p) - C_n/ПДК\} / (C_n - ПДК)/(ПДК - C_p) = \delta$$

Представим концентрацию C_n как $m \times ПДК$, где m – кратность превышения ПДК концентрации загрязняющего вещества в контрольном створе и C_p как $v \times ПДК$, где v – кратность ПДК фоновой концентрации вещества. Получим:

$$\left| \frac{v * m - 1}{1 - m} \right| = \delta \quad (2.7)$$

Аналогично определим ошибку (δ_1) определения коэффициента $K_{пз}$ по формуле (2.5). Получим:

$$\{(C_n - ПДК)/(ПДК - C_p) - (C_n - ПДК)/ПДК\} / (C_n - ПДК)/(ПДК - C_p) = \delta$$

$$v = \delta \quad (2.8)$$

Из рисунка 2.2 видно, что расчеты величины коэффициента предельной загрязненности по формуле (2.6) с ошибкой до 20% возможны в случае, если кратность превышения ПДК в контрольном створе должна быть $m \geq 3$, при $v \leq 0.2$. Расчеты величины коэффициента $K_{пз}$ по формуле (2.5) с ошибкой до 20% возможны в случае $v \leq 0.2$ (2.8). Последнее условие хорошо отражает реальные условия, особенно учитывая, что для многих загрязнителей их фоновая концентрация в реках равна нулю.

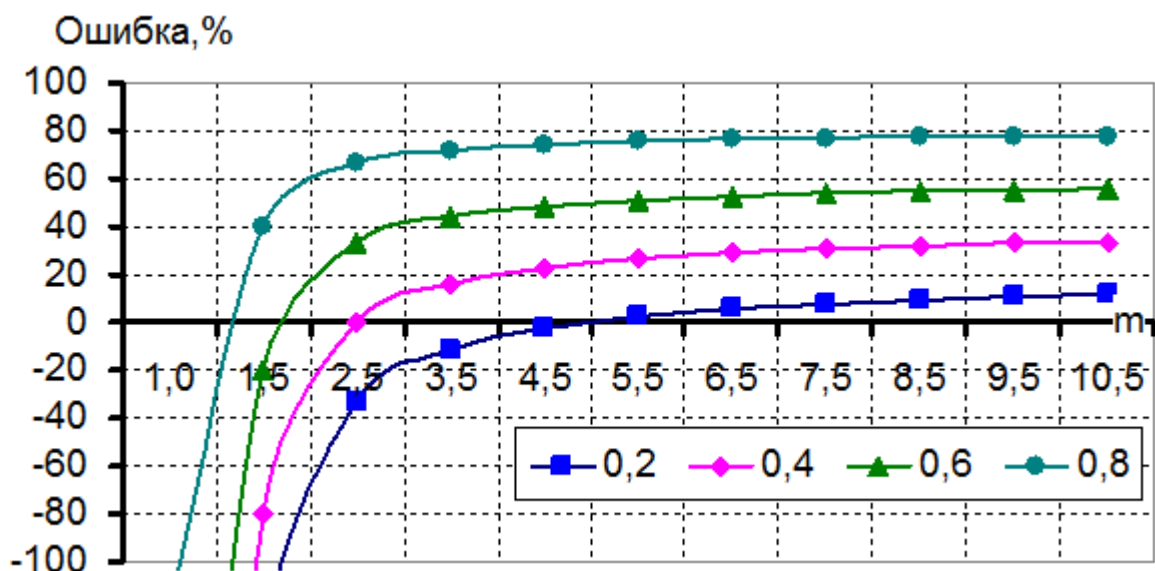


Рис.2.2 Изменение ошибки определения величины Кпз рассчитанного по формуле (2.6) в зависимости от кратности превышения ПДК загрязняющего вещества в реке ($m=C_n/ПДК$), при разном соотношении фоновой концентрации и ПДК ($v=C_p/ПДК$, $N=0.2, 0.4, 0.6, 0.8$).

Учитывая сказанное, для практических расчетов рекомендуется использовать формулу (2.5). В данном случае не требуется получения исходной информации об естественном гидрохимическом фоне. К тому же в данном виде формула имеет дополнительные преимущества. Связано это с возможностью оценки качества речной воды через показатель ИЗВ.

Выражения (2.5) хорошо соответствует формуле для определения индекса загрязнения воды (ИЗВ):

$$ИЗВ = \frac{1}{N} \times \sum_i^N \frac{C_i}{ПДК_i} \quad (2.9)$$

где N—количество веществ, принятых для оценки качества воды.

Учитывая сказанное, для характеристики загрязненности воды несколькими веществами (N) через показатель кратности сверхнормативного загрязнения (Кпз), определим его как среднее по отдельным (i-м) рассматриваемым веществам (Кпз_i), получим:

$$Кпз = \frac{1}{N} \times \sum_i^N \left(\frac{C_i}{ПДК_i} - 1 \right) = \frac{1}{N} \times \sum_i^N \frac{C_i}{ПДК_i} - 1 = ИЗВ - 1 \quad (2.10)$$

Таким образом, коэффициент предельной загрязненности связан с индексом загрязнения воды, а через него и со шкалой оценки качества водных ресурсов и состояния водных объектов (табл.2.1).

Табл.2.1

Классификация качества воды и состояния водных ресурсов по гидрохимическим и гидробиологическим показателям

Показатель	Класс качества воды*					
	1	2	3	4	5	6
БПК ₅ , мгО/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
Кпз	≤-0.8	-0.8-0.0	0-1	1-3	3-5	>5
Индекс сапробности	≤0.5	0.5-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-4	>4
Индекс Шеннона, Н	3.06-2.3	2.3-1.89	1.89-1.52	1.52-1.25		1.25-1.11
Трофность	олиго-	мезотрофная		эвтрофная		гипер-
Сапробность	ксено-	олиго-	α-мезо-сапробная	β-мезо-сапробная	поли-сапробная	

*Классы качества воды: 1—очень чистая; 2—чистая; 3— умеренно загрязненная; 4—загрязненная; 5—грязная; 6—очень грязная.

Следует отметить, что отрицательные значения коэффициентов Кпз говорят о том, что сверх нормативного загрязнения воды нет, и концентрации загрязняющих веществ не превышают ПДК.

Величина W_1 в формуле (2.3) представляет собой показатель загрязненности воды. Данный показатель можно определить относительно речной воды или сточных вод. В любом случае это позволяет учитывать загрязненность воды в уравнении водохозяйственного баланса (ВХБ). В результате появляется возможность существенно сократить расчеты по оценке качества воды и экологического состояния водных объектов при разработке схем КИОВО.

Рассмотрим учет показателя качества сточных вод в уравнении водохозяйственного баланса. Для этого запишем уравнения годового ВХБ в простейшем виде:

1. Без учета загрязненности сточных вод

$$ВХБ = W_p + W_{п.в.j} - \sum W_{б.п.j} - W_{поп.} \quad (2.11)$$

где W_p – объем стока реки, $W_{п.в.j}$ – водозабор из подземных вод, гидравлически не связанных с рекой, j – м участником водохозяйственного комплекса (ВХК); $\sum W_{б.п.j}$ – сумма объемов безвозвратного водопотребления, $W_{поп.}$ – объем комплексных попусков, учитывающий требования: ГЭС, рыбного хозяйства, водного транспорта, экологические попуски и др.:

$$W_{поп.} = \sum_{i=1}^{12} \max [w_{ГЭСi}, w_{рxi}, w_{эколi}, w_{ВТi}] \quad (2.12)$$

2. С учетом загрязненности сточных вод

$$ВХБ_k = W_p + W_{п.в.j} - \sum W_{б.п.j} - W_{пз} \quad (2.13)$$

$$W_{пз} = \sum K_{пзj} \times W_{ввj}$$

где $W_{пз}$ – показатель загрязненности сточных вод, определяемый как произведение коэффициента предельной загрязненности сточных вод j – го участника ВХК (2.10) на объем его возвратных вод ($W_{ввj}$).

Использование уравнение ВХБ в обычном виде (2.11) позволяет судить о наличии ($ВХБ < 0$) или отсутствии ($ВХБ \geq 0$) дефицита водных ресурсов. Уравнение (2.13) позволяет ответить на вопрос: загрязнена вода ($ВХБ_k < 0$) или нет ($ВХБ_k \geq 0$).

Определение показателя предельной загрязненности дает еще ряд преимуществ.

2.1 Оценка качества воды в многолетнем разрезе

В уравнении водохозяйственного баланса удобно использовать показатель предельной загрязненности определенный для сточных вод ($W_{пз}^{bb}$). В этом случае, используя составляющие водохозяйственного баланса, можно определить коэффициент предельной загрязненности речной воды, что позволяет по классификационной шкале сделать оценку качества воды в реке.

$$K_{пз} = \frac{W_{пз}^{bb} + W_{вв}}{W_{ф}} - 1 \quad W_{ф} = W_p + W_{нв} + \sum W_{вв} - \sum W_{вы} \quad (2.14)$$

где W_f —фактический объем речного стока; W_p —естественный сток реки; $W_{пв}$ — объем водозабора из подземных водоносных горизонтов; $W_{вв}$ — объем возвратных вод; W —объем водопотребления; W_y — ущерб речному стоку от использования подземных вод гидравлически связанных с рекой.

$$K^{p\%}_{пз} = \frac{(K_{пз} + 1) \times W_p}{W_p^{p\%}} - 1 \quad (2.15)$$

где $K^{p\%}_{пз}$ —коэффициент предельной загрязненности воды в реке для года расчетной обеспеченности; $K_{пз}$ —коэффициент предельной загрязненности для года с известной загрязненность воды (например отчетный год); W_p —объем стока воды в реке в отчетный год (для которого рассчитано значение $K_{пз}$); $W_p^{p\%}$ -объем стока воды в реке в год расчетной обеспеченности.

Формула (2.15) дает возможность построить кривые обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности, что фактически позволяет делать оценку изменения качества воды в водном объекте, в зависимости от обеспеченности года по стоку реки.

2.2 Определение требуемой эффективности водоохранных мероприятий

Планирование водоохранных мероприятий при разработке схем КИОВО подразумевает определение эффективности водоохранных мероприятий (\mathcal{E}), позволяющих добиться требуемого качества воды в реке и состояния водного объекта. Представляет интерес определение класса качества вод и параметров состояния объекта с учетом эффективности водоохранных мероприятий. Данные задачи можно решить с помощью коэффициентов предельной загрязненности.

$$K^{BOM}_{пз} = (K_{пз} + 1) \times (1 - \mathcal{E}) - 1$$

$$\mathcal{E} = 1 - \frac{K^{BOM}_{пз} + 1}{K_{пз} + 1} \quad (2.16)$$

где $K_{пз}$, $K^{BOM}_{пз}$ —соответственно коэффициенты предельной загрязненности без учета водоохранных мероприятий и с их учетом.

2.3 Оценка величины предотвращенного ущерба

Показатель предельной загрязненности ($W_{пз}$) хорошо соответствует объему загрязняющих веществ в речной воде. Поэтому он позволяет рассчитывать величину предотвращенного ущерба от загрязнения водных объектов.

$$U = p \times K_{уд} \times W_{ф} \times (K_{пз} - K_{пз}^{BOM}), \text{руб} \quad (2.17)$$

где p —коэффициент, учитывающий значимость водного объекта для водохозяйственных целей; $K_{уд}$ —удельная величина предотвращенного ущерба, руб/т; $K_{пз}$, $K_{пз}^{BOM}$ —соответственно, коэффициенты предельной загрязненности речной воды без учета водоохранных мероприятий и с их учетом; $W_{ф}$ —фактический объем стока воды в реке, млн. м³.

Если водоохранные мероприятия направлены на улучшение качества воды в реке до уровня «умеренно загрязненная» то значение $K_{пз}^{BOM}$ -следует принимать равным 1. В этом случае формула (2.17) упрощается:

$$U = p \times K_{уд} \times W_{ф} \times (K_{пз} - 1) \quad (2.18)$$

Вывод

Предложенный показатель ($K_{пз}$) коэффициент предельной загрязненности имеет ряд преимуществ.

1. Он получен из уравнения водохозяйственного баланса и учитывает загрязненность водных ресурсов. С помощью коэффициента предельной загрязненности ($K_{пз}$) определяется показатель предельной загрязненности ($W_{пз}$), который выражается в единицах объема воды. Это позволяет прогнозировать качество воды в водном объекте при изменении водохозяйственной обстановки.

$$W_{пз} = K_{пз} \times W, \quad (2.19)$$

где W —объем загрязненной воды. В случае оценки загрязненности сточных вод, $K_{пз}$ оценивается по концентрациям веществ в сточных водах и величина W принимается равной объему возвратных вод: $W = W_{вв}$. Если делается оценка качества речной воды, $K_{пз}$ оценивается по концентрациям

веществ в речной воде и величина W принимается равной объему фактического речного стока $W=W_{\text{ф}}$.

2. Возможность оценки качества воды для лет разной обеспеченности.

3. Возможность оценки экологического состояния водного объекта, на основе связи коэффициента $K_{\text{пз}}$ с биологическими показателями.

4. Простой способ учета экологической эффективности намечаемых водоохраных мероприятий и соответственно планирования требуемой эффективности мероприятий необходимой для доведения качества воды и состояния водных объектов до требуемого уровня.

5. Использование доступных исходных данных:

- кривая обеспеченности речного стока ($W=f(P)$);
- концентрации i -х загрязняющих веществ в речной воде (C_i).

6. Метод применим для крупномасштабных объектов, учитывает возможность прогноза изменения водохозяйственной обстановки и планирования водохозяйственных мероприятий.

Сказанное позволяет рекомендовать данный метод для инженерных расчетов.

3. ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В БАССЕЙНЕ Р.ИРТЫШ

Оценка качества воды проведена для 8-ми створов на реке Иртыш и 22-х створов на ее основных притоках (рис.3.1). Методика расчетов сводится к оценке качества воды на современный период (по данным на 2001-2005 годы) по показателям: коэффициент предельной загрязненности ($K_{\text{пз}}$) и индекс Шеннона (H). Расчет показателя проводился по (N) загрязняющим веществам, наиболее характерным для всех створов. Показатели рассчитывались по формуле (2.10)

Индекс Шеннона определялся на основе его связи с $K_{\text{пз}}$ (коэффициент корреляции $r=-0.85$):

$$H=2 \times \exp(-0.4 \times (K_{\text{пз}}))+1 \quad (3.1)$$

В результате расчетов получены характеристики качества воды для отчетного периода и для лет разной обеспеченности по стоку: P=25%, 50%, 75%, 95% .

Планирование мероприятий по охране водных ресурсов проведено:

- на основе расчетов изменения показателей качества с учетом очистки воды от наиболее опасных загрязнителей. Степень опасности выявлялась по максимальным значениям отношения концентрации *i*-го загрязняющего вещества (*C_i*) к его ПДК_{*i*}:

$$\left\{ \frac{C_i}{ПДК_i} > 1 \right\} \rightarrow \max \quad (3.2)$$

- расчетом показателя качества воды для разных обеспеченностей в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий (Ξ ,%), которая принималась равной: 20, 40, 60 и 80%.

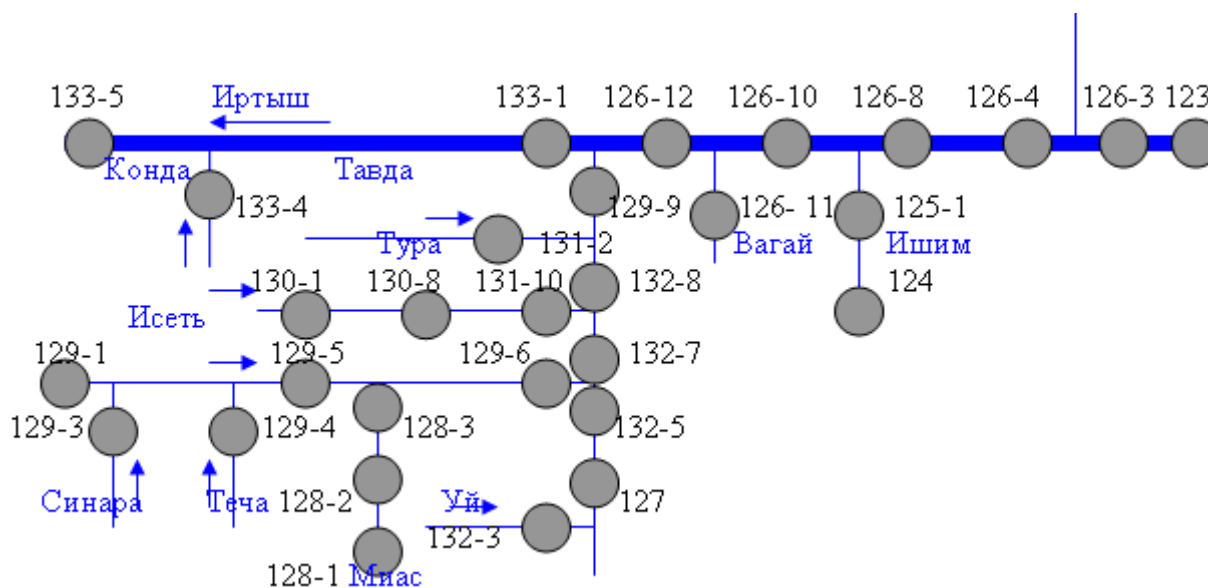


Рис.3.1 Схема расположения расчетных створов в бассейне реки Иртыш

3.1 Эколого-водохозяйственная оценка реки Иртыш

3.1.1 Иртыш. Створ 123

Список химических веществ, характеризующих загрязненность воды и их концентрации, представлен в таблице 3.1. Кратность превышения ПДК достигает 8, 10 и даже 32 единиц. Наиболее опасными загрязнителями:

являются: нефтепродукты, медь фенолы и цинк. В данном створе вода соответствует классу «грязная».

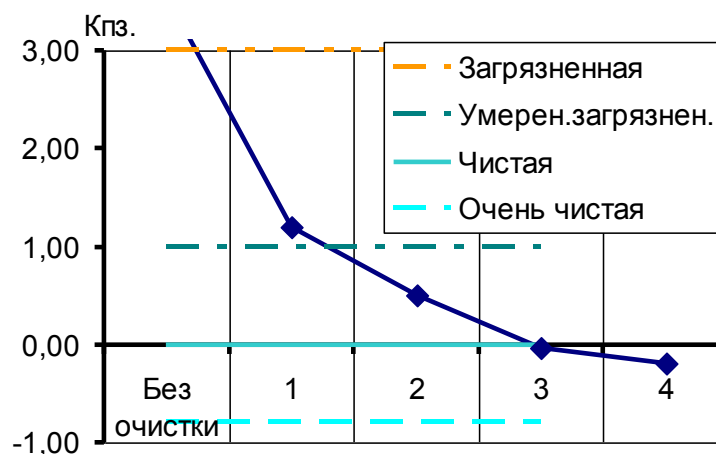
Табл.3.1

Концентрации загрязняющих веществ в речной воде, их ПДК и расчет Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л		С/ПДК
	С, мг/л	ПДК	
O ₂	10.30	12.000	0.86
БПК ₅	4.40	3.000	1.47
NH ₄	0.40	0.500	0.80
NO ₂	0.015	0.080	0.19
NO ₃	0.20	9.100	0.02
Fe	0.80	0.300	2.67
Cu	0.0100	0.001	10.00
Zn	0.0300	0.010	3.00
Ni	0.0040	0.010	0.40
Фенол	0.01	0.001	8.00
Нефть	1.60	0.050	32.00
СПАВ	0.05	0.500	0.10
Кпз			3.58

Очистка загрязненных сточных вод от нефтепродуктов позволяет улучшить качество воды и перевести его в класс «умеренно загрязненный». Дополнительное снижение концентраций меди и фенолов до значений их ПДК позволяет вывести качество воды на уровень «чистая» (рис.3.1.а).

Превышения ПДК также наблюдаются по железу и БПК₅, однако (рис.3.1.а) направлять на них водоохранные мероприятия нет смысла, так как требуемый результат (достижения класса качества воды «чистая») достигается при очистке от 3-х загрязнителей.



1–нефтепродукты 2-медь 3-фенолы 4-цинк

Рис.3.1.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Иртыш, створ 123.

Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 80% позволяет достичь класса качества «умеренно-загрязненная» даже в остро маловодные годы. В то время как на отчетный период и даже в многоводные годы, качество воды не удовлетворительное и соответствует уровню «загрязненная» (рис.3.1.б, $\Theta=0\%$, обеспеченность менее 25%).

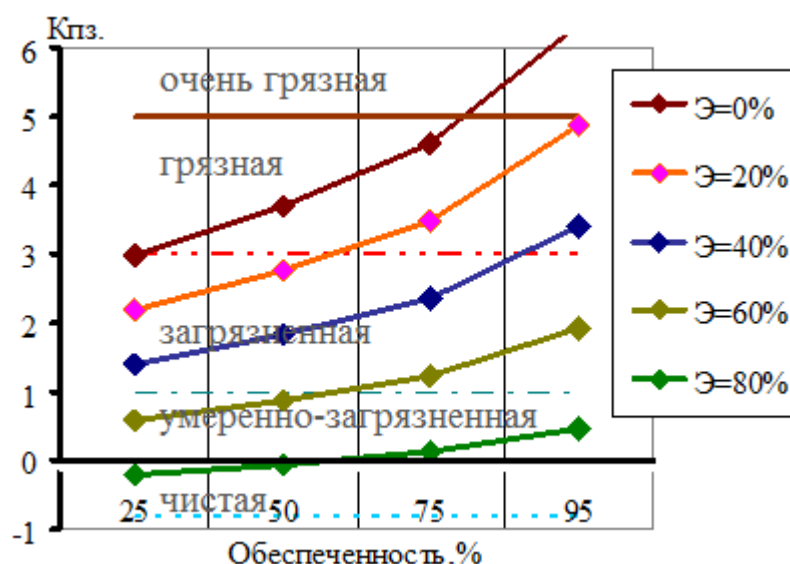


Рис.3.1.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий ($\Theta, \%$). Река Иртыш створ 123.

Проведение водоохранных мероприятий позволяет создать условия для восстановления видового разнообразия водной системы. Условия соответствующие мезотрофному уровню возможны при проведении водоохранных мероприятий с эффективностью 60%-80%. Качество воды при этом соответствует классу «умеренно загрязненная» (3.1.в).

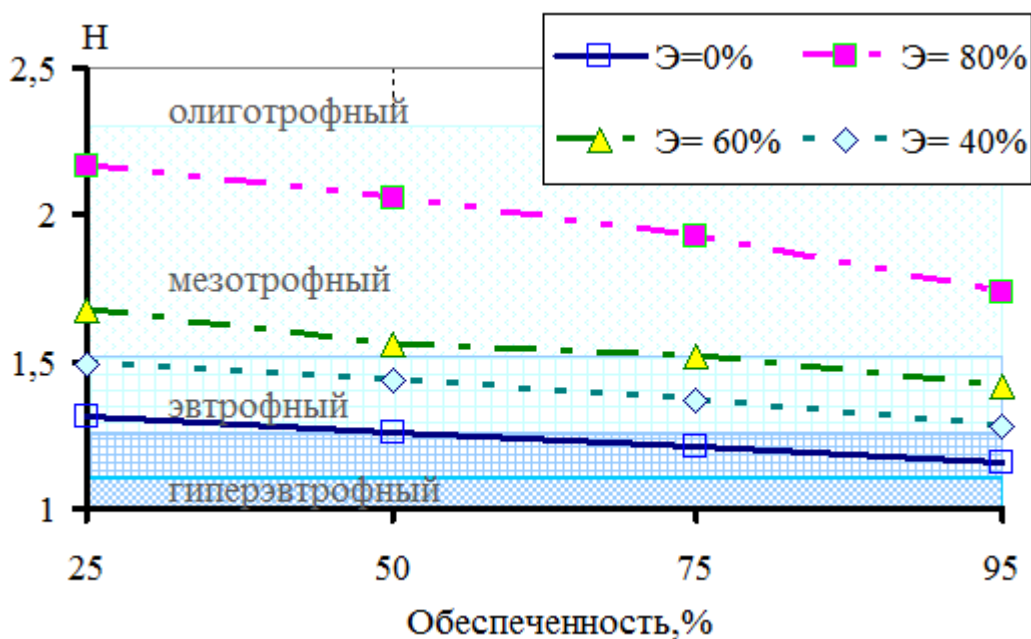


Рис.3.1.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э,%). Уровни трофности.

Река Иртыш, створ 123.

3.1.2 Иртыш. Створ 126-3

Список веществ, характеризующих загрязненность воды в данном створе и их концентрации, представлен в таблице 3.2. Кратность превышения ПДК, как видно достигает 4, 10 единиц, что выявляет нефтепродукты, фенолы, медь, цинк и железо как наиболее опасные загрязнители. В данном створе вода в реке, на отчетный период, соответствует классу «загрязненная».

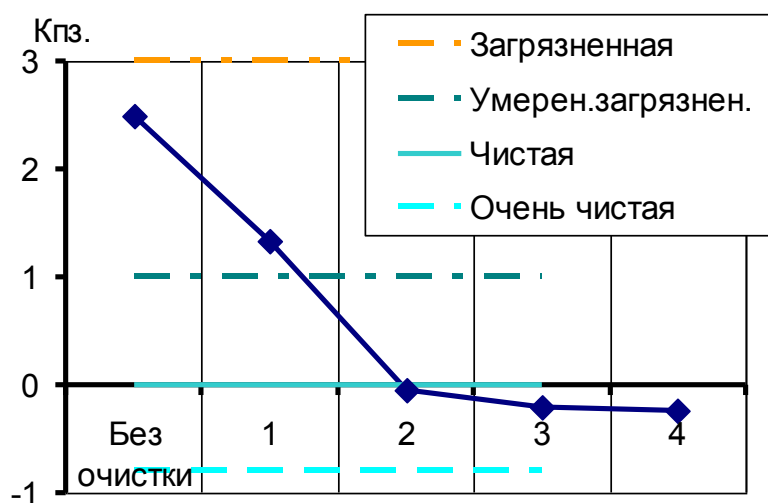
Табл.3.2
Концентрации загрязняющих веществ речной воде,
их ПДК и расчет Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л		С/ПДК
	С, мг/л	ПДК	

O ₂	9.20	12.000	0.77
БПК ₅	2.68	3.000	0.89
NH ₄	0.16	0.500	0.32
NO ₂	0.012	0.080	0.15
NO ₃	0.15	9.100	0.02
Fe	0.40	0.300	1.33
Cu	0.0100	0.001	10.00
Zn	0.0150	0.010	1.50
Ni	0.0030	0.010	0.30
Фенол	0.00	0.001	4.00
Нефть	0.42	0.050	8.40
СПАВ	0.05	0.500	0.10
Кпз			1.14

Качество воды в данном створе, для условий среднемноголетнего года, оценивается на уровне «загрязненная», но очистка от меди переводит качество в класс «умеренно загрязненная» (рис.3.2.а). Снижение концентрации меди, нефтепродуктов и фенолов до ПДК позволяет выйти на уровень «чистой» воды.

В настоящее время качество воды соответствует уровню «умеренно загрязненная» в годы с обеспеченностью ниже 50%, «загрязненная» в средние по водности годы и «грязная» в засушливые годы. Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 20% позволяет добиться класса «чистая» в годы с обеспеченностью менее 50% (рис.3.2.б).



1-медь 2-нефтепродукты 3-фенолы 4-цинк

Рис.3.2.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Иртыш, створ 126-3.

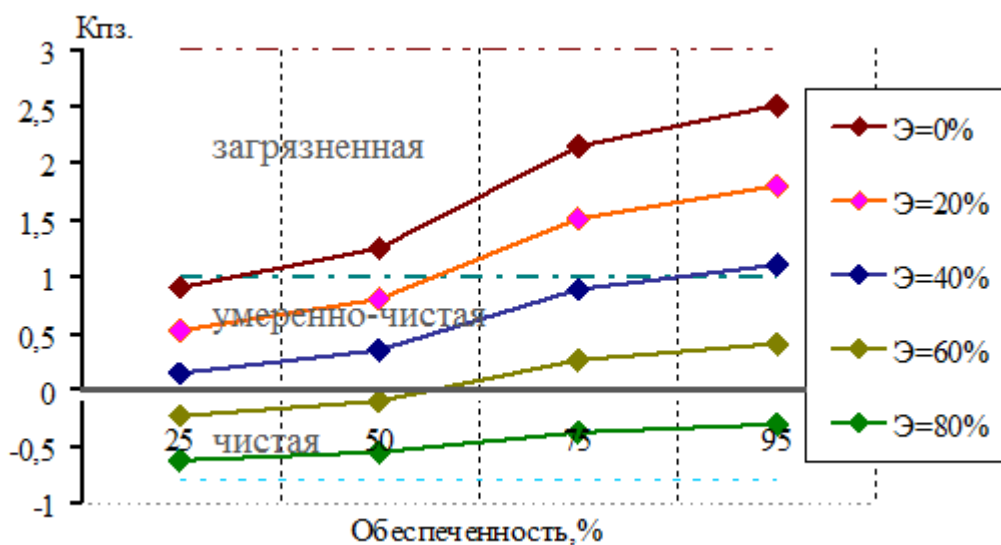


Рис.3.2.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий (Э, %). Река Иртыш створ 126-3.

Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 40% вполне достаточно для создания условий соответствующих мезотрофному уровню с качеством воды «умеренно загрязненная» (рис.3.2.б, 3.2.в).

Создание условий соответствующих олиготрофному уровню возможно при проведении водоохранных мероприятий с эффективностью 60%.

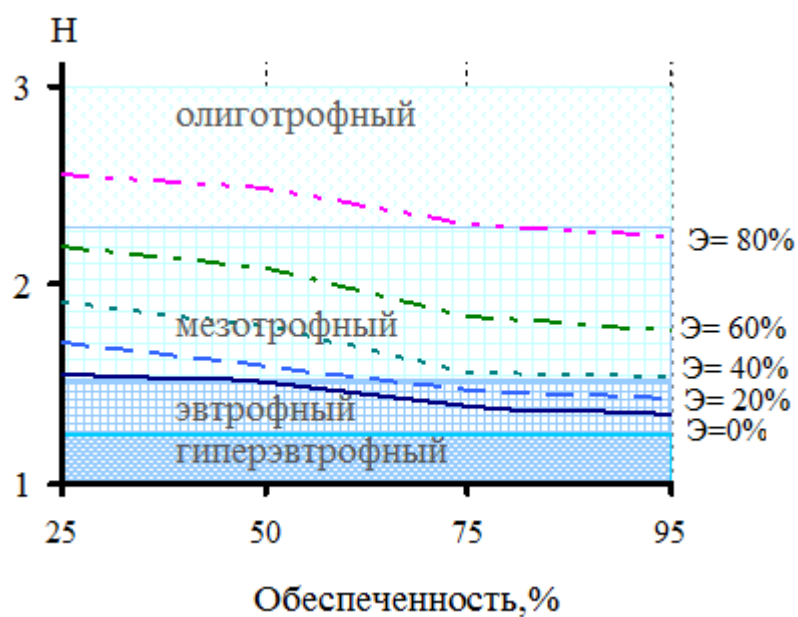


Рис.3.2.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э,%). Уровни трофности. Река Иртыш, створ 126-3.

3.1.3 Иртыш. Створ 126-4

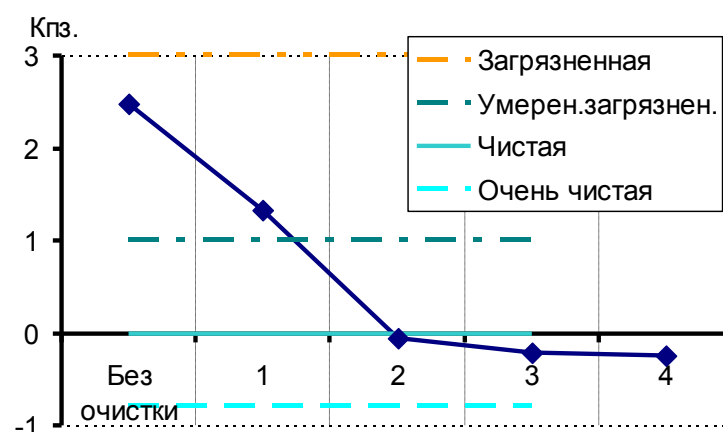
В данном створе, на отчетный период, вода реки Иртыш загрязнена нефтепродуктами, фенолом, медью, цинком и железом. Качество воды соответствует классу «загрязненная». К наиболее опасным загрязнителям относятся те же вещества, что и в предыдущем створе: нефтепродукты, фенолы, медь и цинк.

Табл.3.3
Концентрации загрязняющих веществ в речной воде, их ПДК и расчет Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л		С/ПДК
	С, мг/л	ПДК	
O ₂	10.10	12.000	0.84
БПК ₅	3.00	3.000	1.00
NH ₄	0.32	0.500	0.64
NO ₂	0.010	0.080	0.13
NO ₃	0.10	9.100	0.01
Fe	0.40	0.300	1.33
Cu	0.0100	0.001	10.00
Zn	0.0150	0.010	1.50

Ni	0.0040	0.010	0.40
Cr	0.0040	0.050	0.08
Фенол	0.01	0.001	6.00
Нефть	0.40	0.050	8.00
СПАВ	0.02	0.500	0.04
Кпз			1.31

Очистка воды от нефтепродуктов переводит ее в класс «умеренно загрязненная». Очистка сточных вод от нефтепродуктов и меди позволяет довести качество воды до состояния «чистая» (рис. 3.3.а).



1-медь 2-нефтепродукты 3-фенолы 4-цинк

Рис.3.3.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Иртыш, створ 126-4.

При этом очистка с эффективностью 60% во все по водности годы позволяет улучшить качество воды до состояния «умеренно загрязненная» (3.3.б).

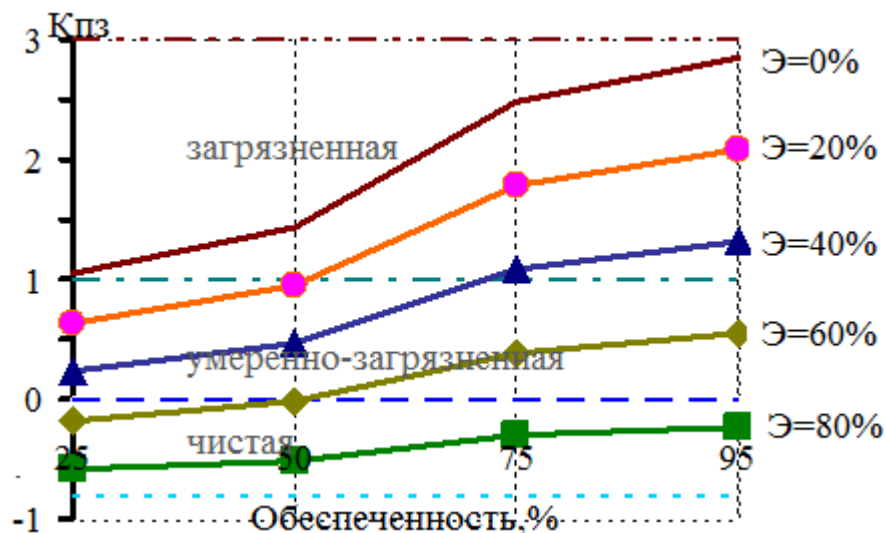


Рис.3.3.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий (Э,%). Река Иртыш створ 126-4.

В настоящее время трофический уровень водного объекта в данном створе оценивается как «эвтрофный» (рис.3.3.в). Создать условия, для вывода экосистемы на мезотрофный уровень, возможно уже при проведении водоохранных мероприятий с эффективностью 40-60%.

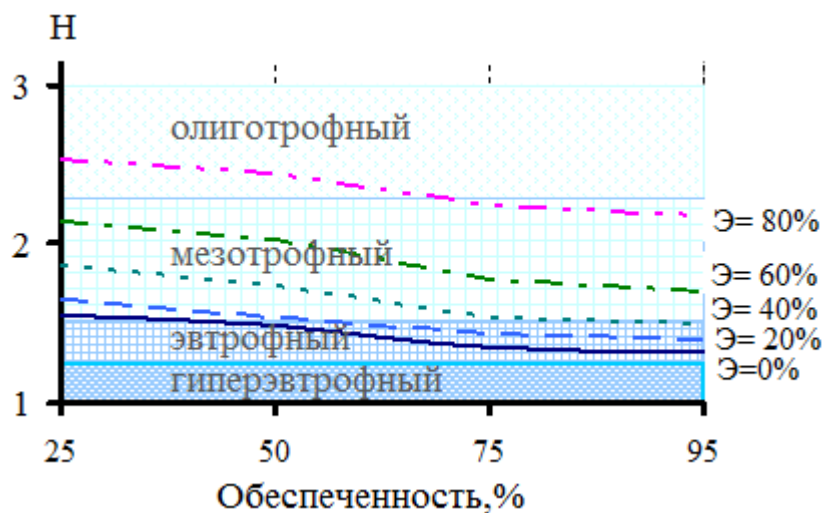


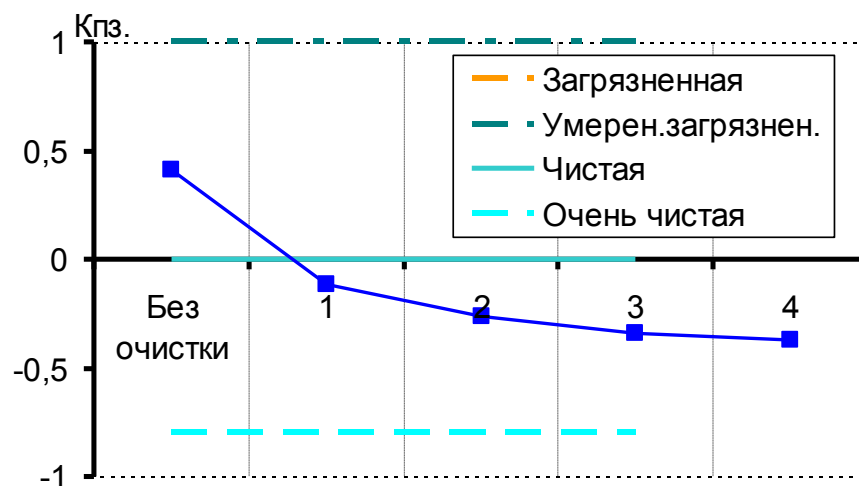
Рис.3.3.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э,%). Уровни трофности. Река Иртыш, створ 126-4.

3.1.4 Иртыш. Створ 126-8

Класс качества воды, в среднемноголетнем разрезе соответствует уровню «умеренно загрязненная». Вода загрязнена сверх нормативов такими веществами, как: медь, марганец, фенолы, нефтепродукты. Превышение ПДК изменяется в пределах от 1.46 до 7.88.

Табл.3.4
Концентрации загрязняющих веществ в речной воде,
их ПДК и расчет Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л		С/ПДК
	С, мг/л	ПДК	
O ₂	10.46	12.000	0.87
БПК ₅	2.59	3.000	0.86
NH ₄	0.37	0.500	0.74
NO ₂	0.010	0.080	0.13
NO ₃	0.21	9.100	0.02
Fe	0.19	0.300	0.63
Cu	0.0079	0.001	7.88
Zn	0.0085	0.010	0.85
Ni	0.0000	0.010	0.00
Mn	0.0289	0.010	2.89
Фенол	0.002	0.001	2.00
Нефть	0.073	0.050	1.46
СПАВ	0.017	0.500	0.03
Кпз			0.41



1-медь, 2-марганец, 3-фенолы, 4-нефтепродукты

Рис.3.4.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Иртыш, створ 126-8.

В настоящее время класс качества воды соответствует уровню «умеренно загрязненная». Проведение водоохранных мероприятий выше по течению реки, связанных со снижением концентрации меди, позволяет перевести класс качества в данном створе до состояния «чистая». Достижение класса «чистая» возможно при эффективности водоохранных мероприятий (оцененных по данному створу) не менее 60% (рис.3.4.б).

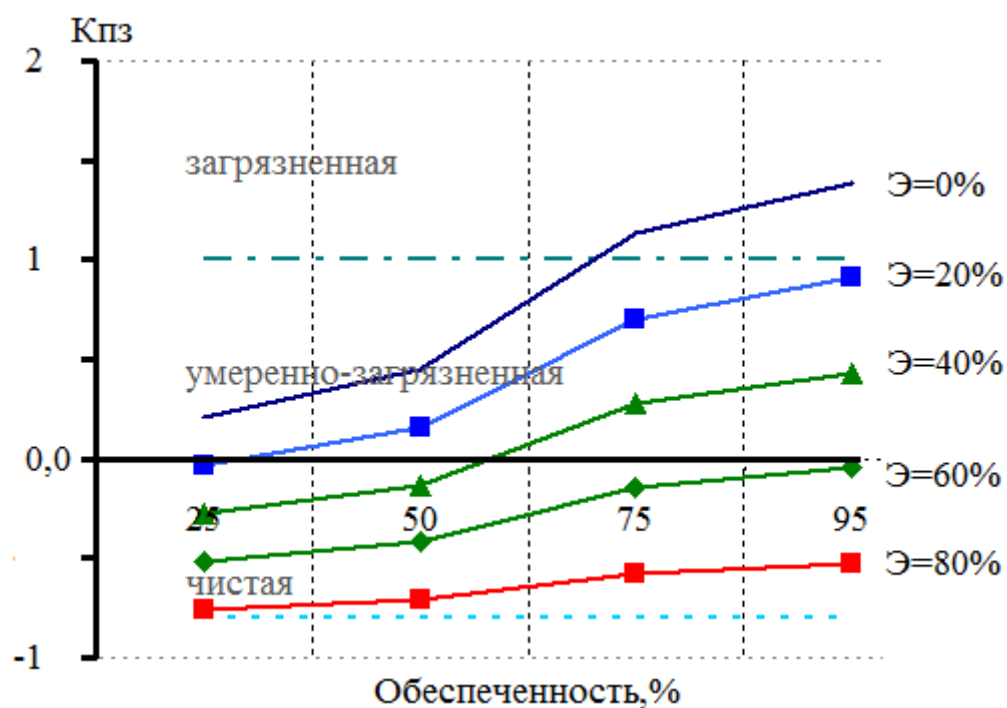


Рис.3.4.6 Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Река Иртыш створ 126-8.

В многолетнем разрезе, по данным на современный период, качество воды изменяется в пределах от «умеренно загрязненной», в многоводные годы, до «загрязненной» в засушливые годы.

Анализ изменений индекса Шеннона говорит о том, что следует считать приемлемым проведение водоохраных мероприятий с эффективностью 20-40%. В этом случае во все по водности годы уровень трофности соответствует состояниям: мезотрофный–эвтрофный.

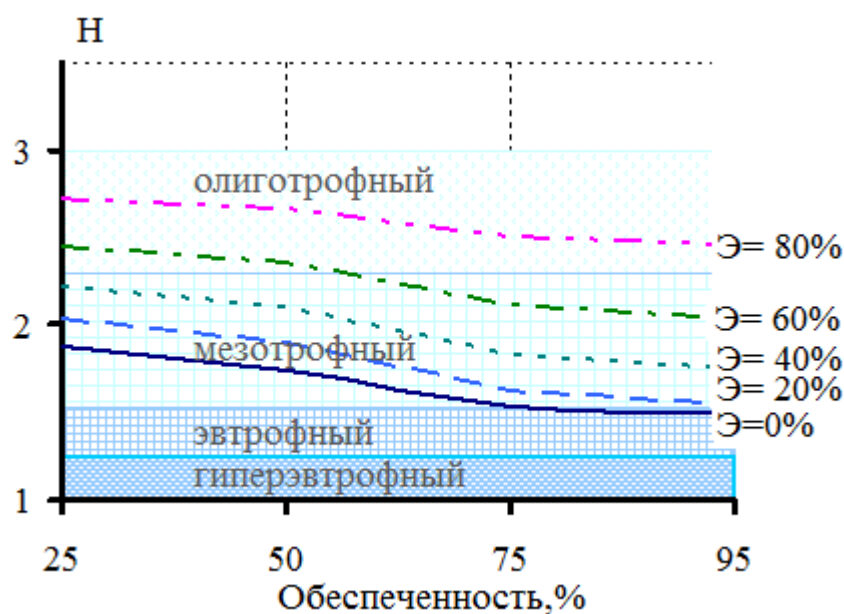


Рис.3.4.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Уровни трофности. Река Иртыш, створ 126-8.

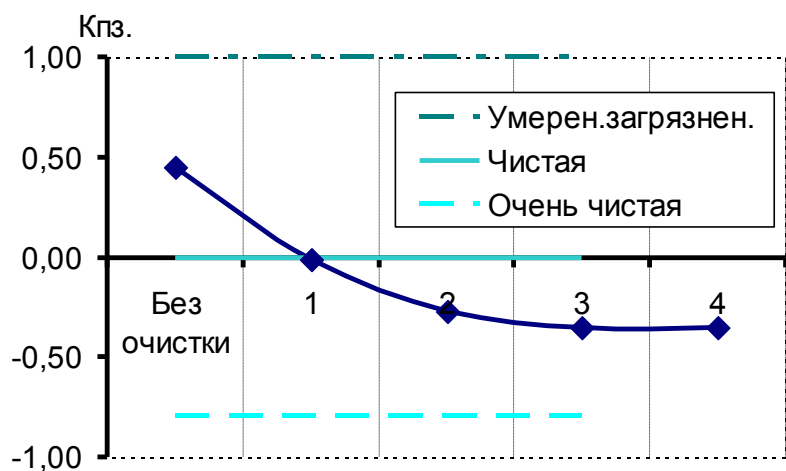
3.1.5 Иртыш. Створ 126-10

В современных условиях, для среднемноголетнего года, класс качества воды соответствует уровню «умеренно загрязненная». Превышение ПДК наблюдается по таким веществам как: медь, марганец, фенолы, нефтепродукты и аммонийный азот и изменяется в пределах 1.04...7.

Табл.3.5
Концентрации загрязняющих веществ в речной воде, их ПДК и расчет Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л		С/ПДК
	С, мг/л	ПДК	
O ₂	10.41	12.000	0.87
БПК ₅	2.60	3.000	0.87
NH ₄	0.52	0.500	1.04
NO ₂	0.008	0.080	0.10
NO ₃	0.22	9.100	0.02
Fe	0.20	0.300	0.66
Cu	0.0070	0.001	7.00
Zn	0.0079	0.010	0.79
Mn	0.0440	0.010	4.40

Фенол	0.00	0.001	2.00
Нефть	0.06	0.050	1.10
СПАВ	0.01	0.500	0.02
Кпз			0.45



1-медь 2-марганец 3-фенолы 4-нефтепродукты

Рис.3.5.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Иртыш, створ 126-10.

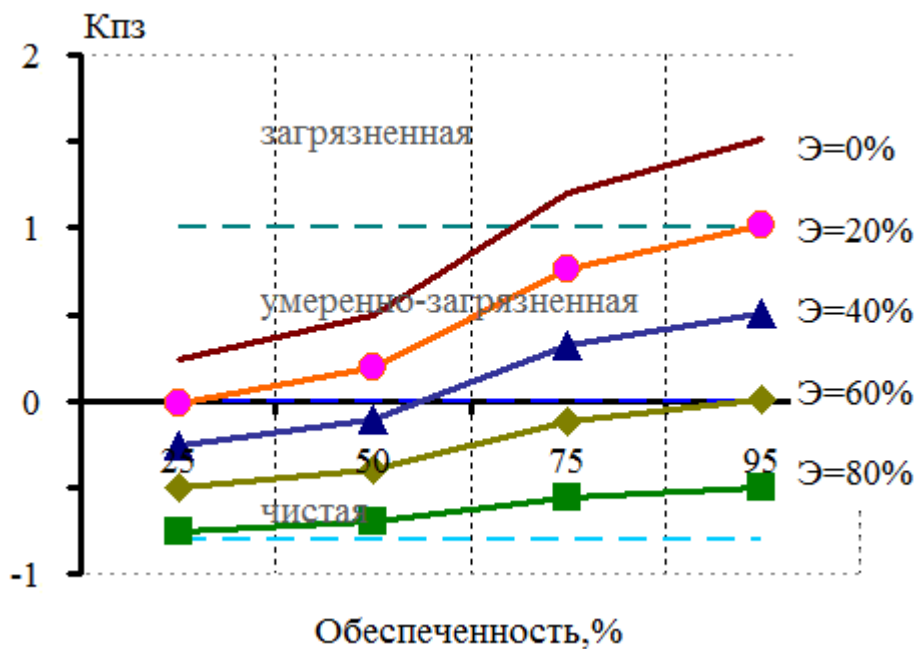


Рис.3.5.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э, %). Река Иртыш створ 126-10.

Наибольший эффект дает очистка воды от меди (рис.3.5.а).

В многоводные и средний по водности год качество воды соответствует уровню «умеренно загрязненная», а в маловодные—«загрязненная». Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 20% позволяют выйти на уровень «умеренно загрязненная» во все расчетные годы, а эффективность 60% позволяет достичь класса «чистая» (рис.3.5.б).

В отчетный период водный объект находится на мезотрофном уровне развития. Только в остромаловодные годы возможен сдвиг в эвтрофную стадию. Для достижения стабильного состояния водного объекта и поддержание мезотрофного уровня для всех по обеспеченности лет достаточной проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 20-40%.

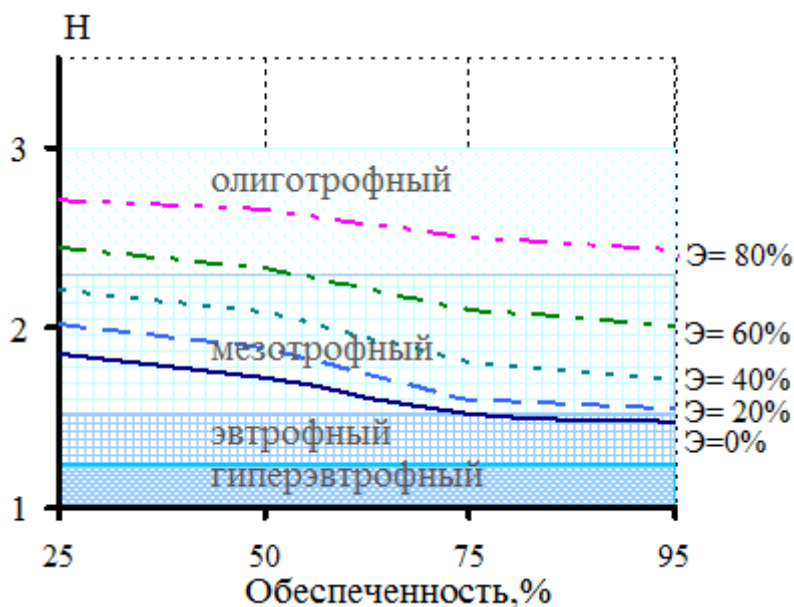


Рис.3.5.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э,%). Уровни трофности.

Река Иртыш, створ 126-10.

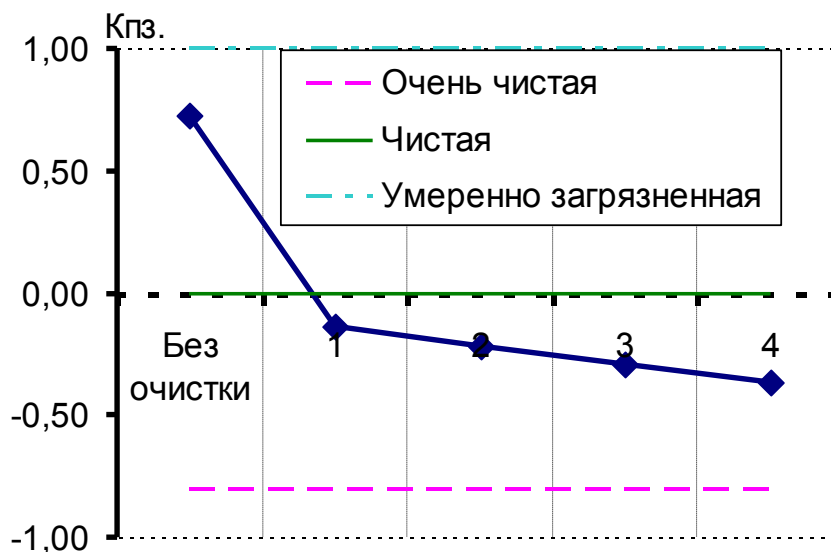
3.1.6 Иртыш. Створ 126-12

В данном створе наиболее опасным загрязнителем является марганец. Вода соответствует классу «умеренно загрязненная». Очистка воды от марганца позволяет довести качество воды до состояния «чистая» (рис.3.6.а).

Таб.3.6

Концентрации загрязняющих веществ в речной воде,
их ПДК и расчет Кпз. Отчетный период

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л		С/ПДК
	С, мг/л	ПДК	
O ₂	10.10	12.000	0.84
БПК ₅	1.93	3.000	0.64
NH ₄	0.28	0.500	0.55
NO ₂	0.009	0.080	0.11
NO ₃	0.19	9.100	0.02
Fe	0.39	0.300	1.31
Cu	0.0020	0.001	1.95
Zn	0.0078	0.010	0.78
Mn	0.1229	0.010	12.29
Фенол	0.00	0.001	2.00
Нефть	0.10	0.050	1.96
СПАВ	0.01	0.500	0.03
Кпз			0.73



1-марганец 2-фенолы 3-нефтепродукты 4-медь

Рис.3.6.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Иртыш, створ 126-12.

Водоохранные мероприятия по снижению концентрации марганца можно считать достаточными для улучшения экологической обстановки.

В многолетнем плане, в данном створе ситуация достаточно благоприятная, и в настоящее время класс качества воды оценивается на уровне от «умеренно загрязненной» в годы с обеспеченностью менее 50%, до «загрязненной» в маловодные годы.

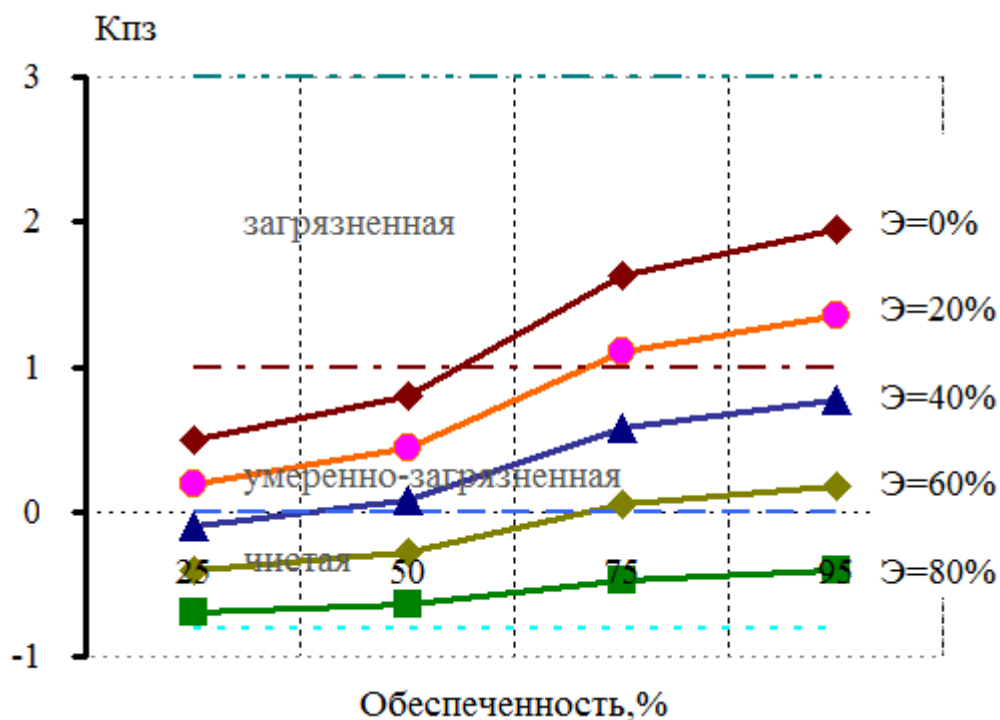


Рис.3.6.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Река Иртыш створ 126-12.

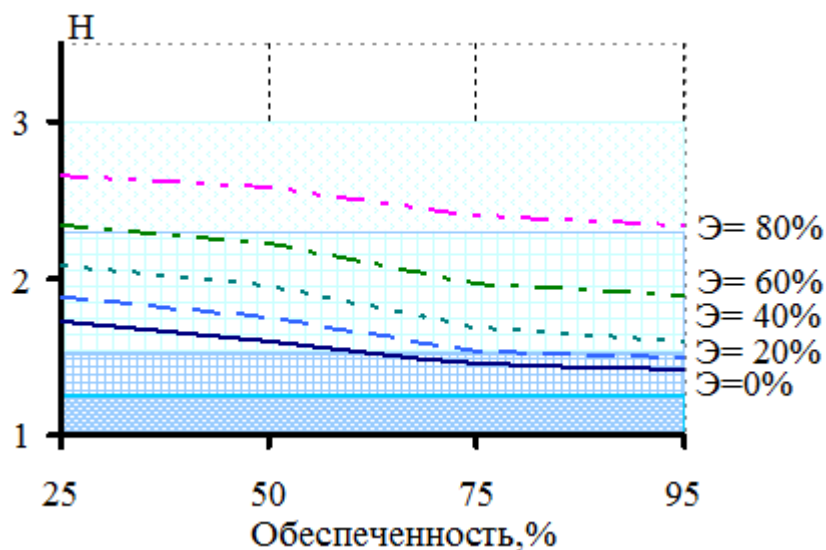


Рис.3.6.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Уровни трофности. Река Иртыш, створ 126-12.

Для среднемноголетних условий экологическое состояние водного объекта соответствуют мезотрофному уровню, что можно считать благоприятным.

Обстановка улучшается при очистке воды с эффективностью 40%, что позволяет достичь качества «умеренно загрязненная» во все расчетные по годы. Выйти на уровень «чистой» воды, возможно при проведении водоохраных мероприятий с эффективностью 60-80%, что означает очистку сточных вод до ПДК от марганца.

3.1.7 Иртыш. Створ 133-1

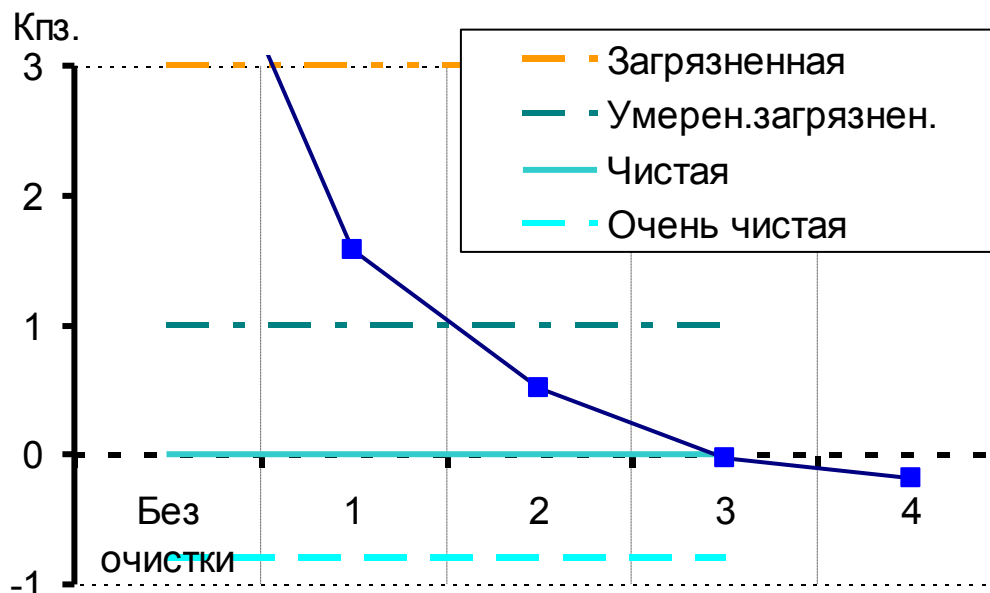
Данный створ расположен ниже по течению реки города Тобольск, что существенно влияет на экологическое состояние реки. Наиболее опасными загрязнителями являются: нефтепродукты, фенолы, медь, цинк и железо, превышения ПДК по которым изменяются от 1.8 до 44 (табл.3.7). Качество воды соответствует классу «грязная». Из загрязнителей наибольший вклад в ухудшение качества воды вносят нефтепродукты, очистка от которых позволяет выйти на уровень «умеренно загрязненной» воды (рис.133-1). Дополнительная очистка от меди и фенолов позволяет довести качество воды до состояния «чистая» (рис.3.7.а).

Табл.3.7

Концентрации загрязняющих веществ в речной воде, их ПДК и расчет Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л		С/ПДК
	С, мг/л	ПДК	
O ₂	8.60	12.000	0.72
БПК ₅	5.40	3.000	1.80
NH ₄	0.28	0.500	0.56
NO ₂	0.010	0.080	0.13
NO ₃	0.04	9.100	0.00
Fe	0.90	0.300	3.00
Cu	0.0150	0.001	15.00
Zn	0.0200	0.010	2.00

Ni	0.0030	0.010	0.30
Фенол	0.01	0.001	8.00
Нефть	2.20	0.050	44.00
СПАВ	0.04	0.500	0.08
Кпз			4.89



1-нефтепродукты 2- медь 3-фенолы 4-железо

Рис.3.7.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Иртыш, створ 133-1.

В данном створе ситуация на много хуже, чем в предыдущих створах. В настоящее время класс качества воды оценивается на уровне «грязная» в годы с обеспеченностью менее 50%, и «очень грязная» в маловодные годы (рис.3.7.б). Обстановка улучшается только в случае проведения водоохранных мероприятий с эффективностью 80%, что позволяет достичь класса качества воды «умеренно загрязненная».

Трофический статус реки в данном створе соответствует, в отчетный период, уровню «гиперэвтрофный» (рис.3.7.в). Создать условия для вывода водной системы на эвтрофный уровень возможно уже при проведении водоохранных мероприятий с эффективностью 40%. Достижение

мезотрофного уровня потребует водоохранные мероприятия с эффективностью 80%.

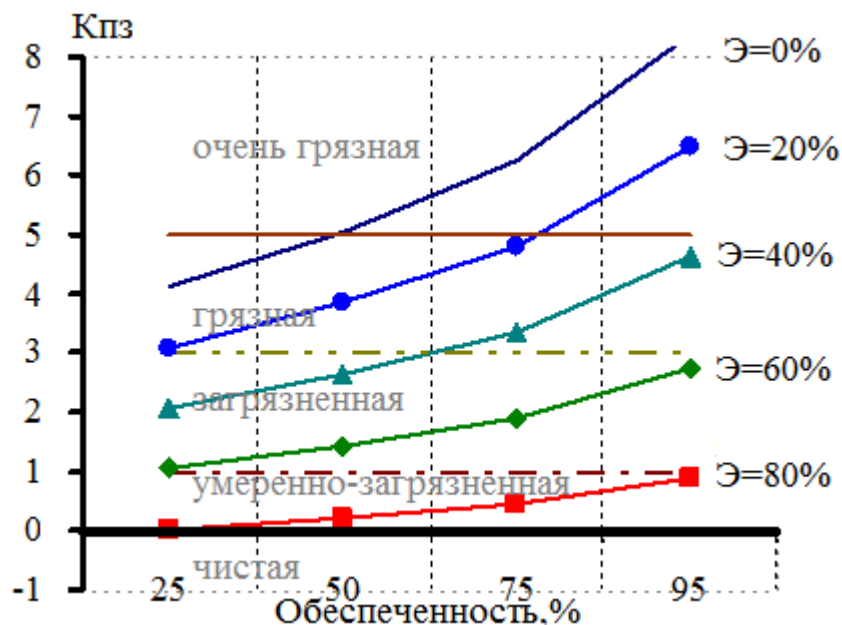


Рис.3.7.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий (Э,%). Река Иртыш створ 133-1.

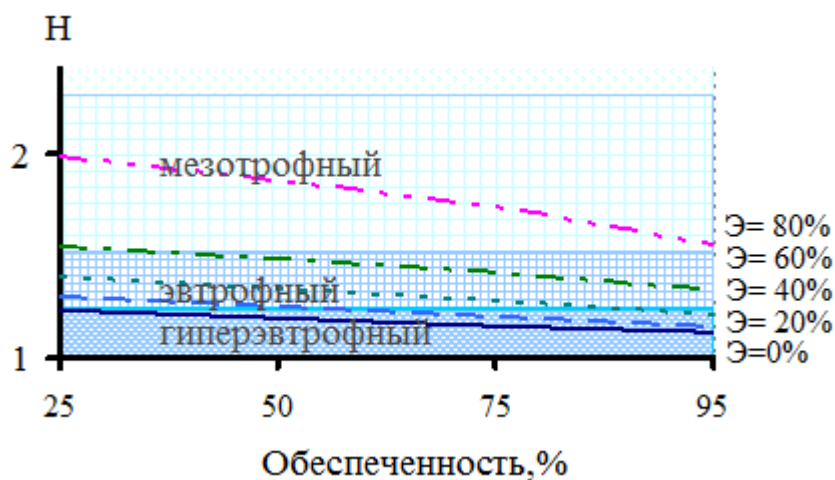


Рис.3.7.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э,%). Уровни трофности. Река Иртыш, створ 133-1.

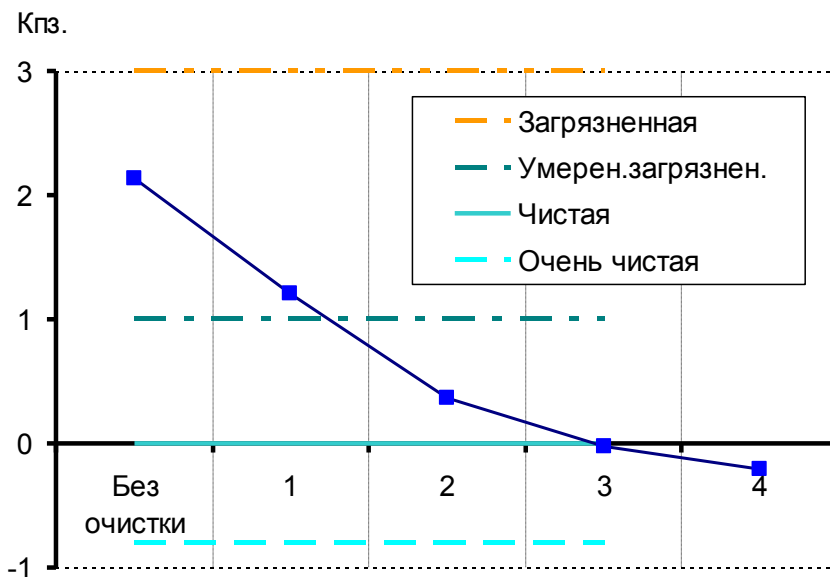
3.1.8 Иртыш. Створ 133-5

Данный створ расположен ниже города Ханты-Мансийск, экологическая обстановка в нем несколько лучше чем в створе 133-1, что связано с впадением достаточно многоводного и относительно чистого притока Конда.

Наиболее опасными загрязнителями являются нефтепродукты, фенолы, медь, аммонийный азот и железо. Вода соответствует классу «загрязненная».

Табл.3.8
Концентрации загрязняющих веществ в речной воде,
их ПДК и расчет Кпз. Отчетный период

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л		С/ПДК
	С, мг/л	ПДК	
O ₂	10.50	12.000	0.88
БПК ₅	2.30	3.000	0.77
NH ₄	0.74	0.500	1.48
NO ₂	0.050	0.080	0.63
NO ₃	0.40	9.100	0.04
Fe	1.00	0.300	3.33
Cu	0.0120	0.001	12.00
Zn	0.0050	0.010	0.50
Фенол	0.01	0.001	6.00
Нефть	0.65	0.050	13.00
СПАВ	0.04	0.500	0.08
Кпз			2.13



1-нефтепродукты 2-медь 3-фенолы 4-железо

Рис.3.8.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Иртыш, створ 133-5.

Наибольший вклад в загрязнение воды дают: нефтепродукты и медь, удаление которых из воды позволяет довести качество воды до состояния «умеренно загрязненная» (рис.3.8.а).

В настоящее время, в многолетнем разрезе, класс качества воды в данном створе изменяется от «загрязненной» в годы с обеспеченностью менее 75%, до «грязной» в остро маловодные годы. Обстановка улучшается при очистке воды с эффективностью 40%, что позволяет достичь качества «умеренно загрязненная» в среднемноголетнем разрезе. Выход на уровень «умеренно загрязненная» во все расчетные годы потребует эффективности мероприятий 60%. Достичь класса качества воды «чистая», возможно при эффективности водоохранных мероприятий 80%, что в первую очередь означает очистки до ПДК сточных вод города от нефтепродуктов, фенолов, меди (рис.3.8.а).

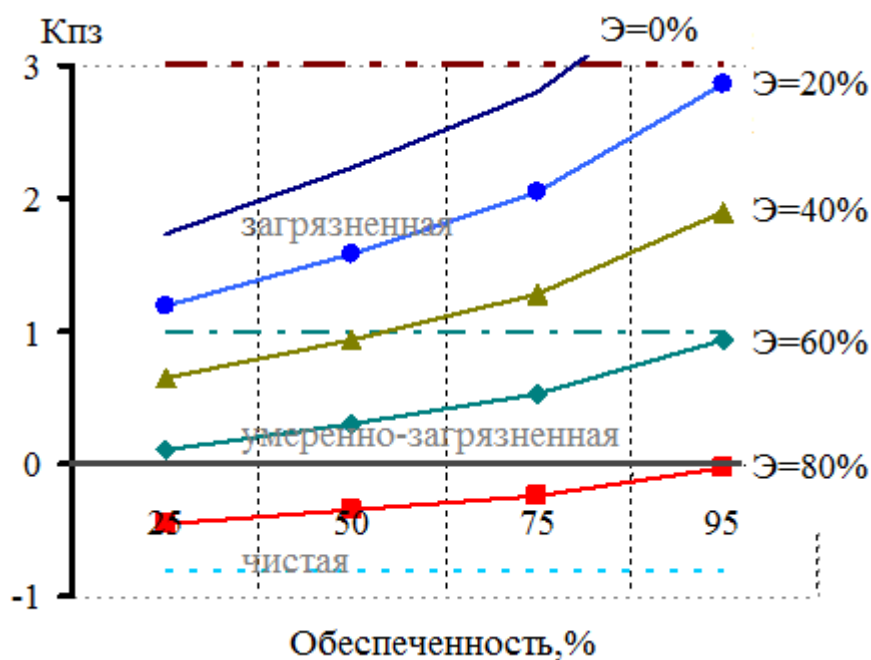


Рис.3.8.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий (Э, %). Река Иртыш створ 133-5.

В настоящее время водный объект находится в эвтрофной стадии развития (рис.3.8.в). Создать условия для устойчивого выхода водной системы на мезотрофный уровень возможно при проведении водоохранных

мероприятий с эффективностью 40%, с качеством воды на уровне «умеренно загрязненная».

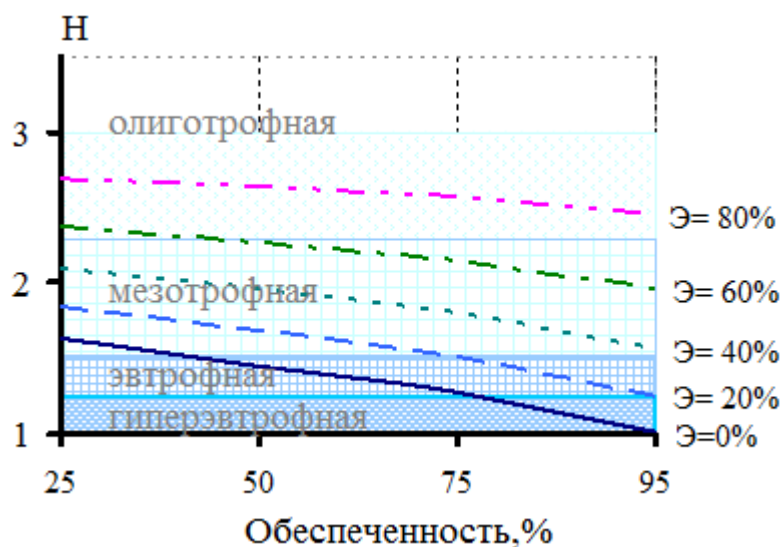


Рис.3.8.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Уровни трофности. Река Иртыш, створ 133-5.

3.2 Эколого-водохозяйственная оценка реки Ишим

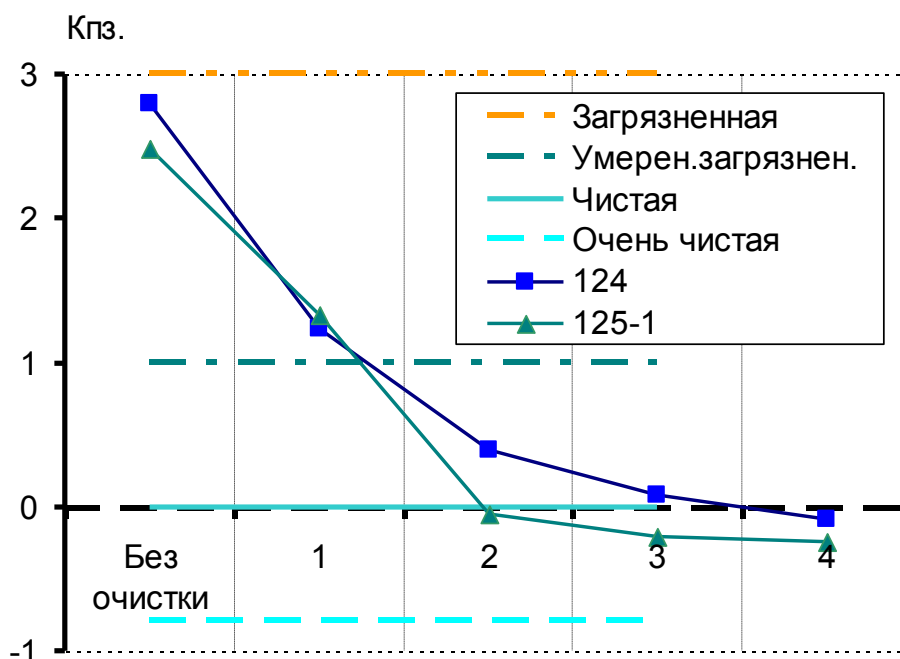
Расчетные створы установлены в верхнем и нижнем течении реки. Список химических веществ, характеризующих загрязненность воды, и их концентрации представлен в таблице 3.9. Кратность превышения ПДК достигает 12, 21.2 единиц. Наибольшую опасность представляют: нефтепродукты, медь и фенолы, как наиболее опасные загрязнители. Качество воды в реке, на отчетный период, соответствует классу «загрязненная».

Табл.3.9

Концентрации загрязняющих веществ в речной воде и расчет Кпз. Отчетный период. Река Ишим створы 124 и 125-1.

Загрязняющие Вещества	124		125-1	
	С,мг/л	С/ПДК	С,мг/л	С/ПДК
O ₂	8.60	0.72	10.50	0.88
БПК ₅	4.40	1.47	4.40	1.47
NH ₄	1.00	2.00	0.45	0.90
NO ₂	0.015	0.19	0.010	0.13

NO ₃	0.11	0.01	0.20	0.02
Fe	0.95	3.17	0.90	3.00
Cu	0.012	12.00	0.010	10.00
Zn	0.015	1.50	-	-
Фенол	0.01	5.00	0.01	10.00
Нефть	1.06	21.20	0.80	16.00
СПАВ	0.03	0.06	0.04	-0.08
Кпз		2.79		2.49



1-нефтепродукты 2-медь 3-фенолы 4-железо

Рис.3.9.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Ишим, створы 124 и 125-1.

В зависимости от обеспеченности года, класс качества воды в реке изменяется от «грязной», в годы с обеспеченностью менее 50%, до «очень грязной» - в маловодные годы (рис.3.9.б).

Обстановка улучшается только в случае проведения водоохраных мероприятий с эффективностью 60%, что позволяет, в средне многолетнем разрезе, достичь класса качества воды «умеренно загрязненная». В маловодные годы качество воды остается неудовлетворительным. Эффективностью 80% позволяет улучшить качество воды и в маловодные годы, но в остро маловодные годы воды остается «грязной».

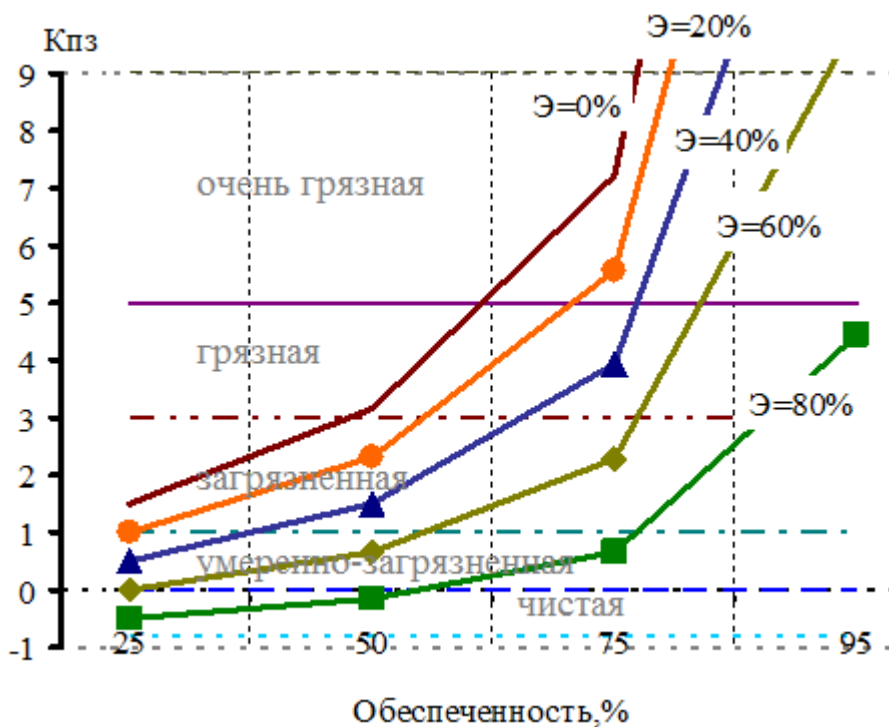


Рис.3.9.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Река Ишим створ 124.

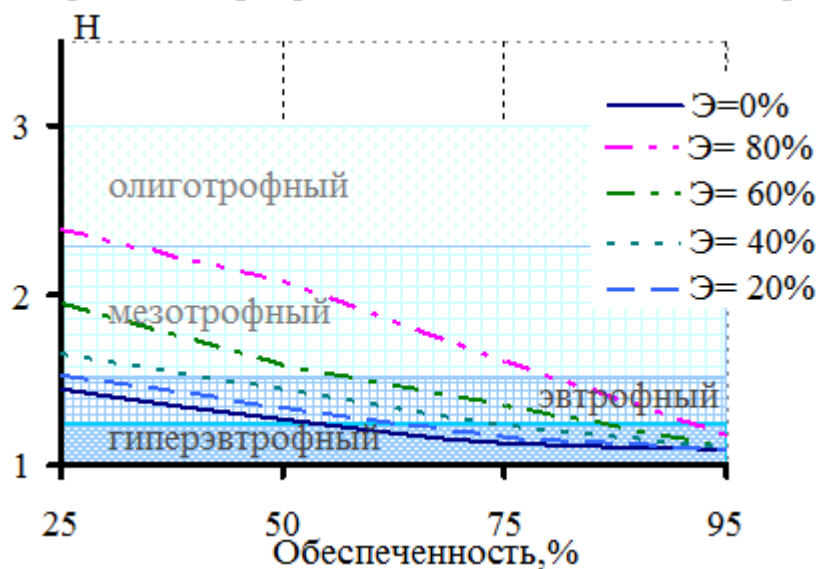


Рис.3.9.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Уровни трофности.

Река Ишим, створ 124.

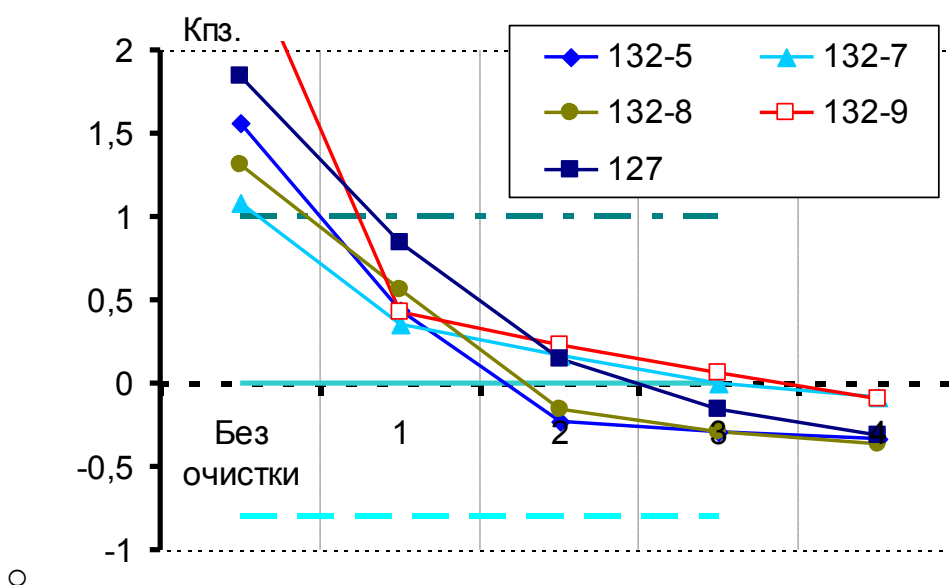
В данном створе видовое разнообразие по индексу Шеннона оценивается на минимальном уровне $H=1.1$, что соответствует гиперэвтрофному состоянию водной экосистемы. Очистка воды с эффективностью 20-40% позволяет, в среднемноголетнем разрезе, создать

условия соответствующие «эвтрофному» уровню. Проведение мероприятий с эффективностью 80% позволяет создать условия соответствующие «мезотрофному» уровню в средние и маловодные годы.

3.3 Эколого-водохозяйственная оценка реки Тобол

Качество воды в реке Тобол оценивалось по 5-и створам:

- 127 - между границей с Республикой Казахстан и впадением реки Уй,
- 132-5 - ниже города Курган,
- 132-7 между городом Ялуторовск и впадением реки Исеть,
- 132-8 ниже места впадения реки Тура,



1-нефтепродукты 2-медь 3-фенолы 4- железо

Рис.3.10.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Тобол, створы: 127, 132-5, 132-7, 132-8, 132-9.

Табл.3.10

Концентрации веществ в контрольных створах реки Тобол и оценка класса качества воды. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	127		132-5		132-7		132-8		132-9	
	С,мг/л	С/ПДК	С,мг/л	С/ПДК	С,мг/л	С/ПДК	С,мг/л	С/ПДК	С,мг/л	С/ПДК
O ₂	3.00	0.25	9.50	0.79	3,00	0,52	8,29	0,69	9,12	0,76
БПК ₅	0.20	0.07	2.09	0.70	0,20	1,14	3,52	1,17	2,11	0,70
NH ₄	0.80	1.60	0.49	0.98	0,80	1,15	0,29	0,57	0,83	1,66
NO ₂	0.040	0.50	0.032	0.40	0,040	1,53	0,016	0,20	0,016	0,20
NO ₃	0.15	0.02	0.56	0.06	0,15	0,05	0,27	0,03	0,23	0,02
Fe	0.90	3.00	0.40	1.33	0,90	1,83	0,81	2,70	1,04	3,47
Cu	0.010	10.00	0.0096	9.60	0,0100	3,39	0,0107	10,71	0,0032	3,18
Zn	0.004	0.40	0.0182	1.82	0,0040	1,72	0,0066	0,66	0,0160	1,60
Ni	-	-	0.0025	0.25	0,0100	0,00	-	-	0,0012	0,12
Mn	-	-	0.1566	15.66	0,0100	10,42	0,1042	10,42	0,2975	29,75
Фенол	0.01	5.00	0.00	0.00	0,01	2,00	0,00	2,00	0,00	3,00
Нефть	0.70	14.00	0.08	1.60	0,70	3,26	0,04	0,88	0,14	2,76
СПАВ	0.05	0.10	0.05	0.10	0,05	0,03	0,01	0,02	0,01	0,02
Кпз		1.84		1.56		1.08		1.31		2.63
Класс качества	Загрязненная		Загрязненная		Загрязненная		Загрязненная		Загрязненная	

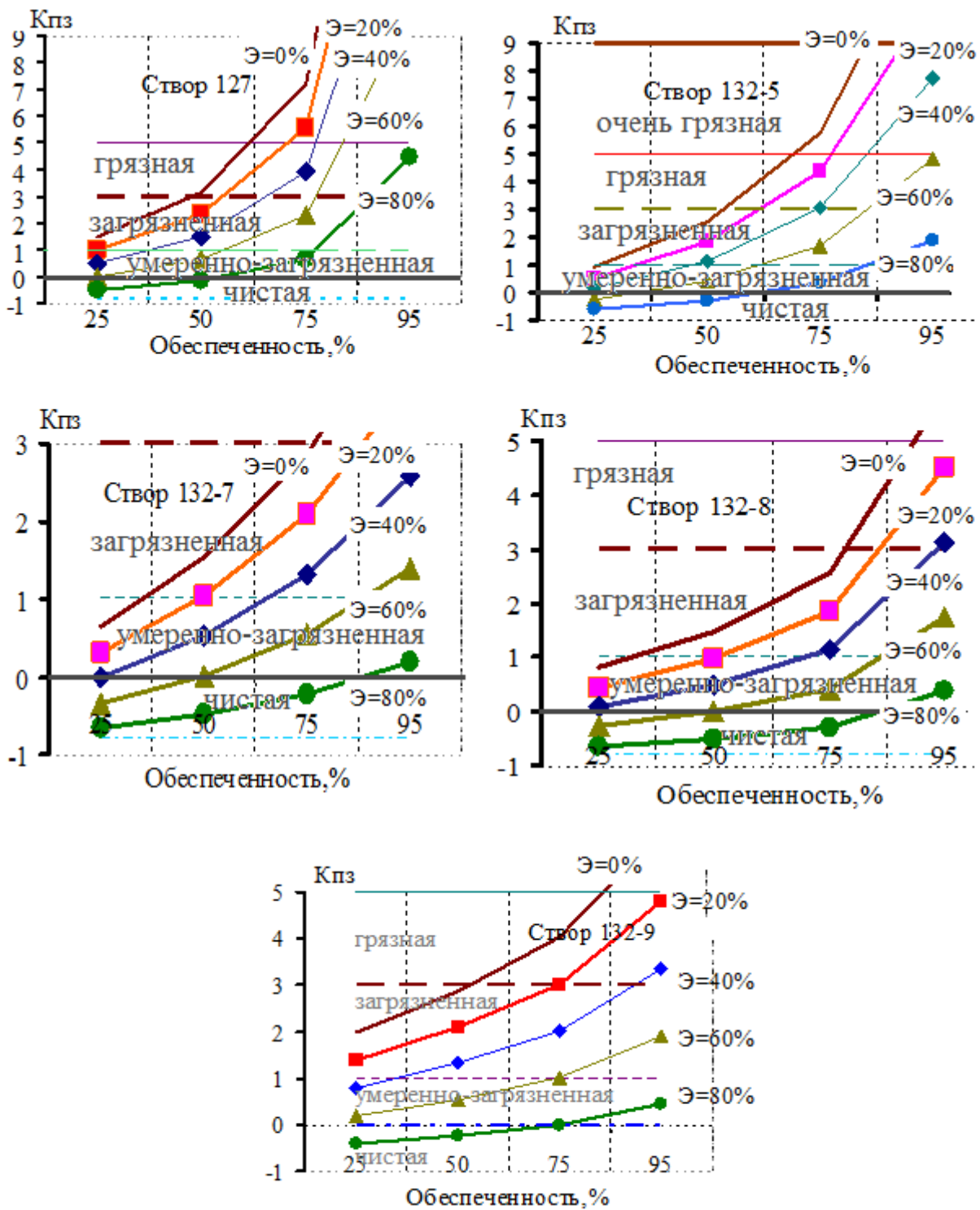


Рис.3.10.6 Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%) в расчетных створах реки Тобол.

Во всех створах, на отчетный период, качество воды соответствует классу «загрязненная». Наиболее опасными загрязнителями являются: нефтепродукты, медь, фенолы, железо. Кратность превышения ПДК, по которым составляет 10, 19 и даже 29 единиц. В некоторых створах

наблюдается превышение ПДК по аммонийному азоту и БПК₅ от 1.14 до 1.66 (табл.3.10).

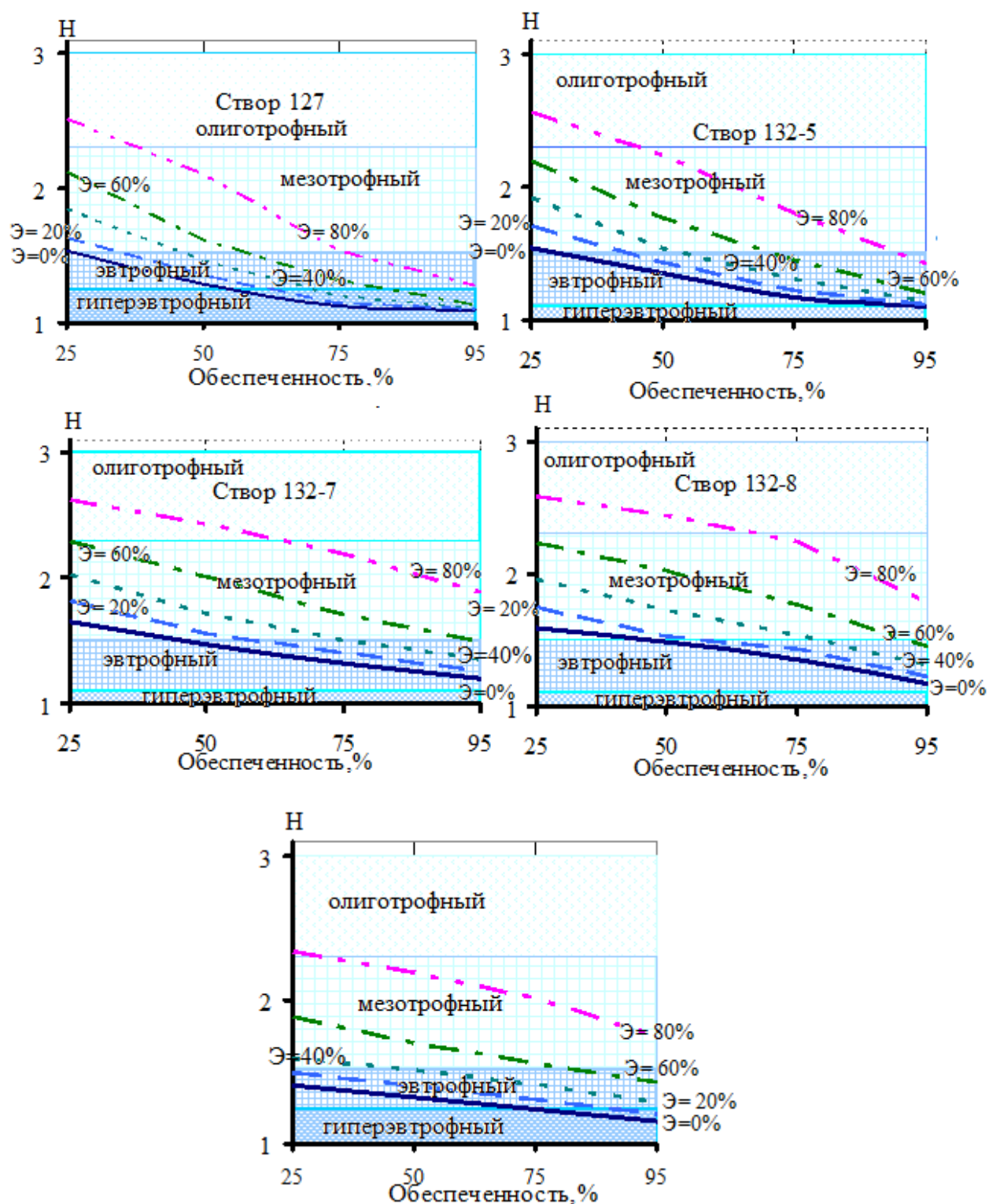


Рис.3.10.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э,%) и соответствующие им уровни трофности для расчетных створов реки Тобол.

Очистка стоков до ПДК от нефтепродуктов позволяет улучшить качество воды до класса «умеренно загрязненная». Дополнительное устранение сверхнормативного загрязнения по меди, фенолам и железу позволяет достичь класса качества воды-«чистая» (рис. 3.10.а).

Для лет разной обеспеченности изменение качества воды значительны. Так в средние по водности годы, без проведения водоохранных мероприятий, вода «загрязненная». В маловодные годы-«грязная», и «очень грязная» в остро маловодные годы (рис.3.10.б).

В настоящее время в реке Тобол, для лет с обеспеченностью менее 50%, видовое разнообразие по индексу Шеннона оценивается на гиперэвтрофном уровне для створа 127 и эвтрофном-для других створов. Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 20-40% меняет ситуацию и позволяет создать условия для формирования «мезотрофного» статуса водного объекта. Однако в маловодные и остро маловодные годы сохраняются условия «гиперэвтрофного» состояния. В верхних створах (127 и 132-5) необходимы мероприятия с эффективностью не менее 60% для выхода на «мезотрофный» уровень в средние годы, и 80% для создания условий «мезотрофного» уровня не только в средние, но и в маловодные годы.

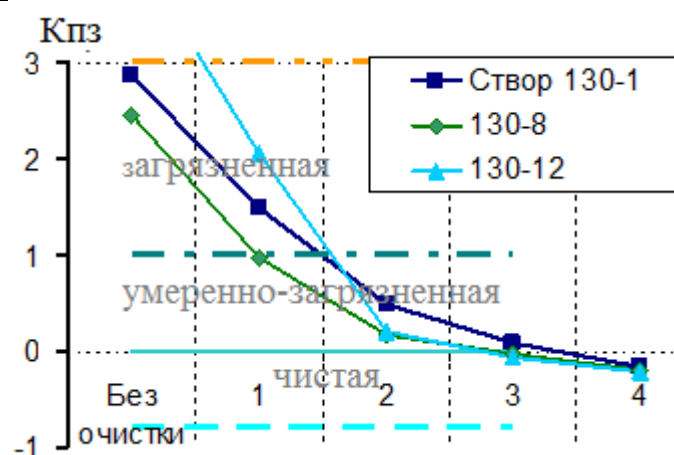
3.4 Эколого-водохозяйственная оценка реки Тура

Состояние реки Тура оценивалось по 3-м створам: 130-1 - до города Туринск, 130-8 - после города Тюмень и 130-12 - устьевой участок. Класс качества воды в двух первых створах, на отчетный период, соответствует уровню «загрязненная», для устьевого створа – «грязная». Наиболее опасными загрязнителями являются: медь, марганец, фенолы, железо, превышение ПДК по которым доходит до 4.27 - 29. В отдельных створах превышения ПДК отмечены и для веществ: БПК₅, аммонийный азот, цинк, нефтепродукты.

Табл.3.11

Концентрации веществ в контрольных створах реки Тура
и оценка класса качества воды. Отчетный период

Вещества	130-1		130-8		130-12	
	C, мг/л	C/ПДК	C, мг/л	C/ПДК	C, мг/л	C/ПДК
O ₂	7.50	0.63	8.15	0.68	8.54	0.71
БПК ₅	3.80	1.27	3.46	1.15	2.92	0.97
NH ₄	1.00	2.00	0.50	0.99	0.69	1.38
NO ₂	0.030	0.38	0.014	0.18	0.035	0.44
NO ₃	0.15	0.02	0.32	0.04	0.29	0.03
Fe	1.30	4.33	1.09	3.63	1.31	4.37
Cu	0.019	19.00	0.0114	11.35	0.029	29.00
Zn	0.005	0.50	0.0214	2.14	0.008	0.80
Ni	-	-	0.0045	0.45	0.009	0.30
Mn	-	-	0.2042	20.42	0.250	25.00
Фенол	0.01	6.00	0.005	3.00	0.003	3.00
Нефть	0.70	14.00	0.04	0.82	0.070	1.40
СПАВ	0.03	0.06	0.02	0.04	0.100	0.20
Кпз	2.86		2.45		4.20	



Створ 130-1 1-медь 2-нефтепродукты 3-фенолы 4-железо

Створ 130-8 1-марганец 2-медь 3-железо 4-фенолы

Створ 130-12 1-медь 2-марганец 3-железо 4-фенолы

Рис.3.11.а Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%), для створов реки Тура.

Наибольшую опасность в верхнем створе представляют: медь и нефтепродукты, очистка от которых позволяет улучшить класс качества воды до «умеренно загрязненной». В среднем и нижнем створах такими загрязнителями являются медь и марганец (рис.3.11.а).

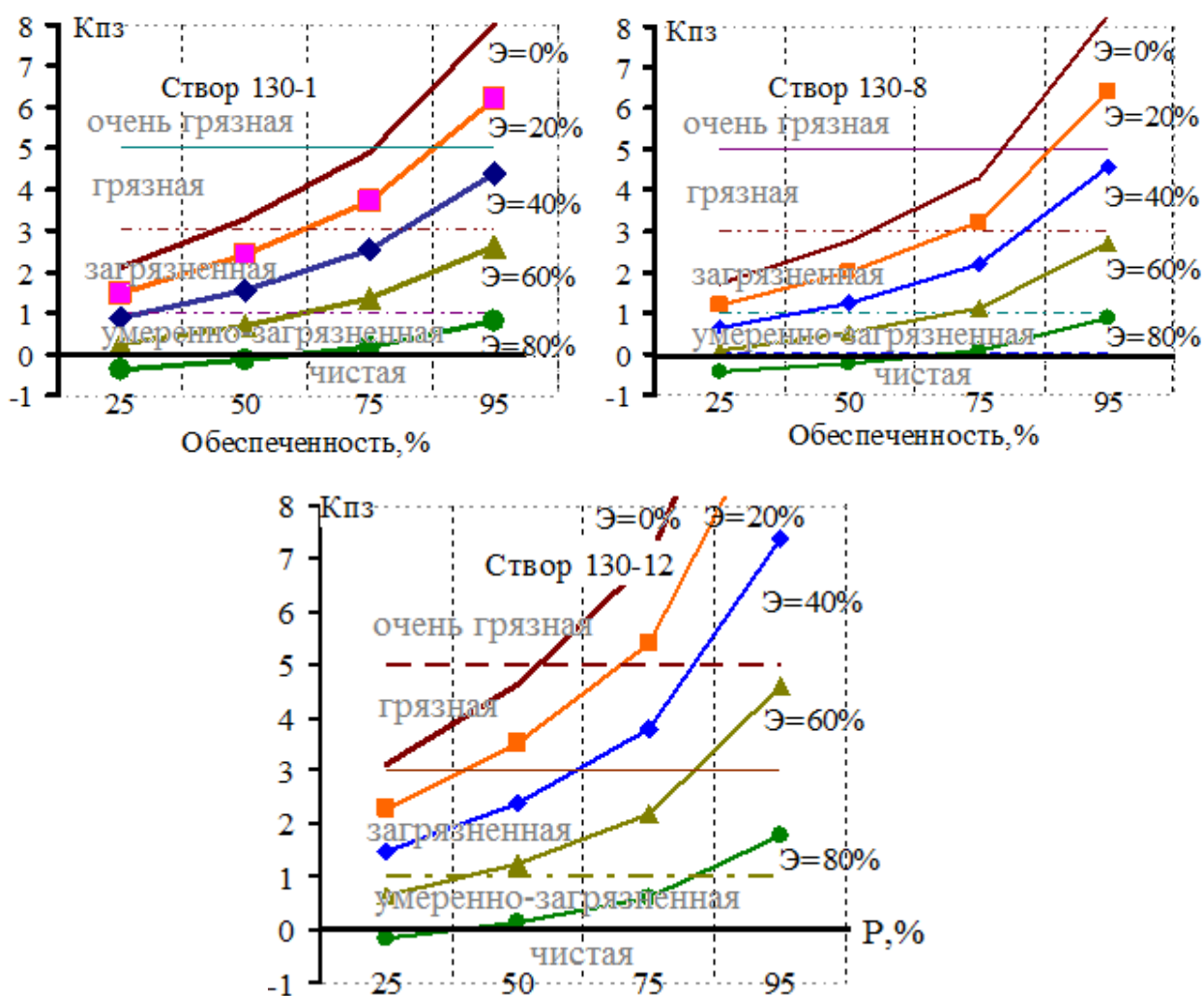


Рис.3.11.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий (Э,%) в расчетных створах реки Тура.

Качество воды в годы разной обеспеченности изменяется, в настоящее время, от «грязной» до «очень грязной» (рис.3.11.б). Выход на уровень «умеренно загрязненной» воды, для средне многолетних условий, возможен при проведении водоохранных мероприятий с эффективностью 60%, но в маловодные годы вода остается «загрязненной», а в остро маловодные годы – «грязной». Мероприятия с экологической эффективностью 80% позволяют поддерживать качество воды в диапазоне «чистая» - «умеренно загрязненная».

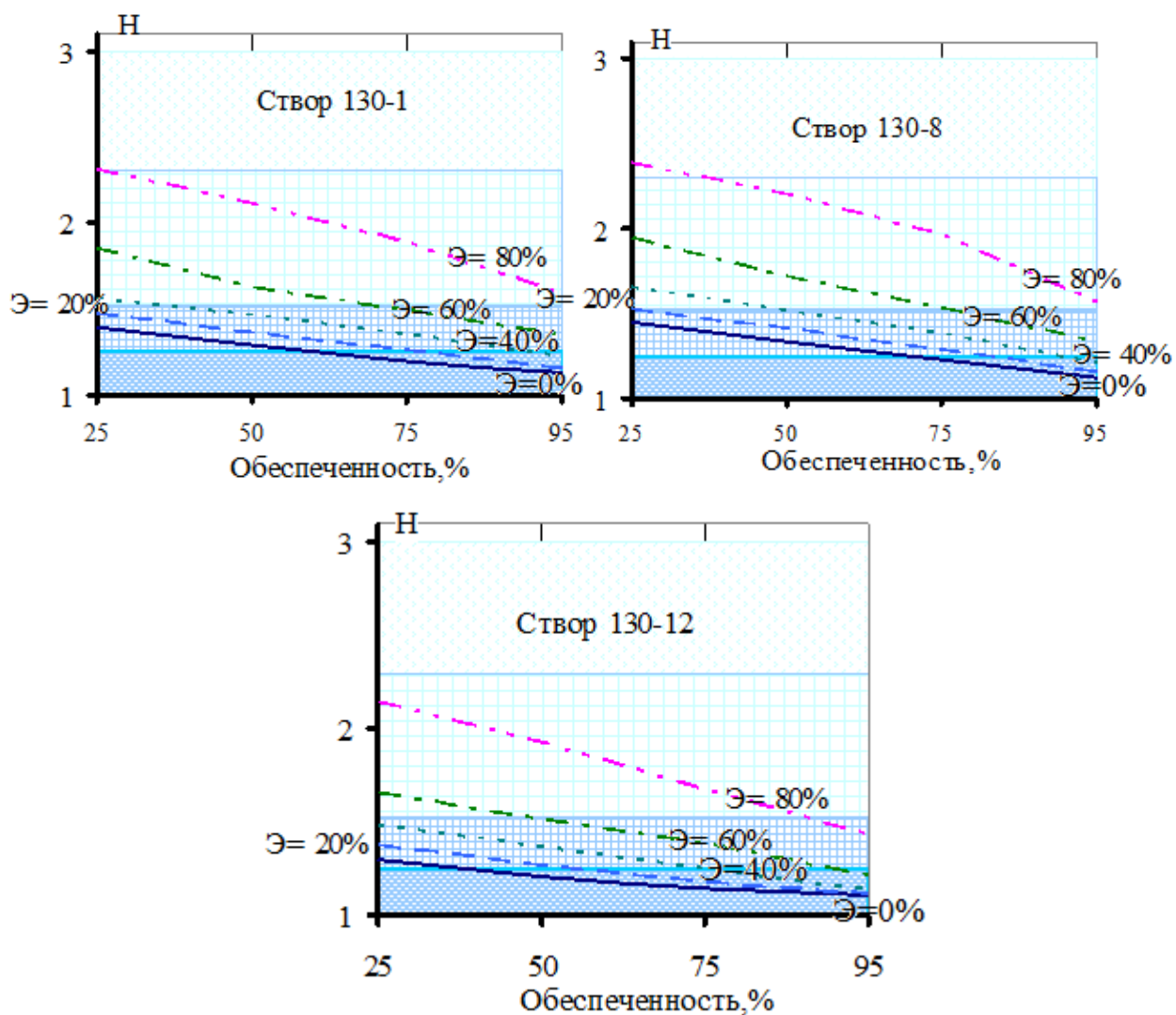


Рис.3.11.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Θ ,%) и соответствующие им уровни трофности для расчетных створов реки Тура.

Экологическое состояние водного объекта соответствует «эвтрофному» уровню в верхних створах и «гиперэвтрофному» в устьевом. Водоохранные мероприятия с эффективностью 40% позволяют стабилизировать обстановку на «эвтрофном» уровне, практически во все расчетные годы. Эффективность 60% позволяет создать условия «мезотрофного» уровня в средние и маловодные годы.

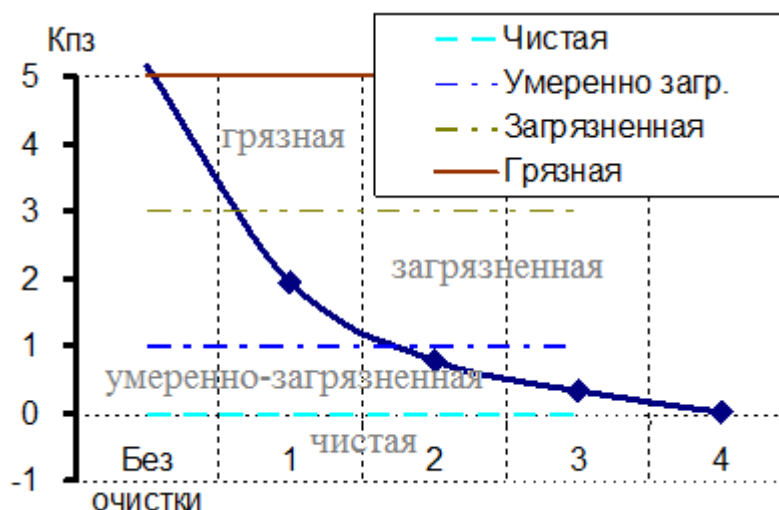
3.5 Эколого-водохозяйственная оценка реки Тавда

Вода, в контрольном створе 131-2 реки Тавда, загрязнена такими веществами как: медь, марганец, железо, нефтепродукты, фенолы и цинк.

Превышение ПДК по которым доходит до 4,15 и даже 40 единиц. Качество воды соответствует классу «очень грязная» (табл.3.12).

Табл.3.12
Концентрации загрязняющих веществ в речной воде,
их ПДК и Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л	
	С, мг/л	С/ПДК
O ₂	12.00	1.00
БПК ₅	3.00	1.00
NH ₄	0.47	0.94
NO ₂	0.006	0.08
NO ₃	0.27	0.03
Fe	2.02	6.73
Cu	0.0159	15.90
Zn	0.0285	2.85
Ni	0.0100	1.00
Mn	0.4280	42.80
Фенол	0.00	2.00
Нефть	0.27	5.40
СПАВ	0.05	0.10
Кпз=5.14		



1—марганец 2—медь 3—железо 4—нефтепродукты

Рис.3.12.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Тавда.

Наиболее опасными являются марганец и медь. Снижение их концентрации в воде до ПДК позволяет сделать воду «умеренно чистой» (рис.3.12.а).

В многолетнем разрезе улучшение качества воды можно достичь при проведении водоохранных мероприятий с эффективностью 80%, что позволяет выйти на уровень «умеренно загрязненной» воды в годы с обеспеченностью до 75%. В острозасушливый год класс качества соответствует уровню «загрязненная» (рис.3.12.б).

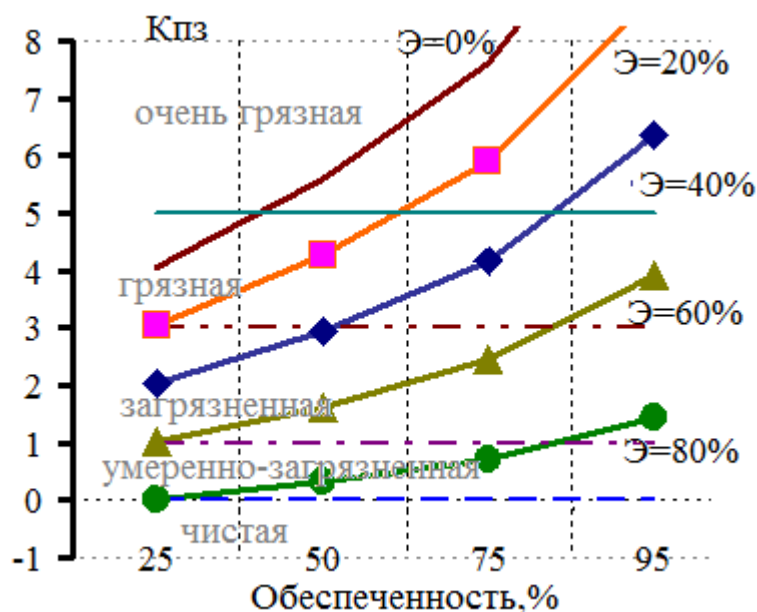


Рис.3.12.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий (Э,%) в расчетных створах реки Тавда.

Трофический статус реки соответствует гиперэвтрофному уровню (рис.3.12.в). Создать условия соответствующие эвтрофному уровню можно путем проведения водоохранных мероприятий эффективностью 40-60%. Для выхода на мезотрофный уровень требуются мероприятия эффективностью 80%.

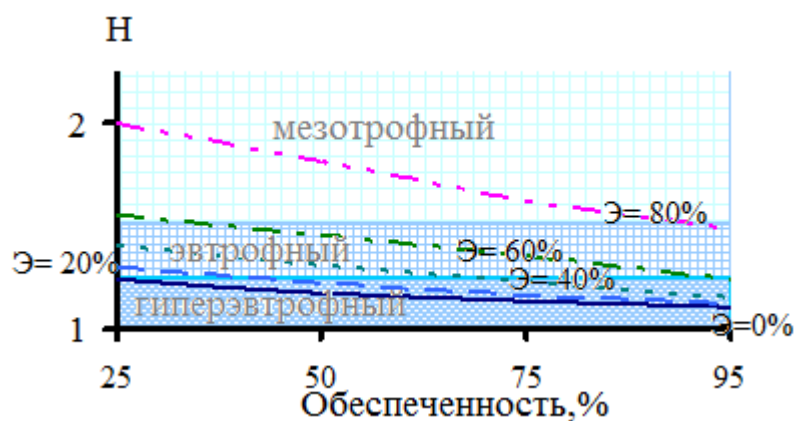


Рис.3.12.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Θ ,%) и соответствующие им уровни трофности для расчетных створов реки Тавда.

3.6 Эколого-водохозяйственная оценка реки Конда

В настоящее время класс качества воды в данном створе оценивается на уровне от «загрязненная». Вода загрязнена: медью, железом, хромом, фенолами, нефтепродуктами, цинком и аммонийным азотом.

Табл.3.13
Концентрации загрязняющих веществ в речной воде, их ПДК и Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	Концентрация, мг/л	
	С, мг/л	С/ПДК
O ₂	8.71	0.73
БПК ₅	1.20	0.40
NH ₄	1.49	2.99
NO ₂	0.003	0.04
NO ₃	0.04	0.00
Fe	1.88	6.27
Cu	0.0115	11.51
Zn	0.0197	1.97
Cr	0.0040	3.97
Фенол	0.003	3.00
Нефть	0.12	2.30
СПАВ	0.03	0.06
Кпз=1.63		

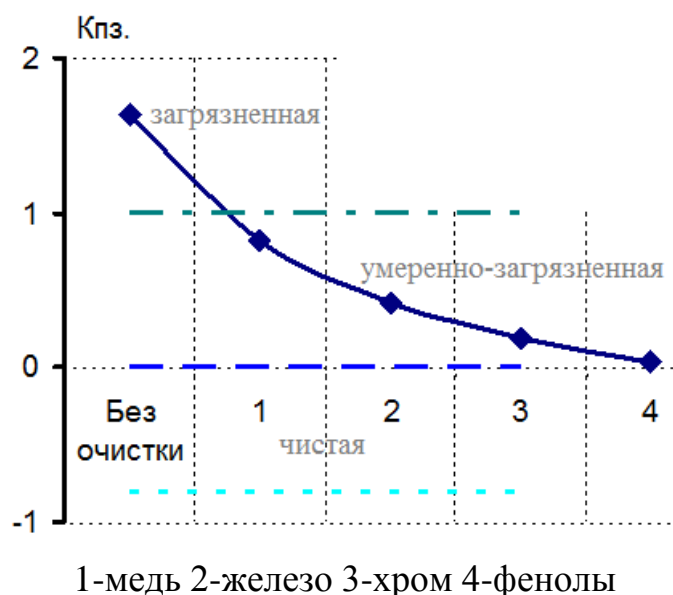


Рис.3.13.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Конда.

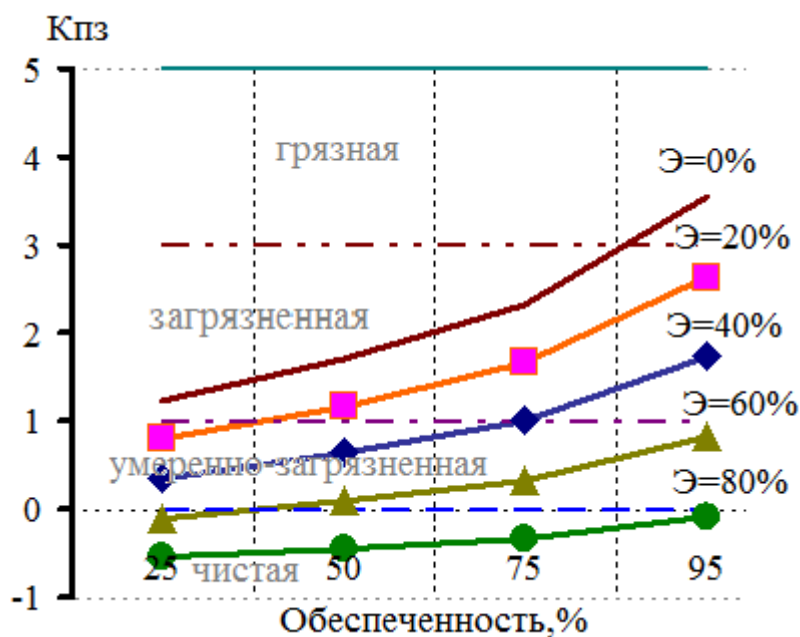


Рис.3.13.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э, %) в расчетных створах реки Конда.

Улучшение качества воды наблюдается при проведении водоохраных мероприятий с эффективностью 40%, но в этом случае в остро маловодный год качество воды соответствует классу «загрязненная». Ситуация

стабилизируется при эффективности мероприятий 60%, что позволяет устойчиво выйти на уровень «умеренно загрязненной» воды.

Трофический статус соответствует эвтрофному уровню. Создать условия мезотрофного уровня возможно, проведением водоохранных мероприятий с эффективностью 40%.

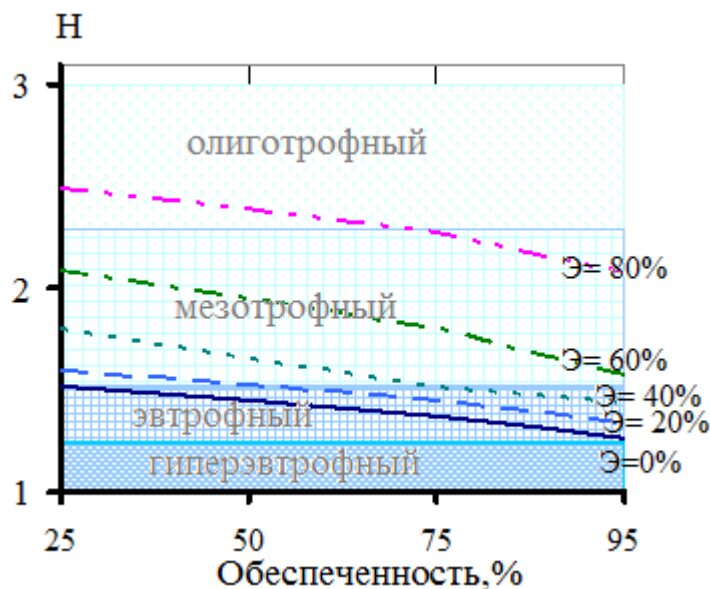


Рис.3.13.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э,%) и соответствующие им уровни трофности реки Ковда.

3.7 Эколого-водохозяйственная оценка реки Вагай

Качество воды, на отчетный период, соответствует классу «грязная». Вода загрязнена такими веществами как медь, марганец, фенолы, нефтепродукты, цинк, железо. Превышение ПДК находится в пределах от 1.94 до 44.85.

Табл.3.14
Концентрации загрязняющих веществ в речной воде, их ПДК и Кпз. Отчетный период.

Загрязняющие вещества	C, мг/л	C/ПДК
O ₂	6.37	0.53
БПК ₅	2.59	0.86

NH ₄	0.37	0.73
NO ₂	0.020	0.25
NO ₃	0.23	0.02
Fe	1.20	4.00
Cu	0.0097	9.74
Zn	0.0356	3.56
Ni	0.0000	0.00
Mn	0.4485	44.85
Фенол	0.002	2.00
Нефть	0.097	1.94
СПАВ	0.010	0.02
Кпз=4.27		

Наиболее опасным из всех загрязнителей является марганец, снижение концентрации которого до ПДК, переводит воду в класс «умеренно загрязненная» (рис.3.14.а).

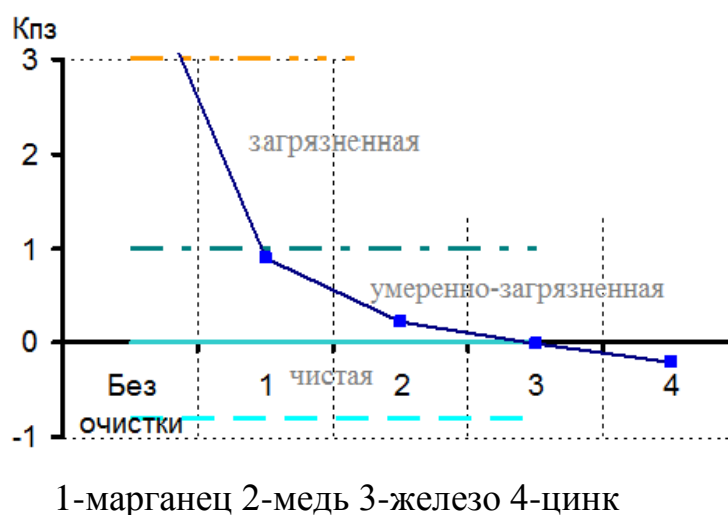


Рис.3.14.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Вагай.

В многолетнем плане качество воды в настоящее время изменяется от «грязной» в многоводный год до «очень грязной» в другие расчетные обеспеченности. Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 80% позволяет улучшить качество воды только в средние и многоводные годы, в которые класс качества соответствует «умеренно загрязненная». Однако в маловодные годы вода соответствует уровню «загрязненная».

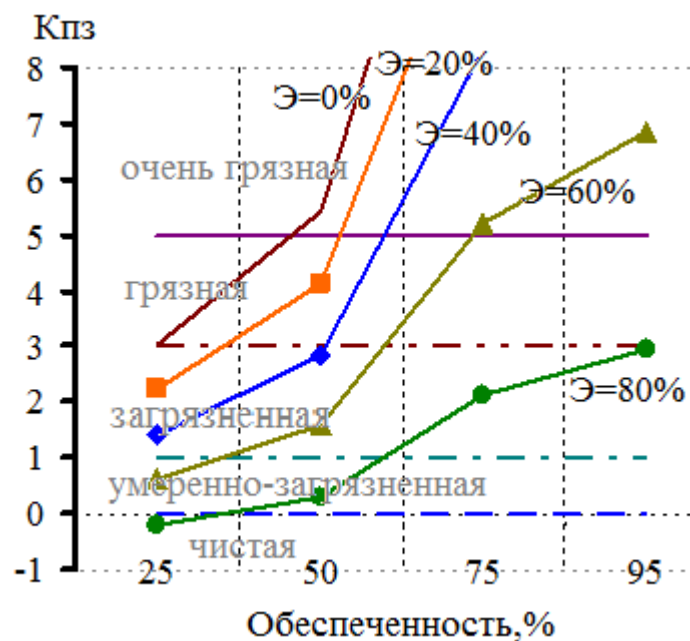


Рис.3.14.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Река Вагай.

Уровень трофности реки оценивается как гиперэвтрофный.

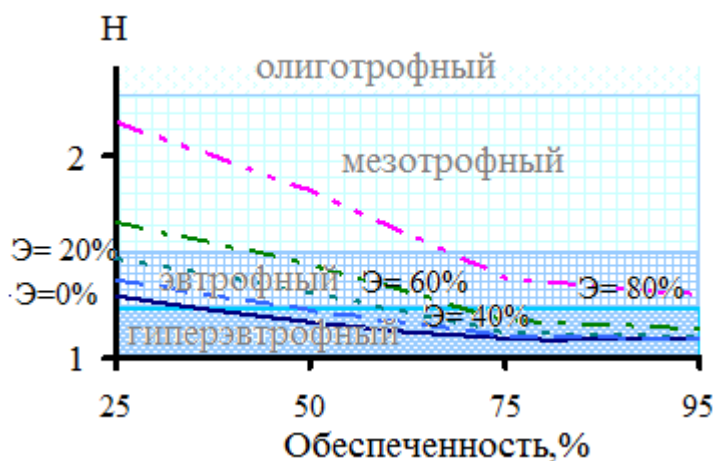


Рис.3.14.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохраных мероприятий (Э,%) и соответствующие им уровни трофности для реки Вагай.

Анализ изменения значений индекса Шеннона говорит о том, что проведение водоохраных мероприятий с эффективностью 60% позволяет создать условия эвтрофного уровня в средние и многоводные годы. В маловодные годы статус реки остается «гиперэвтрофным». Мероприятия

эффективностью 80% позволяют сохранить условия «эвтрофного» уровня даже в остро маловодные годы.

3.8 Эколого-водохозяйственная оценка реки Исеть

Состояние реки Исеть оценивалось по трем створам: 129-1 расположенным ниже города Екатеринбург, 129-5 после города Шадринск и 129-6 устьевой участок. В верхних створах вода соответствует классу «загрязненная» в нижнем створе – «грязная» (табл.3.15). Характерными загрязнителями для всех створов являются: медь, марганец, нефтепродукты, превышение ПДК по которым изменяются в пределах 1.8–23. В отдельных створах наблюдаются превышения ПДК по органическим веществам, аммонии, железу и фенолам.

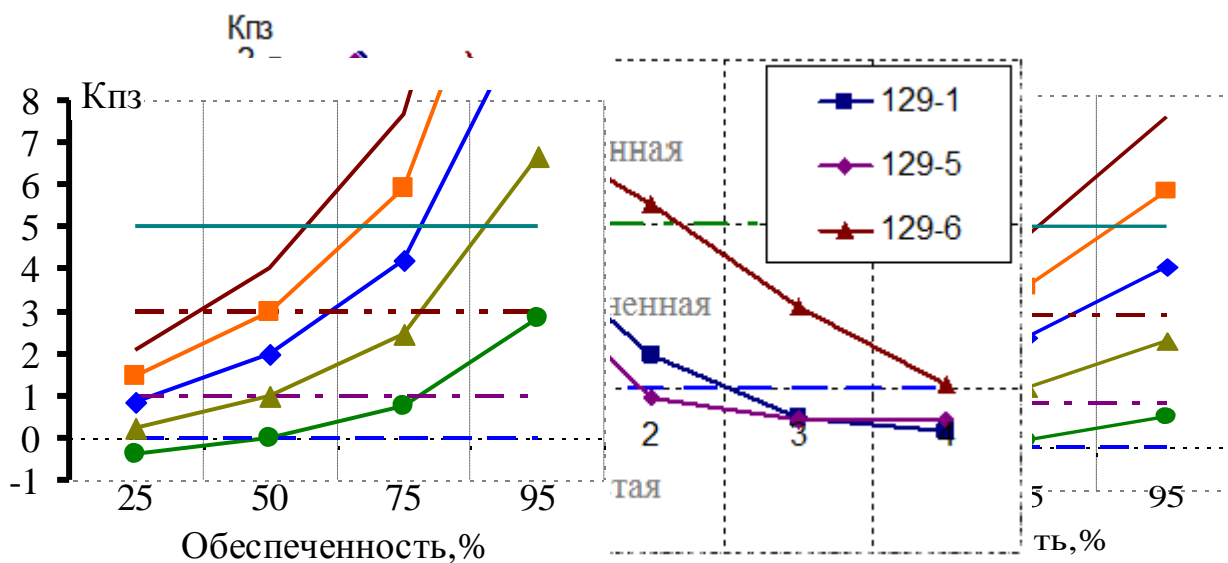
Табл.3.15

Концентрации загрязняющих веществ в расчетных створах и Кпз. Отчетный период.

Вещества	129-1		129-5		129-6	
	С, мг/л	С/ПДК	С, мг/л	С/ПДК	С, мг/л	С/ПДК
O ₂	8.8	0.73	9.52	0.79	8.69	0.72
БПК ₅	2.29	0.76	3.66	1.22	7.56	2.52
NH ₄	0.31	0.62	0.62	1.24	0.445	0.89
NO ₂	0.005	0.06	0.038	0.48	0.069	0.86
NO ₃	0.17	0.02	0.97	0.11	6.89	0.76
Fe	0.43	1.43	0.24	0.80	0.606	2.02
Cu	0.0153	15.30	0.0146	14.60	0.023	23.00
Zn	0.0201	2.01	0.0243	2.43	0.091	9.10
Ni	0.0018	0.18	0.0022	0.22	0.005	0.50
Mn	0.1125	11.25	0.1081	10.81	0.08	8.00
Фенол	0.006	6.00	0.001	1.00	0.001	1.00
Нефть	0.09	1.80	0.11	2.20	0.36	7.20
СПАВ	0	0.00	9.52	0.79	0.01	0.02
Кпз		2.09		1.99		3.35

Наиболее опасным веществом для верхних створов является: медь. Очистка воды от меди позволяет достичь класса качества - «умеренно загрязненная». В нижнем, по течению створе, кроме меди опасность

представляет цинк. Только очистка сточных вод от данных двух загрязнителей позволяет перейти в класс «умеренно загрязненной» воды.



Створ 129-1 1-медь 2-марганец 3-фенолы 4-цинк

Створ 129-5 1-медь 2-марганец 3-нефтепродукты 4-цинк

Створ 129-6 1-медь 2-марганец 3-цинк 4-нефтепродукты

Рис.3.15.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от наиболее опасных загрязняющих веществ в расчетных створах реки Исеть.

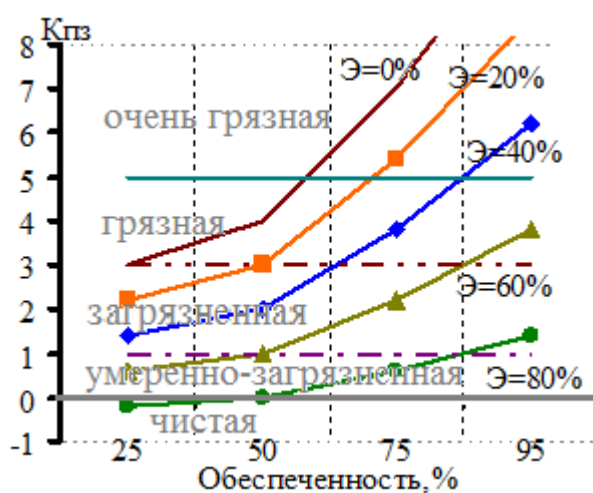


Рис.3.15.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%) в расчетных створах реки Исеть.

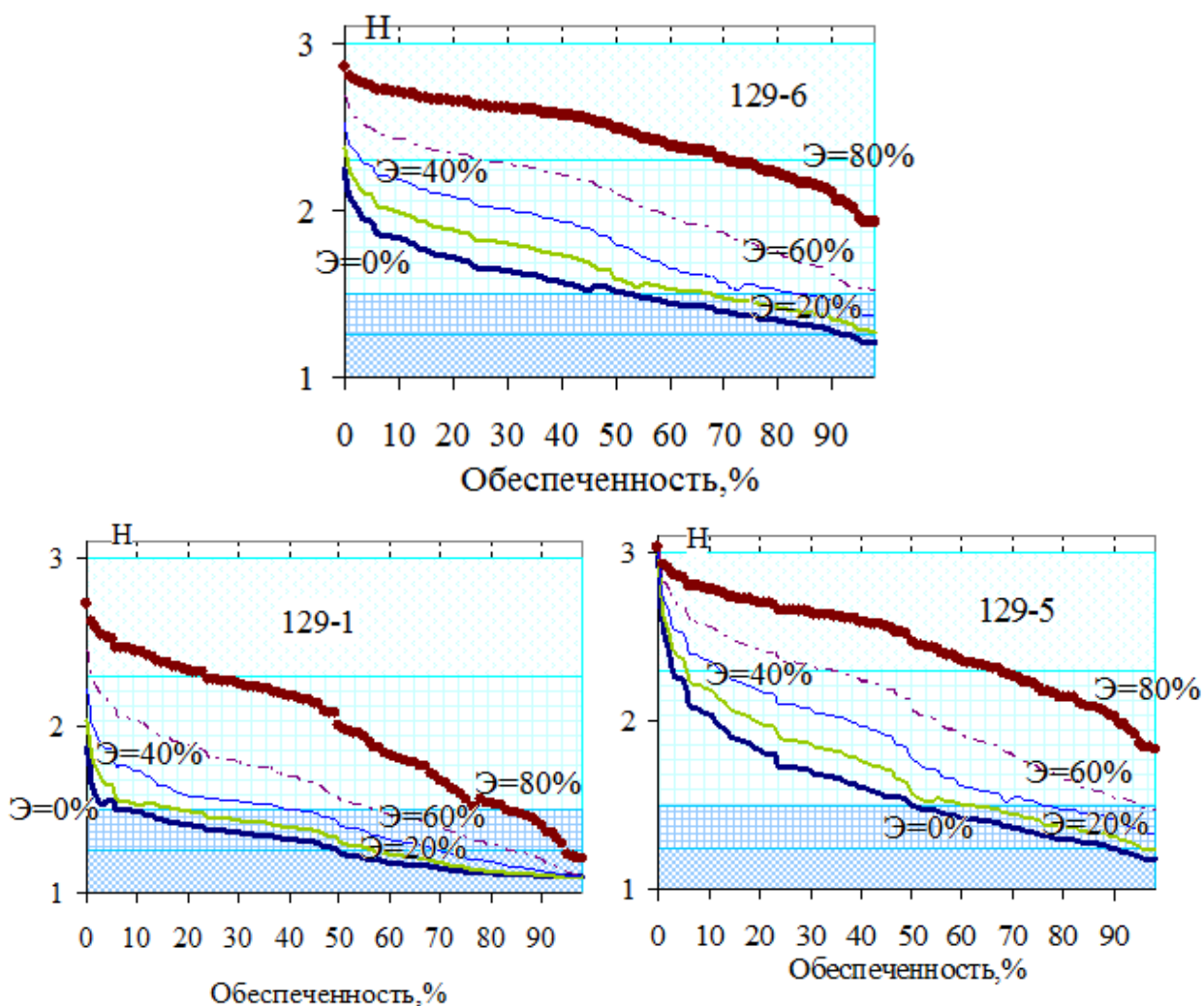


Рис.3.15.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (\mathcal{E} ,%) и соответствующие им уровни трофности в расчетных створах реки Исеть.

В многолетнем плане, во всех створах, качество воды меняется от «загрязненной» в многоводные годы, до «очень грязной» в маловодные (рис.3.15.б). Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 60% позволяет достичь класса «умеренно загрязненная» только для лет с обеспеченностью не выше 50%, в то время как в маловодные годы класс качества меняется от «очень грязной» (створ 129-1) до «загрязненной» (створ 129-5) и «грязной» (створ 129-6). Эффективность 80% позволяет достичь приемлемого качества воды и в маловодные годы, при этом в остро маловодные годы качество воды остается на уровне «загрязненной».

Значения индекса Шеннона, в настоящее время для средне многолетних условий, изменяются от 1.53 до 1.10 (рис. 3.15.в). Следовательно, состояние водного объекта соответствует эвтрофной стадии. В маловодные годы – гиперэвтрофной. Водоохранные мероприятия с эффективностью 60% позволяют, достаточно стабильно, поддерживать условия мезотрофной стадии развития.

3.9 Эколого-водохозяйственная оценка реки Уй

В настоящее время, класс качества воды в реке оценивается на уровне «очень грязной». Наибольшие превышения ПДК отмечены для веществ: медь, марганец, нефтепродукты, никель, цинк, железо и БПК (табл.3.16).

Табл.3.16

Концентрации загрязняющих веществ
в речной воде и Кпз. Отчетный период.

Вещества	С,мг/л	С/ПДК
O ₂	10.55	0.88
БПК ₅	3.517	1.17
NH ₄	0.33	0.66
NO ₂	0.056	0.70
NO ₃	0.41	0.05
Fe	0.48	1.60
Cu	0.0110	11.00
Zn	0.0230	2.30
Ni	0.1170	3.90
Mn	0.2500	25.00
Фенол	0.000	0.00
Нефть	2.060	41.20
СПАВ	0.040	0.08
Кпз=5.81		

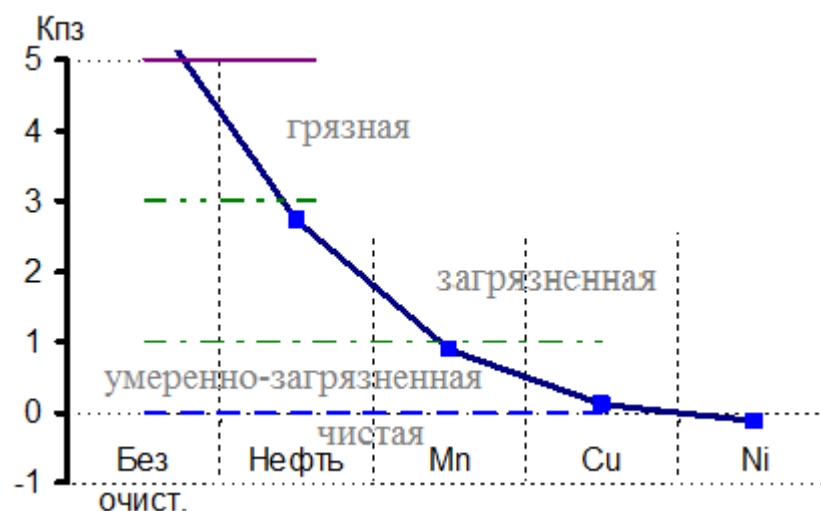


Рис.3.16 .а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Уй.

Наибольшее влияние на качество воды оказывают нефтепродукты и марганец, снижение концентрации которых в сточных водах переводит класс качества в «умеренно загрязненный».

В многолетнем разрезе качество воды меняется от «грязной» до «очень грязной» (рис.3.16.б). Ситуация несколько улучшается, в годы с обеспеченностью менее 50%, только в результате проведения водоохранных мероприятий с эффективностью 80%.

Экологическое состояние водного объекта оценивается на уровне «эвтрофной» стадии, не обратимых процессов, в средние и маловодные годы, и «гиперэвтрофной» в остро маловодные. Поэтому основная водохозяйственная задача связана с улучшением качества воды с целью создания условий формирования эвтрофного водного объекта в годы всех расчетных обеспеченностей. Это возможно при эффективности водоохранных мероприятий 60%.

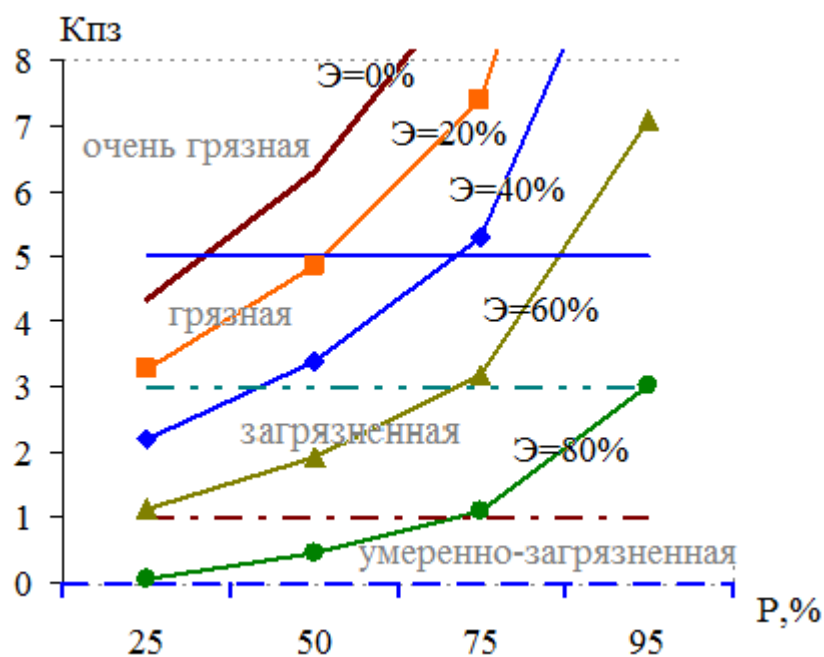


Рис.3.16.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Река Уй.

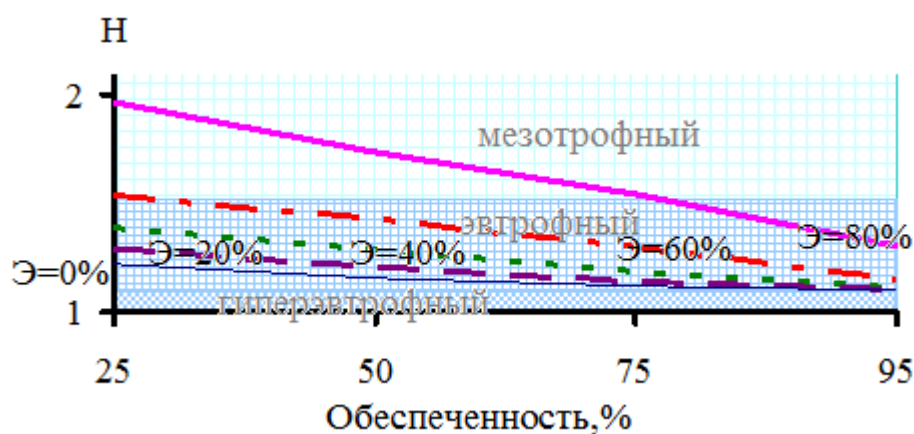


Рис.3.16.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Уровни трофности. Река Уй.

3.10 Эколого-водохозяйственная оценка реки Синара

Вода реки Синара загрязнена: марганцем, медью, фенолами, железом и аммонийным азотом. Превышения ПДК по этим веществам изменяются от 1.02 до 11.18 (табл.3.17).

Табл.3.17

Концентрации загрязняющих веществ
в речной воде и значения Кпз. Отчетный период.

Вещества	C, мг/л	C/ПДК
O ₂	9.31	0.78
БПК ₅	2.39	0.80
NH ₄	0.51	1.02
NO ₂	0.027	0.34
NO ₃	1.78	0.20
Fe	0.43	1.43
Cu	0.0112	11.18
Zn	0.0185	1.85
Ni	0.0073	0.73
Mn	0.1118	11.18
Фенол	0.002	2.00
Нефть	0.050	1.00
СПАВ	0.035	0.07
Кпз=1.50		

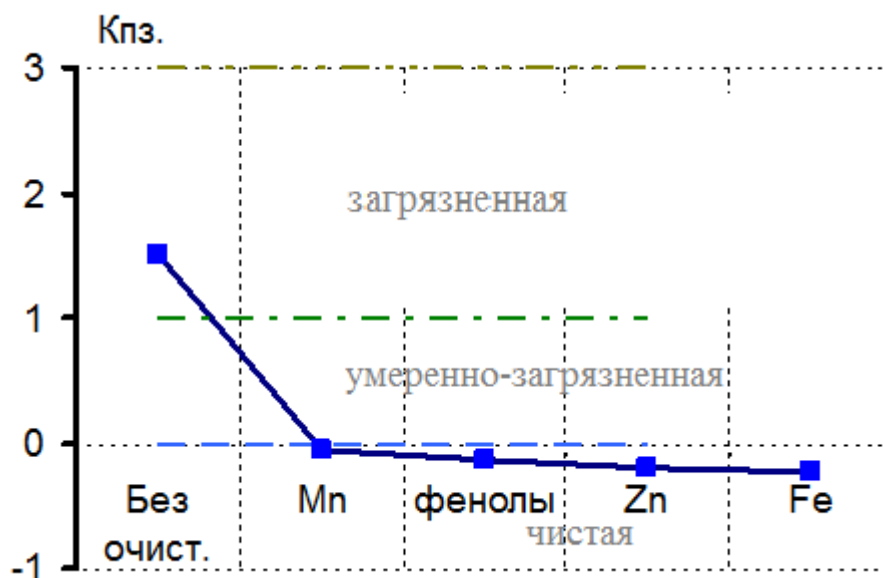


Рис.3.17.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Синара.

Наиболее опасным веществом является марганец, наличие которого приводит к изменению класса качества (рис.3.17.а). Другие загрязнители оказывают практически одинаковое влияние на качество воды.

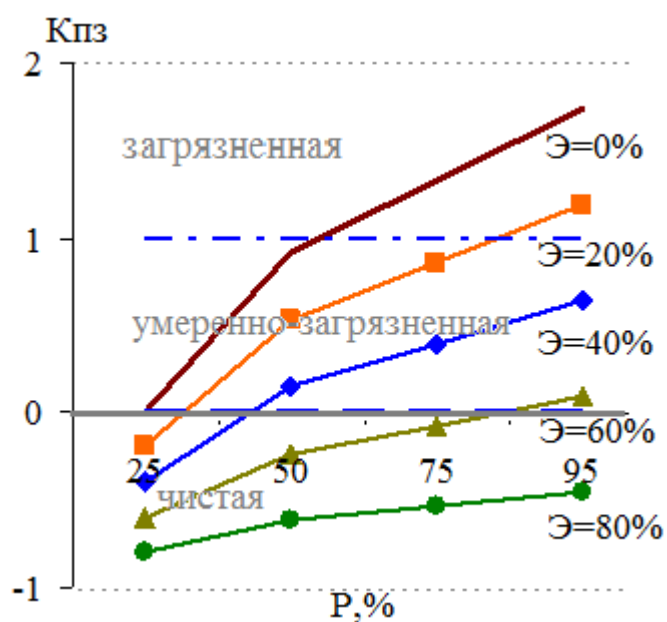


Рис.3.17.6 Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Река Синара.

В целом, по сравнению с другими реками бассейна Иртыша, водохозяйственная ситуация достаточно благоприятная. В годы с обеспеченностью до 50% качество воды соответствует классу «умеренно загрязненная» и «загрязненная» в годы более высоких обеспеченностей. Проведение водоохраных мероприятий с эффективностью 40% позволяют поддерживать класс качества на уровне «умеренно загрязненной» во все расчетные годы. Эффективность 60% позволяет достичь класса «чистой» воды.

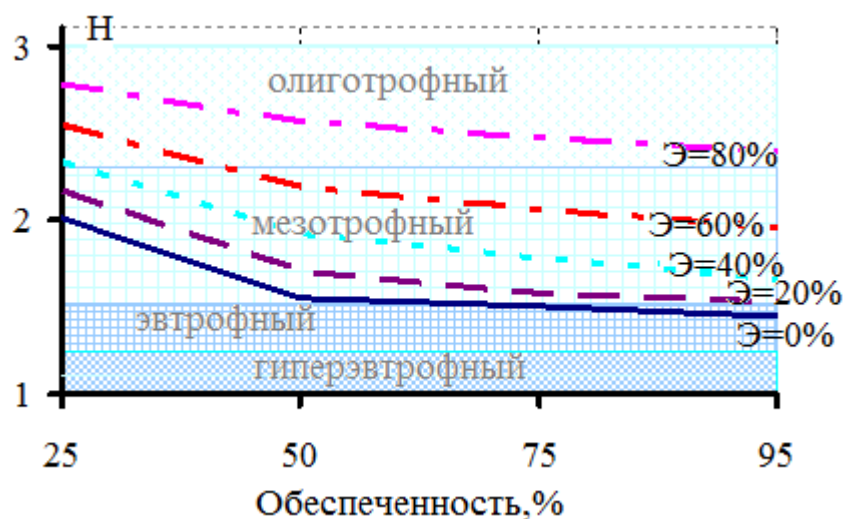


Рис.3.17.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э,%). Уровни трофности.

Река Синара.

Экологическое состояние водного объекта соответствует мезотрофной стадии, в годы с обеспеченностью менее 50%. В маловодные годы статус меняется и переходит в «эвтрофный». Создание условий «мезотрофного» уровня во все расчетные годы возможно уже при проведении водоохранных мероприятий с эффективностью 20-40%.

3.11 Эколого-водохозяйственная оценка реки Теча

В настоящее время, класс качества воды в данном створе оценивается на уровне «загрязненной».

Табл.3.18

Концентрации загрязняющих веществ в речной воде и Кпз. Отчетный период.

Вещества	C, мг/л	C/ПДК
O ₂	8.601	0.72
БПК ₅	2.8	0.93
NH ₄	0.239	0.48
NO ₂	0.008	0.10
NO ₃	0.16	0.02
Fe	0.51	1.69

Cu	0.0090	9.00
Zn	0.0390	3.90
P ₂ O ₅	0.3500	11.67
Mn	0.0798	7.98
Фенол	0.000	0.00
Нефть	0.024	0.48
СПАВ	0.030	0.06
Кпз=1.85		

Наибольшие превышения ПДК отмечены для фосфатов, меди, марганца, цинка и железа (табл.3.18).

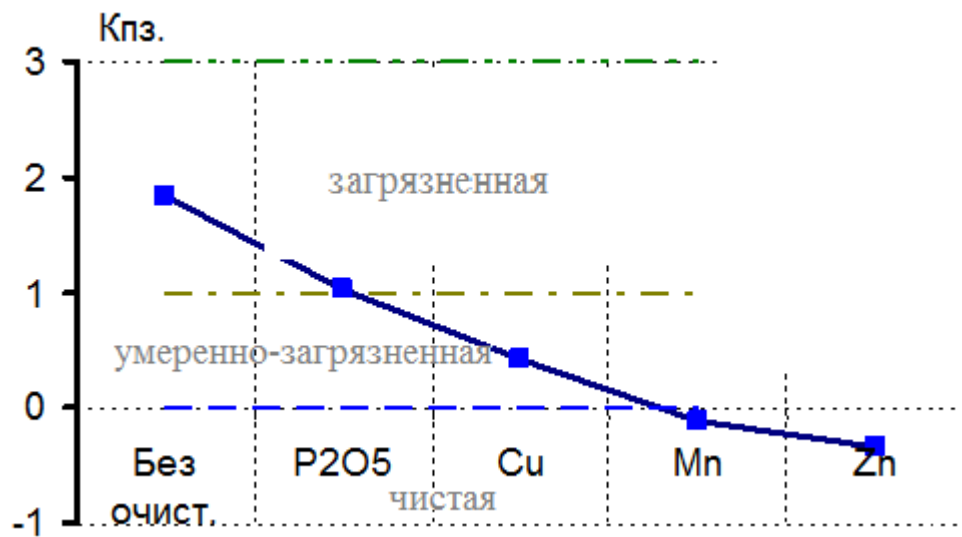


Рис.3.18.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК.

Река Теча.

Ухудшение качества воды связано, в основном, с присутствием фосфатов и меди, вклад которых в загрязнение реки примерно одинаковый (рис.3.18.а). Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 20% позволяет во все расчетные по обеспеченности годы добиться «умеренно загрязненной» воды. Мероприятия с эффективностью 60% выводят на уровень «чистой» воды (рис.3.18.б).

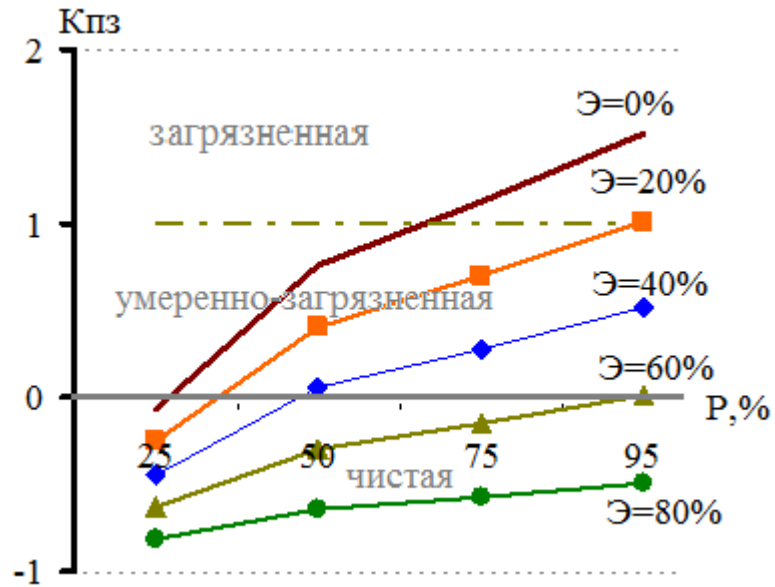


Рис.3.18.б Изменение класса качества воды в зависимости от эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Река Теча

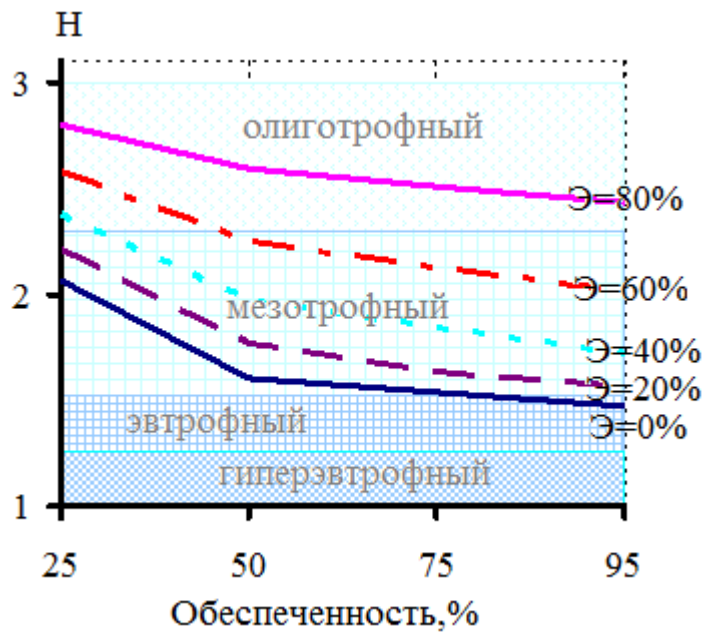


Рис.3.18.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохраных мероприятий (Э,%). Уровни трофности.

Река Теча.

Экологическое состояние водного объекта оценивается на уровне «мезотрофной» стадии, пороговых процессов. Однако в остро маловодные годы возможен переход в «эвтрофную» стадию (рис.3.18.в). Предотвратить

такую возможность позволяют водоохранные мероприятия с эффективностью 20%.

3.12 Эколого-водохозяйственная оценка реки Миасс

Экологическое состояние реки Миасс оценивалось по трем створам:

128-1 ниже города Челябинск, 128-2 створ в среднем течении, 128-3 устьевой.

Влияние города на загрязнение воды сказывается в двух верхних створах и заметно снижается в нижнем.

Табл.3.19

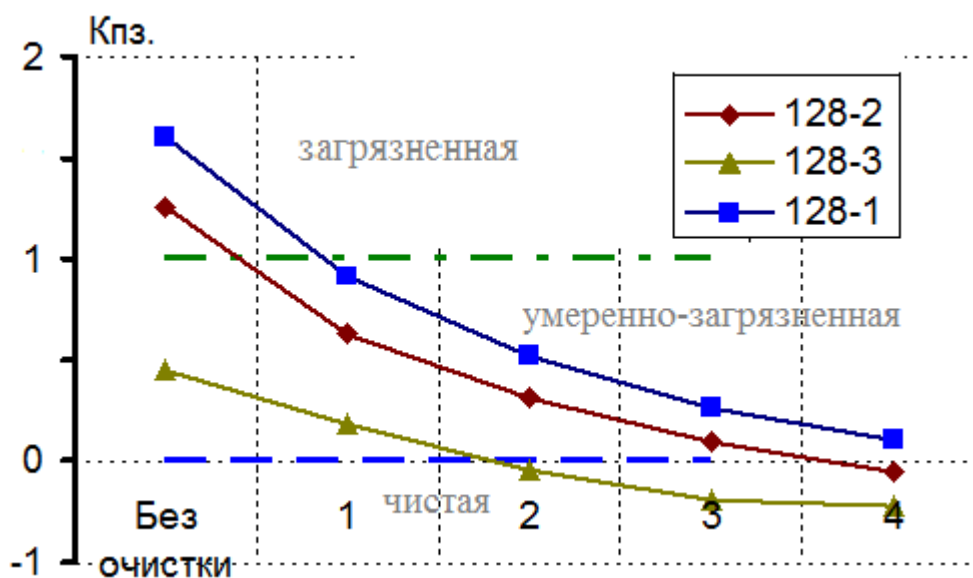
Концентрации загрязняющих веществ в речной воде и Кпз.

Отчетный период.

Вещества	128-1		128-2		128-3	
	С,мг/л	С/ПДК	С,мг/л	С/ПДК	С,мг/л	С/ПДК
O ₂	7.67	0.64	9.132	0.76	10.61	0.88
БПК ₅	4.83	1.61	4.4	1.47	2.2	0.73
NH ₄	1.53	3.06	0.9	1.80	0.463	0.93
NO ₂	0.19	2.38	0.139	1.74	0.361	4.51
NO ₃	5.28	0.58	5.53	0.61	1.29	0.14
Fe	0.13	0.43	0.12	0.41	0.45	1.48
Cu	0.0028	2.83	0.0028	2.83	0.0028	2.83
Zn	0.0430	4.30	0.0394	3.94	0.0039	0.39
Ni	0.0132	0.44	0.0137	0.46	0.0014	0.05
Mn	0.1008	10.08	0.0917	9.17	0.0092	0.92
Фенол	0.001	1.33	0.001	1.00	0.001	1.33
Нефть	0.307	6.14	0.256	5.12	0.200	4.00
СПАВ	0.039	0.08	0.034	0.07	0.342	0.68
Кпз=1.61			1.26		0.45	

Наибольшие превышения ПДК отмечены по веществам: марганец, нефтепродукты, аммонийный и нитридный азот, фенолы, железо и БПК (табл.3.19).

Наибольшую опасность представляет марганец, очистка стоков от которого переводит качество воды из класса «загрязненной» в «умеренно загрязненный».



128-1 1-Mn 2-нефть 3-Zn 4-NH₄

128-2 1-Mn 2-нефть 3-Zn 4-Cu

128-3 1-NO₂ 2-нефть 3-Cu 4-Fe

Рис.3.19.а Изменение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) воды с учетом очистки сточных вод от загрязняющих веществ до ПДК в расчетных створах реки Миасс.

В многолетнем плане качество воды в верхних створах изменяется от «загрязненной» в средние по водности годы до «очень грязной» в маловодные. Устьевой створ более благополучный и только в остро маловодные годы качество ухудшается до класса «грязная».

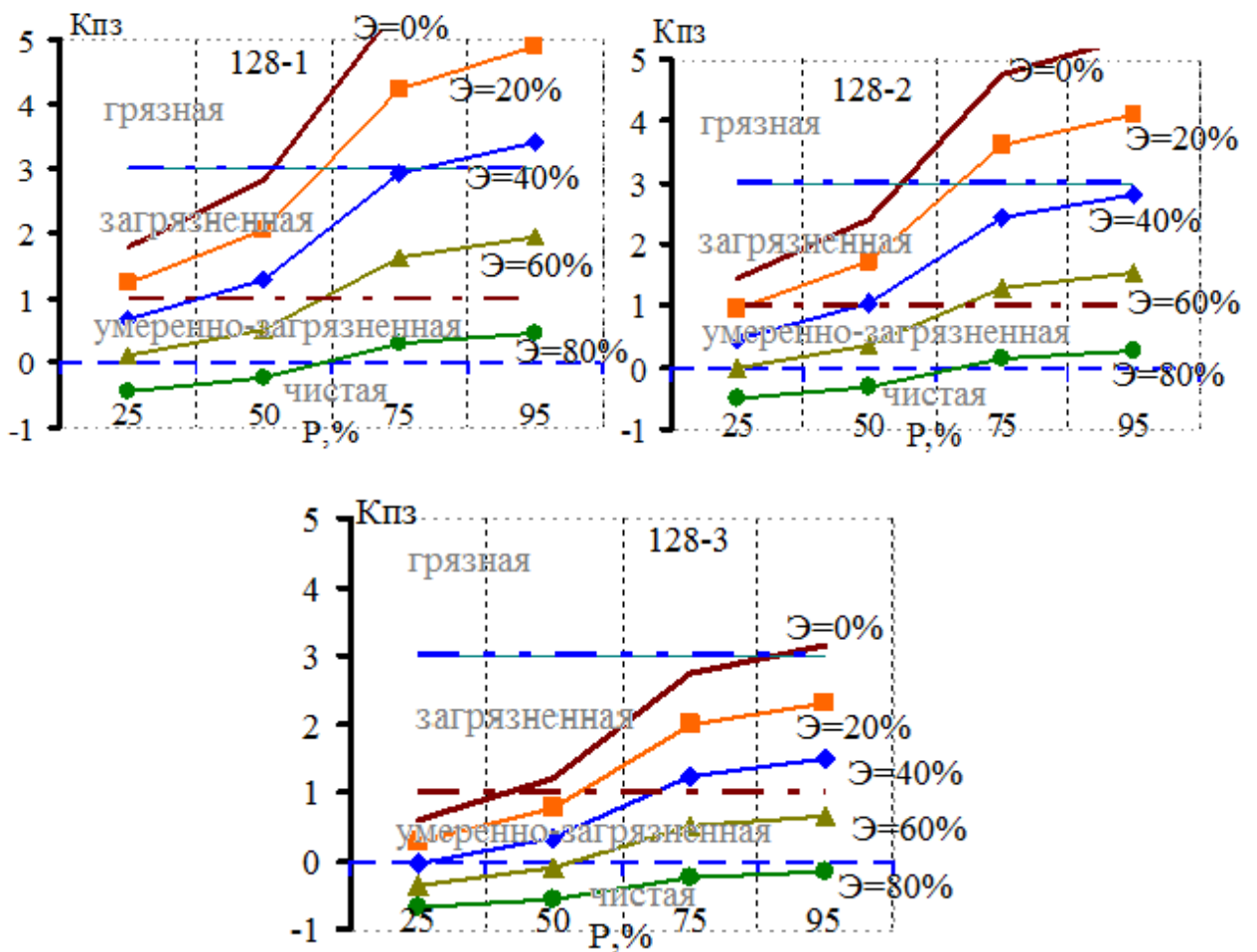


Рис.3.19.б Изменение класса качества воды в расчетных створах реки Миасс, в зависимости от эффективности водоохранных мероприятий (Э,%).

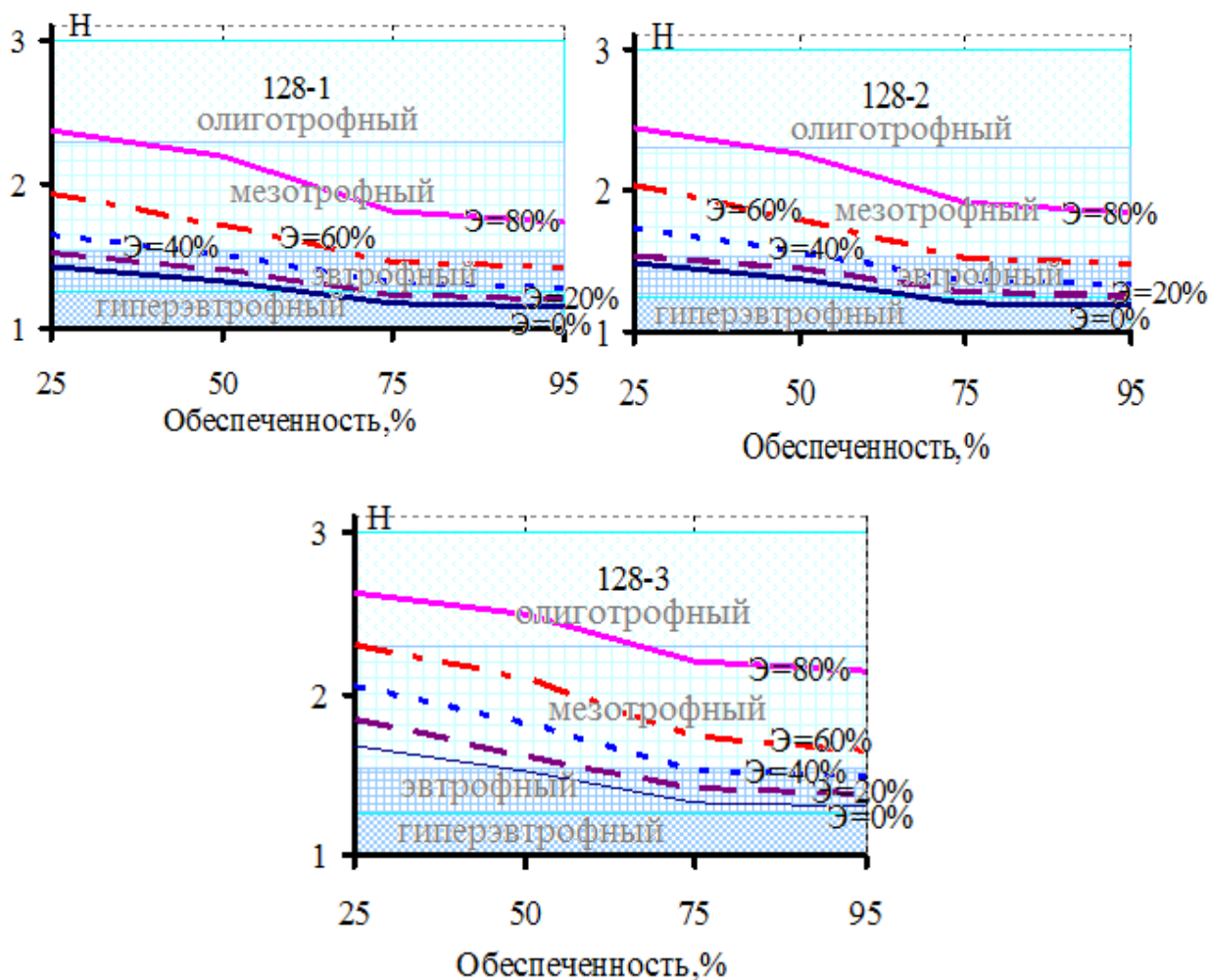


Рис.3.19.в Кривые обеспеченности индекса Шеннона для разной эффективности водоохранных мероприятий (Э, %), в расчетных створах реки Миасс. Уровни трофности.

Улучшить качество воды до класса «умеренно загрязненная» в средние по водности годы позволяют водоохранные мероприятия с эффективностью 60%. Эффективность 80% позволяет во все расчетные годы добиться удовлетворительного качества воды.

Экологическое состояние водного объекта оценивается на уровне «эвтрофной» стадии, необратимых процессов.

Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 60% позволяет в среднемноголетнем разрезе создать условия «мезотрофного» уровня, однако в верхних створах сохраняется опасность перехода в «эвтрофный» уровень в маловодные годы. Стабилизировать ситуацию

удается с помощью проведения водоохраных мероприятий эффективностью 80%.

Вывод

Качество воды в реке Иртыш на отчетный период времени не отвечает нормативам, изменяясь от «грязной», в пограничном с Казахстаном створе, до «загрязненной» в месте впадения в Обь. В среднем течении реки отмечается некоторое улучшение качества воды до состояния «умеренно загрязненная», за счет отсутствия крупных источников загрязнения и самоочищения воды.

Класс качества воды в реках: Тобол, Ишим, Тура, Конда, Исеть в настоящее время соответствует уровню «загрязненная», что говорит о слабом протекании процессов самоочищения воды и постоянности потоков загрязненных стоков. Отличаются повышенной загрязненностью притоки: Тавда, Вагай, Уй.

Характерными загрязнителями являются такие вещества как: медь, цинк, марганец и нефтепродукты. Водоохранная деятельность должна быть направлена на улучшение качества воды, путем очистки сточных вод от данных загрязнителей.

Табл. 3.20

Сводная таблица оценки качества воды в расчетных створах рек бассейна Иртыш на отчетный период.

Створ	Кпз	Класс качества	W, млн.м ³	Река
123	3.58	Грязная	27900	Иртыш
126-3	1.14	Загрязненная	28100	
126-4	1.31	Загрязненная	29800	
126-8	0.41	Умеренно загрязненная	34700	
126-10	0.45	Умеренно загрязненная	39300	
126-12	0.73	Умеренно загрязненная	42300	
133-1	4.89	Грязная	68700	
133-5	2.13	Загрязненная	88300	
124	2.79	Загрязненная	2230	Ишим
125-1	2.49	Загрязненная	2190	
127	1.84	Загрязненная	550	Тобол
132-5	1.56	Загрязненная	1420	

132-7	2.92	Загрязненная	3380	
132-8	0.63	Загрязненная	11900	
132-9	2.63	Загрязненная	26400	
130-1	2.86	Загрязненная	840	Тура
130-7	2.52	Загрязненная	5710	
130-8	2.45	Загрязненная	5800	
130-12	4.20	Грязная	11900	
130-2	3.43	Грязная	250	Тагил
130-10	2.05	Загрязненная	840	
131-2	5.14	Очень грязная	13600	Тавда
133-4	1.63	Загрязненная	10700	Конда
126-11	4.27	Грязная	1120	Вагай
132-3	5.81	Очень грязная	163	Уй
129-3	1.50	Загрязненная	178	Синара
129-4	1.85	Загрязненная	180	Теча
128-1	1.51	Загрязненная	790	Миасс
128-2	1.26	Загрязненная	890	
128-3	0.45	Умеренно загрязненная	900	
129-1	2.09	Загрязненная	270	Исеть
129-5	1.99	Загрязненная	1960	
129-6	3.35	Грязная	5930	

В таблице 3.21 даны сведения о поступлении загрязненных сточных вод в реки бассейна Иртыша.

Табл.3.21

Сбросы сточных вод и загрязняющих веществ от промышленных предприятий в бассейне р.Иртыш за 2005г.

Река	Сброс сточных вод, тыс. м ³		Загрязняющие вещества										
	Всего тыс. м ³	Загряз. %	БПК пол, т	Нефтепр. т	Фосфор общий, т	N-NH ₄ т	Фенолы, кг	Fe, кг	Cu, кг	Zn, кг	Ni, кг	Mn, кг	NO ₂ , кг
Иртыш	403 856	21	1 570	23	156 807	414	136	53 299	835	2 462	331	0	24 652
Тобол	53 623	98	431	6	47 369	443	4	13 097	59	17	0	655	68 564
Миасс	10 941	100	151	0	4 486	35	0	1 452	6	8	0	38	10 273
Исеть	301 564	98	2 782	119	473 441	951	141	163 272	2 412	10 921	1 151	29 261	191 877
Синара	582	49	9	0	229	1	0	48	0	0	0	20	51
Теча	18 491	95	943	11	27 140	218	92	13 873	266	1 533	0	1 560	1 321
Уй	22 310	94	364	3	35 854	81	0	14 221	122	33	115	0	13 948
Тавда	367 740	18	2 861	47	52 117	167	899	31 573	329	850	12	2 761	14 054
Ишим	4 104	98	281	1	17 653	131	0	903	0	0	0	0	1 054
Вагай	809	29	39	0	699	1	0	817	0	0	0	0	809
Конда	3 009	100	22	0	1 869	2	0	15	0	0	0	283	204
Тура	827 431	59	4 546	89	600 118	1 486	585	173 656	4 091	20 549	1 370	14 204	159 117
Пышма	84 036	70	515	8	104 422	184	0	10 206	81	297	10	261	68 907

4.НАПРАВЛЕННОСТЬ ВОДООХРАНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Оценка направленности водоохраной деятельности на перспективу проводится с целью определения требуемой эффективности водоохраных мероприятий в источниках загрязнений для улучшения качества воды в реке. Это в свою очередь создаст условия для улучшения состояния водного объекта в целом. Оценка проводится для лет 25%, 50%, 75% и 95% обеспеченности по стоку, для характерных створов, по схеме:

- построение модели изменения загрязненности воды по длине реки;
- расчет изменения загрязненности воды по длине реки с учетом водоохраных мероприятий. Мероприятия учитываются снижением значений коэффициентов предельной загрязненности до уровня соответствующего классу «умеренно загрязненная»;
- оценка значений индекса Шеннона, для определения возможного уровня трофности водной экосистемы.

Расчеты выполнены для рек Иртыш, Тобол - как трансграничных с Республикой Казахстан, и реки Исеть – как одного из основных источников загрязнения Тобола. В расчетах учитывается влияние всех притоков данных рек на формирование объемов стока и поступления загрязняющих веществ.

4.1 Загрязненность воды в реке Иртыш на современном этапе

В настоящее время загрязненность воды в реке Иртыш изменяется по длине и водности года в пределах от «очень грязной» до «умеренно загрязненной» (табл.4.1).

Табл.4.1

Изменение классов качества воды по створам реки Иртыш

Створ	Классы качества воды для лет разной обеспеченности по стоку			
	25%	50%	75%	95%

123	Загрязненная	Грязная	Грязная	Очень грязная
126-3	Умер.загрязнен	Загрязненная	Загрязненная	Загрязненная
126-4	Умер.загрязнен	Загрязненная	Загрязненная	Загрязненная
126-8	Умер.загрязнен	Умер.загрязнен	Загрязненная	Загрязненная
126-10	Умер.загрязнен	Умер.загрязнен	Загрязненная	Загрязненная
126-12	Умер.загрязнен	Умер.загрязнен	Загрязненная	Загрязненная
133-1	Грязная	Грязная	Очень грязная	Очень грязная
133-5	Загрязненная	Загрязненная	Загрязненная	Грязная
Среднее	Загрязненная	Загрязненная	Загрязненная	Грязная

Значительное ухудшение качества воды отмечается в створе 123, расположенном на границе с Республикой Казахстан, в створе 133-1, расположенном после впадения реки Тобол и сброса стоков города Тобольск. В засушливые годы увеличивается загрязненность в створе 133-5, расположенного ниже города Ханты-Мансийск. Влияние притока Конда незначительное, так как его загрязненность в год 95% обеспеченности по стоку, примерно такая же как и Иртыша в створе 133-5, а объем стока равен 6190 млн.м³, что составляет ~10% от стока Иртыша, поэтому существенного влияния на качество воды в р. Иртыш он оказать не может. Таким образом, отмечаются три очага загрязнения воды в реке Иртыш на территории России. Основными причинами загрязнения являются:

- в створе 123 - не удовлетворительное качество воды, поступающей с территории Казахстана;
- в створе 133-1 поступление загрязненного стока реки Тобол и сброс сточных вод города Тобольска.

Определим требуемую эффективность очистки стоков города Тобольска и требуемую эффективность улучшения качества воды на территории Республики Казахстан и в реке Тобол.

4.2 Формирование системы уравнений для расчета изменения загрязненности речной воды

С целью возможности проведения расчетов, изменения загрязненности воды, с учетом водоохраных мероприятий, для лет разной обеспеченности (25, 50, 75 и 95%), использована система уравнений гидрохимического и водного балансов:

$$K_{пз.i} = (K_{пз.i-1} \times W_{i-1} + K_{пз.i-1} \times W_{пр.i}) \times \text{EXP}(-k \times L_i) / W_i$$

$$W_i = W_{i-1} + W_{пр.i} \quad (4.1)$$

где $K_{пз.i}$ - коэффициент предельной загрязненности воды в нижележащем створе i ; $K_{пз.i-1}$ - коэффициент предельной загрязненности воды в вышележащем створе $i-1$; W_{i-1} - объем стока в створе $i-1$; W_i - объем стока воды в створе i ; $W_{пр.i}$ - объем воды в притоке или боковая приточность на участке между створами $i-1$ и i ; k - коэффициент самоочищения воды (принят равным $k=0.006$ 1/км); L_i - длина участка реки между створами $i-1$ и i .

Ошибка расчета объемов стока в рассматриваемых реках, в одинаковые по обеспеченности годы, изменяется в пределах от 3 до 16% (рис.4.1 на примере реки Иртыш). Это связано, очевидно, с не соответствием обеспеченности стока боковой приточности и стока реки Иртыш, а также изменением C_v и C_S по длине реки Иртыш, что в расчетной модели не учитывается.

Табл.4.2

Изменение объемов стока воды в реке Иртыш (млн. м³) и значения коэффициентов предельной загрязненности ($K_{пз}$)

Створ	Иртыш	Приток	$K_{пз}$. Иртыш	$K_{пз}$. приток
123	27900	200	3,58	0
126-3	28100	1700	1,14	1,68
126-4	29800	4900	1,31	0
126-8	34700	2190	0,43	2,49
126-10	39300	1120	0,45	4,27
126-12	42300	26400	0,73	2,63

133-1	68700	10700	4,89	1,64
133-5	88300	0	2,13	0

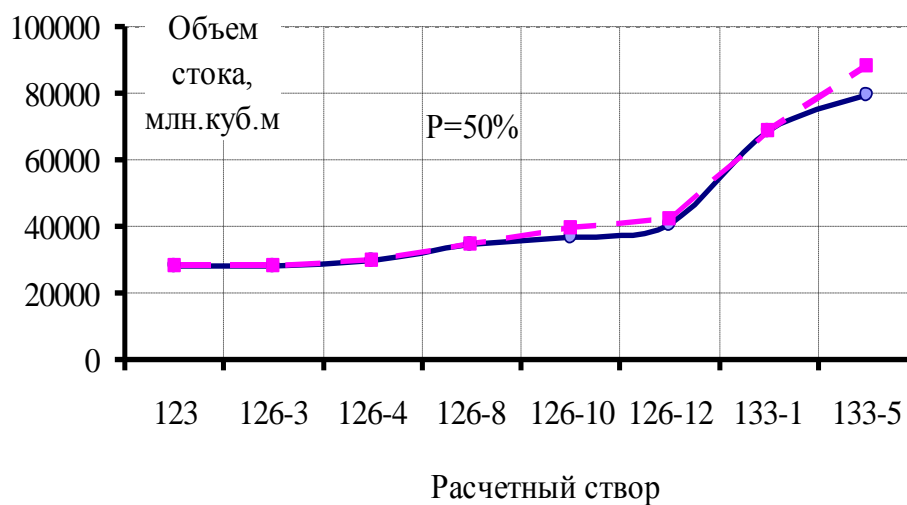
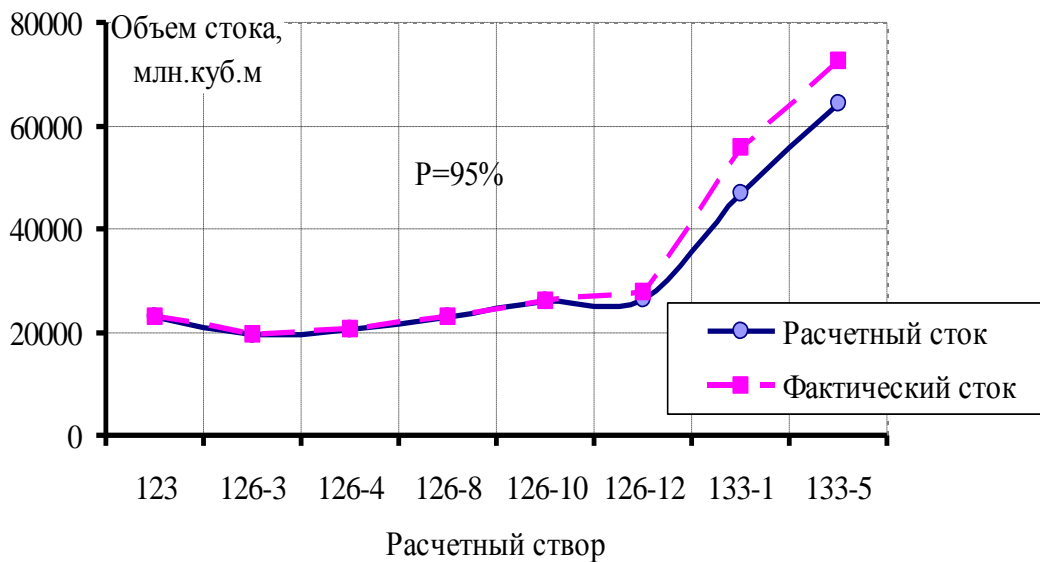
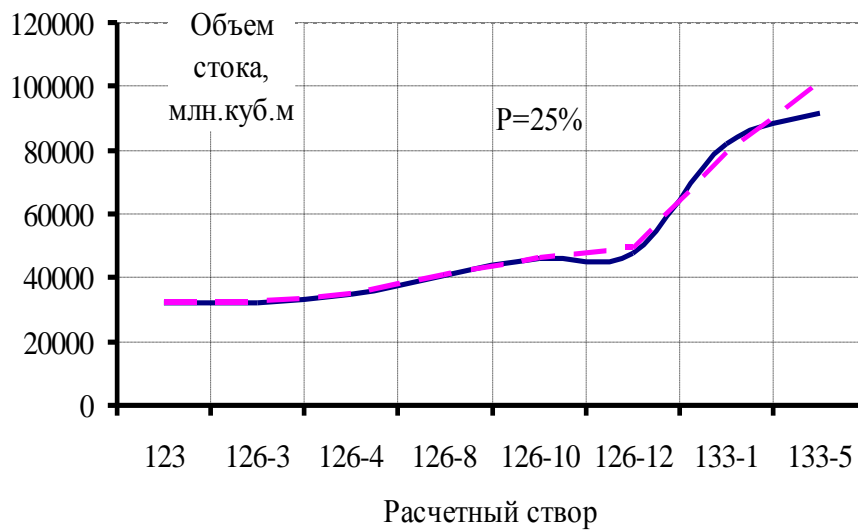


Рис.4.1 Сопоставление фактических и расчетных значений объемов стока воды в створах реки Иртыш, для лет разных обеспеченностей.

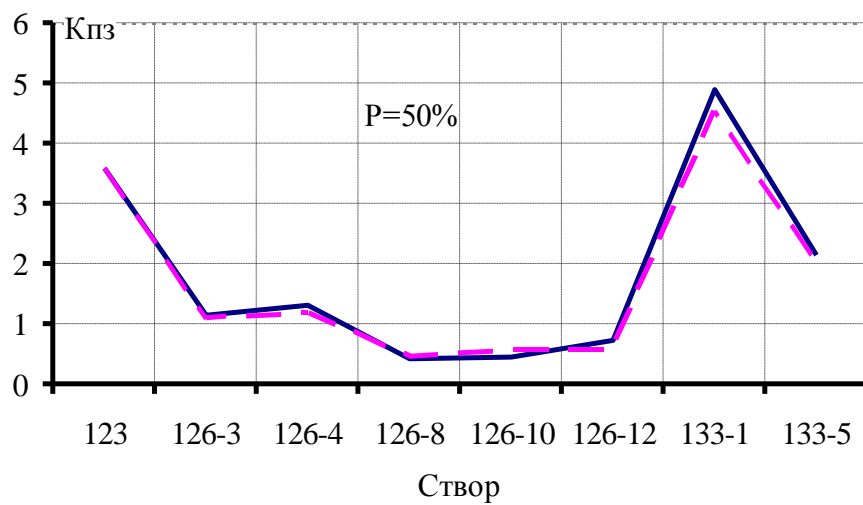
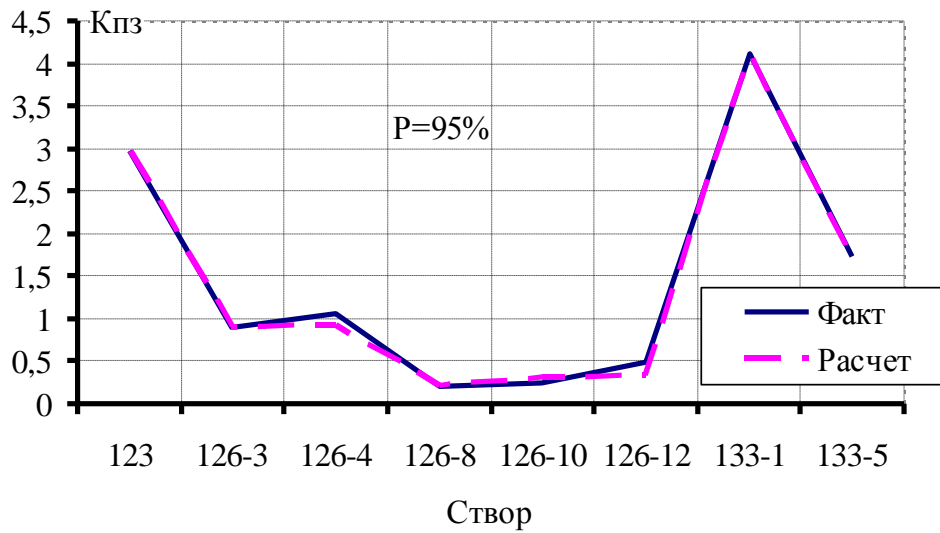
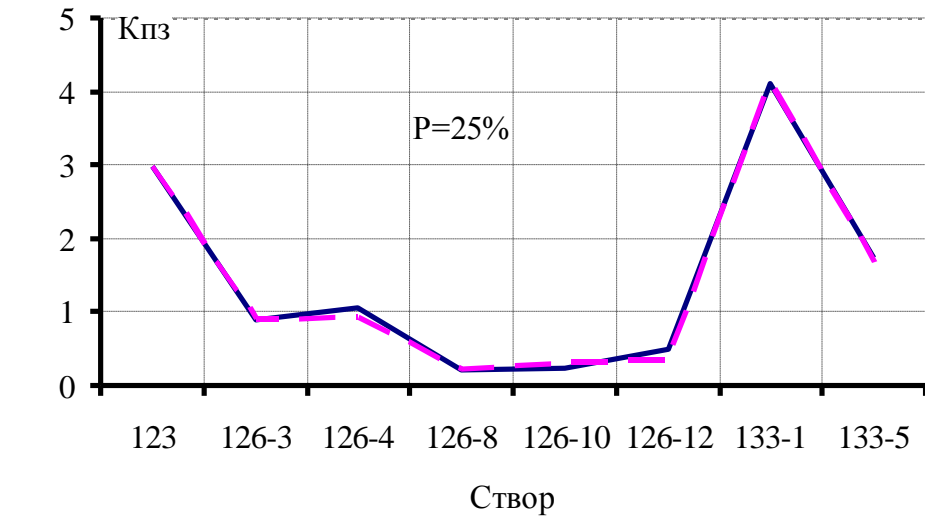


Рис.4.2 Сопоставление фактических и расчетных значений коэффициентов

предельной загрязненности воды в створах реки Иртыш, для лет разных обеспеченностей.

Соответствие модельных и фактических значений загрязненности воды отвечает целям практических расчетов и не превышает 15% (рис.4.2).

4.3 Оценка требуемой эффективности водоохранных мероприятий.

Река Иртыш

4.3.1 Многоводный год (P=25%)

Оценка загрязненности проведена на основе расчета значений коэффициентов предельной загрязненности без учета водоохранных мероприятий и с их учетом (табл.4.3).

Табл.4.3

Изменение загрязненности воды в реке Иртыш (по Кпз)
с учетом водоохранных мероприятий (P=25%).

Створ	Кпз	Кпз с учетом водоохранных мероприятий*		
		1	2	3
123	2.98	0	2.98	1.00
126-3	0.89	0.00	0.89	0.30
126-4	0.95	0.08	0.92	0.36
126-8	0.21	0.02	0.20	0.07
126-10	0.24	0.13	0.23	0.18
126-12	0.49	0.22	0.32	0.26
133-1	4.00	3.93	0.99	0.96
133-5	1.70	1.60	0.46	0.45
Среднее	1.42	0.75	0.88	0.45

*Водоохранные мероприятия:

1. Улучшение качества воды в створе 123
2. Очистка стоков города Тобольск.
3. Улучшение качества воды в створе 123 + Очистка стоков города Тобольск.

В многоводный год, качество воды в среднем для реки Иртыш соответствует классу «загрязненная» (табл.4.3).

Улучшение качества воды в створе 123 до уровня ПДК позволяет на участке до города Омск (створ 126-3) достичь класса «чистая». Требуемая эффективность водоохранных мероприятий составляет $\Theta=75\%$. На нижележащем участке это мероприятие приводит к снижению загрязненности до створа 133-1 (ниже г. Тобольск). При этом оказываемый эффект (Θ) составляет:

Створ	123	126-3	126-4	126-8	126-10	126-12	133-1	133-5
$\Theta, \%$	75	47	44	15*	13*	8*	3*	3*

*Эффективность в пределах допустимой ошибки 20%.

Класс качества воды остается на уровне «умеренно загрязненная», что приводит к необходимости очистки стоков города Тобольск.

Проведение очистки стоков города Тобольск, как самостоятельного мероприятия, с эффективностью $\Theta=59\%$ позволяет улучшить качество воды только на участке между створами 133-1 и 133-5, но неудовлетворительное состояние в районе города Тобольск (створ 133-1) сохраняется из-за впадения загрязненного стока реки Тобол.

Совместное проведение мероприятий по улучшению качества воды в створе 123 (в республике Казахстан) и очистка стоков города Тобольск позволяет на всей протяженности р. Иртыш добиться качества воды на уровне «умеренно загрязненная». При этом в створе 123 достаточна эффективность 59%.

4.3.2 Средний по водности год (P=50%)

В средний по водности год, качество воды реки Иртыш соответствует классу «загрязненная» (табл.4.4). Улучшение качества воды в створе 123 до уровня ПДК, как и в многоводный год, позволяет на участке до города Омск (створ 126-3) достичь класса воды «чистая». Однако требуемая эффективность водоохранных мероприятий возрастает и составляет $\Theta=78\%$.

Табл.4.4

Изменение загрязненности воды в реке Иртыш (по Кпз)

с учетом водоохранных мероприятий (P=50%).

Створ	Кпз.	Кпз с учетом водоохранных мероприятий*		
		1	2	3
123	3.69	0	3.58	1
126-3	1.20	0.00	1.21	0.37
126-4	1.36	0.10	1.17	0.44
126-8	0.45	0.03	0.41	0.14
126-10	0.49	0.18	0.45	0.28
126-12	0.79	0.29	0.56	0.39
133-1	5.00	4.27	1.19	1.25
133-5	2.20	1.76	0.56	0.59
Среднее	1.74	0.83	1.17	0.56

*Водоохранные мероприятия:

1. Улучшение качества воды в створе 123
2. Очистка стоков города Тобольск.
3. Улучшение качества воды в створе 123 + Очистка стоков города Тобольск.

На нижележащем участке это мероприятие приводит к снижению загрязненности до створа 133-1 (ниже г.Тобольск). При этом оказываемый эффект составляет:

Створ	123	126-3	126-4	126-8	126-10	126-12	133-1	133-5
Э,%	78	52	50	29	24	17*	5*	8*

*Эффективность в пределах допустимой ошибки 20%.

В случае проведения только очистки стоков города Тобольск потребуется эффективность Э=62%. В этом случае качество воды улучшается на участке между створами 133-1 и 133-5, а в районе города Тобольск (створ 133-1) сохраняется неудовлетворительное состояние из-за сильной загрязненности воды реки Тобол.

Проведение совместно мероприятий по улучшению качества воды в створе 123 и очистка стоков города Тобольск позволяет практически на всей протяженности р Иртыш добиться качества воды на уровне «умеренно загрязненная», кроме створа 133-1, где качество останется на уровне

«загрязненная». Это говорит о необходимости улучшения качества воды в реке Тобол.

Требуемая эффективность мероприятий составляет: в створе 123 Э=56%, очистка стоков города Тобольск Э=62%

4.3.3 Маловодный год (P=75%)

В маловодный год, качество воды реки Иртыш соответствует классу «загрязненная» (табл.4.5). Улучшение качества воды в створе 123 до уровня ПДК позволяет, на участке до города Омск (створ 126-3), достичь класса «чистая». Требуемая эффективность водоохранных мероприятий составляет Э=78%.

Табл.4.5

Изменение загрязненности воды в реке Иртыш (по Кпз)
с учетом водоохранных мероприятий (P=75%).

Створ	Кпз	Кпз с учетом водоохранных мероприятий			
		1	2	3	4
123	4.60	0.00	4.60	1.00	1.00
126-3	1.62	0.00	1.62	0.35	0.35
126-4	1.84	0.14	1.19	0.48	0.48
126-8	1.13	0.03	0.49	0.09	0.09
126-10	1.20	0.24	1.10	0.29	0.29
126-12	1.63	0.44	1.37	0.49	0.49
133-1	6.00	4.86	1.90	1.93	0.70
133-5	2.80	2.03	0.88	0.89	0.41
Среднее	2.45	0.97	1.78	0.69	0.48

Водоохранные мероприятия:

1. Улучшение качества воды в створе 123
2. Очистка стоков города Тобольск.
3. Улучшение качества воды в створе 123+Очистка стоков города Тобольск.
4. Улучшение качества воды в створе 123+Очистка стоков города Тобольск+улучшение качества воды в реке Тобол

На нижележащем участке, это мероприятие приводит к снижению загрязненности до створа 133-1 (ниже г. Тобольск). Класс качества воды остается на уровне «умеренно загрязненная».

Очистка стоков города Тобольск, как самостоятельного мероприятия, с эффективностью $\Xi=76\%$, позволит улучшить качество воды только на участке между створами 133-1 и 133-5.

Проведение совместно мероприятий по улучшению качества воды в створе 123 с эффективностью 64% (доведение до состояния «умеренно загрязненная») и очистка стоков города Тобольск позволяет практически на всей протяженности р. Иртыш добиться качества воды на уровне «умеренно загрязненная», кроме створа 133-1, где качество останется на уровне «загрязненная», что говорит о необходимости улучшения качества воды в реке Тобол с эффективностью не менее 42% (при этом вода доводится до класса «умеренно загрязненная»).

4.3.4 Остро маловодный год (95%)

В остро маловодный год, качество воды реки Иртыш соответствует классу «грязная» (табл.4.6).

Табл.4.6

Изменение загрязненности воды в реке Иртыш (по Кпз)
с учетом водоохранных мероприятий (P=95%).

Створ	Кпз	Кпз с учетом водоохранных мероприятий*			
		1	2	3	41
123	6.34	0.00	6.34	1.00	1.00
126-3	2.43	0.00	1.90	0.30	0.30
126-4	2.73	0.16	2.53	0.44	0.44
126-8	1.39	0.03	1.35	0.09	0.09
126-10	1.51	0.27	1.50	0.32	0.32
126-12	1.95	0.50	1.71	0.55	0.32
133-1	8.50	5.77	3.29	2.54	0.56
133-5	3.90	2.47	1.49	1.20	0.42
Среднее	3.60	1.15	2.42	0.80	0.43

*Водоохранные мероприятия:

1. Улучшение качества воды в створе 123

2. Очистка стоков города Тобольск.
3. Улучшение качества воды в створе 123+Очистка стоков города Тобольск.
4. Улучшение качества воды в створе 123+Очистка стоков города Тобольск+улучшение качества воды в реке Тобол

Качество воды реки Иртыш соответствует классу «грязная». Улучшение качества воды в створе 123 до уровня ПДК, позволяет на участке до города Омск (створ 126-3) достичь класса воды «чистая». Требуемая эффективность водоохранных мероприятий составляет $\mathcal{E}=86\%$. На нижележащем участке это мероприятие приводит к снижению загрязненности до створа 133-1 (ниже г. Тобольск). Класс качества воды, до створа 126-12 (до г. Тобольск), соответствует уровню «умеренно загрязненная», но в створе 133-1—«очень грязная».

Проведение очистки стоков города Тобольск с эффективностью $\mathcal{E}=80\%$ улучшает качество воды на участке между створами 133-1 и 133-5. Как видно из таблицы 4.6 проведение только очистки стоков в городе Тобольск в остро маловодный год нецелесообразно и дает эффект только при использовании в качестве дополнительного мероприятия.

Одновременное проведение мероприятий по улучшению качества воды в створе 123 с эффективностью 73% (доведение до состояния «умеренно загрязненная»), и очистка стоков города Тобольск $\mathcal{E}=80\%$, позволяет, на участке между створами 123 и 126-12 добиться качества воды на уровне «умеренно загрязненная». В створах 133-1 и 133-5 качество воды остается на уровне «загрязненная», что говорит о необходимости улучшения качества воды в реке Тобол с эффективностью не менее 53% (при этом вода доводится до класса «умеренно загрязненная»).

В таблице 4.7 представлены значения требуемой эффективности водоохранных мероприятий, для доведения качества воды в реке Иртыш до состояния «умеренно загрязненная».

Табл.4.7

Требуемая эффективность водоохранных мероприятий доведения класса качества воды в реке Иртыш до состояния «умеренно чистая»

Водоохранные мероприятия	Обеспеченность стока, %			
	25	50	75	95
Улучшение качества воды в створе 123	50	56	64	73
Очистка стоков г.Тобольск	59	62	76	80
Улучшение качества воды реки Тобол	-	-	43	53
Средний Кпз без мероприятий	1.42	1.74	2.45	3.60
Средний Кпз с учетом мероприятий	0.45	0.56	0.48	0.45

4.4 Оценка требуемой эффективности водоохранных мероприятий.

Река Тобол

Загрязненность воды реки Тобол изменяется по длине в годы разной обеспеченности в пределах от «чрезвычайно грязной» до «умеренно загрязненной» (табл.4.8).

Табл.4.8

Изменение классов качества воды по створам реки Тобол

Створ	Классы качества воды для лет разной обеспеченности по стоку			
	25%	50%	75%	95%
127	Загрязненная	Грязная	Чрезв.грязная	Чрезв.грязная
132-5	Ум.загрязненная	Загрязненная	Очень грязная	Чрезв.грязная
132-7	Ум.загрязненная	Загрязненная	Загрязненная	Грязная
132-8	Ум.загрязненная	Загрязненная	Загрязненная	Очень грязная
132-9	Загрязненная	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
Среднее	Загрязненная	Загрязненная	Очень грязная	Очень грязная

Значительное ухудшение качества воды отмечается в маловодные годы.

Очаги загрязнения воды в реке Тобол:

- Приток загрязненных вод с территории Республики Казахстан (створ 127),
- Загрязненный сток реки Уй (створ 127);
- г. Курганск (створ 132-5);
- Загрязненный сток реки Исеть (створ 132-7);

- Загрязненный сток реки Тура (створ 132-8);
- Загрязненный сток реки Тавда (створ 132-9).

С целью определения требуемой эффективности водоохраных мероприятий проведены расчеты $K_{пз.i}$, для маловодных лет (75 и 95%), по формулам:

$$K_{пз.i} = (K_{пз.i-1} \times W_{пр.i-1} + K_{пз.пр.i-1} \times W_{пр.i-1}) / W_i$$

$$W = W_{пр.i-1} + W_{i-1} \quad (4.2)$$

где $K_{пз.i}$ - коэффициент предельной загрязненности воды в i -м створе;

$K_{пз.пр.i-1}$ - коэффициент предельной загрязненности воды поступающей в главную реку на участке между створами $(i-1)$ и (i) , (приток или боковая приточность);

$K_{пз.i-1}$ - коэффициент предельной загрязненности воды в вышележащем створе $i-1$;

W_{i-1} - объем стока в створе $i-1$;

$W_{пр.i-1}$ – объем притока воды или боковая приточность на участке между створами $(i-1)$ и (i) , (приток или боковая приточность).

4.4.1 Маловодный год (75%)

В засушливый год, качество воды в среднем для реки Тобол соответствует классу «очень грязная». Улучшение качества воды возможно на основе проведения набора водоохраных мероприятий:

- улучшение качества воды в реке на территории Республики Казахстан,
- проведение водоохраных мероприятий по улучшению качества воды в реках Исеть, Тура, Тавда и Уй,
- очистка стоков города Курганск.

Табл.4.9

Изменение показателя загрязненности воды реки Тобол

Створ	Кпз.	Кпз с учетом водоохраных мероприятий*			
		1	2	3	4

127	10.00	1.00	1.00	1.00	1.00
132-5	5.73	3.69	0.30	0.30	0.30
132-7	2.86	1.55	2.86	0.82	0.82
132-8	2.56	1.30	0.79	0.02	0.02
132-9	4.02	3.94	3.73	3.42	0.60
Среднее	5.07	3.90	1.89	1.11	0.55
Требуемая эффективность, %		83	91	66	70

*Водоохранные мероприятия:

- 1.улучшение качества воды в реке на территории Республики Казахстан;
- 2.улучшение качества воды в реке на территории Республики Казахстан и очистка стоков г.Курганск;
- 3.улучшение качества воды в реке на территории Республики Казахстан, очистка стоков г.Курганск и улучшение качества воды в реках Исеть и Тура;
- 4.улучшение качества воды в реке на территории Республики Казахстан, очистка стоков г.Курганск, улучшение качества воды в реках Исеть, Тавда и Уй.

Комплекс мероприятий (№4 табл.4.9) позволяет улучшить качество воды в реке Тобол до класса «умеренно загрязненная», на всем ее протяжении.

4.4.2 Остро маловодный год (95%)

В остро маловодный год, качество воды в среднем для реки Тобол соответствует классу «чрезвычайно грязная» (такой класс качества выделяется в некоторых классификациях. Он соответствует значениям Кпз >9). В таблице 4.10 показано, как улучшается качество воды с учетом проведения набора водоохранных мероприятий использованного для года основной расчетной обеспеченности 75%:

- улучшение качества воды в реке на территории Республики Казахстан,

- проведение водоохранных мероприятий по улучшению качества воды в реках Исеть, Тура, Тавда и Уй,
- очистка стоков города Курганск.

Табл.4.10

Изменение загрязненности воды в реке Тобол

Створ	Кпз	Кпз с учетом водоохранных мероприятий			
		1	2	3	4
127	20.00	1.00	1.00	1.00	1.00
132-5	13.35	13.04	0.28	0.28	0.28
132-7	4.98	4.01	2.91	0.87	0.87
132-8	3.84	3.41	2.37	0.67	0.67
132-9	6.27	6.14	5.82	5.31	0.90
Среднее	9.70	7.32	3.08	1.62	0.74
Требуемая эффективность, %		92	96	76	76

Требуемая эффективность водоохранных мероприятий, позволяющих достичь класса «умеренно загрязненная», увеличивается в среднем на 7%, по сравнению с маловодным годом. В таблице 4.11 представлены значения требуемых эффективностей водоохранных мероприятий в отдельных источниках загрязнения, для доведения качества воды в реке Тобол до состояния «умеренно загрязненная».

Табл.4.11

Требуемая эффективность водоохранных мероприятий (%) в источниках загрязнений, для доведения класса качества воды в реке Тобол до состояния «умеренно загрязненная» в годы расчетных обеспеченностей.

Водоохранные мероприятия	Обеспеченность стока, %			
	25	50	75	95
Улучшение качества воды на территории Республики Казахстан	20	61	83	92
Улучшение качества воды в реке Уй	23	42	57	80
Улучшение качества воды в реке Тура	33	52	66	76
Очистка стоков г. Курганск	74	85	91	96
Улучшение качества воды в реке Исеть	33	52	66	76
Улучшение качества воды в реке Тавда	57	64	76	76
Средний Кпз без мероприятий	1.28	2.47	5.07	9.70

Средний Кпз с учетом всех мероприятий	0.48	0.51	0.55	0.74
---------------------------------------	------	------	------	------

4.4.3 Оценка требуемой эффективности водоохранных мероприятий.

Река Исеть

Загрязненность воды, по длине реки Исеть, в годы расчетных обеспеченностей, изменяется в пределах от «умеренно загрязненной» до «чрезвычайно грязной» (табл.4.12).

Табл.4.12

Изменение класса качества воды по створам реки Исеть.

Створ	Классы качества воды для лет разной обеспеченности по стоку			
	25%	50%	75%	95%
129-1	Загрязненная	Грязная	Очень грязная	Чрезвычайно грязная
129-5	Загрязненная.	Загрязненная	Грязная	Очень грязная
129-6	Загрязненная	Грязная	Грязная	Загрязненная
Среднее по створам	Загрязненная	Грязная	Очень грязная	Чрезвычайно грязная

Значительное ухудшение качества воды отмечается в маловодные годы в створах:

- 129-1, расположенном ниже города Челябинска и Екатеринбурга;
- 129-5, расположенном ниже места впадения реки Синара. Река Синара практически не оказывает влияние на изменение качества воды в реке Исеть в средние и многоводные годы. В засушливые годы наоборот приводит к улучшению качества воды в реке Исеть, так как загрязненность ее воды в год 95% обеспеченности по стоку соответствует значению коэффициента предельной загрязненности $K^{129-2}_{пз}=1.73$, причем объем стока равен 163 млн.м³ или 52% от стока реки Исеть в данном створе).

Выделяются четыре источника загрязнения воды реки Исеть:

- г. Екатеринбург;
- г. Каменск-Уральский;

- загрязненный сток реки Миасс;
- сток, поступающий от промышленных предприятий в створе 129-6.

Определение требуемой эффективности водоохранных мероприятий проведено на основе расчета коэффициента $K_{пз}$, по формуле:

$$K_{пз.i} = (K_{пз.i-1} \times W_{i-1} + K_{пз пр.i-1} \times W_{пр.i-1} + \Delta W_i \times \Delta K_{пз.i}) \times \text{EXP}(-k \times L_i) / W_i$$

$$W_i = W_{i-1} + W_{пр.i} + \Delta W_i \quad (4.3)$$

где $K_{пз.i}$ - коэффициент предельной загрязненности воды в нижележащем створе i ;

$K_{пз.i-1}$ - коэффициент предельной загрязненности воды в вышележащем створе $i-1$;

W_{i-1} - объем стока в створе $i-1$;

W_i – объем стока воды в створе i ;

$W_{пр.i}$ – объем воды поступающий в Исеть с притоком на участке между створами $i-1$ и i ;

ΔW_i – объем воды поступающий в реку Исеть с промышленных предприятий и боковой приточностью на участке между створами i и $i-1$;

$\Delta K_{пз.i}$ - коэффициент предельной загрязненности воды поступающий в реку Исеть с промышленных предприятий и боковой приточностью на участке между створами i и $i-1$;

k – коэффициент самоочищения воды (принят равным $k=0.0001$ 1/км);

L_i – длина рассматриваемого участка реки между створами $i-1$ и i .

Коэффициент самоочищения подбирался на основании фактических данных по стоку и загрязненности воды (табл.3.21). Отклонение фактических и расчетных данных не превышает 20%.

4.4.4 Маловодный год (75%)

В маловодный год, качество воды реки Исеть соответствует уровню «очень грязная» (табл.4.13). Улучшение качества воды в створе 129-1, до уровня ПДК, позволяет, в среднем для всей реки, достичь класса «загрязненная» и снизить загрязненность более чем в 2 раза.

Изменение загрязненности воды в реке Исеть

Створ	Кпз	Кпз с учетом водоохраных мероприятий*			
		1	2	3	4
129-1	8.50	0.00	0.00	0	1
129-5	4.80	1.47	0.42	0.42	0.54
129-6	7.00	4.34	3.66	3.40	0.70
Среднее	6.77	2.07	1.16	1.09	0.75

*Водоохраные мероприятия:

1. очистка стоков г.Екатеринбург;
2. очистка стоков г.Екатеринбург и К-Уральский;
3. очистка стоков г.Екатеринбург и К-Уральский, улучшение качества воды р. Миасс;
4. очистка стоков г.Екатеринбург и К-Уральский, улучшение качества воды в реке Миасс, очистка стоков в створе 129-6.

Дополнительная очистка стоков города Каменск-Уральского позволяет улучшить качество воды на участке от створа 129-1 до 129-5. Для достижения класса «умеренно загрязненная» по всей реке, необходимо улучшение качества воды в реке Миасс ($\Theta=33\%$) и очистка стоков, сбрасываемых в створ 129-6 ($\Theta=94\%$).

4.4.5 Остро маловодный год (95%)

В остро маловодный год, качество воды в среднем для реки Исеть соответствует уровню «чрезвычайно грязная» (табл.4.14). Улучшение качества воды в створе 129-1 до уровня ПДК позволяет улучшить качество воды во всей реке до класса «грязная», т.е. снизить загрязненность реки примерно в 3 раза. Требуемая эффективность составляет $\Theta=92\%$.

Изменение загрязненности воды в реке Исеть

Створ	Без мероприятий	Водоохраные мероприятия			
		1	2	3	4
129-1	11.00	0.00	0	0	1
129-5	7.50	1.67	0.23	0.23	0.30

129-6	11.00	5.34	4.42	4.24	0.93
Среднее	9.80	3.06	1.30	1.25	0.74

*Водоохранные мероприятия.

1. Очистка стоков г. Екатеринбурга
2. Очистка стоков г. Екатеринбурга, очистка стоков К –Уральский;
3. Очистка К-Уральский, Екатеринбурга и улучшение качества воды в реке Миасс;
4. Очистка К-Уральский, Екатеринбург и улучшение качества воды в реке Миасс, улучшение качества воды в створе 129-6.

В случае проведения очистки стоков города К-Уральский с эффективностью $\mathcal{E}=86\%$ качество воды несколько улучшается на участке между створами 129-1 и 129-5, но неудовлетворительное состояние сохраняется в створе 129-6.

Улучшить качество воды, в створе 129-6, возможно при проведении мероприятий: улучшение качества воды в реке Миасс с эффективностью $\mathcal{E}=25\%$; очистка сбросных вод в створе 129-6 с эффективностью $\mathcal{E}=94\%$.

В таблице 4.15 представлены значения требуемой эффективности водоохранных мероприятий, для доведения качества воды в реке Исеть до состояния «умеренно загрязненная».

Табл.4.15

Требуемая эффективность водоохранных мероприятий (%) в источниках загрязнения для доведения качества воды реки Исеть до класса «умеренно чистая»

Водоохранное мероприятие	Обеспеченность стока, %			
	25	50	75	95
Очистка стоков г. Екатеринбурга	55	69	84	84
Очистка стоков К.–Уральский	53	82	83	86
улучшение качества воды в реке Миасс	-	51	33	33
улучшение качества воды в реке Синара	33	48	-	-
Улучшение качества воды в створе 129-6	-	-	94	94
Средний Кпз без мероприятий	2.50	3.67	6.77	9.80
Средний Кпз с учетом мероприятий	0.82	0.68	0.75	0.77

--	--	--	--	--

4.5 Оценка требуемой эффективности водоохранных мероприятий.

Река Ишим

Загрязненность воды в реке Ишим изменяется в пределах от «загрязненной» до «чрезвычайно грязной» (табл.4.16).

Табл.4.16

Изменение класса качества воды по створам реки Ишим

Створ	Классы качества воды для лет разной обеспеченности по стоку			
	25%	50%	75%	95%
124	Загрязненная	Грязная	Очень грязная	Чрезвычайно грязная
125-1	Загрязненная.	Грязная	Очень грязная	Чрезвычайно грязная
Среднее	Загрязненная	Грязная	Очень грязная	Чрезвычайно грязная

Качество воды, в расчетных створах, в разные по обеспеченности годы, практически одинаковое. Источником загрязнения реки Ишим является сток, поступающий из Республики Казахстан.

Определение требуемой эффективности водоохранных мероприятий проведено на основе расчетов коэффициента $K_{пз.i}$ по формулам:

$$K_{пз.i} = (K_{пз.i-1} \times W_{i-1} + K_{пз.пр.i-1} \times W_{пр.i-1} + \Delta W_i \times \Delta K_{пз.i}) \times \text{EXP}(-k \times L_i) / W_i$$

$$W_i = W_{i-1} + W_{пр.i} + \Delta W_i \quad (4.4)$$

где $K_{пз.i}$, $K_{пз.i-1}$ - коэффициенты предельной загрязненности воды, соответственно, в нижележащем (i) и выше лежащем (i-1) створах;

W_i , W_{i-1} - объем стока, соответственно, в створах (i) и (i-1);

$W_{пр.i}$ – объем воды поступающий в Исеть с притоком на участке между створами i-1 и i;

ΔW_i – объем воды поступающий в реку Исеть с промышленных предприятий и боковой приточность на участке между створами i и i-1;

$\Delta K_{пз.i}$ - коэффициент предельной загрязненности воды поступающей в реку Исеть с промышленных предприятий и боковой приточностью на участке между створами i и $i-1$;

k – коэффициент самоочищения воды (принят равным $k=0.00055$ 1/км);

L_i – длина участка реки между створами $i-1$ и i .

Отклонение фактических и расчетных данных не превышает 20%.

4.5.1 Маловодный год (75%)

Табл.4.16

Изменение загрязненности воды в реке Ишим

Створ	Кпз без мероприятий		Кпз с учетом водоохраных мероприятий*	
	P=75%	P=95%	P=75%	P=95%
124	7.00	20.00	1.00	1.00
125-1	7.00	19.00	0.95	0.89
Устье	6.97	2.60	0.32	0.11
Среднее	6.99	13.87	0.76	0.67

*Водоохранное мероприятие - улучшение качества воды на территории Республики Казахстан (створ 124). Требуемая эффективность 75%, чтобы довести воду до класса «умеренно загрязненная» и очистка стоков города Ишим - эффективность 60%.

В маловодный и остро маловодный годы, качество воды в реке Ишим соответствует уровню «очень грязная». Улучшение качества воды в створе 124 до уровня ПДК позволяет, в среднем для всей реки, достичь класса воды «загрязненная». Требуется дополнительная очистка стоков города Ишим (маловодный год - эффективность 60%, остро маловодный год–70%) в нижнем течении реки, что позволяет улучшить качество воды в устьевом участке (табл.4.17).

В таблице 4.17 представлен перечень водоохраных мероприятий и их эффективности, необходимые для доведения качества воды в реке Ишим до состояния «умеренно загрязненная», для лет разных обеспеченностей.

Табл.4.17

Требуемая эффективность водоохранных мероприятий для доведения класса качества воды в реке Ишим до состояния «умеренно загрязненная»

Водоохранные мероприятия	Обеспеченность стока, %			
	25	50	75	95
Улучшение качества воды в створе 124	47	56	75	90
Очистка стоков города	-	-	60	70
Средний Кпз без мероприятий	1.48	3.18	6.99	13.87
Средний Кпз с учетом мероприятий	0.85	1.29	0.76	0.67

5. МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛИМИТОВ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ С УЧЕТОМ КАЧЕСТВА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ ИСЕТЬ

Объем водопотребления из реки не должен превышать объем товарного стока ($W_{тс}$). Товарный сток равен естественному стоку реки (W_p) минус экологически допустимый сток ($W_э$).

$$W_{тс} = W_p - W_э \quad (5.1)$$

Товарный сток, таким образом, представляет собой максимальный объем воды, который можно использовать для целей безвозвратного водопотребления, не приводя к существенному снижению экологической устойчивости водного объекта. Водопотребление осуществляется для питьевых, культурно-бытовых, технических и других целей, которые отличаются требованиями к качеству воды в водных источниках. Наличие станций водоподготовки в значительной степени снижает эти требования, но приводит к увеличению затрат. Поэтому, при определении лимитов воды необходимо учитывать ее качество.

Для удобства расчетов, представления результатов и их анализа выразим объемы речного стока через модульные коэффициенты (K_p):

$$W_p = K_p \times W_0 \quad W_э = K_{п.э} \times W_{0.э} \quad W_{тс} = K_{п.тс} \times W_{0.тс} \quad (5.2)$$

где K_p , $K_{п.э}$, $K_{п.тс}$ – соответственно, модульные коэффициенты, естественного, экологического и товарного стоков; W_0 , $W_{0.э}$, $W_{0.тс}$ –

соответственно, нормы естественного, экологического и товарного стоков (среднемноголетние значения).

Экологическая составляющая, определяется по упрощенному методу повышения обеспеченности (модификация метода Фащевского). Согласно которому:

в год 95% обеспеченности экологический сток принимается равным стоку реки в год 99% обеспеченности $W_{\text{э}}^{95} = W_p^{99}$;

в год 75% экологический сток равен стоку реки в год 95% $W_{\text{э}}^{75} = W_p^{95}$;

в год 50% экологический сток принимается равным стоку реки 75% обеспеченности $W_{\text{э}}^{50} = W_p^{75}$;

для других обеспеченностей, значения экологического стока принимаются следующим образом:

$$\text{для обеспеченностей } P < 50\% \quad W_{\text{э}} = W_p \times \frac{W_{\text{э}}^{p=50\%}}{W_p^{p=50\%}};$$

$$\text{для обеспеченностей } 50\% < P < 75\% \quad W_{\text{э}} = W_p \times \frac{W_{\text{э}}^{p=75\%}}{W_p^{p=75\%}}$$

$$\text{для обеспеченностей } 75\% < P < 95\% \quad W_{\text{э}} = W_p \times \frac{W_{\text{э}}^{p=95\%}}{W_p^{p=95\%}}$$

и $W_{\text{э}} = W_p$ для $P \geq 95\%$

Объем товарного стока должен соответствовать требованиям качества водных ресурсов, которое сильно изменяется в зависимости от обеспеченности года (P,%). В маловодные годы качество воды резко ухудшается, а в многоводные становится более приемлемым для водопотребления. Это хорошо прослеживается с помощью кривых обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности (Кпз), характеризующих качество воды в реке (рис.5.1).

Качество воды в реке соответствует требованиям технического водоснабжения - «умеренно загрязненная», только в годы с обеспеченностью не выше 3%, объем товарного стока, в который оценивается модульным коэффициентом равным $K_{p \text{ тс}}^{p=3\%} = 0.9$ (разность значений модульных

коэффициентов: стока реки и его экологической составляющей, для обеспеченности ($P=3\%$), определяемой точкой пересечения кривой $K_{пз}$ и верхней границей зоны «умеренно загрязненного» класса качества воды).

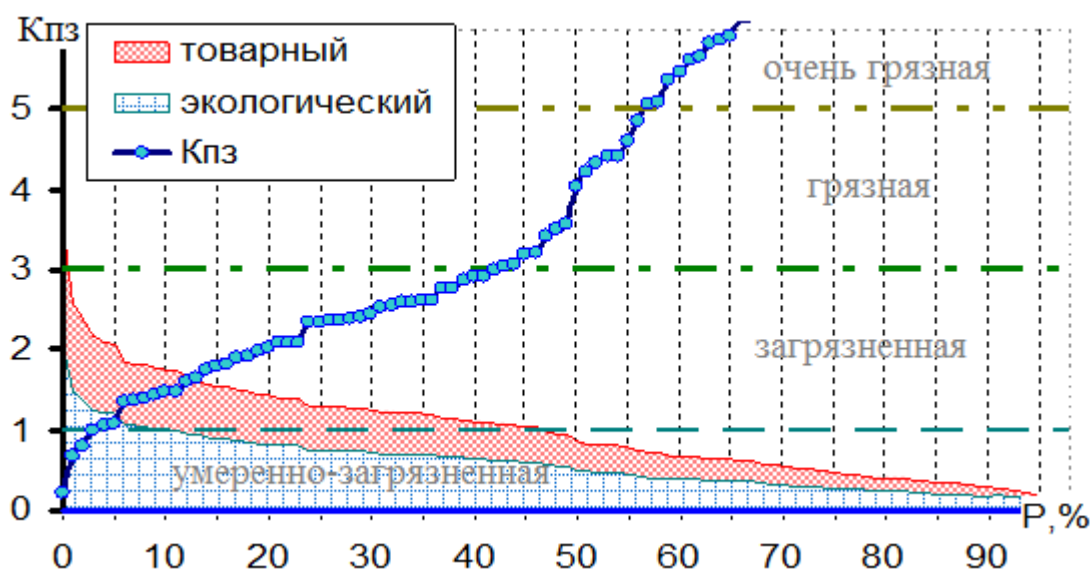


Рис.5.1 Изменение класса качества воды в реке Исеть и объемов товарного стока, по данным на 2005 год в створе 129-1, в зависимости от обеспеченности стока.

Данные величины представляют собой объем воды допустимый для водозабора, т.е. лимит водопотребления, но без учета качества воды. С учетом качества воды, лимита пригодного для потребления практически нет.

На рисунке 5.2 показаны кривые обеспеченности показателя $K_{пз}$ с учетом эффективности водоохранных мероприятий (ВОМ): 20%, 40%, 60%, 80%. Эффективность 20%, позволяет увеличить диапазон обеспеченностей стока, отвечающего классу «умеренно загрязненная» до 10%. Товарный сток, пригодный для технического водопотребления, равен, для данной обеспеченности ($P=10\%$), $K_{ртс}=0.8$. ВОМ с эффективностью 40% увеличивают объем товарного стока до обеспеченности 28%. В данный год этой обеспеченности соответствует модульный коэффициент $K_{р.тс}=0.6$. Соответственно для эффективностей 60 и 80%, лимиты воды, с классом качества «умеренно загрязненная», имеют обеспеченность 50 и 75%, что соответствует модульным коэффициентам $K_{р.тс}$: 0.4 и 0.2.

Лимиты товарного стока, заданного качества удобно представлять в виде кривых обеспеченности, что позволяет представить картину в многолетнем разрезе. Ниже представлены результаты определения лимитов воды реки Исеть «умеренно-загрязненного» класса качества. Лимиты представлены в виде кривых обеспеченностей модульных коэффициентов товарного стока (Кр.тс) (рис. 5.3).

Створ реки Исеть 129-5 имеет, в настоящее время, большие относительные объемы товарного стока технического качества, которые можно использовать в годы с обеспеченностью не ниже 50%, в то время как для других створов только 5%.

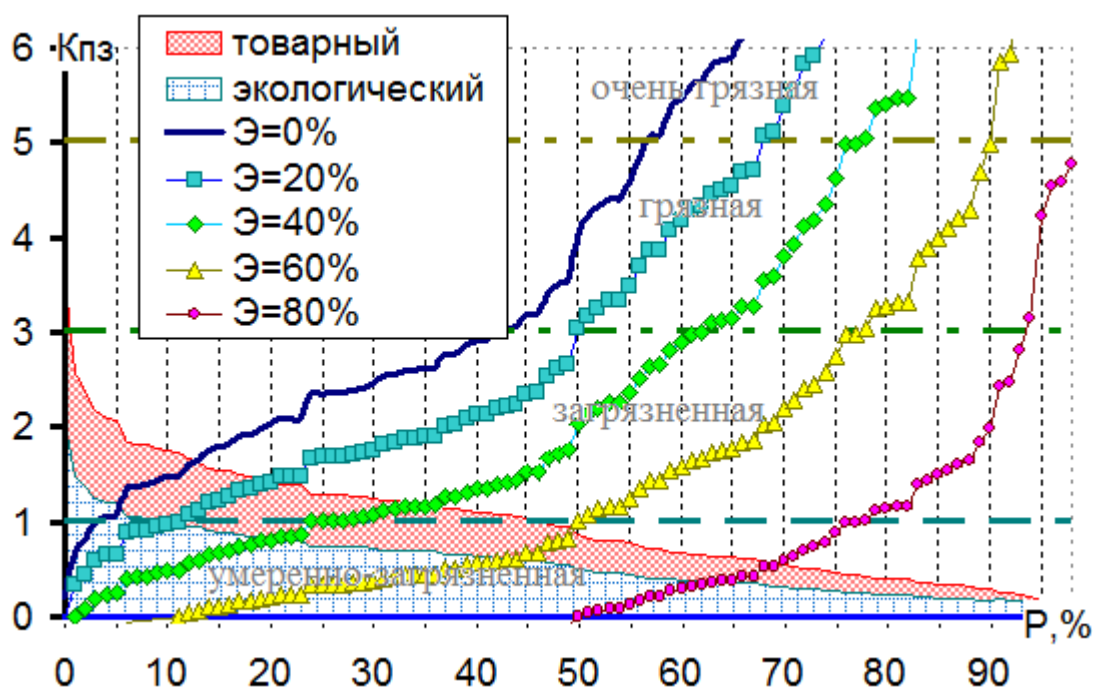


Рис.5.2 Кривые обеспеченностей показателя качества воды (Кпз) с учетом разной эффективности очистки сточных вод (Э,%). Река Исеть. Створ 129-1.

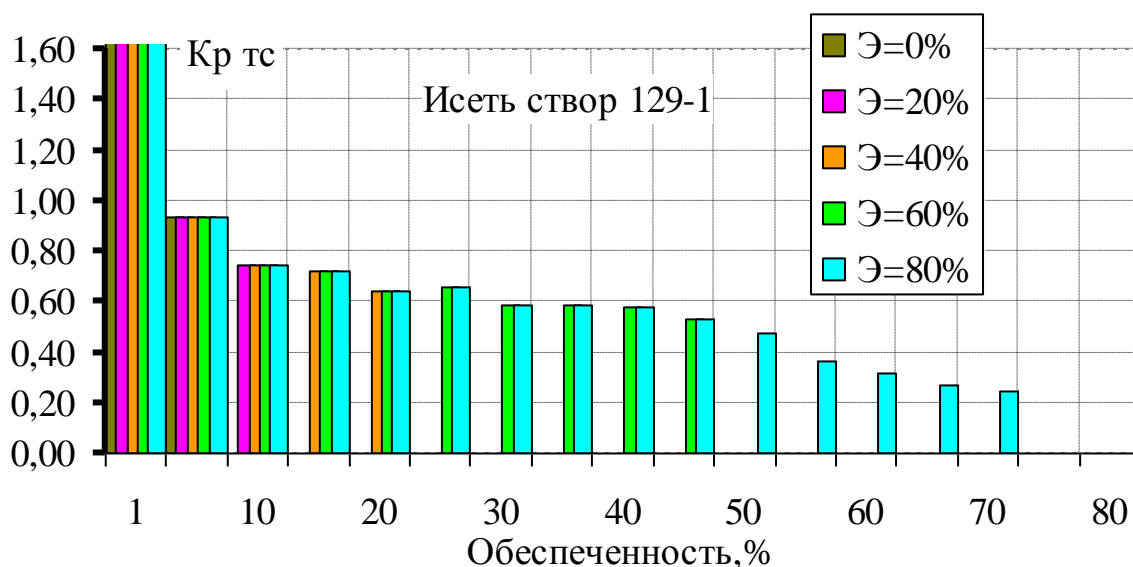


Рис.5.3.а Кривые обеспеченностей лимитов водопотребления (Кр тс.), удовлетворяющих классу качества воды «умеренно загрязненная», с учетом проведения водоохраных мероприятий разной эффективностью.

Река Исеть, створ 129-1.

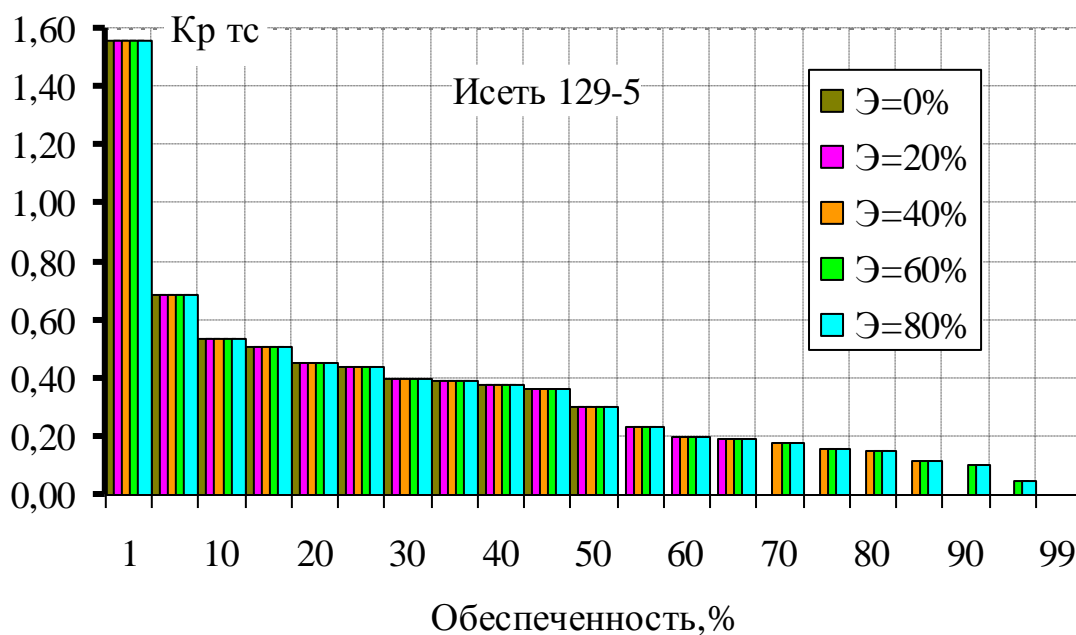


Рис.5.3.б Кривые обеспеченностей лимитов водопотребления (Кр тс.), удовлетворяющих классу качества воды «умеренно загрязненная», с учетом проведения водоохраных мероприятий разной эффективностью.

Река Исеть, створ 129-5.

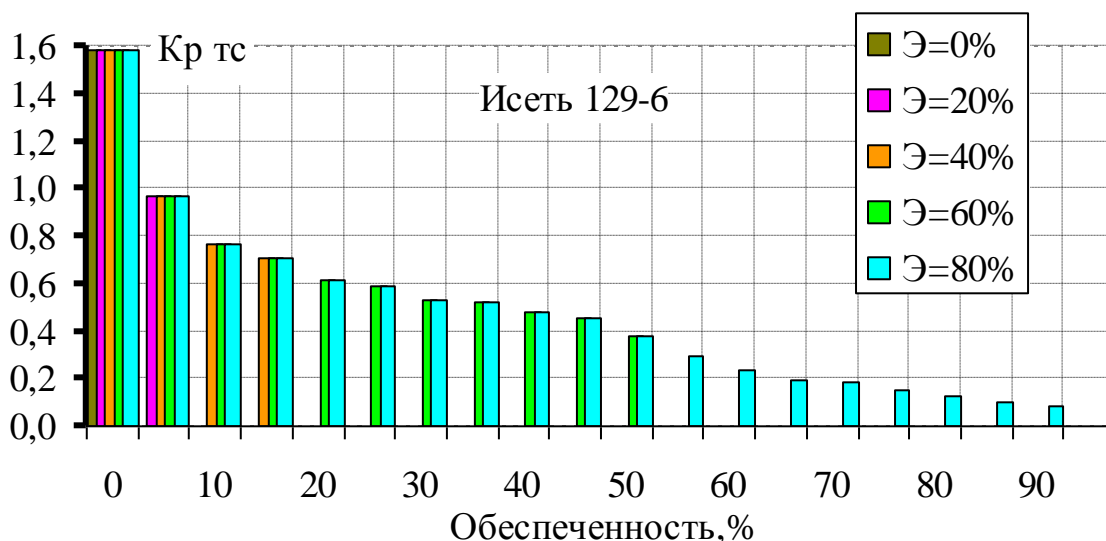


Рис.5.3.в Кривые обеспеченностей лимитов водопотребления (Кр тс.), удовлетворяющих классу качества воды «умеренно загрязненная», с учетом проведения водоохранных мероприятий разной эффективностью.

Река Исеть, створ 129-6.

Проведение водоохранных мероприятий с эффективностью 40% позволяет увеличить обеспеченность до 85% - в створе 129-5, и до 20% в верхнем и устьевом створе.

6.МЕТОДИКА ЭКОЛОГО-ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Эколого-водохозяйственная оценка водных ресурсов позволяет определить:

- класс качества воды в многолетнем разрезе;
- вероятностное распределение состояний водных ресурсов;
- экологическую эффективность планируемых водоохранных мероприятий;
- оценить экологическое состояние водной экосистемы.

Необходимые исходные данные:

- кривая обеспеченности речного стока ($W=f(P)$);
- концентрации i -х загрязняющих веществ в речной воде (C_i).

Используемые параметры.

1. Коэффициент предельной загрязненности воды (Кпз), рассчитываемый по формуле

$$K_{пз} = \frac{1}{n} \sum_i^n \left(\frac{C_i}{ПДК_i} - 1 \right) \quad (6.1)$$

где n–количество рассматриваемых веществ (рекомендуется не менее 6);
C_i–концентрация i-го загрязняющего вещества, мг/л.

Рекомендуемый набор загрязняющих веществ состоит из двух групп:

- обязательные, для учета по данной методике, вещества и показатели состояния (БПК, растворенный кислород, формы азота NH₄ и/или NO₃);
- характерные, для конкретных условий, загрязнители (например, Fe, Cu, Zn, Ni, Mn, фенолы, нефтепродукты, СПАВ и др.).

2.Кривая обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности воды.

Кривая обеспеченности строится одним из двух способов:

- по многолетним рядам,
- по данным за один год.

Выбор способа определяется наличием располагаемых исходных данных о среднегодовых концентрациях загрязняющих веществ.

А. Использование многолетних рядов среднегодовых концентраций загрязняющих веществ

В этом случае проводятся следующие расчеты:

- для каждого j-го года по формуле (6.1) рассчитываются значения коэффициентов предельной загрязненности воды Кпз j.
- Полученные значения коэффициентов Кпз.j ранжируются в убывающем порядке ↓Кпз j.
- Для ранжированного ряда ↓Кпз j определяются обеспеченности по формуле:

$$P_j = \frac{j}{N} \quad (6.2)$$

где j–порядковый номер года в ранжированном ряду: от 1 до N;

N—количество лет.

- Используя значения ранжированного ряда $\downarrow K_{пз j}$ и P_j строится кривая обеспеченности $K_{пз j} = f(P_j)$.

Б. Использование данных о загрязненности воды за один (отчетный) год

В этом случае делается предположение, что объем загрязняющих воду веществ не изменяется по годам. Это оправдано для условий загрязнения водного объекта стоками, поступающими от сосредоточенных источников, таких как: коммунально-бытовое хозяйство, промышленность, животноводство. Эти источники загрязнения отличаются наличием канализационной системы и относительно постоянным режимом сброса загрязненных вод по годам.

Кривая обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности строится по следующей схеме.

- Используя среднегодовые концентрации i -х (где $i=1\dots n$) загрязняющих веществ в речной воде (C_i), для отчетного года определяется коэффициент $K_{пз}$ по формуле (6.1).
- Зная объем стока воды в реке для данного года W_0 и многолетний ряд объемов стока W_j , рассчитываются значения коэффициентов предельной загрязненности для лет многолетнего ряда по формуле:

$$K_{пзj} = \frac{(K_{пз} + 1) \times W_0}{W_j} - 1 \quad (6.3)$$

где $K_{пз}$ —коэффициент предельной загрязненности воды в отчетный год,

W_0 —объем стока воды в реке для отчетного года,

W_j —объем стока в j -ый год многолетнего ряда.

- Полученный многолетний ряд коэффициентов предельной загрязненности $K_{пзj}$ выстраивается в убывающем порядке $\downarrow K_{пзj}$.
- Для ранжированного ряда $\downarrow K_{пзj}$ обеспеченности принимаются равные обеспеченностям объемов стока (W_j).

- Используя значения ранжированного ряда $\downarrow K_{пзj}$ и соответствующие им обеспеченности P_j строится кривая обеспеченности $K_{пзj}=f(P_j)$.

3. Кривая плотности распределения коэффициентов предельной загрязненности.

Данная функция строится для оценки влияния истощения реки на ее трофический статус и выявления условий наибольшего видового разнообразия, определения эффективности водоохранных мероприятий и т.п.

Кривая плотности распределения коэффициентов предельной загрязненности строится графически, для этого:

- ось ординат, графика кривой обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности ($K_{пзj}=f(P_j)$), разбивается на m равных диапазонов Δz . Количество диапазонов должно быть не менее 5-ти:

$$\Delta 1=K_{пз_{\min}} \dots (K_{пз_{\min}}+\Delta),$$

$$\Delta 2=(K_{пз_{\min}}+\Delta) \dots (K_{пз_{\min}}+2 \times \Delta),$$

$$\Delta 3=(K_{пз_{\min}}+2 \times \Delta) \dots (K_{пз_{\min}}+3 \times \Delta),$$

$$\Delta z=(K_{пз_{\min}}+(z-1) \times \Delta) \dots (K_{пз_{\min}}+z \times \Delta),$$

...

$$\Delta m=(K_{пз_{\min}}+(m-1) \times \Delta) \dots (K_{пз_{\max}}).$$

где $K_{пз_{\min}}$, $K_{пз_{\max}}$ —соответственно, минимальное и максимальное значения коэффициентов предельной загрязненности ранжированного ряда.

- Используя крайние значения диапазонов Δz ($z-1$ и z), определяются значения обеспеченностей (P_{z-1} , P_z);
- разница обеспеченностей дает значение вероятности того, что величина коэффициентов предельной загрязненности попадет в заданный диапазон: $\rho z=P_z -P_{z-1}$;
- по значениям Δz и ρz строится график плотности распределения $\rho z=f(\Delta z)$.

6.1 Оценка качества воды

Оценка класса качества воды в многолетнем разрезе определяется на основе многолетнего ряда коэффициентов $K_{пзj}$, рассчитанных по методике описанной выше, и таблицы 6.1 классов качества воды.

Табл.6.1

Классы качества воды по показателю $K_{пз}$

Класс качества воды	Характеристика качества воды	$K_{пз}$
I	очень чистая	<-0.8
II	чистая	$-0.8...0.0$
III	умеренно загрязненная	$0.0...1$
IV	загрязненная	$1...3$
V	грязная	$3...5$
VI	очень грязная	>5

Для наглядного представления материалов удобно отображать классы качества на кривых: обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности $K_{пзj}=f(P_j)$ и плотности распределения значений коэффициентов $p_z=f(\Delta z)$. Для этого:

- на графике кривой обеспеченности, на оси ординат, отмечаются границы диапазонов классов качества;
- построение кривой плотности проводится по пункту 3 главы 6, только значения диапазонов принимаются равными соответствующим диапазонам классов качества (табл.6.1). В этом случае (из-за не равных диапазонов и достаточно больших интервалов значений $K_{пз}$) возрастает ошибка построения кривой плотности распределения, но увеличивается наглядность.

6.2 Методика оценки экологической эффективности планируемых водоохранных мероприятий

Экологическая эффективность водоохранных мероприятий определяется по вероятности изменения класса качества воды. В этом случае необходимо провести дополнительные расчеты, для определения значений

коэффициентов предельной загрязненности с учетом водоохранных мероприятий, например очистки сточных вод поступающих в реку. Делается допущение, что в результате очистки стоков концентрация i -го загрязняющего вещества в речной воде доводится до ПДК $_i$ (это соответствует $K_{пзi}=0$). Оценку эффективности водоохранных мероприятий можно провести с учетом последовательной очистки воды от загрязнителей или с учетом очистки воды по группе загрязняющих веществ.

Последовательность расчетов следующая.

- Значения, $K_{пз}$ наиболее опасных загрязняющих воду веществ, принимаются равными нулю: $K_{пз}=0.0$. Выполняются расчеты в соответствии с пунктами 1-3 главы 6, что позволяет получить графики кривых обеспеченности и плотности распределения с учетом водоохранных мероприятий: $K^{BOM}_{пзj}=f(P_j)$, $\rho^{BOM}_z=f(\Delta z)$.
- Ординаты кривых плотности распределения (без учета и с учетом водоохранных мероприятий) нормируются по их максимальным значениям:

$$\rho'_z = \rho_z / \rho_{\max} \qquad \rho''_z = \rho^{BOM}_z / \rho^{BOM}_{\max}.$$

- Строятся графики кривых плотности распределения без учета водоохранных мероприятий и с их учетом. Определяется площадь под кривой распределения (ρ') показателя загрязненности воды без учета площади их перекрытия (ΔP на рис.7.2), которая представляет собой вероятность изменения состояния системы в результате водоохранных мероприятий, т.е. их эффективность ΔP_{BOM} . Рисунок 7.2 так же показывает, что эффективность перехода в класс «умеренно загрязненной воды» составляет 94% (площадь по кривой ρ' в пределах зоны 3 «загрязненная» и 4 «грязная» классов качества).

6.3 Методика оценка экологического состояния водной экосистемы

Оценка экологического состояния водной экосистемы проводится на основе оценки индекса Шеннона. Индекс Шеннона представляет собой параметр оценки видового разнообразия. Индекс Шеннона (H) обычно меняется в пределах от 1,1 до 3,0 и вычисляется по формуле:

$$H = -\sum \frac{ni}{N \times \lg\left(\frac{ni}{N}\right)} \quad (6.4)$$

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

Индекс Шеннона оценивается по частотным показателям видового разнообразия водной экосистемы (n_i), которые связаны с плотностью распределения речного стока (rw_i). Распределение частотных характеристик объемов стока, можно использовать как модель, описывающую видовое разнообразие реки. В этом случае, на основе плотностей распределения объемов стока, рассчитывается индекс Шеннона, принимая $n_i=rw_i$. Данный способ позволяет сильно сократить вычисления по оценке состояния водного объекта в случае его истощения.

В качестве примера, на рис.6.1 показаны кривые плотностей распределения объемов стока и частотных характеристик индекса Шеннона. Область наибольшего видового разнообразия изменяется в пределах K_p от 0.3 до 1.7.

Рассчитать значение индекса можно по схеме.

- Строится кривая плотности распределения объемов стока в соответствии с п 2 и 3 главы 6. В этом случае проводится ранжирование в убывающем порядке значения многолетнего ряда объемов стока W_j (или его модульных коэффициентов).
- Для ранжированного ряда W_j определяются обеспеченности по формуле:

$$P_j = \frac{j}{N} \quad (6.5)$$

где j –номер объема стока воды в ранжированном ряду: от 1 до N ; N – количество лет.

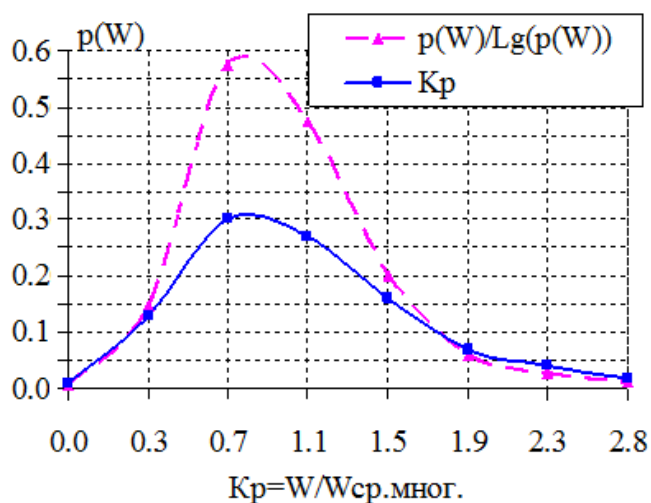


Рис.6.1 Плотности распределения объемов стока (W) реки, выраженного в виде модульных коэффициентов (K_p) и относительные значения частотных характеристик индекса Шеннона ($h_i = -p(W_i)/Lg(p(W_i))$).

- Используя значения ранжированного ряда $\downarrow W_j$ и P_j строится кривая обеспеченности $W_j = f(P_j)$.
- Кривая плотности распределения строится графически, для этого:
 - ось ординат, графика кривой обеспеченности объемов стока, разбивается на m равных диапазонов, не менее 5-ти Δz ,
 - по крайним значениям диапазонов Δz определяются значения обеспеченностей (P_{z-1}, P_z);
 - разница значений обеспеченности дает значение вероятности того, что значения объемов стока попадают в заданный диапазон: $p_z = P_z - P_{z-1}$;
 - по значениям Δz и p_z строится график плотности распределения $p_z = f(\Delta z)$ для объемов стока воды;
 - значение индекса Шеннона определяется по формуле (6.5), используются полученные значения плотности распределения p_z . В формуле (6.5) в отличие от (6.4) нет значения N , так как сумма (p_{zi}) равна 1,0.

$$H' = -\sum \frac{pzi}{\lg(pzi)} \quad (6.5)$$

В представленном на рисунке 6.1 примере значение индекса Шеннона равно $H'=1.5$ и представляет собой некоторое относительное значение. Перевод в абсолютные значения H , можно сделать на основе данных фактического определения биологическими методами или, исходя из предпосылки: «в естественных условиях, не подверженных антропогенной деятельности, водная экосистема находится, например, в мезотрофной стадии, которой соответствует $H_{есм}=2.3$ ». В этом случае, получаемое относительное значение (H'') пересчитывается в абсолютные по выражению (6.6):

$$H = H_{есм} \times \left(2 - \frac{H''}{H'}\right) \quad (6.6)$$

где $H_{есм}$ —принятый уровень индекса для естественных условий формирования водного объекта.

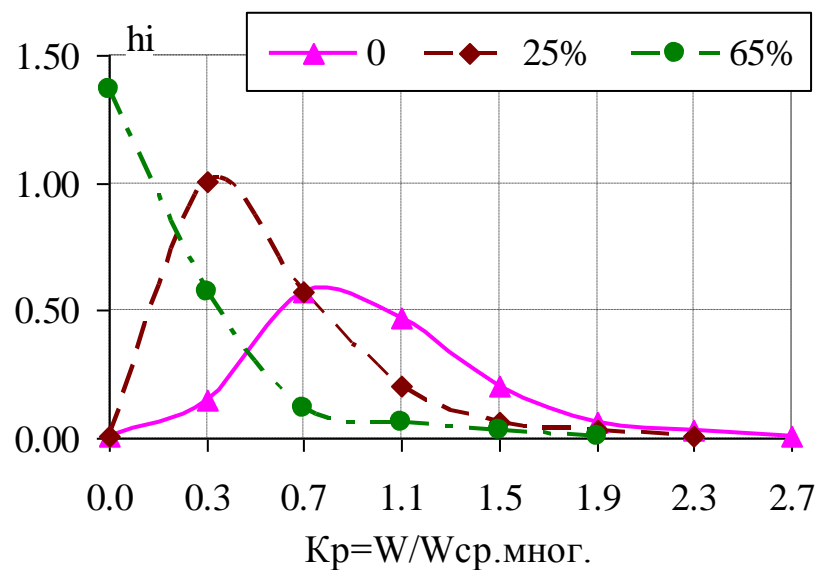


Рис.6.2 Изменение относительных значений частотных характеристик индекса Шеннона ($h_i = -p(W_i)/\lg(p(W_i))$) при истощении реки, за счет безвозвратного изъятия 25% и 65% стока.

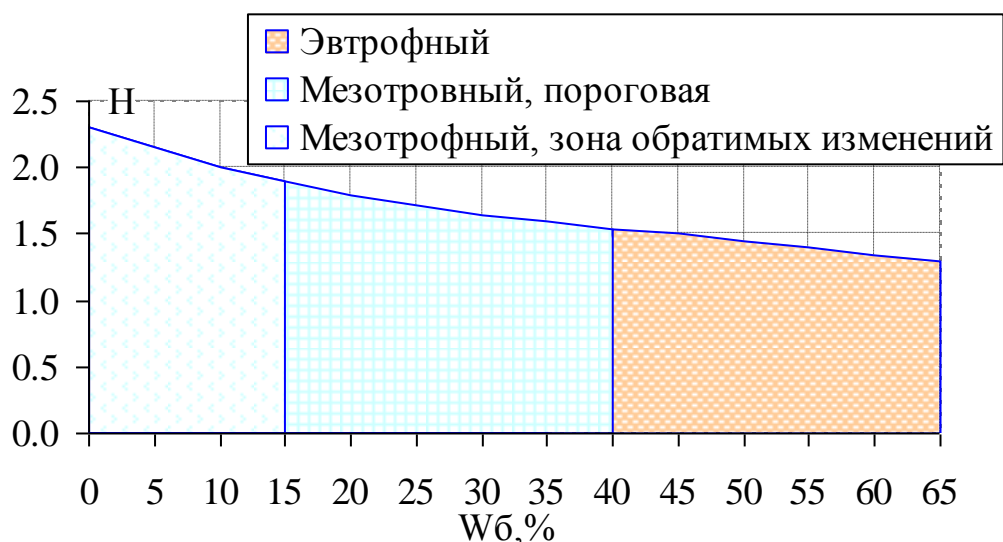


Рис.6.3 Изменение индекса Шеннона в зависимости от безвозвратного изъятия воды из реки (Wб.,%), и соответствующие им зоны кризисности и уровни трофности.

Данный способ позволяет оценить изменение трофического статуса водного объекта при истощении, которое происходит при безвозвратном изъятии воды (Wб). На рисунке 6.2 показано, как в этом случае изменяются частотные характеристики индекса Шеннона. Рассчитанные на их основе значения индекса Н, по формуле (6.6), приведены на рис 6.3. Рисунок показывает, что 15% изъятие воды переводит систему в пороговую зону кризисности, при этом уровень трофности «мезотрофный» сохраняется. Изъятие воды в объеме 40% переводит систему на эвтрофный уровень развития.

Оценить уровень трофности водного объекта можно исходя из положения о взаимосвязи: класс качества воды соответствует экологическому состоянию водного объекта (табл.1). В этом случае значение индекса Шеннона определяется по формуле:

$$N=2.25 \times \exp(-0.44 \times K_{пз})+1 \quad (6.7)$$

Данный подход позволяет учесть загрязненность воды при оценке экологического состояния водного объекта.

7. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ

7.1 Определение значение коэффициента предельной загрязненности (Кпз) для отчетного года

Концентрации загрязняющих веществ и расчет значений коэффициентов предельной загрязненности представлены в таблице 7.1.

Табл.7.1

Расчет значений коэффициентов предельной загрязненности.

Вещества	C_i , мг/л	ПДК _i , мг/л	$\frac{C_i}{ПДК_i}$	$K_{пзi} = \frac{C_i}{ПДК_i} - 1$	$K^{вoм}_{пзi}$
СПАВ	9.425	12	0.79	-0.21	-1.21
БПК₅	2.675	3	0.89	-0.11	-1.11
NH₄	0.248	0.5	0.50	-0.50	-1.50
NO₂	0.016	0.08	0.20	-0.80	-1.80
NO₃	0.406	9.1	0.04	-0.96	-1.96
Fe	0.542	0.3	1.81	0.81	0.81
Cu	0.016	0.001	15.50	14.50	0.00
Zn	0.028	0.01	2.80	1.80	0.00
Ni	0.006	0.01	0.53	-0.47	-1.47
Mn	0.121	0.01	12.09	11.09	0.00
Фенол	0.002	0.001	2.00	1.00	1.00
Нефть	0.078	0.05	1.56	0.56	0.56
СПАВ	0.034	0.5	0.07	-0.93	-0.93
$W_0=400$ млн.м ³				Кпз=1.98	-0.59

Качество воды в отчетный год соответствует классу «загрязненная». Водоохранные мероприятия связаны с очисткой сточных вод от загрязнителей: медь, марганец, цинк (очистка проводится с такой эффективностью, которая позволит снизить их концентрации в реке, после сброса, до ПДК). Данные мероприятия позволяют улучшить качество воды до уровня «чистая», для условий отчетного года.

7.2 Построение кривой обеспеченности коэффициентов Кпз

Кривая обеспеченности строится по данным загрязненности воды за один (отчетный) год. На основе значений коэффициентов предельной загрязненности, полученных в таблице 7.1: $K_{пз}=1.98$ и $K^{вoм}_{пз}=-0.59$ и многолетним значениям годовых объемов речного стока W_j определяются

коэффициенты $K_{пзj}$ по формуле (6.3). В этом случае удобно использовать не абсолютные значения объемов стока, а модульные коэффициенты: $K_{рj} = W_j / W_{ср.мн.}$, значения которых выстраивают в убывающем порядке $\downarrow K_{рj}$. Для каждого года ранжированного ряда рассчитывается обеспеченность $P\%$ по формуле (6.5). Зная, таким образом, модульный коэффициент стока воды в реке для отчетного года ($K_0 = W_0 / W_{ср.мн.}$) и многолетний ряд модульных коэффициентов, рассчитываются значения коэффициентов $K_{пзj}$ для лет многолетнего ряда по модифицированной формуле (6.3):

$$K_{пзj} = \frac{K_0 \times (K_{пз} + 1)}{K_{рj}} - 1$$

Используя значения $K_{пзj}$ и $P\%$ строится кривая обеспеченности $K_{пз}\% = f(P\%)$.

Результаты расчетов представлены в таблице 7.2.

По данным таблицы 7.2 строятся графики кривых обеспеченностей (рис.7.1).

Табл.7.2

Определение координат кривой обеспеченности
коэффициентов предельной загрязненности
без учета и с учетом водоохраных мероприятий.

$\downarrow W_j, \text{млн.м}^3$	K_p	$K_{пз}$	$K_{пз}^{\text{ВОМ}}$	$P, \text{д.ед.}$
712.61	1.98	0.67	-0.77	0.04
515.68	1.43	1.31	-0.68	0.08
477.83	1.33	1.49	-0.66	0.12
435.54	1.21	1.73	-0.62	0.16
419.13	1.16	1.85	-0.61	0.20
415.94	1.16	1.85	-0.61	0.24
367.98	1.02	2.24	-0.55	0.28
363.56	1.01	2.28	-0.55	0.32
362.62	1.01	2.28	-0.55	0.36
355.68	0.99	2.34	-0.54	0.40
350.00	0.97	2.41	-0.53	0.44
347.78	0.97	2.41	-0.53	0.48
332.32	0.92	2.60	-0.51	0.52
327.30	0.91	2.63	-0.50	0.56

314.63	0.87	2.80	-0.48	0.60
310.56	0.86	2.85	-0.47	0.64
306.43	0.85	2.89	-0.46	0.68
298.25	0.83	2.99	-0.45	0.72
295.40	0.82	3.03	-0.45	0.76
288.75	0.80	3.13	-0.43	0.80
286.55	0.80	3.13	-0.43	0.84
280.27	0.78	3.24	-0.42	0.88
279.93	0.78	3.24	-0.42	0.92
279.33	0.78	3.24	-0.42	0.96
258.46	0.72	3.59	-0.37	1.00
Wcp.мног.=360млн.м ³				

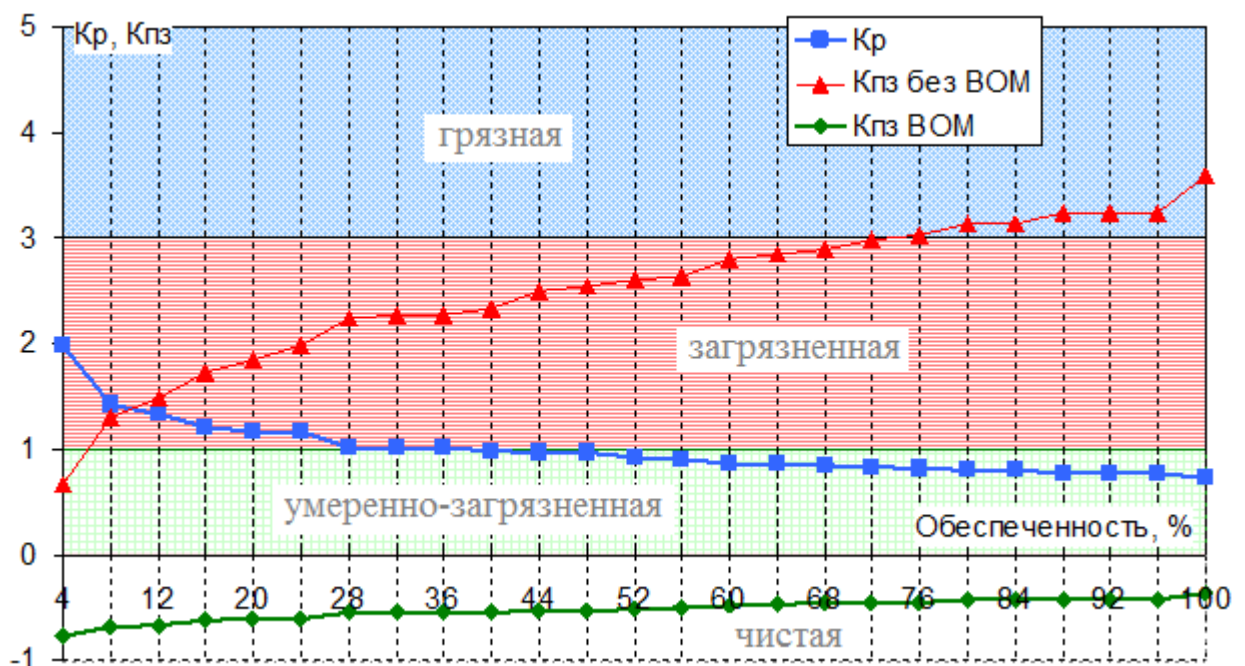


Рис.7.1 Пример построения кривых обеспеченностей речного стока (по модульным коэффициентам K_p) и показателей загрязненности воды ($K_{пз}$) без учета и с учетом проведения водоохраных мероприятий (ВОМ).

7.3 Построение кривой плотности распределения коэффициентов предельной загрязненности

Кривые плотностей распределения коэффициентов предельной загрязненности строятся графически в диапазонах классов качества воды, для этого:

- ось ординат, графика кривой обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности, разбивается на 4 диапазонов:

Табл.7.3

Координаты кривых плотностей распределения коэффициентов предельной загрязненности без учета водоохраных мероприятий.

Класс качества воды	Δ	ρ	$\rho \times 100 / \rho_{\max}$
Умеренно загрязненная	0.5-1.0	2	6
Загрязненная	1.0-1.5	6	18
	1.5-2.0	13	40
	2.0-2.5	22	68
	2.5-3.0	33	100
Грязная	3.0-3.5	24	73

Табл.7.4

Координаты кривых плотностей распределения коэффициентов предельной загрязненности с учетом водоохраных мероприятий.

Класс качества воды	Δ	ρ	$\rho \times 100 / \rho_{\max}$
Чистая	-1.0	52	100
	-0.5	48	92
	0.0	0	0

Табл.7.5

Координаты кривых плотностей распределения модульных коэффициентов речного стока

Δ	ρ	$\rho \times 100 / \rho_{\max}$
0	0	0
0.5	64	100
1	28	44
1.5	4	6
2	0	0

- по значениям табл.7.3, 7.4, 7.5 строятся графики плотностей распределения $\rho z = f(\Delta z)$ (рис.7.2).

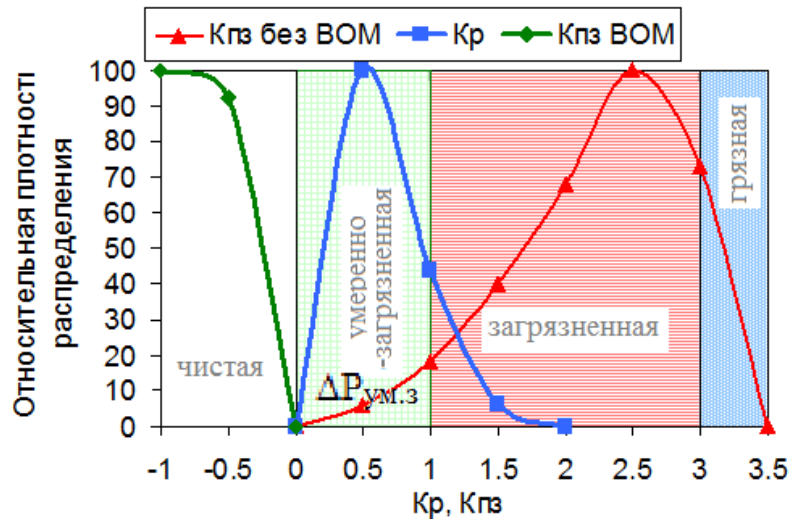


Рис.7.2 Пример построения функций плотности распределения: речного стока (по модульным коэффициентам K_p) и показателей загрязненности воды ($K_{пз}$) без учета и с учетом проведения водоохраных мероприятий (ВОМ), в диапазонах классов качества воды.

8.ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ В Microsoft EXCEL

8.1 Определение коэффициента предельной загрязненности воды

В рабочем окне Excel вводим строкой названия колонок таблицы 7.1 (см. глава 8). В первую колонку вводим названия загрязняющих веществ, во вторую колонку заносим концентрации данных веществ, а в третью – значения ПДК веществ как показано на рис.8.1. Для упрощения работы рекомендуется все концентрации веществ использовать в одной размерности –мг/л.

EXP		X ✓ f _x =(B2/C2)-1		
	A	B	C	D
1	Вещества	C, мг/л	ПДК, мг	(C/ПДК)-1
2	O ₂	8.5	12	=(B2/C2)-1
3	БПК ₅	3.26	3	
4	NH ₄	0.364	0.5	
5	NO ₂	0.016	0.08	
6	NO ₃	0.346	9.1	
7	Fe	0.63	0.3	
8	Cu	0.004	0.001	
9	Zn	0.086	0.01	
10	Ni	0.006	0.01	
11	Mn	0.176	0.01	
12	Фенолы	0.002	0.001	
13	Нефтепр.	0.089	0.05	
14	СПАВ	0.02	0.5	

Рис.8.1 Ввод исходных данных и формирование рабочей таблицы в окне Excel.

Курсор подводится на ячейку D2 и делается щелчок левой кнопкой мышки. Ячейка высвечивается черной рамкой. Далее в ячейке D2 набирается английским шрифтом:

$$=(B2/C2)-1$$

Курсор подводится под правый нижний угол ячейки, нажимают на левую кнопку мышки и, удерживая ее, делается протаскивание по всей колонке D от D2 до ячейки D14 (рис.8.2). Кнопка мышки отпускается, окно примет вид (рис.8.3).

	A	B	C	D
1	Вещества	C, мг/л	ПДК, мг	(C/ПДК)-1
2	O ₂	8.5	12	-0.291667
3	БПК ₅	3.26	3	0.086667
4	NH ₄	0.364	0.5	-0.272
5	NO ₂	0.016	0.08	-0.8
6	NO ₃	0.346	9.1	-0.961978
7	Fe	0.63	0.3	1.1
8	Cu	0.004	0.001	3
9	Zn	0.086	0.01	7.6
10	Ni	0.006	0.01	-0.4
11	Mn	0.176	0.01	16.6
12	Фенолы	0.002	0.001	1
13	Нефтепр.	0.089	0.05	0.78
14	СПАВ	0.02	0.5	-0.96

Рис.8.2 Выполнение расчетов отношения C_i/ПДК_i

	A	B	C	D
1	Вещества	C, мг/л	ПДК, мг	(C/ПДК)-1
2	O ₂	8.5	12	-0.291667
3	БПК ₅	3.26	3	0.086667
4	NH ₄	0.364	0.5	-0.272
5	NO ₂	0.016	0.08	-0.8
6	NO ₃	0.346	9.1	-0.961978
7	Fe	0.63	0.3	1.1
8	Cu	0.004	0.001	3
9	Zn	0.086	0.01	7.6
10	Ni	0.006	0.01	-0.4
11	Mn	0.176	0.01	16.6
12	Фенолы	0.002	0.001	1
13	Нефтегр.	0.089	0.05	0.78
14	СПАВ	0.02	0.5	-0.96

Рис.8.3 Видовое окно с расчетом отношения (C_i/ПДК_i)-1.

Если формат (в данном случае количество знаков в дробной части) чисел будет разный, или не совпадать с требуемым, можно сделать щелчок правой кнопкой мышки по выделенной колонке. Появится диалоговое окно (рис.8.4).

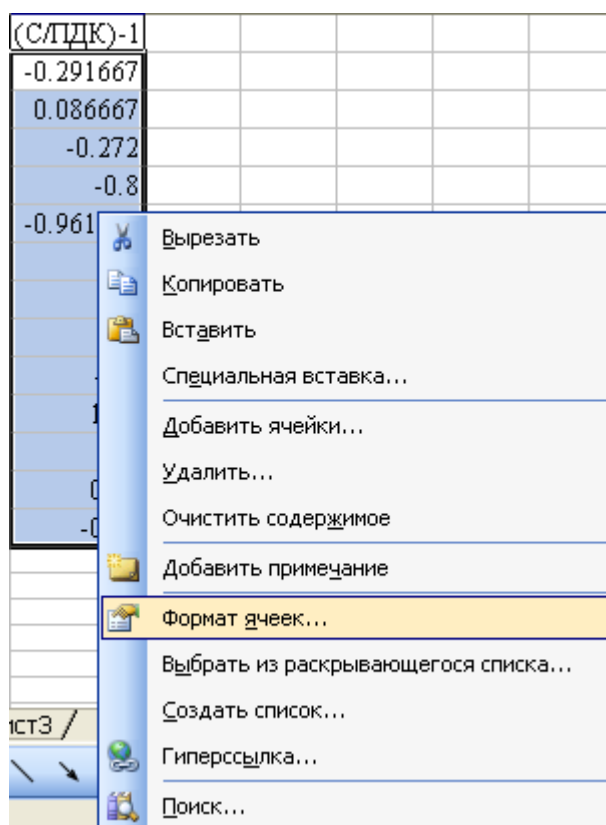


Рис.8.4 Вид диалогового окна для преобразования выделенной области таблицы Excel.

В окне выбрать опцию **Формат ячеек** и сделать щелчок левой кнопкой. Появится другое окно (рис.8.5).

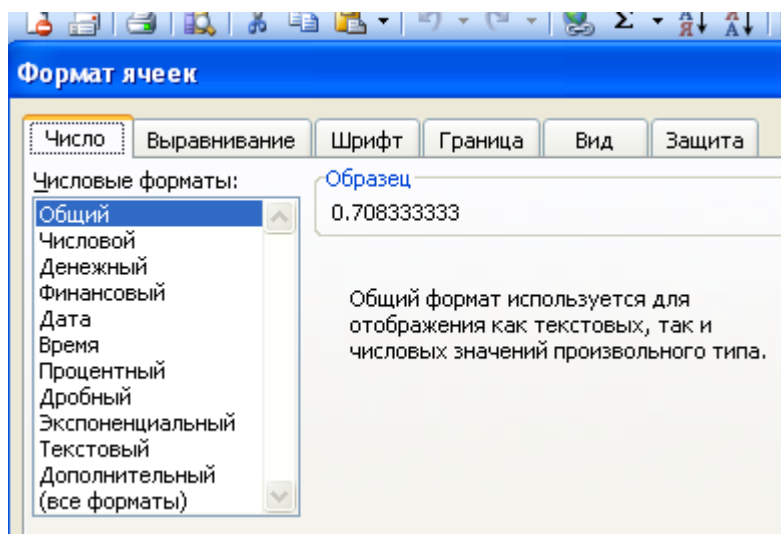


Рис.8.5 Вид диалогового окна **Формата ячеек**.

Выбрать опцию «**Числовой**» щелчком левой кнопкой и задать нужное количество знаков после запятой (рис.8.6).

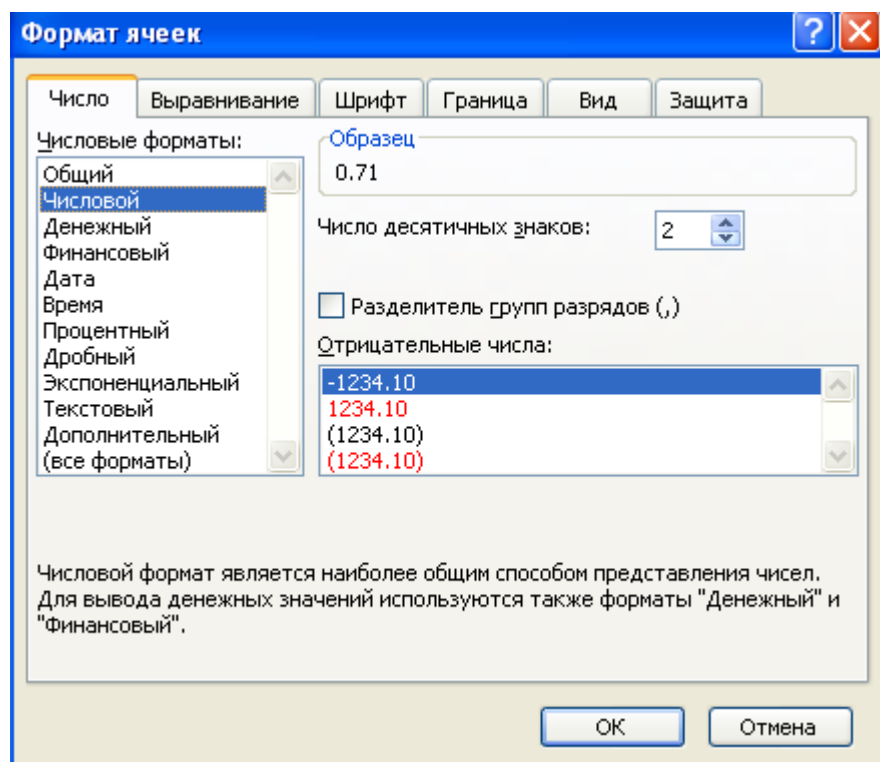


Рис.8.6 Выбор числа десятичных знаков.

Далее нажимается кнопка **ОК**.

Колонка приобретает вид, показанный на рис. 8.7 и остается выделенной, что позволяет рассчитать значение Кпз. Для этого в главном меню выбирается опция Σ , появляется окно, в котором выбирается опция «Среднее». В ячейке D15 появляется значение среднего чисел в выделенной колонке, которое и есть значение Кпз (рис.8.7).

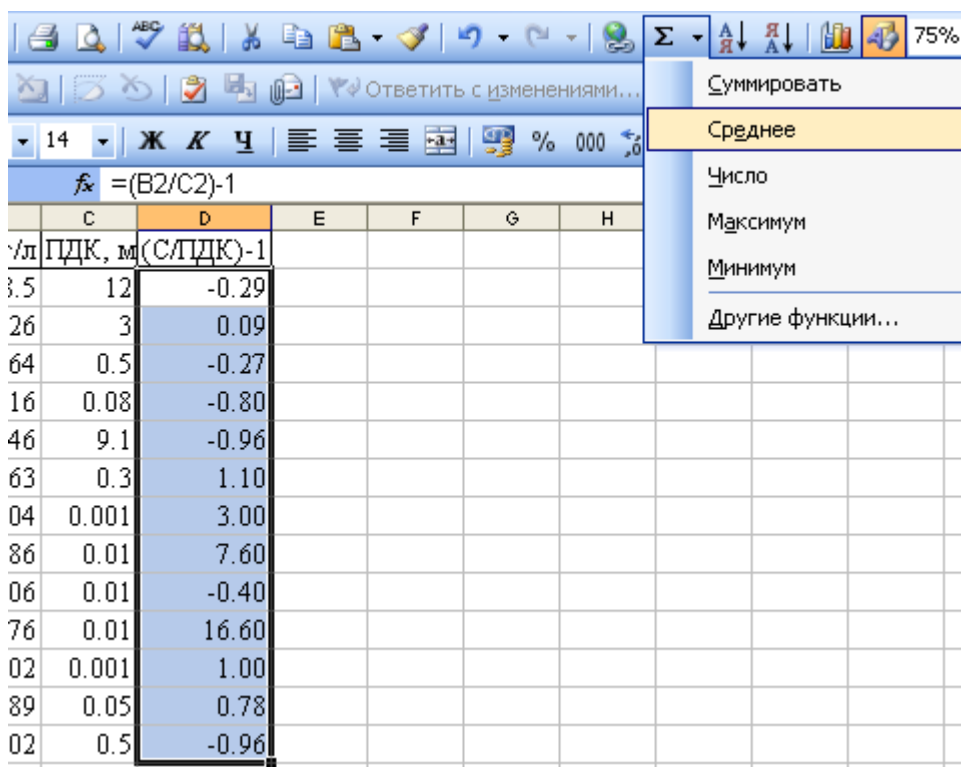


Рис.8.7 Выбор опции для расчета Кпз.

Содержимое колонки D с ячейками D2...D14 копируется в колонки E...H.

	A	B	C	D	E
1	Вещества	C, мг/л	ПДК, мг/л	(C/ПДК)-1	
2	O ₂	8.5	12	-0.29	=D2
3	БПК ₅	3.26	3	0.09	
4	NH ₄	0.364	0.5	-0.27	
5	NO ₂	0.016	0.08	-0.80	
6	NO ₃	0.346	9.1	-0.96	
7	Fe	0.63	0.3	1.10	
8	Cu	0.004	0.001	3.00	
9	Zn	0.086	0.01	7.60	
10	Ni	0.006	0.01	-0.40	
11	Mn	0.176	0.01	16.60	
12	Фенолы	0.002	0.001	1.00	
13	Нефтепр.	0.089	0.05	0.78	
14	СПАВ	0.02	0.5	-0.96	
15	Кпз			2.04	

Рис.8.8 Набор формулы для расчета Кпз в ячейку E2.

Если колонка не выделена для копирования, на ячейку E2 подводится курсор, нажимается и удерживается левая кнопка мышки, курсор проводится до ячейки E14 и отпускается. Делается щелчок по кнопке главного меню



«копировать». Курсор подводится на ячейку F2, выделяются ячейки F2...F14 и делается щелчок по значку главного меню «Вставить»



Следует помнить, что количество выделенных для копирования ячеек должно совпадать с количеством ячеек выделяемых для вставки. Такие же расчеты проделываются в ячейках G...H. В результате всех операций рабочее окно будет иметь вид (рис.8.9).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Вещество	C, мг/л	ПДК, мг/л	(C/ПДК)	1	2	3	4
2	O ₂	8.5	12	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29
3	BPK ₃	3.26	3	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
4	NH ₄	0.364	0.5	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27
5	NO ₂	0.016	0.08	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80
6	NO ₃	0.346	9.1	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96
7	Fe	0.63	0.3	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
8	Cu	0.004	0.001	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
9	Zn	0.086	0.01	7.60	7.60	7.60	7.60	7.60
10	Ni	0.006	0.01	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
11	Mn	0.176	0.01	16.60	16.60	16.60	16.60	16.60
12	Феноль	0.002	0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	Нефтепр	0.089	0.05	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
14	СПАВ	0.02	0.5	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96
15	Кпз			2.04				


Рис.8.9 Вид рабочего окна с расчетами Кпз (без учета водоохраных мероприятий).

Как видно в ячейках E2...E14–H2...H14 одинаковые числа. Таким образом, все подготовлено для учета водоохраных мероприятий.

Выбираем самое большое значение Кпз в колонке E (это Кпз для Mn равное 16.60), которое говорит, что данным веществом вода сильно загрязнена. Это значение обнуляется в ячейках E11, F11, G11, H11, что соответствует проведению первого водоохранного мероприятия, направленного на доведение концентрации Mn в воде до ПДК. Значение Кпз автоматически изменится в ячейках строки 15. Далее последовательно выбираются оставшиеся наиболее опасные загрязнители, концентрации которых в воде превышают ПДК (C/ПДК-1>0) и их значения обнуляются. В результате рабочее окно примет вид (рис.8.10).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Вещества	C, мг/л	ПДК, мг/л	(C/ПДК)-1	1	2	3	4
2	O ₂	8.5	12	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29	-0.29
3	БПК ₅	3.26	3	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
4	NH ₄	0.364	0.5	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27
5	NO ₂	0.016	0.08	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80	-0.80
6	NO ₃	0.346	9.1	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96
7	Fe	0.63	0.3	1.10	1.10	1.10	1.10	0.00
8	Cu	0.004	0.001	3.00	3.00	3.00	0.00	0.00
9	Zn	0.086	0.01	7.60	7.60	0.00	0.00	0.00
10	Ni	0.006	0.01	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40	-0.40
11	Mn	0.176	0.01	16.60	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Фенолы	0.002	0.001	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
13	Нефтегр.	0.089	0.05	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
14	СПАВ	0.02	0.5	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96	-0.96
15	Кпз			2.04	0.76	0.18	-0.06	-0.14

Рис.8.10 Таблица расчетов коэффициентов предельной загрязненности без учета и с учетом водоохраных мероприятий (1, 2, 3, 4).

Полученные значения можно представить в виде графика изменения значений Кпз при снижении концентрации наиболее опасных загрязнителей до ПДК. В этом случае выделяются ячейки строки 15 содержащие значения Кпз (E15...H15). Делается щелчок правой кнопкой мыши по значку «мастер диаграмм» . Появится диалоговое окно выбора вида диаграммы (рис.8.11). Выбирается нужный вид. Выбранный вид выделен цветом.

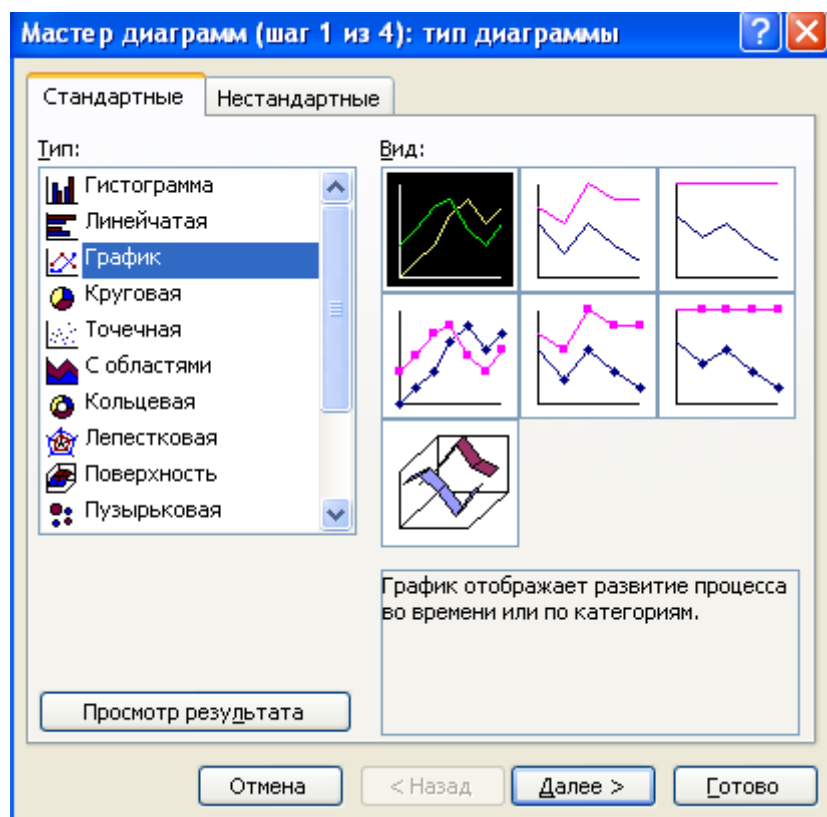
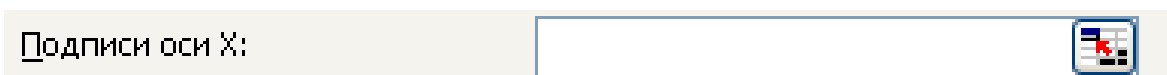


Рис.3.11 Диалоговое окно мастера диаграмм.

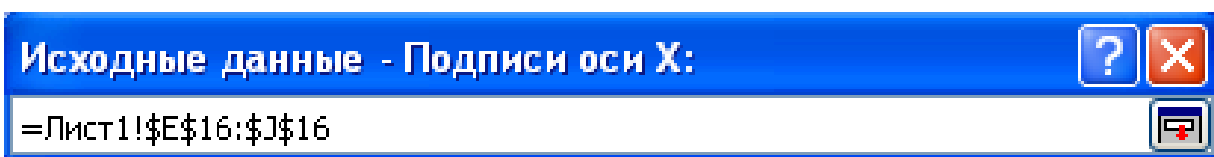
Нажимается кнопка «Далее», появляется следующее окно, состоящее из двух видов. Выбирается «Ряд», внизу имеется окошко для ввода данных по оси абсцисс «подписи оси X». Данные вводятся следующим образом. Нажимается цветная кнопка с права



Диалоговое окно сжимается, освобождая рабочее окно, в котором выделяется строка с подписями названий загрязнителей

2.04	0.76	0.18	-0.06	-0.14
Без ВОМ	Mn	Zn	Cu	Fe

И в сжатом окне мастера диаграмм нажимается цветная кнопка.



Диалоговое окно возвращается к виду «Исходные данные» и нажимается кнопка «Далее». Появляется окно «Параметры диаграмм», в котором

делается оформление диаграммы и нажимается кнопка «Далее», в следующем окне «Готово». В результате получим график представленный на рис.8.12.

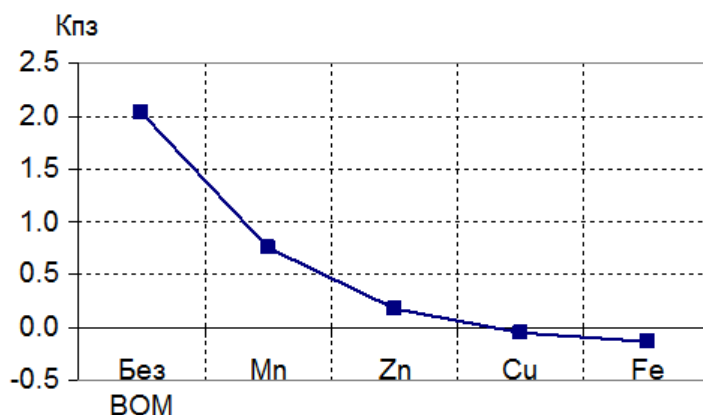


Рис.8.12 Эффективность водоохраных мероприятий.

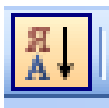
Для окончательного оформления графика делается щелчок по любой его области сначала левой кнопкой мышки, чтобы ее выделить, а затем правой. Появится диалоговое окно, в котором выбирается опция «формат....», которая позволяет выбрать шрифт, толщину линий, шрифт и т.п.

8.2 Построение кривой обеспеченности коэффициентов предельной загрязненности

Рассмотрим пример построения кривой обеспеченности коэффициентов Kпз по данным о загрязненности воды за один год. В этом случае, на основе значений коэффициентов предельной загрязненности, полученных в таблице (рис.8.10): $K_{пз}=2.04$ и многолетним значениям годовых объемов речного стока W_j .

-В окне Excel в ячейки столбца A заносятся значения объемов стока. Они могут быть скопированы из приложений Microsoft office, например Microsoft Word, если они в табличной форме.

-занесенный в ячейки ряд ранжируется в порядке убывания. Для этого его выделяют и в главном меню выбирают опцию «сортировка по убыванию»



. В результате ряд перестроится в порядке убывания.

-Весь ряд значений выделяется, в главном меню выбирается кнопка со знаком Σ , делается щелчок по опции «среднее». В результате в последней ячейке колонки А появляется значение среднемноголетнего объема стока $W_{ср}$. В рассматриваемом примере $W_{ср}=2206\text{млн.м}^3$.

- В ячейку В1 записывается формула для нормирования значений объемов стока по норме стока: $K_{рj}=W_j/W_{ср}$:

	А	В	С
1	7000	=A1/2206	
2	6293		
3	4797		
4	4441		
5	4179		
6	3968		
7	3927		
8	3572		
9	3530		
10	3520		

Рис.8.13 Ввод формулы для расчета модульных коэффициентов (K_p) объема стока.

Далее подводится курсор, который принимает форму (+), под выделенную точку черной рамки в правом нижнем углу ячейки с формулой, нажимается и удерживается правая кнопка мышки и курсор протаскивается по всем ячейкам колонки В, в которых требуется получить расчетные значения. В результате окно примет вид рис.8.14.

-В ячейке С1 записывается формула для расчета значений коэффициентов загрязненности.

$$K_{пзj} = 3311 \times \frac{2.04 + 1}{W_j} - 1$$

В данном примере объем стока в отчетном году, в который имеются измеренные данные о загрязненности воды, $W=3311 \text{ млн.м}^3$. Для данного года $K_{пз}$, без водоохраных мероприятий, равен 2.04 (рис.8.10). После ввода формулы нажимается кнопка «enter» и делается щелчок левой кнопкой мышки по ячейке С1.

EXP	A	B	C	D	E
			$= (3311 * (2.04 + 1) / A1) - 1$		
1	7000	3.17	$= (3311 * (2.04 + 1) / A1) - 1$		
2	6293	2.85			
3	4797	2.17			
4	4441	2.01			
5	4179	1.89			
6	3968	1.80			
7	3927	1.78			
8	3572	1.62			
9	3530	1.60			

Рис.8.14 Вид рабочего окна с рассчитанными значениями (K_p) модульных коэффициентов стока (ячейки B) и ввод формулы для расчета $K_{пз}$ в ячейку C1.

-Захватывая курсором угловую точку ячейки, делается протаскивание курсора по всей колонке C. В результате, появляются рассчитанные значения коэффициентов разбавления.

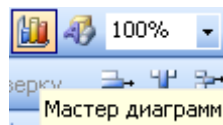
- В колонку ячеек D записываются номера ранжированного ряда (1, 2, 3, ..., N).

-В ячейку E1, записывается формула, для расчета значений обеспеченности стока (рис.8.15). В данном примере взят 100 летний ряд $N=100$. Значения обеспеченности стока рассчитываются в процентах, поэтому в числителе появляется значение 100.

C	D	E
		$= D1 * 100 / 100$
0.44	1	$= D1 * 100 / 100$
0.60	2	
1.11	3	
1.27	4	
1.42	5	
1.54	6	
1.57	7	
1.83	8	
1.86	9	

Рис. 8.15 Ввод формулы для расчета значений обеспеченности объемов стока ранжированного ряда (P%).

-Для построения графика кривой обеспеченности Кпз выделяется колонка со значениями Кпз. Выбирается опция главного меню «мастер диаграмм» и проводятся построения графика.



При этом по оси X выделяются значения колонки Е.

-В окне «исходные данные» таблицы «ряд» нажимается кнопка «добавить». Нажимается цветная кнопка опции «значения» и выделяется ряд ранжированных значений Кр (колонка С) (рис.8.16). Опять нажимается цветная кнопка в свернутом окне «исходные данные – значения».

Это позволяет ввести в построение графика и кривую обеспеченности стока реки. Далее продолжается формирование графика в соответствии с предложениями в окнах «мастера диаграмм». В этом же окне (рис. 8.16) выделяя «ряд1» или «ряд2» и нажимая цветную кнопку «имя» в свернутом окне с клавиатуры заносится обозначение линий на графике. В результате получается график (рис.8.17).

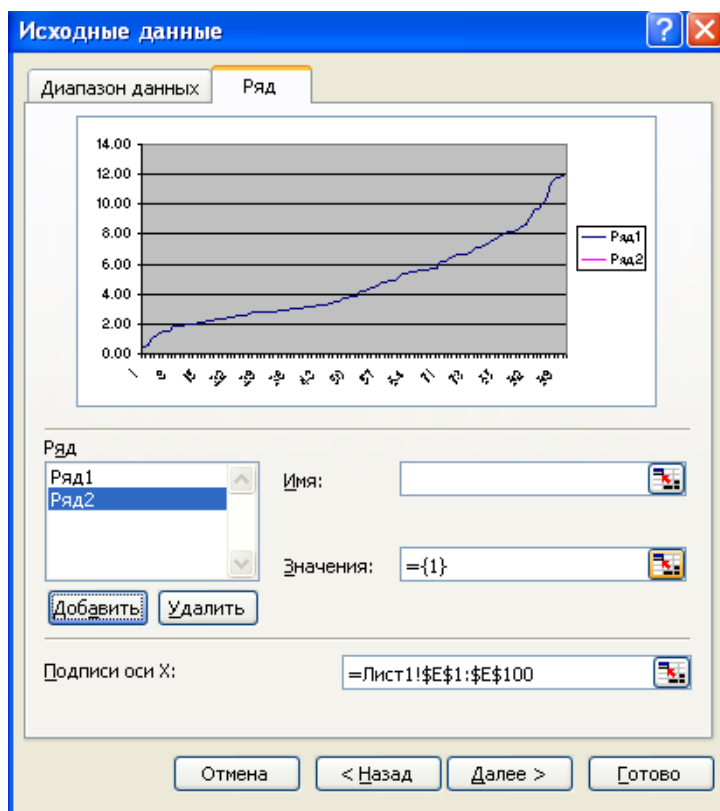


Рис.8.16 Окно для ввода исходных данных необходимых для построения графика.

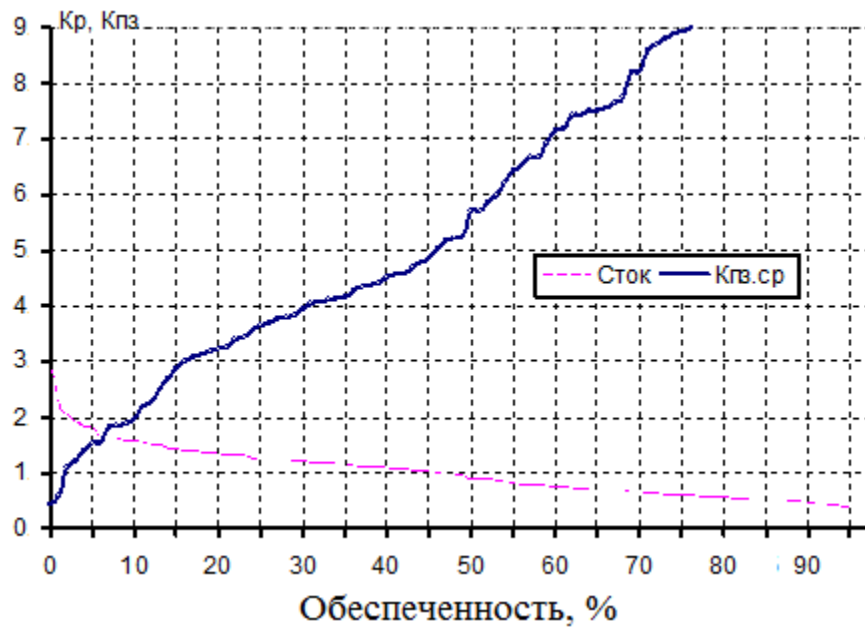


Рис.8.17 Кривые обеспеченности модульных коэффициентов речного стока (Кр) и показателя загрязненности воды (Кпз).

9.ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ ПРЕДОТВРАЩЕННОГО УЩЕРБА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИРТЫША

Величина предотвращенного ущерба от загрязнения водных объектов рассчитывается по формуле (2.18), учитывающей снижение загрязненности воды до уровня «умеренно загрязненная»:

$$U = p \times K_{уд} \times W_{ф} \times (K_{пз} - 1)$$

где p – коэффициент, учитывающий значимость водного объекта для водохозяйственных целей; $K_{уд}$ – удельная величина предотвращенного ущерба, руб/т ($P \times K_{уд} = 6517$ руб/усл.т /Временная методика..., 1999 г./; $K_{пз}$ – коэффициент предельной загрязненности речной воды без учета водоохранных мероприятий; $W_{ф}$ – фактический объем стока воды в реке, млн. м³.



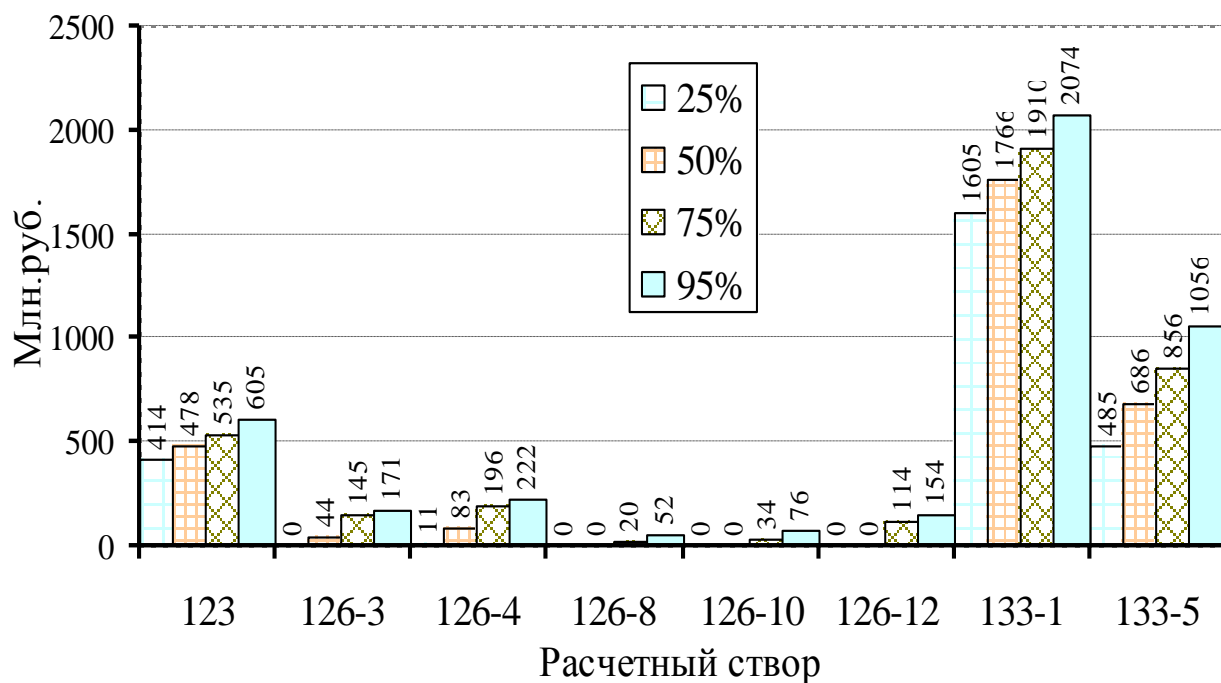


Рис.9.1 Величина предотвращенного ущерба от загрязнения воды в зависимости от обеспеченности года, для расчетных створов реки Иртыш.

Рассчитанные значения предотвращенного ущерба от загрязнения существенно отличается от значения представленного в /Временная методика, 1999/ (табл.9.1). Это связано с тем, что предлагаемая методика позволяет рассчитать ущерб с учетом фонового загрязнения реки, в данном случае медью. Исключение фонового загрязнения приводит к лучшему соответствию значений (табл.9.2, рис. 9.2).

Табл.9.1
Величина предотвращенного ущерба для рек бассейна Иртыш /Временная методика..., 1999г./, млн.р.

Бассейн реки	Ущерб от загрязнения,
Бассейн р. Иртыш (без р. Тобол и Ишим)	149,89
Бассейн р. Тобол (без р. Тавда, Тура и Исеть)	100,32
Бассейны р. Туры и Тавды	379,88
Бассейн р. Исети	695,29
Итого по бассейну р.Иртыш	1325.38

Табл. 9.2

Величина предотвращенного ущерба для рек бассейна Иртыш, рассчитанная через показатель загрязненности воды Кпз, млн.р.

P, %	С фоновым загрязнением	Без фонового загрязнения
25	2515	937
50	3057	1181
75	3810	1514
95	4410	1776

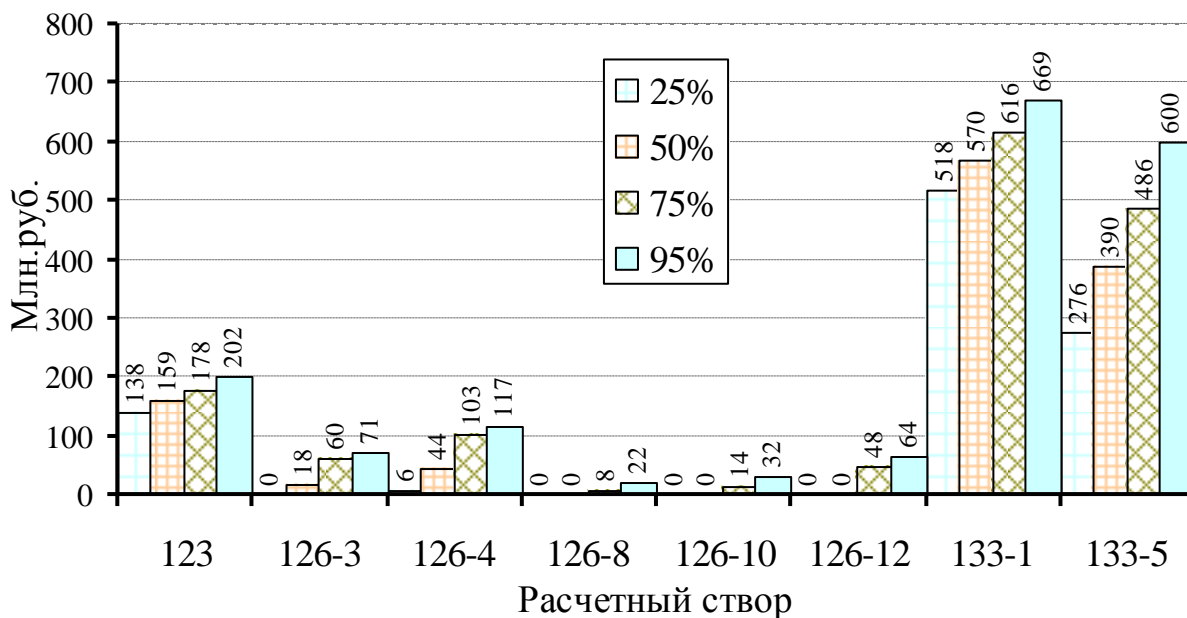


Рис.9.2 Величина предотвращенного ущерба от загрязнения воды в зависимости от обеспеченности года, для расчетных створов реки Иртыш, без фонового загрязнения воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абакумова В.А. Руководства по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. - под редакцией проф. СПб.: Гидрометеиздат. 1992.
2. Алимов А.Ф. Алимов А.Ф. Основные положения теории функционирования водных экосистем // Гидробиол. журн., 1990.- Т. 26, N 6.- С. 3-12.
3. Алимов А.Ф. Территориальность у водных животных и их размеры. // Известия АН. Сер. Биологическая. 2003, №1. С. 93-100.
4. Балущкина У.В. Хирономиды как индикаторы степени загрязнения воды. Методы биологического анализа пресных вод. – Л. 1976

5. Безматерных Д.М., Эйдукайтене ОВ. Видовое разнообразие зообентоса и протозоопланктона как один из показателей антропогенного загрязнения реки Барнаулки <http://bezmater.narod.ru/bioraz.htm>
6. Браун В.М. Рыбы как индикаторы качества вод. Научные сновы контроля качества поверхностных вод по гидробиологическим показателям. Л., 1979
7. Булгаков Н.Г, Дубинина В.Г, Левич А.П, Терехин А.Т.. Метод поиска сопряженностей между гидробиологическими показателями и абиотическими факторами среды. Успехи соврем. биологии. 2001 . Т. 121, N 2
8. Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. Охрана окружающей среды. Л., ГМИ. 423 с. 1991.
9. Временная методика определения предотвращенного экологического ущерба. - Государственный комитет Российской Федерации по охране окружающей среды. - г. М: 1999
10. Гиляров А.М. Применения индексов разнообразия при оценке загрязнения. Комплексные исследования экосистем бассейна р. Енисей – Красноярск, 1985
11. Губанов В. И., Клименко Н. П., Мальченко Ю. А., Рябинин А. И. Диагноз состояния загрязнения морских вод г. Севастополя некоторыми углеводородными соединениями и их производными в 1992-1997 гг. // Морск. гидрофизич. журн. № 3, 2000.
12. Губанов В.И., Стельмах Л.В., Клименко Н.П. **Комплексные оценки качества вод Севастопольского взморья (Черное море), 1997
13. Гусева Т.В., Молчанова Я.П., Заика Е.А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. Справочные материалы. Эколайн. www.purolat.ru/r/standard/eco-1.doc 2003
14. Дмитриев В.В. Оценка экологического состояния водных объектов суши. ч.2 Уязвимость водной экосистемы. СПб, Изд-во СПбГПУ, 2003

15. Дмитриев В.В. Оценка экологического состояния водных объектов суши. Экология. Безопасность. Жизнь. Экологический опыт гражданских, общественных инициатив. Гатчина. с.200-217. 1999.
16. Дмитриев В.В., Мякишева Н.В., Третьяков В.Ю., Хованов Н.В. Многокритериальная оценка экологического состояния и устойчивости геосистем на основе метода сводных показателей. II. Трофический статус водных экосистем. Вестник СПбГУ. Сер.7. Вып.1 (№7). с.51-66. 1977.
17. Кобринский Б.А. Медико-экологический мониторинг как основа профилактики хронической патологии у детей. Российский вестник перинатол. и пед. №5, 1994.
18. Крылов А.В. Введение в мир гидроэкологии. Абиотические факторы и способы их измерения. <http://bio.1september.ru/2000/25/8.htm>. №23-2000
19. Кузнецова М.А., Юлова Г.А. Методы оценки эвтрофирования водоемов. Экологический мониторинг. Ч. 3. Н.Новгород, 1998 .
20. Максимов В.Н., Булгаков Н.Г., Левич А.П., Терехин А.Т. Методика применения детерминированного анализа данных мониторинга для целей экологического контроля природной среды.
21. Маркин В.Н. Учет качества водных ресурсов в уравнении водохозяйственного баланса. <http://www.msuee.ru/kmirz/Htmls4/Markin/KoefRazb.htm>
22. Методические рекомендации по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. - М: Госкомгидромет СССР, 1988.
23. Методы биоиндикации и биотестирования природных вод. – 1989 Вып2.
24. Мониторинг и нормирование выбросов и сбросов загрязняющих веществ. http://mnepu.sura.ru/El_utebnik/ecomonitoring/Source/monitoring.htm
25. Оценка экологического состояния реки Охта на основе гидрохимических и гидробиологических методов / **03.03-83.179** // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных

- зон : Международная научная конференция , Санкт-Петербург , 18-20 окт., 2000 . Материалы конференции. - СПб., 2000
26. Оценка экологического состояния реки Охта на основе гидрохимических и гидробиологических методов / 03.03-83.179 // Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон : Международная научная конференция, Санкт-Петербург , 18-20 окт., 2000 . Материалы конференции. - СПб., 2000 - С. 11-12
27. Поддержка достижения нормативных показателей качества вод в Российской Федерации. Опыт российско-британского сотрудничества РОО «Центр природопользования», г. Ростов-на-Дону Компания «Мотт МакДональд Лтд.» Ростов-на-Дону 2004-005. <http://www.ecoprojects.ru/seps/docs/seps327/FinalLeaflet.pdf>
28. Реймерс Н.Ф. Экология: Теория, Законы, правила, принципы и гипотеза.- М.; Россия молодая 1994г
29. Реймерс Н.Ф. Экология, - М: Мысль, 1990
30. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. – Л. 1983
31. СанПиН 2.1.5.980-00 Гигиенические требования к охране поверхностных вод.- Минздрав России, 2001
32. Снакин В.В., Мельченко В.Е., Бутовский Р.О. и др. Оценка состояния и устойчивости геосистем. М. ВНИИ природа. 127 с. 1992.
33. Современное состояние методов оценки качества поверхностных вод суши. Гидрометеорология. Серия: Контроль загрязнения природной среды. – Обнинск, 1985, Вып. 1.
34. Справочник по гидрохимии / Под ред. А. М. Никанорова / Л.: Гидрометеоздат, 1989. – 391 с.
35. Справочник проектировщика- Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Под ред. Самохина В.Н. - М. Стройиздат, 1981.

36. Учебное пособие под ред. проф. Д.Б.Гелашвили. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та, 2003
37. Чернышев В.Б. Экология насекомых. М., 1996
38. Экологический мониторинг. Часть 5. Учебное пособие под ред. проф. Д.Б.Гелашвили. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского ун-та, 2003, с. 93-259
39. http://www.chronos.msu.ru/RREPORTS/levich_metodika_primen/levich_metodika_primen.htm. - 2000 г
40. Jonson R.K. The indicator concept in freshwater biomonitoring // Chironomids: From genes to ecosystems / Ed. P. Cranston. – Melbourne: CSIRO Publication, 1995
41. *Moncheva S., Doncheva V.* Eutrophication index ((E) TRIX) – an operational tool for the Black Sea coastal water ecological quality assessment and monitoring. – International symposium "The Black Sea ecological problems". – Odessa, SCSEIO, 2000. – P. 178 – 185.
42. OECD (Vollenveider R. A., Kerekes J.J. ed.). Eutrophication of waters: monitoring assessment and control. – Paris, 1982. – 154 p.
43. Vollenveider R. A., Giovanardi F., Montanari G. et al. Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters, with special reference to the NW Adriatic Sea. – Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. – Environmetrics. No 9, 1998
44. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения. В 2 кн. : М.Наука, 2005

ВИТАЛИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ШАБАНОВ
ВЯЧЕСЛАВ НИКОЛАЕВИЧ МАРКИН

**МЕТОДИКА
ЭКОЛОГО–ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
ОЦЕНКИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

МОНОГРАФИЯ

РЕДАКТОР Л.В.МИХЕЙКИНА

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА В.П.СМЫКОВОЙ

Подписано в печать 2.11.2009г. Т.-500экз

Объем 9.6уч.-изд.л. (155 стр.)