

КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ УПРАВЛЕНИЯ, ЭКОНОМИКИ И ФИНАНСОВ

Кафедра природообустройства и водопользования

О.Ю. Деревенская

ПРОБЛЕМЫ ВОДНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Учебно-методическая разработка
по дисциплине «Проблемы водной безопасности»**

Казань - 2024

УДК 556(075.8)
ББК 26.22я73
Д36

*Печатается по рекомендации учебно-методической комиссии
Института управления, экономики и финансов КФУ
Казанского (Приволжского) федерального университета
(протокол № 2 от 23 сентября 2024 г.),
кафедры Природообустройства и водопользования
Казанского (Приволжского) федерального университета
(протокол № 1 от 3.09.2024)*

Деревенская О.Ю.

Д36 Проблемы водной безопасности: учебно-методическая разработка /
О.Ю. Деревенская. – Казань: Издательство Казанского университета, 2024.
– 48 с.

Учебно-методическая разработка предназначена для студентов кафедры Природообустройства и водопользования Института управления, экономики и финансов КФУ, изучающих дисциплину «Проблемы водной безопасности» (магистранты по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование», магистерские программы «Безопасность и реабилитация территорий природных и техногенных катастроф», «Урбоэкология», 1 курс). Разработка рекомендуется к использованию при проведении практических занятий по курсу.

В учебно-методической разработке предлагаются варианты практических заданий, даются примеры их решения. Практические задания подкрепляют лекционные материалы по дисциплине «Проблемы водной безопасности», иллюстрируют возможность применения полученных теоретических знаний на практике.

Публикация осуществляется в рамках проекта «Переработка и редизайн дисциплины «Проблемы водной безопасности», реализуемого победителем грантового конкурса для преподавателей магистратуры 2023/2024 стипендиальной программы Владимира Потанина

УДК 556(075.8)
ББК 26.22я73

© Издательство Казанского университета, 2024

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
Тема 1. Водные ресурсы стран и регионов мира: объемы, состояние, обеспеченность, проблемы и перспективы использования.....	6
Практическая работа 1. Значение воды и водных ресурсов для биосферы и человека.....	7
Практическая работа 2. Водные ресурсы и их эксплуатация в странах СНГ и сопредельных государствах.....	7
Практическая работа 3. Водные ресурсы и управление водным хозяйством в зарубежных странах.....	8
Вопросы для самоконтроля к теме 1.....	8
Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 1.....	9
Тема 2. Водные ресурсы России: водообеспеченность территорий, состояние, проблемы. Законодательные акты, стандарты, нормы и правила в области охраны водных ресурсов.....	10
Практическая работа 4. Состав природных вод. Макрокомпоненты.....	10
Практическая работа 5. Водные ресурсы России. Законодательные акты, стандарты, нормы и правила в области охраны вод.....	14
Вопросы для самоконтроля к теме 2.....	15
Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 2.....	15
Тема 3. Водная безопасность и устойчивое водоснабжение регионов России, отраслей промышленности и сельского хозяйства. Защита от негативного воздействия вод. Государственное управление использованием и охраной водных ресурсов.....	16
Практическая работа 6. Водная безопасность и устойчивое водоснабжение. Защита от негативного воздействия вод.....	16
Практическая работа 7. Оценка влияния сточных вод на качество воды в реке.....	16
Практическая работа 8. Каналы, их назначение и роль в перераспределении вод.....	19
Вопросы для самоконтроля к теме 3.....	20
Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 3.....	20
Тема 4. Водохозяйственные объекты, водохозяйственные комплексы, водохозяйственные системы: структура, элементы, взаимосвязь. Особенности водоснабжения и требования к качеству воды в промышленности, сельском и коммунально-бытовом хозяйстве.....	21
Практическая работа 9. Расчет индекса загрязненности воды и оценка качества вод.....	21

Практическая работа 10. Водохозяйственные объекты, водохозяйственные комплексы, водохозяйственные системы. Особенности различных видов водоснабжения и требования к качеству воды	25
Вопросы для самоконтроля к теме 4.....	25
Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 4.....	26
Тема 5. Качество воды водных объектов. Использование и охрана вод. Мониторинг водных объектов. Международное сотрудничество в области охраны водных ресурсов.....	27
Практическая работа 11.	27
Практическая работа 12. Оценка пригодности водотока для питьевого водоснабжения.....	27
Практическая работа 13. Расчет УКИЗВ и оценка качества воды.....	34
Вопросы для самоконтроля к теме 5.....	46
Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 5.....	46
Литература.....	48

Введение

Вода – это ценнейший ресурс, играющий важнейшую роль в жизни человека и общества. Вода необходима для существования биосферы и поддержания жизни человека, что обусловлено ее уникальными свойствами и присутствием во всех сферах Земли. Вода – незаменимый ресурс для промышленного производства и сельского хозяйства. Развитие цивилизации с древнейших времен неразрывно связано с использованием водных объектов, они оказывали исключительно большое влияние на развитие человеческого общества. Это влияние практически всегда неоднозначно. С одной стороны, достаточное количество водных ресурсов благоприятствует развитию сельского хозяйства, водоёмких отраслей промышленности, торговли. В странах с дефицитом воды, особенно питьевой, есть трудности с дальнейшим экономическим развитием. С другой стороны, вода может стать причиной возникновения чрезвычайных ситуаций, вызывать человеческие жертвы и экономические потери, как, например, при наводнениях, сопровождающихся затоплением или подтоплением территорий. Разрушительный эффект имеют и засухи. Еще большую опасность представляют техногенные катастрофы, связанные с разрушением плотин водохранилищ, приводящие к человеческим жертвам и многомиллионному ущербу экономике и окружающей среде. Все это говорит о важности изучения проблем, связанных с управлением и использованием водных ресурсов, поиска путей их решения, разработки методов оценки экологического состояния водных объектов, а при необходимости – их экореабилитации.

ТЕМА 1. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СТРАН И РЕГИОНОВ МИРА: ОБЪЕМЫ, СОСТОЯНИЕ, ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ, ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Практическая работа 1

Значение воды и водных ресурсов для биосферы и человека

Задание 1. Дайте определение следующих понятий: вода, водный объект, водные ресурсы, водопользование, водопотребление, качество воды, охрана вод, истощение водных ресурсов, эвтрофирование.

Задание 2. Обоснуйте следующие утверждения, учитывая разные аспекты:

- а) Вода – основа жизни на Земле.
- б) Вода – геологический фактор, регулятор климата.
- в) Вода как фактор здоровья человека.
- г) Вода в хозяйственной деятельности человека (Лукашевич и др., 2009).

Задание 3. Установите соответствие между отраслями промышленности, видами деятельности и возможными типами загрязнителей, попадающих в водные объекты со сточными водами предприятий этих отраслей.

К каждой позиции, данной в первом столбце, подберите одну или несколько соответствующих позиций из второго столбца.

- | | |
|--|----------------------------------|
| 1. Сельское хозяйство | а) тяжелые металлы |
| 2. Коммунально-бытовое хозяйство | б) органические вещества |
| 3. Добыча, транспортировка, переработка нефти и нефтепродуктов | в) СПАВ |
| 4. Металлургия, металлообработка | г) взвешенные вещества |
| 5. Строительство, добыча строительных материалов | д) нефтепродукты |
| 6. Необорудованные свалки ТБО | е) пестициды |
| 7. Химическая промышленность | ж) фенолы |
| 8. Рекреация | з) соединения азота и фосфора |
| | и) болезнетворные микроорганизмы |
| | к) щелочи и кислоты |

Задание 4. Дайте ответы на вопросы и обоснуйте их.

- 1) Какие воды поверхностные или подземные считаются наиболее чистыми и почему?
- 2) Как происходит загрязнение поверхностных вод?

3) Как происходит загрязнение подземных вод?

Задание 5. Хозяйственная деятельность оказывает существенное влияние на водоемы и водотоки. Причинами истощения и загрязнения пресных вод являются:

- а) неравномерное распределение воды во времени и пространстве;
- б) рост потребления воды;
- в) потери воды при транспортировке и использовании;
- г) интенсивный отбор воды из водоисточника;
- д) разработка месторождений полезных ископаемых. Водоотлив из шахт, штолен. Использование растворов для увеличения давления в пластах;
- е) урбанизация территорий (жилая застройка, энергетические объекты, свалки отходов);
- ж) сброс сточных вод;
- з) сельскохозяйственная деятельность;
- и) орошение земель;
- к) загрязнение атмосферы.

Укажите, какие из этих проблем актуальны для нашего региона и как каждая из этих проблем может быть решена.

Практическая работа 2

Водные ресурсы и их эксплуатация в странах СНГ и сопредельных государствах

Задание: дайте развернутую характеристику водных ресурсов и водного хозяйства одной из стран СНГ и сопредельных государств.

1. Армения
2. Азербайджан
3. Беларусь
4. Казахстан
5. Кыргызская республика
6. Молдова
7. Таджикистан
8. Узбекистан
9. Украина
10. Эстония
11. Латвия
12. Литва

Порядок проведения. Работа выполняется в письменном виде. Преподаватель предлагает оценить объемы, запасы водных ресурсов в одной из стран

СНГ или сопредельных государствах и построить структуру водного хозяйства этих стран в сопоставлении с развитыми странами Европы и мира. Время на подготовку ответа - 60 минут. Ответ составляется обучающимся в свободной форме в виде доклада, презентации. Ответ должен отражать владение обучающимся материалом по теме работы, его аналитические способности. Примеры, приводимые в ответе, должны показывать владение методами, умения и навыки, вырабатываемые в ходе освоения компетенций.

Практическая работа 3

Водные ресурсы и управление водным хозяйством в зарубежных странах

Задание: дайте развернутую характеристику водных ресурсов и водного хозяйства в одной из зарубежных стран.

1. Япония
2. Канада
3. Китай
4. Южная Корея
5. Северная Корея
6. Великобритания
7. Германия
8. Франция
9. Италия
10. Бразилия
11. Финляндия
12. Норвегия

Порядок проведения. Работа выполняется в письменном виде. Преподаватель предлагает оценить объемы, запасы водных ресурсов в одной из зарубежных стран, построить структуру водного хозяйства этой страны. Время на подготовку ответа - 60 минут. Ответ составляется обучающимся в свободной форме в виде доклада, презентации. Ответ должен отражать владение обучающимся материалом по теме работы, его аналитические способности. Примеры, приводимые в ответе, должны показывать владение методами, умения и навыки, вырабатываемые в ходе освоения компетенций.

Вопросы для самоконтроля к теме 1.

Какую роль имеет вода жизни человека и природы? Чем обусловлены уникальные свойства воды? Каково современное состояние и перспективы развития мирового водного хозяйства? Какова водообеспеченность Евразии? Ка-

кова водообеспеченность Северной Америки? Какова водообеспеченность Южной Америки? Какова водообеспеченность Австралии? Какова водообеспеченность Африки? Какова водообеспеченность стран СНГ? Какие водные объекты называются трансграничными? В каких регионах мира есть проблема дефицита воды? Как на водообеспеченность влияет загрязнение воды? Каковы перспективы водообеспеченности различных регионов в связи с глобальным потеплением климата?

Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 1.

Список основной литературы

1. Тихонова И.О., Кручинина Н.Е. Экологический мониторинг водных объектов. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 202 с.
<https://znanium.ru/catalog/document?id=422609> (глава 1, стр. 10-17; глава 3 стр. 53-71; глава 5, стр. 90-123).
2. Никифоров А.Ф., Кутергин А.С., Семенищев В.С., Никифоров С.В. Экологические основы охраны водных ресурсов. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. – 192 с.
<https://znanium.ru/catalog/document?id=421201> (глава 4, стр. 62-131)
3. Бакштанин А.М., Беглярова Э.С., Бубер А.Л., Галямина И.Г., Глазунова И.В., Дмитриева А.В., Жабин В.Ф., Козлов Д.В., Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Соколова С.А., Федоров С.А. Водохозяйственные системы и водопользование. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2022. – 452 с.
<https://znanium.ru/catalog/document?id=380047> (Введение стр. 6-11, глава 2, стр. 30-109).
4. Фоменко А.И. Водные и минеральные природные ресурсы. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 196 с. <https://znanium.ru/catalog/document?id=346700> (глава 1, стр. 5-23; глава 2 стр. 24-62; глава 3 стр. 64-92).

Список дополнительной литературы

1. Дружинин А.Г., Клемешев А.П., Федоров Г.М., Гонтарь Н.В. Горочная В.В., Дец И.А., Кузнецова Т.Ю., Лачининский С.С., Михайлов А.С., Михайлова А. А., Пальмовски Т.Э., Студжиницки Т.П. Приморские зоны России на Балтике: факторы, особенности, перспективы и стратегии трансграничной кластеризации. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 216 с.
<https://znanium.ru/catalog/document?id=429238> (глава 2 стр. 35-66; глава 3 стр. 66-148)
2. Косолапова Н.А., Матвеева Л.Г., Чернова О.А. Вода как стратегический ресурс социально-экономического развития региона. - Издательство: Южный федеральный университет, 2022. – 206 с.
<https://znanium.ru/catalog/document?id=429837> (Введение, стр. 5-8; глава 1, стр. 8-15)

3. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2023) (глава 1)
4. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция) (глава 1).

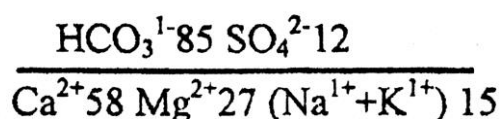
ТЕМА 2. ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ: ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТЬ ТЕРРИТОРИЙ, СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ. ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ АКТЫ, СТАНДАРТЫ, НОРМЫ И ПРАВИЛА В ОБЛАСТИ ОХРАНЫ ВОД

Практическая работа 4 Состав природных вод. Макрокомпоненты

Природная вода существует не в виде химического соединения, состоящего только из водорода и кислорода, а представляет собой сложное тело, в состав которого помимо молекул воды входят разнообразные вещества, газы. В воде подавляющее большинство солей существует в виде ионов. В природных водах преобладают три аниона (гидрокарбонат HCO_3^- , хлорид Cl^- и сульфат SO_4^{2-}) и четыре катиона (кальций Ca^{2+} , магний Mg^{2+} , натрий Na^+ и калий K^+), их называют главными ионами. Они составляют в пресных водах свыше 90–95 %, а в высокоминерализованных – свыше 99 % всех растворенных веществ. По преобладающим ионам определяют тип воды. В соответствии с классификацией О.А. Алекина, все воды делятся на три класса по преобладающему аниону: гидрокарбонатные (карбонатные), сульфатные и хлоридные. Каждый класс вод подразделяется на три группы по преобладающему (в %-экв.) катиону – кальциевую, магниевую и натриевую (рис. 1, табл. 1). В группах выделяют несколько типов по соотношению (в мг-экв./л) между ионами (Алекин, Воронков, 1946; Алекин, 1948).

Формула Курлова. Томский исследователь М.Г. Курлов в 1928 г. предложил удобную формулу для выражения химического состава воды. Формула имеет вид дроби. В числителе дроби в убывающем порядке записано процент-эквивалентное содержание анионов, а в знаменателе – катионов. Если содержание ионов меньше 10%, то они в формулу Курлова не включаются.

Пример формулы Курлова:



Для более полного выражения информации об исследованной пробе воды слева от дробки дается общая минерализация воды в г/л, справа – специфические для данной воды компоненты, рН, температура.

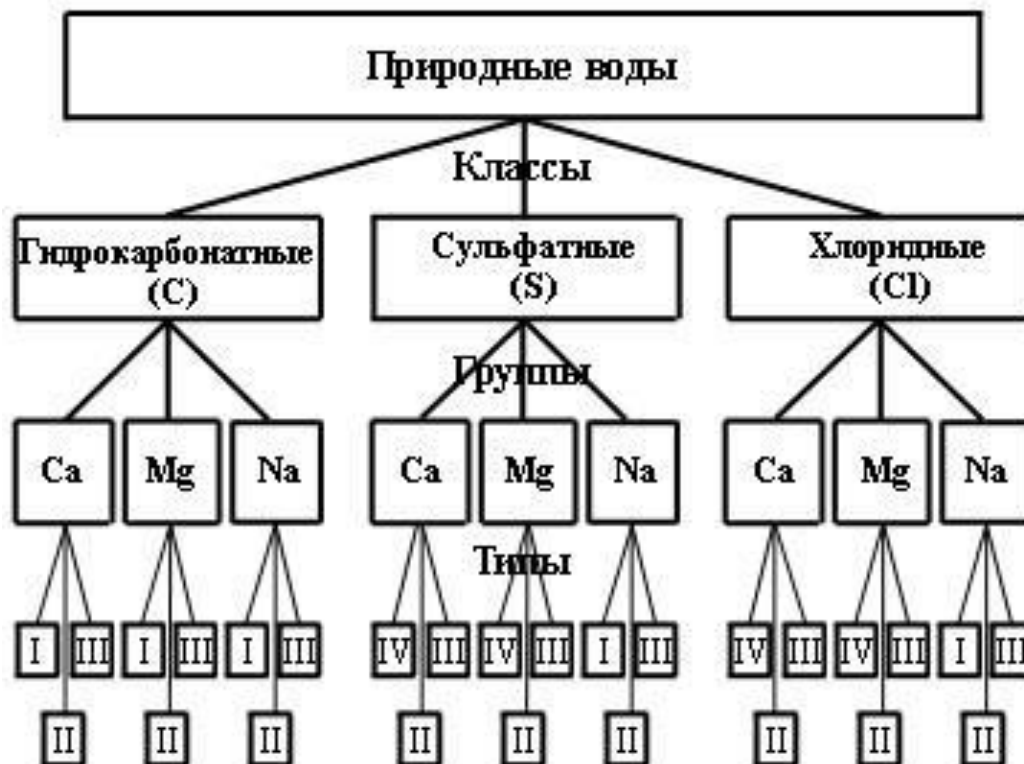


Рис. 1. Классификация вод по химическому составу по О.А. Алекину (Алекин, Воронков, 1946; Алекин, 1948)

Таблица 1

Типы вод по О.А. Алекину (Алекин, Воронков, 1946; Алекин, 1948)

Тип воды	Соотношение между катионами и анионами (мг-экв/л).	Характеристика воды
Первый (I)	$\text{HCO}_3^- > \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	Пресные, мягкие
Второй (II)	$\text{HCO}_3^- < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < \text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$	Пресные и солоноватые, жесткие
Третий (III)	$\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} < \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	Агрессивные, обычно соленые
Четвертый (IV)	$\text{HCO}_3^- = 0$	Кислые

Задание: По результатам химического анализа пробы воды (табл. 2) составить формулу Курлова, определить тип воды, дать характеристику воды по классификации О.А. Алекина.

Таблица 2

Результаты физико-химических анализов проб воды (Мингазова и др., 2001; Уникальные..., 2001; Павлова и др., 2009)

Вариант	1	2	3	4	5	6
Показатель	Соленое	Шундоер	Малое Голубое-1	Малое Голубое-2	Большое Голубое	Малое Лебяжье
Температура, °С		13,6	7,00	7,00	10,00	19,10
pH, ед.	7,2	7,1	7,2	7,3	7,2	7,8
Кислород, мг/л	12,4	11,7	12,0	9,6	9,5	10,6
Cl ⁻ , мг/л	880,50	4,80	13,00	13,20	14,40	39,50
SO ₄ ²⁻ , мг/л	920,60	11,80	1358,80	1417,80	1772,30	17,10
HCO ₃ ⁻ , мг/л	95,80	73,20	297,80	286,10	259,00	21,40
NH ₄ ⁺ , мг/л	0,72	0,68	49,92	6,59	1,22	0,96
NO ₂ ⁻ , мг/л	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
NO ₃ ⁻ , мг/л	0,27	0,31	3,48	3,61	2,99	0,57
PO ₄ ³⁻ , мг/л	0,56	0,03	0,04	0,04	0,02	0,24
F ⁻ , мг/л	0,1	0,1	0,18	0,16	0,18	0,21
Na+K ⁺ , мг/л	737,0	0,1	97,1	65,3	205,3	20,4
Ca ²⁺ , мг/л	140,3	28,1	368,3	433,5	551,7	10,0
Mg ²⁺ , мг/л	97,3	6,1	133,8	123,1	66,3	5,2
Fe, мг/л	0,25	0,50	0,17	0,18	0,04	0,24
Cr, мг/л	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002
Cu, мг/л	0,001	0,025	0,009	0,007	0,003	0,006
Zn, мг/л	0,091	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Mn, мг/л	0,01	0,01	0,01	0,05	0,04	0,01
Pb, мг/л	0,008	0,124	0,10	0,10	0,00	0,05
Al, мг/л	0,048	0,128	0,135	0,125	0,167	0,086
H ₂ S, мг/л	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Минерализация, мг/л	2873,6	126,4	2275,30	2345,60	2880,40	115,20

Ход работы: Составить и заполнить таблицу:

Ионы	мг/л	мг-экв./л	%-экв.
Катионы			
...			
Анионы			
...			
Общая сумма			

1. В первом столбце таблицы записать сначала катионы, затем анионы, во втором столбце – их концентрацию (в мг/л). Подсчитать суммарное содержание катионов и отдельно суммарное содержание анионов, затем общее со-

держание всех ионов. Сравнить сумму ионов (в мг/л) с величиной сухого остатка (общей минерализации) (табл. 2). Сумма ионов не может быть больше общей минерализации.

2. Пересчитать данные химического анализа воды из ионной (мг/л) в эквивалентную (мг-экв./л). Результат записать в соответствующий столбец. Смысл этой операции заключается в следующем: ионы различаются друг от друга не только зарядом и химическим составом, но и своим молекулярным весом. Например, содержащиеся в природных очень небольшом количестве, но «тяжелые» ионы йода будут казаться преобладающими над обычными, но более «легкими» ионами хлора. Значит, для корректного сравнения содержания ионов разного состава нужно скорректировать данные с учетом веса молекул, перейти от массовых единиц (мг/л) – к количественным (мг-экв./л). Например, концентрация SO_4^{2-} в воде 76 мг/л. По таблице Менделеева находим вес молекулы SO_4^{2-} ($32 + 16 * 4$) = 96. Нужно учесть валентность соединения $96 / 2 = 48$. Находим концентрацию SO_4^{2-} в мг-экв./л: $76 / 48 = 1,58$ мг-экв./л.

Суммы катионов и анионов в эквивалентной форме должны быть приблизительно равны.

3. Определить процент-эквивалентное (%-экв.) содержание ионов. Для этого сумму отдельно катионов (и, соответственно, отдельно анионов) принимают за 100% и вычисляют долю каждого катиона (аниона) в %. Результат записать в соответствующий столбец.

4. Составить формулу Курлова. Данные в формулу нужно подставлять в %-эквивалентной форме. В числителе формулы записать по мере убывания анионы, а в знаменателе – катионы (с цифровым указанием %). Например:

$$\frac{\text{HCO}_3^{-1} \cdot 85 \text{ SO}_4^{2-} \cdot 12}{\text{Ca}^{2+} \cdot 58 \text{ Mg}^{2+} \cdot 27 (\text{Na}^{1+} + \text{K}^{1+}) 15}$$

Перед формулой последовательно записать содержание газов (мг/л, микрокомпонентов (мг/л) и общую минерализацию (г/л), обозначить ее буквой М. Например:

$$\text{CO}_2 4,8 \text{ Fe} 0,1 \text{ NO}_3^{-1} 0,06 \text{ M} 0,447 \frac{\text{HCO}_3^{-1} \cdot 85 \text{ SO}_4^{2-} \cdot 12}{\text{Ca}^{2+} \cdot 58 \text{ Mg}^{2+} \cdot 27 (\text{Na}^{1+} + \text{K}^{1+}) 15}$$

После дроби последовательно указать величину рН, температуру ($t^{\circ} \text{C}$). Например:

$$\text{CO}_2 4,8 \text{ Fe} 0,1 \text{ NO}_3^{-1} 0,06 \text{ M} 0,447 \frac{\text{HCO}_3^{-1} \cdot 85 \text{ SO}_4^{2-} \cdot 12}{\text{Ca}^{2+} \cdot 58 \text{ Mg}^{2+} \cdot 27 (\text{Na}^{1+} + \text{K}^{1+}) 15} \text{ рН } 7,6 \text{ t } 12^{\circ} \text{C} \text{ D } 51,8$$

5. Охарактеризовать воду в водном объекте по формуле Курлова. Для этого нужно перечислить анионы, а затем катионы в порядке возрастания их концентраций. Например, **вода гидрокарбонатно-кальциевая**.

Можно словесно записать формулу Курлова, включив в него данные об общей минерализации, кислотности и температуре. Например: **вода пресная гидрокарбонатно-кальциевая, слабощелочная, холодная**.

6. Определить тип воды по классификации О.А. Алекина (табл. 1). Например: вода по содержанию ионов относится ко II типу (пресная, жесткая).

Практическая работа 5

Водные ресурсы России. Законодательные акты, стандарты, нормы и правила в области охраны вод

Задание: подготовьте сообщение по одной из тем.

1. Объемы и запасы пресных вод на территории России, водообеспеченность по сравнению с другими странами мира.
2. Распределение водных ресурсов по территории России.
3. Водные ресурсы России: водохранилища, озера, реки, болота, ресурсы и запасы подземных вод, ледники и снежники России.
4. Проблемы, связанные с недостаточной водообеспеченностью разных регионов России и их решение.
5. Законодательные акты, устанавливающие нормы использования и охраны водных ресурсов.
6. Форма собственности на водные объекты в России. Могут ли находиться в собственности граждан и юридических лиц водные объекты Российской Федерации?
7. Права и обязанности собственников водных объектов, водопользователей при использовании водных объектов. Приостановление или ограничение водопользования.
8. Водный кадастр и водный реестр. Получение информации из водного реестра.
9. Сбор, хранение информации о водных объектах.
10. Государственные стандарты в области охраны окружающей природной среды.
11. СНИПы.
12. СанПИНы.

Вопросы для самоконтроля к теме 2

Каковы запасы водных ресурсов России? Как они используются? Как формируется качество поверхностных и подземных вод? Как сказываются на водных объектах России негативные последствия изменения климата? Каковы основные понятия и принципы охраны поверхностных и подземных вод? Какие есть стандарты, нормы и правила в области охраны водных ресурсов? Каковы основные законодательные акты по охране водных ресурсов? О чем говорят основные положения «Водного кодекса РФ», ФЗ «Об охране окружающей среды» об охране водных ресурсов? Как осуществляется ведение государственного водного реестра, какие разделы он содержит? Как можно использовать кадастровые сведения в экономических, хозяйственных и природоохранных целях? Кто поставляет сведения для водного реестра?

Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 2

Список основной литературы

1. Косолапова Н.А., Матвеева Л.Г., Чернова О.А. Вода как стратегический ресурс социально-экономического развития региона. - Издательство: Южный федеральный университет, 2022. – 206 с.

<https://znanium.ru/catalog/document?id=429837> (глава 2 стр. 48-193).

2. Бакштанин А.М., Беглярова Э.С., Бубер А.Л., Галямина И.Г., Глазунова И.В., Дмитриева А.В., Жабин В.Ф., Козлов Д.В., Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Соколова С.А., Федоров С.А. Водохозяйственные системы и водопользование. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2022. – 452 с.

<https://znanium.ru/catalog/document?id=380047> (глава 1 стр. 12-29).

3. Тихонова И.О., Кручинина Н.Е. Экологический мониторинг водных объектов. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 202 с.

<https://znanium.ru/catalog/document?id=422609> (глава 5, стр. 90-123).

Список дополнительной литературы

1. Фоменко А.И. Водные и минеральные природные ресурсы. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 196 с. <https://znanium.ru/catalog/document?id=346700> (глава 2, стр. 24-64).

2. Дружинин А.Г., Клемешев А.П., Федоров Г.М., Гонтарь Н.В. Горочная В.В., Дец И.А., Кузнецова Т.Ю., Лачининский С.С., Михайлов А.С., Михайлова А. А., Пальмовски Т.Э., Студжиницки Т.П. Приморские зоны России на Балтике: факторы, особенности, перспективы и стратегии трансграничной кластеризации. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 216 с. <https://znanium.ru/catalog/document?id=429238> (глава 1, стр. 7-25).

3. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2023) (глава 2)

4. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция) (глава 1)

**ТЕМА 3. ВОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И УСТОЙЧИВОЕ
ВОДОСНАБЖЕНИЕ РЕГИОНОВ РОССИИ, ОТРАСЛЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА.
ЗАЩИТА ОТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОД.
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
И ОХРАНОЙ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Практическая работа 6

**Водная безопасность и устойчивое водоснабжение. Защита
от негативного воздействия вод**

Задание: подготовьте сообщение по одной из тем.

1. Цели и задачи водообеспечения. Современные проблемы водообеспечения.
2. Основные проблемы, связанные с обеспечением водными ресурсами и пути их решения.
3. Способы экономии водных ресурсов. Как еще можно увеличить количество располагаемых водных ресурсов?
4. Влияние водохранилищ и других водохозяйственных сооружений на гидрологический режим водных объектов.
5. Влияние водохранилищ и других водохозяйственных сооружений на абиотические факторы природной среды.
6. Влияние водохранилищ и других водохозяйственных сооружений на биотические факторы природной среды.
7. Основные характеристики водохранилищ.
8. Типы и конструкции плотин.
9. Классификация водохранилищ по назначению.
10. Управление водными ресурсами в России.
11. Структура органов управления водным хозяйством России.
12. Государственный контроль и надзор в области охраны водных ресурсов.

Практическая работа 7

Оценка влияния сточных вод на качество воды в реке

Условие: в реку сбрасываются сточные воды. Были отобраны пробы воды в трех точках: станция 1 – в 100 м выше источника загрязнения; станция 2 – в месте поступления сточных вод; станция 3 – в 100 м ниже источника загрязнения. Результаты анализов проб воды приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3

Вариант 1. Результаты анализа проб воды

Ингредиенты	Ед. изм.	ПДКрх	Результаты анализа (С)		
			Ст. 1	Ст.2	Ст. 3
БПК ₅	мг/дм ³	2,1	2	5	3
Кислород растворенный	мг/дм ³	не менее 6	8,35	6	6,5
Аммоний ион	мг/дм ³	0.5	0,4	1	0,55
Нитриты	мг/дм ³	0.08	0.034	0,06	0,05
Нитраты	мг/дм ³	40	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Хлориды	мг/дм ³	300	21,3	315	200
Сульфаты	мг/дм ³	100	109	109	109
Фосфаты	мг/дм ³	0,2	0,105	0,5	0,2
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,02	0,02	0,02
Сероводород	мг/дм ³	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002
АСПАВ	мг/дм ³	0,1	0,05	0,05	0,05
Железо	мг/дм ³	0,1	0,2	0,25	0,23
Свинец	мг/дм ³	0,006	0,002	0,002	0,002

Таблица 4

Вариант 2. Результаты анализа проб воды

Ингредиенты	Ед. изм.	ПДКрх	Результаты анализа (С)		
			Ст. 1	Ст.2	Ст. 3
БПК ₅	мг/дм ³	2,1	1,8	5	4
Кислород растворенный	мг/дм ³	не менее 6	8,35	5	6
Аммоний ион	мг/дм ³	0,5	0,4	0,38	0,45
Нитриты	мг/дм ³	0,08	0,034	0,030	0,036
Нитраты	мг/дм ³	40	21	45	40
Хлориды	мг/дм ³	300	21,3	25	28
Сульфаты	мг/дм ³	100	109	108	111
Фосфаты	мг/дм ³	0,2	0,105	0,3	0,25
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,02	0,1	0,08
Сероводород	мг/дм ³	0,005	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Медь	мг/дм ³	0,001	0,0005	0,0005	0,0005
АСПАВ	мг/дм ³	0,1	0,05	0,15	0,13
Натрий	мг/дм ³	120	80	90	88

Цель работы: оценить влияние сточных вод сбрасываемых в реку на качество воды в ней.

Задание:

1. Выявить показатели, превышающие ПДК.
2. Описать результаты, полученные по каждой станции, сделать выводы об изменении концентраций веществ.
3. Сделать предположение относительно источников поступления загрязняющих веществ в водный объект.
4. Определить категорию загрязнения воды в реке по ГОСТ 17.1.2.04–77.

Ход выполнения работы:

1. Сравните значение каждого показателя с ПДК рх для этого показателя, рассчитайте превышение ПДК по формуле:

$$\frac{C_i}{\text{ПДК } i}, \quad (1)$$

где C_i – концентрация i -го ингредиента, $\text{ПДК } i$ – ПДКрх для этого ингредиента.

Концентрация вещества превышает нормативные значения, если полученный результат будет больше 1.

2. Для удобства анализа рекомендуется результаты внести в таблицу, где в первом столбце – список ингредиентов, а во втором-четвертом – величины превышения ПДК, рассчитанные по формуле 1 по соответствующему ингредиенту для станций 1-3.

3. Опишите, как изменяются концентрации веществ в воде от станции 1 к станции 3. Сделайте предположение, какие виды воздействия или сточные воды каких производств могут являться причиной повышения концентраций веществ и какие способы можно предложить снижения этого воздействия.

4. Определите категорию загрязнения воды по ГОСТ 17.1.2.04–77 (табл. 5). Для этого нужно значения каждого из ингредиентов из таблиц 3 или 4 сопоставить с соответствующими значениями, указанными в таблице 5, последовательно для станций 1-3.

5. Напишите, к какому классу сапробности (по ГОСТ 17.1.2.04–77) по каждому из ингредиентов относится река и какому уровню загрязнения вод он соответствует. По преобладающим результатам сделать вывод о качестве воды на каждой из станций и сделать вывод об изменении качества воды по станциям.

Таблица для оценки состояния рыбохозяйственных водных объектов по ГОСТ 17.1.2.04–77

Наименование показателей	Чистые воды		Загрязненные воды		Грязные воды	
	Классы сапробности					
	Ксено-сапробность	Олиго-сапробность	β -мезо-сапробность	α -мезо-сапробность	Поли-сапробность	Гипер-сапробность
Трофо-сапробные показатели						
Растворенный кислород, % насыщения	95–100	80–110	60 – 125	30 – 150	0– 200	0
БПК ₅ , мг/л	0,0–0,5	0,6–1,0	1,1–2,0	2,1–3,0	3,1–10,0	Более 10
Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	0,0–7,0	7,1–10,0	10,1–20,0	20,1–40,0	40,1–80,0	Более 80
Аммоний солевой, мг/л	0,0–0,05	0,06–0,1	0,11–0,5	0,51–1,0	1,01– 3,0	Более 3
Нитраты, мг/л	0,05–5,0	5,1–10,0	10,1–40,0	40,1–80,0	80,1–150,0	Более 150
Нитриты, мг/л	0,0–0,001	0,002–0,04	0,05–0,08	0,09–1,5	1,6–3,0	Более 3
Фосфаты, мг/л	До 0,005	0,006–0,03	0,04–0,1	0,11–0,3	0,31–0,6	Более 0,6
Сероводород, мг/л	0,0	0,0	0,0	0,0	До 0,1	Более 0,1

Практическая работа 8

Каналы, их назначение и роль в перераспределении вод

Задание: подготовить сообщение о месте расположения, назначении, условиях эксплуатации, роли в водообеспечении каналов, выбранных из списка, расположенного ниже.

1. Роль каналов в обеспечении устойчивого водопользования.
2. Дайте характеристику каналу им. Москвы.
3. Дайте характеристику каналу Северский Донец- Донбасс.

4. Дайте характеристику каналу Волга-Дон.
5. Дайте характеристику каналу Беломорско-Балтийский.
6. Дайте характеристику каналу Панамский.
7. Дайте характеристику каналу Суэцкий.
8. Дайте характеристику каналу Кильский (Между Балтийским и северными морями).
9. Дайте характеристику каналу Великий канал в Китае.
10. Дайте характеристику каналу Азово-Черноморский.
11. Дайте характеристику каналу Североморский (между Северным морем и Амстердамом, Нидерланды)
12. Дайте характеристику каналам Старо и Нововологодские.

Вопросы для самоконтроля к теме 3.

Каковы пути обеспечения водной безопасности и устойчивого водоснабжения регионов России и отраслей промышленности и сельского хозяйства? Каковы приоритеты в обеспечении водой? Какова роль водохранилищ в перераспределении стока и обеспечении надежного водообеспечения? Какова роль каналов в перераспределении стока и обеспечении надежного водообеспечения? Какие экологические проблемы возникают после создания водохранилищ? Каковы отличия водохранилищ от естественных водоёмов? Какие бывают виды регулирования стока в водохранилищах? Как можно классифицировать водохранилища?

Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 3

Список основной литературы

1 Николаев А.П., Киселева Р.З., Киселев А.П., Гуреева Н.А. Гидротехнические сооружения водохозяйственного назначения. Волгоград: Изд-во Волгоградского государственного аграрного университета, 2020. – 96 с.

<https://znanium.ru/catalog/document?id=374886> (глава 1, стр. 3-8; глава 3 стр. 24-25; глава 4 стр. 42-53; глава 5 стр. 53-61)

2. Соболев С.В. Водоохранилища в окружающей среде. Книга 2, Изд-во: ННГАСУ, 2022. – 406 с. <https://znanium.ru/catalog/document?id=445356> (главы 17-22, стр. 52-193, главы 28-30, стр. 307-360).

3. Соболев С.В. Описание водохранилищ на реках России. Книга 2. - Издательство: ННГАСУ, 2023. – 466 с. <https://znanium.ru/catalog/document?id=446033> (глава 10, стр. 7-165).

Список дополнительной литературы

1. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2023) (глава 4).

2. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция) (главы 2-3).

3. Бакштанин А.М., Беглярова Э.С., Бубер А.Л., Галямина И.Г., Глазунова И.В., Дмитриева А.В., Жабин В.Ф., Козлов Д.В., Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Соколова С.А., Федоров С.А. Водохозяйственные системы и водопользование. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2022. – 452 с.

<https://znanium.ru/catalog/document?id=380047> (глава 7, стр. 297-324).

ТЕМА 4. ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ, ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ: СТРУКТУРА, ЭЛЕМЕНТЫ, ВЗАИМОСВЯЗЬ. ОСОБЕННОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ВОДЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ, СЕЛЬСКОМ И КОММУНАЛЬНО- БЫТОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Практическая работа 9

Расчет индекса загрязненности воды и оценка качества вод

Гидрохимический индекс загрязненности вод (ИЗВ) установлен Госкомгидрометом СССР (Временные методические..., 1986) и относится к категории показателей, часто используемых для оценки качества водных объектов.

Расчет индекса загрязненности вод (ИЗВ) для поверхностных вод проводится по строго ограниченному количеству ингредиентов. Этот индекс представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго определенному числу показателей.

Расчет ИЗВ проводится по формуле:

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n C_i / \text{ПДК}_i, \quad (2)$$

где C_i – концентрация компонента; n – число показателей, используемых для расчета индекса ($n = 6$); ПДК_i – установленная величина норматива для соответствующего типа водного объекта.

ИЗВ рассчитывают строго по шести показателям, имеющим наибольшие значения приведенных концентраций, независимо от того превышают они ПДК или нет. При расчете индекса обязательно используют значения следующих показателей: биологическое потребление кислорода (БПК₅), содержание растворенного кислорода и еще четыре показателя, имеющие наибольшие величины $C_i / \text{ПДК}_i$.

Учитывая, что показатель биохимического потребления кислорода (БПК₅) является интегральным показателем наличия легкоокисляемых органических

веществ, а также то, что с увеличением содержания легкоокисляемых органических веществ (уменьшением содержания растворенного кислорода) качество вод снижается более резко, ПДК для этих показателей принимаются следующие (таблицы 6-7).

Степень превышения концентрации растворенного кислорода над ПДК рассчитывается по формуле: $\frac{\text{ПДК}}{C}$.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (табл. 8).

Таблица 6

Значения ПДК для БПК₅

Показатель БПК ₅ (мг/л)	Значение норматива (ПДК)
Менее 3	3
От 3 до 15	2
Свыше 15	1

Таблица 7

Значения ПДК для концентрации O₂

Концентрация (мг/л)	Значение ПДК _i
Более или равно 6	6
Менее 6 до 5	12
Менее 5 до 4	20
Менее 4 до 3	30
Менее 3 до 2	40
Менее 2 до 1	50
Менее 1	60

Условие: В октябре 2023 г. и 2024 г. были отобраны пробы воды из водного объекта. Результаты анализов проб воды приведены в таблицах 9 и 10.

Таблица 8

Классы качества вод в зависимости от значения индекса загрязненности воды

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	до 0,2	I
Чистые	0,2–1,0	II
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	III
Загрязненные	2,0–4,0	IV
Грязные	4,0–6,0	V
Очень грязные	6,0–10,0	VI
Чрезвычайно грязные	>10,0	VII

Таблица 9

Вариант 1. Результаты анализа проб воды

Ингредиент	Ед. изм.	ПДКрх	р. Казанка, 2023 г.	р. Казанка, 2024 г.
БПК ₅	мг/дм ³	2,1	1,7	1,8
Растворенный кислород	мг/дм ³	6	13,5	13,1
Аммоний ион	мг/дм ³	0,5	1,32	1,43
Нитриты	мг/дм ³	0,08	<0,020	<0,020
Нитраты	мг/дм ³	40	20,21	22,86
Сульфаты	мг/дм ³	100	676,0	694,2
Фосфаты	мг/дм ³	0,2	0,155	0,162
Хлориды	мг/дм ³	300	28,8	30,4
Железо	мг/дм ³	0,1	0,17	0,18
Медь	мг/дм ³	0,001	0,0021	0,0019
АСПАВ	мг/дм ³	0,1	0,04	0,04
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,7	0,65

Таблица 10

Вариант 2. Результаты анализа проб воды

Ингредиент	Ед. изм.	ПДКрх	Нижний Кабан, 2023 г.	Нижний Кабан, 2024 г.
БПК ₅	мг/дм ³	2,1	2,0	2,5
Растворенный кислород	мг/дм ³	6	12,7	12,1
Аммоний ион	мг/дм ³	0,5	1,38	1,54
Нитриты	мг/дм ³	0,08	0,1	0,884
Нитраты	мг/дм ³	40	15,40	41
Сульфаты	мг/дм ³	100	445,3	440

Ингредиент	Ед. изм.	ПДК _{рх}	Нижний Кабан, 2023 г.	Нижний Кабан, 2024 г.
Фосфаты	мг/дм ³	0,2	0,174	0,194
Хлориды	мг/дм ³	300	75,3	94,8
Железо	мг/дм ³	0,1	0,001	0,018
Медь	мг/дм ³	0,001	0,0019	0,0020
АСПАВ	мг/дм ³	0,1	0,00	0,03
Нефтепродукты	мг/дм ³	0,05	0,02	0,02

Цель: Рассчитать индекс загрязнения воды (ИЗВ) и дать оценку качества воды.

Задание: 1. Рассчитать индекс загрязнения воды (ИЗВ) для каждой станции и определить класс качества воды на каждой станции;

2. Описать результаты по каждому году, построить диаграммы изменения концентраций различных веществ, и сделать выводы об изменении качества воды в водном объекте.

3. По химическому составу воды и наличию загрязняющих веществ сделать предположение о возможных видах воздействия.

Ход выполнения работы:

1. Концентрации ингредиентов из таблиц 9 или 10 (в зависимости от варианта) сравнить со значениями ПДК, найти превышения ПДК ($C_i/ПДК_i$). Для удобства можно построить таблицу, в первом столбике – ингредиенты, в 2-4 превышения ПДК. Если отношение $C_i/ПДК_i > 1$, то есть превышение ПДК.

2. Для каждой станции отдельно нужно выбрать по 6 ингредиентов, превышающих ПДК или близких ПДК, обязательно нужно взять содержание кислорода и БПК₅, независимо от их концентраций.

3. По формуле 2 рассчитать ИЗВ, отдельно для каждой станции.

4. Оценить качество воды на каждой станции по таблице 8, путем сравнения полученного результата с диапазонами, установленными для того или иного класса качества вод.

5. Описать результаты по каждому году, построить диаграммы изменения концентраций различных веществ, и сделать выводы об изменении качества воды в водном объекте.

3. По химическому составу воды и наличию загрязняющих веществ нужно сделать предположение о возможных видах воздействия.

Пример описания

В 2023 г. ИЗВ воды реки Казанка был равен 4,04 – это V класс, грязная вода (азот нитритный – 3 ПДК, фенолы – 3 ПДК, нефтепродукты – 2 ПДК). В 2024 г. ИЗВ равен 4,33 – V класс, вода грязная (содержание фенолов – 2 ПДК,

нефтепродуктов – 6 ПДК). 8 августа произошел аварийный сброс нефтесодержащих сточных вод с промышленного предприятия, что привело к снижению содержания растворенного кислорода, увеличению содержания легкоокисляемых органических веществ. Качество воды на протяжении периода исследований ухудшилось, что требует принятия мер, направленных на предотвращение загрязнения реки. В качестве первоочередных мероприятий можно предложить модернизацию очистных сооружений, включение в их состав нефтеловушек, применение методов коагуляции или флотации с последующим извлечением из воды нефтепродуктов.

Практическая работа 10

Водохозяйственные объекты, водохозяйственные комплексы, водохозяйственные системы. Особенности различных видов водоснабжения и требования к качеству воды

Задание: подготовьте сообщение по одной из тем.

1. Водопользователи и водопотребители. Цели водопользования. Виды водопользования.
2. Водохозяйственный объект, комплекс, система.
3. Сущность бассейновой системы управления.
4. Отраслевые, комплексные водохозяйственные системы. Особенности их эксплуатации.
5. Требования к количеству и качеству воды в коммунально-бытовом хозяйстве.
6. Системы водоснабжения и водоотведения населенного пункта.
7. Способы экономии воды в коммунально-бытовом хозяйстве.
8. Нормирование водоснабжения и водоотведения.
9. Системы промышленного водоснабжения.
10. Формы и способы использования воды в промышленности.
11. Требования к качеству воды в различных отраслях промышленности.
12. Требования к качеству воды в сельском хозяйстве.
13. Схема водоснабжения сельского поселка.
14. Полевое и пастбищное водоснабжение.
15. Использование сточных вод для орошения.
16. Использование осадков сточных вод в качестве удобрений.

Вопросы для самоконтроля к теме 4.

Какова структура водного хозяйства в России? Что такое региональная водохозяйственная система? Что такое водохозяйственные комплексы и систе-

мы? Какова структура ВХК? Как можно классифицировать водопользователей? Каковы особенности коммунально-бытового водоснабжения? Каковы пути экономии воды в коммунально-бытовом хозяйстве? Как осуществляется водоснабжение промышленных предприятий? Какими бывают системы промышленного водоснабжения? Каковы требования к качеству воды в промышленности и какими бывают виды промышленного загрязнения? Каковы пути рационального использования водных ресурсов в промышленности и экономии воды? Какие системы используются для водоснабжения сельских поселков? Как устроены системы пастбищного и полевого водоснабжения? Каковы нормы водопотребления и требования к качеству воды в сельском хозяйстве? Можно ли использовать бытовые сточные воды для орошения и при каких условиях? Можно ли использовать осадки сточных вод и активный ил в качестве удобрений и при каких условиях?

Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 4

Список основной литературы

1. Бакштанин А.М., Беглярова Э.С., Бубер А.Л., Галямина И.Г., Глазунова И.В., Дмитриева А.В., Жабин В.Ф., Козлов Д.В., Маркин В.Н., Раткович Л.Д., Соколова С.А., Федоров С.А. Водохозяйственные системы и водопользование. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2022. – 452 с.

<https://znanium.ru/catalog/document?id=380047> (глава 3 стр. 112-133, глава 4 стр. 133-197, глава 5 стр. 197-154)

2. Ксенофонов Б.С. Водоподготовка и водоотведение. М.: Издательский Дом ФОРУМ, 2024. – 298 с. <https://znanium.ru/catalog/document?id=437426> (главы 4-12, стр. 72-255).

3. Свинцов А.П. Водоснабжение и водоотведение. М.: Изд-во: Инфра-Инженерия, 2023. – 104 с. <https://znanium.ru/catalog/document?id=432982> (глава 1 стр. 4-68, глава 2 стр. 68-100).

Список дополнительной литературы

1. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2023) (глава 5)

2. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция) (главы 5, 7).

3. Куликов Н.И., Ножевникова А.Н., Зубов Г.М., Зубов М.Г. Очистка муниципальных сточных вод с повторным использованием воды и обработанных осадков: теория и практика. М.: Логос, 2020. – 400 с.

<https://znanium.ru/catalog/document?id=367502> (главы 2-4, стр. 14-242).

4. Луканин А. В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков. М.: ИНФРА-М, 2021. – 605 с.

<https://znanium.ru/read?id=368501> (главы 2-20, стр. 49-598).

**ТЕМА 5. КАЧЕСТВО ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОД. МОНИТОРИНГ ВОДНЫХ
ОБЪЕКТОВ. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В ОБЛАСТИ
ОХРАНЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ**

Практическая работа 11

Задание: подготовьте сообщение по одной из тем.

1. Формирование качества поверхностных и подземных вод. Основные загрязнители и загрязняющие вещества в водных объектах.
2. Государственный контроль и надзор в области охраны водных ресурсов.
3. Цели и задачи мониторинга.
4. Место водного мониторинга в общей структуре мониторинга.
5. Виды мониторинга.
6. Водный кодекс о государственном мониторинге водных объектов.
7. Организация и ведение мониторинга поверхностных вод (по Р 52.24.788-2013 Организация и ведение мониторинга водных объектов за состоянием дна, берегов, изменениями морфометрических особенностей, состоянием и режимом использования водоохраных зон, водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений).
8. Программа гидробиологического мониторинга (по Р 52.24.788-2013 Организация и ведение мониторинга водных объектов за состоянием дна, берегов, изменениями морфометрических особенностей, состоянием и режимом использования водоохраных зон, водохозяйственных систем и гидротехнических сооружений).
9. Зоны санитарной охраны источников водоснабжения (ЗСО).
10. Охрана водных объектов на территориях заповедников.
11. Охрана водных объектов на территориях национальных парков.
12. Водные объекты – памятники природы.
13. Водно-болотные угодья международного значения России.
14. Международное сотрудничество в области охраны водных ресурсов.
15. Международные договоры, соглашения, конвенции в области охраны вод.

Практическая работа 12

Оценка пригодности водотока для питьевого водоснабжения

Условие задачи. Для города, суточная потребность которого в воде составляет 100 000 м³/сут, было предложено использовать в качестве источника

водоснабжения протекающую неподалеку реку. Расход воды в реке в летнюю межень составляет $10,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Река протекает в основном по сельскохозяйственным и лесным районам; одно из наиболее крупных промышленных предприятий сбрасывает очищенные сточные воды, содержащие динитробензон и диэтилфениларбамид. В таблице 11 представлены результаты анализа проб воды, отобранных в месте предполагаемого водозабора (Игнатьева, Потапова, 2016).

Таблица 11

Результаты анализа пробы воды из реки в разные гидрологические периоды

№	Показатель	Зимняя межень	Половодье	Летняя межень
1	Мутность, мг/л	30	1400	600
2	Цветность, град.	7,6	0	61
3	Запах, баллы	землистый, 2	землистый, 1	травянистый, 2
4	Запах после хлорирования	2	1	аптечный, 4
5	рН	7,0	7,2	7,9
6	Растворенный кислород	10,7	8,4	6,0
7	БПК ₅ , мг/л	3,3	0,3	6,9
8	Окисляемость, мг/л	5,5	12,2	9,9
9	Азот аммонийный, мг/л	0,72	1,75	0,08
10	Азот нитритов, мг/л	0,02	0,04	0,01
11	Азот нитратов, мг/л	1,8	0,01	0
12	Сухой остаток, мг/л	518	161	759
13	Жесткость общая, мг-экв/л	6,8	2,7	7,7
14	Хлориды, мг/л	296	6	39
15	Сульфаты, мг/л	108,6	17,2	98,3
16	Кальций, мг/л	118,7	41,8	106,8
17	Магний, мг/л	18	5,7	20,9
18	Фтор-ион, мг/л	0,15	0,04	0,27
19	Щелочность, мг-экв/л	3,4	0,9	3,2
20	Общее микробное число	367	210	16 700
21	Число ЛКП в 1 л	223	108	4 250
22	Динитробензол, мг/л	0,001	0	0,025
23	Диэтилфениларбамид	0,001	0	0,002

Ответьте на вопросы:

1. К какому классу качества относится вода в водоисточнике?
2. Может ли река быть источником централизованного водоснабжения по объему воды и ее качеству?

3. Какой обработке надо подвергнуть воду для безопасного использования в качестве питьевой воды?

Справочный материал

В зависимости от качества воды и требуемой степени обработки для доведения ее до нормативных показателей (по ГОСТ 2874) водные объекты, пригодные в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, делят на 3 класса. Показатели качества воды источников водоснабжения указаны в таблице 12, требования к качеству питьевой воды – в таблице 13.

Образец решения:

1. Если сравнить результаты анализа пробы воды из реки со справочным материалом (табл. 12), то река должна быть отнесена к водотокам 3 класса, в связи с высокими показателями БПК₅ в летнюю межень.

Таблица 12

Показатели качества воды источников водоснабжения

Наименование показателя	Показатели качества воды источника по классам		
	1	2	3
Поверхностные источники			
Мутность, мг/дм ³ , не более	20	1500	10000
Цветность, градусы, не более	35	120	200
Запах при 20 и 60 °С, баллы, не более	2	3	4
Водородный показатель (рН)	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5
Железо (Fe), мг/дм ³ , не более	1	3	5
Марганец (Mn), мг/дм ³ , не более	0,1	1,0	2,0
Фитопланктон, мг/дм ³ , не более	1	5	50
кл/см ³ , не более	1000	100000	100000
Окисляемость перманганатная, мгО/дм ³ , не более	7	15	20
БПК _{полное} , мгО ₂ /дм ³ , не более	3	5	7
Число лактозоположительных кишечных палочек в 1 дм ³ воды (ЛКП), не более	1000	10000	50000

Таблица 13

Требования к качеству питьевой воды (СанПин 2.1.4.1074-01)

Показатель	Единицы измерения	ПДК
Мутность	мг/л	2,6
Цветность	градусы	20
Запах	баллы	2
Водородный показатель	ед. рН	в пределах 6,5-8,5
Растворенный кислород	мг/л	не менее 5
БПК5	мгО/л	2
Окисляемость перманганатная	мг О ₂ /л	5,0
Азот аммонийный	мг/л	2,0
Азот нитритов	мг/л	0,02
Азот нитратов	мг/л	9,1
Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000
Жесткость общая	мг-экв/л	7,0
Хлориды	мг/л	350
Сульфаты	мг/л	500
Кальций	мг/л	180
Магний	мг/л	40
Фтор-ион	мг/л	1,5
Нефтепродукты	мг/л	0,1
Поверхностно-активные вещества (ПАВ), анионоактивные	мг/л	0,5
Гексахлорэтан	мг/л	0,02
Диэтиламин	мг/л	2
Динитробензол	мг/л	0,5
Диэтилфениларбамид	мг/л	0,5
Хлор остаточный	мг/л	0,3-0,5
Общее микробное число		100
Число ЛКП в 1 л.		10000

2. Водообильность реки в межень составляет $10,2 \text{ м}^3/\text{с} = 10,2 * 24 \text{ ч} * 60 \text{ мин} * 60 \text{ с} = 881280 \text{ м}^3/\text{сут}$, что полностью покрывает потребность города в воде. Следовательно, по количеству воды данный источник пригоден.

3. Сравнение со справочными материалами (табл. 13) показывает, что мутность воды довольно низкая зимой, но резко повышается в летнюю межень и, особенно, в половодье (1400 мг/л). Цветность воды в половодье и зимнюю межень невелика (до 0°), но летом значительно превышает допустимые пределы. Таким образом, зимой и весной воду надо только осветлять, а летом и осветлять, и обесцвечивать. Природные запахи и привкусы воды в допустимых пределах, но летом (при развитии водорослей) после хлорирования воды появляется весьма интенсивный «аптечный» запах, даже превышающий допустимые значения. Сухой остаток, характеризующий общую минерализацию воды, за исключением половодья, достаточно стабильный и находится в допустимых пределах. Общая жесткость воды зимой и весной находится в допустимых пределах, а в летнюю межень превышает их, следовательно, в летнее время требуется умягчение воды или ее разбавление. Жесткость обусловлена преимущественно солями кальция, что расценивается благоприятно. Концентрации сульфатов и особенно хлоридов и нитратов во много раз меньше допустимых. Вода содержит токсические вещества динитробензол и диэтилфениларбамид. Они обнаруживаются летом и зимой в концентрациях, многократно ниже ПДК.

Наиболее неблагоприятные условия имеют место в летнее время. В это время вода обильно загрязняется органическими веществами (большая окисляемость, БПК₅ = 6,9), растет бактериальное загрязнение, в том числе кишечной палочкой.

В целом можно прийти к выводу, что при осветлении, обесцвечивании и обеззараживании, умягчении воды из реки в течение круглого года можно получить воду, соответствующую требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения». При этом необходимо учесть следующее: 1) наиболее загрязненной и эпидемически опасной вода является летом, когда надо применять коагуляцию, отстаивание, фильтрование и обеззараживание воды хлором; 2) зимой и в половодье главной задачей обработки воды явится осветление и обеззараживание.

Задание.

Вариант 1. Для города, суточная потребность которого в воде составляет $60\ 000 \text{ м}^3/\text{сут}$, предложено использовать в качестве источника водоснабжения реку, расход воды в которой составляет $7,8 \text{ м}^3/\text{с}$ в летнюю межень. Скорость течения – $0,05 \text{ м/сек}$. Город расположен в 1В климатическом районе. Река проте-

кает в основном по сельскохозяйственным и лесным районам; одно из наиболее крупных промышленных предприятий сбрасывает очищенные сточные воды, содержащие диэтиламин, динитробензол. Представлены анализы проб воды, отобранных в месте предполагаемого водозабора (табл. 14).

Таблица 14

Результаты анализа пробы воды из реки в разные гидрологические периоды

№	Показатель	Зимняя ме- жень	Половодье	Летняя ме- жень
1	Мутность, мг/л	30	1400	800
2	Цветность, град.	20	7	50
3	Запах, баллы	землистый, 2	землистый, 1	травянистый, 2
4	Запах после хлорирова- ния	2	1	аптечный, 4
5	рН, ед.	7,3	7,2	7,9
6	Растворенный кислород	5,0	8,4	12,0
7	БПК5, мг/л O ₂	3,3	0,3	11,0
8	Окисляемость, мг/л O ₂	5,5	14,2	15
9	Азот аммонийный, мг/л	0,72	1,0	0,15
10	Азот нитритов, мг/л	0,02	0,04	0,01
11	Азот нитратов, мг/л	2,0	0,01	0,01
12	Сухой остаток, мг/л	450	161	470
13	Жесткость общая, мг- экв/л	6,8	2,7	5,4
14	Хлориды, мг/л	150	100	110
15	Сульфаты, мг/л	108,6	17,2	98,3
16	Кальций, мг/л	118,7	41,8	106,8
17	Магний, мг/л	18	5,7	20,9
18	Фтор-ион, мг/л	0,15	0,04	0,27
19	Щелочность, мг-экв/л	3,4	0,9	3,2
20	Общее микробное чис- ло	367	210	16 700
21	Число ЛКП в 1 л	223	108	4 250
22	Динитробензол, мг/л	0,003	0	0,05
23	Диэтиламин, мг/л	1,8	0,5	1,2

Вариант 2. Для города, суточная потребность которого в воде составляет 50 000 м³/сут, предложено использовать в качестве источника водоснабжения реку, расход которой составляет 9,8 м³/с в летнюю межень. Скорость течения реки – 0,05 м/сек. Город расположен в 1В климатическом районе. Река протекает в основном по сельскохозяйственным и лесным районам; одно из наиболее

крупных промышленных предприятий сбрасывает очищенные сточные воды, содержащие нефтепродукты, СПАВ. Представлены анализы проб воды, отобранных в месте предполагаемого водозабора (табл. 15).

Таблица 15

Результаты анализа пробы воды из реки в разные гидрологические периоды

№	Показатели	Зимняя меж- жень	Половодье	Летняя меж- жень
1	Мутность, мг/л	50	1200	700
2	Цветность, град.	10	7	40
3	Запах, баллы	землистый, 1	землистый, 1	травянистый, 1
4	Запах после хлорирования	1	1	аптечный, 2
5	рН	7,0	7,1	8,4
6	Растворенный кислород	5,0	8,0	11,0
7	БПК5, мг/л O ₂	3,3	0,3	5,0
8	Окисляемость, мг/л O ₂	5	7	12
9	Азот аммонийный, мг/л	0,5	1,0	0,2
10	Азот нитритов, мг/л	0,002	0,05	0,03
11	Азот нитратов, мг/л	1,0	0,1	0,1
12	Сухой остаток, мг/л	300	100	250
13	Жесткость общая, мг-экв/л	5,2	3,2	6,4
14	Хлориды, мг/л	50	14	55
15	Сульфаты, мг/л	95,6	70,2	91,3
16	Кальций, мг/л	118,7	41,8	106,8
17	Магний, мг/л	16	5,3	19,5
18	Фтор-ион, мг/л	0,11	0,1	0,01
19	Щелочность, мг-экв/л	3,4	0,9	3,2
20	Общее микробное число	350	250	15 000
21	Число ЛКП в 1 л	223	108	4 250
22	Нефтепродукты, мг/л	0,003	0,5	0,05
23	СПАВ	0,01	0,01	0,01

Ответьте на вопросы:

1. К какому классу качества относится вода в водоисточнике?
2. Может ли река быть источником централизованного водоснабжения по объему воды и ее качеству?
3. Какой обработке надо подвергнуть воду для безопасного использования в качестве питьевой воды?

Практическая работа 13

Расчет УКИЗВ и оценка качества воды

Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) был предложен Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в 2002 г. (РД 52.24.643 2002) и с тех пор этот индекс широко используется в системе Росгидромета и других контролирующих организациях для оценки качества вод.

При расчете УКИЗВ учитывают: повторяемость случаев загрязненности (частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК), среднее значение кратности превышения ПДК (среднее значение результатов анализа проб, которые превышали ПДК, без учета проб не превышавших ПДК). На первом этапе оценки проводят детальный покомпонентный анализ химического состава воды и его режима. На следующем этапе по каждому из этих показателей определяются частные оценочные баллы ($S\alpha$ и $S\beta$) – условные величины. Произведение оценочных баллов является обобщенным оценочным баллом (S). Сумма обобщенных оценочных баллов по всем ингредиентам в створе является комбинаторным индексом загрязненности воды (КИЗВ). УКИЗВ вычисляется как отношение КИЗВ к количеству ингредиентов, участвовавших в его оценке.

Вклад отдельных загрязняющих веществ в общую загрязненность водных объектов в реальных условиях может определяться либо высокими концентрациями, наблюдаемыми в течение короткого промежутка времени, либо низкими концентрациями в течение длительного периода, либо другими комбинациями факторов, которые нужно учитывать одновременно. Оптимальное число учитываемых в процессе оценки ингредиентов может составлять от 10 до 25. Минимальное количество данных – 4 пробы в течение года или одна проба в квартал.

Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Классификация качества воды, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности (1-й класс – условно чистая; 2-й класс – слабо загрязненная; 3-й класс – загрязненная; 4-й класс – грязная; 5-й класс экстремально грязная) (РД 52.24.643 2002).

Техника расчета показателей комплексной оценки (РД 52.24.643 2002)

1. Для каждого результата анализа рассчитываются значения коэффициента комплексности загрязненности воды K по формуле:

$$K_{fj} = \frac{N'_{fj}}{N_{fj}} * 100\%, \quad (3)$$

где K_{fj} – коэффициент комплексности загрязненности воды в f -м результате анализа для j -й пробы; N'_{fj} – количество нормируемых ингредиентов и показа-

телей качества воды, содержание или значение которых превышает соответствующие им ПДК в f -м результате анализа для j -й пробы.

Оцениваемый временной интервал характеризуется средним значением коэффициента комплексности K_j :

$$K_j = \sum_{f=1}^{n_{kj}} K_{fj} / n_{kj}, \quad (4)$$

где n_{kj} – число результатов химического анализа воды, для которых рассчитаны значения коэффициента комплексности в j -й пробе за k -й период времени.

Чем выше значение K , тем больше вода загрязнена. Увеличение коэффициента комплексности загрязненности свидетельствует о появлении новых загрязняющих веществ в водном объекте. На основе коэффициентов K , $K_{вз}$ выделяются категории воды водных объектов по комплексности загрязненности (табл. 16).

Таблица 16

Категории воды водных объектов по значениям коэффициентов комплексности загрязненности воды водного объекта

Комплексность загрязненности водных объектов				Категория воды
K , %	Характеристика информации о загрязненности воды	$K_{вз}$, %	Характеристика высокого уровня загрязненности воды	
0–10	По единичным ингредиентам и показателям качества воды	0–5	Высокий уровень загрязненности по единичным ингредиентам и показателям качества воды	I
10,1–40	По нескольким ингредиентам и показателям качества воды	5,1–20	Высокий уровень загрязненности по нескольким ингредиентам и показателям качества воды	II
40,1–100	По комплексу ингредиентов и показателей качества воды	20,1–100	Высокий уровень загрязненности по комплексу ингредиентов и показателей качества воды	III

Категории воды, определенные по K , $K_{вз}$ имеют различный физический смысл, поэтому пользоваться ими следует параллельно. Эти характеристики дополняют друг друга. Если эти категории не совпадают, качество воды следует рассматривать с разных сторон – в режиме хронического загрязнения, наблюдаемого большую часть времени года по K и дополнительно в режиме «аварийных» ситуаций по $K_{вз}$.

2. Комплексная оценка степени загрязненности воды водных объектов с помощью комбинаторного индекса загрязненности воды.

Расчет значения комбинаторного индекса загрязненности и относительная оценка качества воды проводится в 2 этапа: сначала по каждому изучаемому ингредиенту и показателю загрязненности воды, затем рассматривается одновременно весь комплекс загрязняющих веществ и выводится результирующая оценка. По каждому ингредиенту за исследуемый период времени определяют следующие характеристики:

1 – Повторяемость случаев загрязненности α_{ij} , то есть частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК:

$$\alpha_{ij} = \frac{n'_{ij}}{n_{ij}} * 100\%, \quad (5)$$

где n'_{ij} – число результатов химического анализа по i -му ингредиенту в j -й пробе за рассматриваемый период времени, в которых содержание или значение их превышает соответствующие ПДК; n_{ij} – общее число результатов химического анализа за рассматриваемый период времени по i -му ингредиенту в j -й пробе.

По значению повторяемости определяют характер загрязненности воды (табл. 17) и рассчитывают частотный оценочный балл по повторяемости $S_{\alpha ij}$.

Таблица 17

Классификация воды водных объектов по значению повторяемости случаев загрязненности

Повторяемость, %	Характеристика загрязненности воды	Частный оценочный балл по повторяемости $S_{\alpha ij}$	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на 1% повторяемости
1– < 10	Единичная	1– < 2	0,11
10– < 30	Неустойчивая	2– < 3	0,05
30– < 50	Характерная	3– < 4	0,05
50– < 100	Устойчивая	4	-

2 – среднее значение кратности превышения ПДК β_{ij} , рассчитанное только по результатам анализа проб, где такое превышение наблюдается. Результаты анализа проб, в которых концентрация загрязняющего вещества была ниже ПДК, в расчет не включают. Рассчитывают по формуле:

$$\beta'_{ij} = \sum_{f=1}^{n'_{ij}} \beta_{ij} / n'_{ij}, \quad (6)$$

где $\beta_{ij} = \frac{C_{ifj}}{\text{ПДК}_i}$ – кратность превышения ПДК по i -му ингредиенту в f -м результате химического анализа для j -й пробы; C_{ifj} – концентрация i -го ингредиента в f -м результате химического анализа для j -й пробы.

Определение кратности нарушения норматива для растворенного в воде кислорода вычисляется по формуле:

$$\beta_{\text{O}_2ij} = \frac{\text{ПДК O}_2}{C_{\text{O}_2fi}} \quad (7)$$

По значению кратности превышения ПДК определяют уровень загрязненности воды (табл. 18).

Таблица 18

Классификация воды водных объектов по кратности превышения ПДК

Кратность превышения ПДК	Характеристика уровня загрязненности	Частный оценочный балл по кратности превышения ПДК $S_{\beta ij}$	Доля частного оценочного балла, приходящаяся на единицу кратности превышения ПДК
1 – < 2	Низкий	1 – < 2	1,00
2 – < 10 ¹	Средний	2 – < 3	0,125
10 – < 50 ²	Высокий	3 – < 4	0,025
50 – ∞	Экстремально высокий	4	

Примечание: Для растворенного в воде кислорода используют условные градации кратности уровня загрязненности: 1 – 1,5 – низкий; > 1,5 – 2 – средний; > 2 – 3 – высокий; > 3 – ∞ – экстремально высокий.

¹Указанные значения кратности соответствуют ситуациям на водном объекте, характерным как «высокое загрязнение» для большинства веществ 3-4-го классов опасности.

²Указанные значения кратности соответствуют ситуациям на водном объекте, характеризующимся как «экстремально высокое загрязнение» для большинства веществ 3-4 класса опасности.

3 – Находится обобщенный оценочный балл S_{ij} по каждому ингредиенту. Он рассчитывается как произведение частных оценочных баллов по повторяемости случаев загрязненности и средней кратности превышения ПДК:

$$S_{ij} = S_{\alpha ij} * S_{\beta ij} \quad (8)$$

где $S_{\alpha ij}$ – частный оценочный балл по повторяемости случаев загрязненности i -м ингредиентом для j -й пробы за рассматриваемый период времени; $S_{\beta ij}$ – частный оценочный балл по кратности превышения ПДК i -го ингредиента для j -й пробы за рассматриваемый период времени.

Обобщенный оценочный балл дает возможность учесть одновременно значения наблюдаемых концентраций и частоту обнаружения случаев превышения ПДК по каждому ингредиенту. Значение обобщенного оценочного балла по каждому ингредиенту в отдельности может колебаться от 1 до 16. Чем выше значение – тем более высокая степень загрязнения.

4. Затем определяют комбинаторный индекс и удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) по формулам:

$$S_j = \sum_{i=1}^{N_j} S_{ij}, \quad (9)$$

где S_j – комбинаторный индекс загрязненности воды в j -й пробе; N_j – число учитываемых в оценке ингредиентов.

$$S'_j = \frac{S_j}{N_j}, \quad (10)$$

где S'_j – удельный комбинаторный индекс загрязненности воды в j -й пробе.

Критическим показателем загрязненности считается такой показатель, для которого $S_{ij} \geq 9$, т.е. когда наблюдается устойчивая либо характерная загрязненность (табл. 17) высокого или экстремального уровней загрязненности (табл. 18) и вода по своему качеству оценивается как «очень загрязненная» и «экстремально грязная». Для анализа состояния загрязненности используется перечень и число критических показателей загрязненности (КПЗ) воды F .

Классификация качества воды по степени загрязненности осуществляется с учетом следующих данных: комбинаторного индекса загрязненности воды, числа КПЗ воды, коэффициента запаса, количества учтенных в оценке ингредиентов и показателей загрязненности.

Коэффициент запаса k рассчитывается по формуле:

$$k = 1 - 0,1 * F, \quad (11)$$

где F – число критических показателей загрязненности воды.

Коэффициент запаса k вводится далее в градации классов качества воды дополнительно к комбинаторному индексу загрязненности воды для ужесточения оценки в случае обнаружения концентраций, близких или достигающих уровней высокого или экстремально высокого загрязнения. Его значение уменьшается с увеличением числа КПЗ: от единицы при отсутствии КПЗ до 0,9 при 1 КПЗ и т.д. Коэффициент запаса рассчитывается при $F \leq 5$.

Определение классов качества воды проводится на основе произведения указанных величин и последующего подбора соответствующей ему градации класса следующей классификации (табл. 19-20). Для более детальной оценки качества воды 3-й и 4-й классы разбиты соответственно на 2 и 4 разряда.

Таблица 19

Классификация качества вод

Класс, разряд	Градация	Класс качества
1-й класс	$1 * N_j * k$	Условно чистая
2-й класс	$> 1 * N_j * k; 2 * N_j * k$	Слабо загрязненная
3-й класс	$> 2 * N_j * k; 4 * N_j * k$	Загрязненная
разряд «а»	$> 2 * N_j * k; 3 * N_j * k$	Загрязненная
разряд «б»	$> 2 * N_j * k; 4 * N_j * k$	Очень загрязненная
4-й класс	$> 4 * N_j * k; 11 * N_j * k$	Грязная
разряд «а»	$> 4 * N_j * k; 6 * N_j * k$	Грязная
разряд «б»	$> 6 * N_j * k; 8 * N_j * k$	Грязная
разряд «в»	$> 8 * N_j * k; 10 * N_j * k$	Очень грязная
разряд «г»	$> 10 * N_j * k; 11 * N_j * k$	Очень грязная
5-й класс	$> 11 * N_j * k; \infty$	Экстремально грязная

Таблица 20

Классификация качества воды водотоков по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности вод (РД 52.24.643 2002)

Класс и разряд	Характеристика состояния загрязненности воды	Комбинаторный индекс загрязненности воды					
		без учета числа КПЗ	в зависимости от числа учитываемых КПЗ				
			1 ($k = 0,9$)	2 ($k = 0,8$)	3 ($k = 0,7$)	4 ($k = 0,6$)	5 ($k = 0,5$)
1	Условно чистая	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2	Слабо загрязненная	>1-2	> 0,9-1,8	> 0,8-1,6	> 0,7-1,4	> 0,6-1,2	> 0,5-1,0
3	Загрязненная	> 2-4	> 1,8-3,6	> 1,6-3,2	> 1,4-2,8	> 1,2-2,4	> 1,0-2,0
разряд «а»	Загрязненная	> 2-3	> 1,8-2,7	> 1,6-2,4	> 1,4-2,1	> 1,2-1,8	> 1,0-1,5
разряд «б»	Загрязненная	> 3-4	> 2,7-3,6	> 2,4-3,2	> 2,1-2,8	> 1,8-2,4	> 1,5-2,0
4	Грязная	> 4-11	> 3,6-9,9	> 3,2-8,8	> 2,8-7,7	> 2,4-6,6	> 2,0-5,5
разряд «а»	грязная	> 4-6	> 3,6-5,4	> 3,2-4,8	> 2,8-4,2	> 2,4-3,6	> 2,0-3,0
разряд «б»	грязная	> 6-8	> 5,4-7,2	> 4,8-6,4	> 4,2-5,6	> 3,6-4,8	> 3,0-4,0
разряд «в»	очень грязная	> 8-10	> 7,2-9,0	> 6,4-8,0	> 5,6-7,0	> 4,8-6,0	> 4,0-5,0
разряд «г»	очень грязная	> 10-11	> 9,0-9,9	> 8,0-8,8	> 7,0-7,7	> 6,0-6,6	> 5,0-5,5
5	Экстремально грязная	> 11-∞	> 9,9-∞	> 8,8-∞	> 7,7-∞	> 6,6-∞	> 5,5-∞

Пример расчета: По результатам химического анализа воды реки Р. в створе А (табл. 21) дать комплексную оценку степени ее загрязненности.

Таблица 21

Гидрохимические показатели качества воды в реке Р. (РД 52.24.643 2002)

Дата	Концентрация ингредиентов и показателей химического состава реки Р. мг/дм ³									
	БПК5	O ₂	СГ	SO ₄ ²⁻	Fe общ	N _{NO3-}	N _{NO2-}	N _{NH4+}	Фенолы	Нефте-продукты
14 янв.	3,22	8,05	74,0	74,9	0,16	0,32	0,300	10,0	0,010	0,90
13 фев.	2,64	9,43	80,3	91,3	0,18	0,36	0,310	8,00	0,009	0,80
11 мар.	3,47	8,56	87,5	96,3	0,24	0,40	0,370	8,50	0,009	0,95
15 апр.	3,26	8,91	30,1	52,3	0,45	0,30	0,320	8,00	0,009	0,88
12 мая	3,57	7,71	78,3	-	0,10	0,16	0,380	9,00	0,009	0,85
9 июня	5,24	8,44	53,7	96,9	0,27	0,24	0,160	8,00	0,008	0,80
1 июля	4,66	7,26	55,2	96,3	0,34	0,71	0,690	8,50	0,008	0,85
14 авг.	-	7,71	56,1	98,8	0,13	0,09	0,019	8,50	0,008	0,90
10 сент.	7,69	10,3	65,1	95,1	0,10	0,42	0,060	9,20	0,008	0,85
14 окт.	1,90	8,96	77,5	129	0,20	-	0,660	9,20	0,008	0,85
1 нояб.	2,09	7,40	66,0	-	0,30	-	0,160	9,20	0,007	0,90
16 дек.	1,10	11,6	67,8	-	0,28	0,13	0,180	9,00	0,007	0,97

Окончание таблицы 21

Дата	СПАВ	Медь	Цинк	Хром	Никель	Свинец	Общее количество нормируемых ингредиентов, по которым есть данные	Количество ингредиентов, содержание которых превышает ПДК	Коэффициент комплексности загрязненности воды, %
14 янв.	0,25	0,040	0,034	0,000	0,012	0,001	16	10	62,5
13 фев.	0,26	0,044	0,024	0,000	0,017	0,001	16	10	62,5
11 мар.	0,29	0,025	0,025	0,000	0,015	0,001	16	10	62,5
15 апр.	0,12	0,017	0,017	0,000	0,016	0,001	16	10	62,5
12 мая	0,14	0,014	0,015	0,000	0,009	0,001	15	8	53,3
9 июня	0,14	0,018	0,009	0,000	0,012	0,001	16	9	56,2
1 июля	0,18	0,012	0,019	0,001	0,016	0,001	16	10	62,5
14 авг.	0,17	0,038	0,002	0,000	0,016	0,001	15	7	46,7
10 сент.	0,12	0,023	0,030	0,000	0,011	0,001	16	9	56,2
14 окт.	0,21	0,029	0,017	0,000	0,023	-	14	9	64,3
1 нояб.	0,21	0,008	-	0,000	0,015	0,001	13	9	69,2
16 дек.	0,21	0,009	0,012	0,001	0,015	0,001	15	9	60,0

В результате химического анализа, сделанного 14 января, определено 16 ингредиентов ($N_{ff} = 16$). По 10 из них наблюдались превышения ПДК ($N'_{ff} = 10$). Следовательно, $K_{ff} = 10/16 * 100 \% = 62,5 \%$.

В результате химического анализа, проведенного 13 февраля, 11 марта, 15 апреля, $N_{ff} = 16$, $N'_{ff} = 10$, а $K_{ff} = 62,5 \%$.

В результате химического анализа проб воды от 12 марта определены 15 ингредиентов ($N_{ff} = 15$). По 8 из них наблюдались превышения ПДК ($N'_{ff} = 8$). Тогда $K_{ff} = 8/15 * 100 \% = 53,3 \%$.

Аналогично проводят расчет по результатам анализа за все остальные даты отбора проб воды. В итоге получаем вариационный ряд значений K : 62,5; 62,5; 62,5; 62,5; 53,3; 56,2; 62,5; 46,7; 56,2; 64,3; 69,2; 60 %. Ранжируем ряд, т.е. выстраиваем полученные результаты в порядке увеличения: 46,7; 53,3; 56,2; 56,2; 60,0; 62,5; 62,5; 62,5; 62,5; 62,5; 64,3; 69,2 %.

Таким образом, вода реки Р. обладала в течение всего анализируемого периода высокой комплексностью загрязненности (табл. 16). Большое число ингредиентов превышало ПДК. Это были легкоокисляемые органические вещества (по БПК₅), аммонийный и нитритный азот, нефтепродукты, фенолы, СПАВ, соединения железа, меди, цинка, никеля. Химический состав существенно изменяется в течение года. Анализ загрязненности воды с помощью K показал, что для оценки степени загрязненности воды целесообразно использовать комплексный метод, учитывающий одновременно всю совокупность загрязняющих воду веществ (РД 52.24.643 2002).

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды проводят в соответствии с методикой, результаты расчета заносят в таблицу 22.

Таблица 22

Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды реки Р. (РД 52.24.643 2002)

Ингредиенты и показатели загрязненности	n_i	n'_i	$\alpha_i = \frac{n'_i}{n_i} * 100\%$	S_{ai}
1	2	3	4	5
O ₂	12	-	-	-
БПК ₅	11	9	81,8	40
Cl ⁻	12	-	-	-
SO ₄ ²⁻	9	-	-	-
Fe _{общ}	12	10	83,3	4,0
N _{NO3-}	10	-	-	-
N _{NO2-}	12	11	91,7	4,0
Фенолы	12	12	100	4,0
Нефтепродукты	12	12	100	4,0

Продолжение таблицы 22

Ингредиенты и показатели загрязненности	n_i	n'_i	$\alpha_i = \frac{n'_i}{n_i} * 100\%$	$S_{\alpha i}$
N_{NH4+}	12	12	100	4,0
СПАВ	12	12	100	4,0
Медь	12	12	100	4,0
Цинк	11	9	81,8	4,0
Хром	12	-	-	-
Никель	12	11	91,7	4,0
Свинец	11	-	-	-

Окончание таблицы 22

Ингредиенты и показатели загрязненности	$\sum \beta_i = \sum_{i=1}^{n_i} C_i / ПДК_i$	β'_i	$S_{\beta i}$	S_i
<i>1</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
O ₂	-			
БПК ₅	1,6 + 1,3 + 1,7 + 1,6 + 1,8 + 2,6 + 2,3 + 3,8 + 1,0 = 17,7	1,97	1,97	7,88
Cl ⁻	-			
SO ₄ ²⁻	-			
Fe _{общ}	1,6 + 1,8 + 2,4 + 4,5 + 2,7 + 3,4 + 1,3 + 2,0 + 3,0 + 2,8 = 25,5	2,55	2,07	8,28
N_{NO3-}	-			
N_{NO2-}	15,0 + 15,5 + 18,5 + 16,0 + 19,0 + 8,0 + 34,5 + 3,0 + 33,0 + 8,0 + 9,0 = 180	16,3	3,16	12,6
Фенолы	10 + 9 + 9 + 9 + 9 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 7 + 7 = 100	8,33	2,79	11,2
Нефтепродукты	18 + 16 + 19 + 17,6 + 17 + 16 + 17 + 18 + 17 + 17 + 18 + 19,4 = 210	17,5	3,19	12,8
N_{NH4+}	25,6 + 20,5 + 21,8 + 20,5 + 23,1 + 20,5 + 21,8 + 21,8 + 23,6 + 23,6 + 23,6 + 23,1 = 270	22,5	3,31	13,2
СПАВ	2,5 + 2,6 + 2,9 + 1,2 + 1,4 + 1,4 + 1,8 + 1,7 + 1,2 + 2,1 + 2,1 + 2,1 = 23,0	1,92	1,92	7,68
Медь	40 + 44 + 25 + 17 + 14 + 18 + 12 + 38 + 23 + 29 + 8 + 9 = 277	23,1	3,33	13,3
Цинк	3,4 + 2,4 + 2,5 + 1,7 + 1,5 + 1,9 + 3,0 + 1,7 + 1,2 = 19,3	2,14	2,02	8,08
Хром	-			
Никель	1,2 + 1,7 + 1,5 + 1,6 + 1,2 + 1,6 + 1,6 + 1,1 + 2,3 + 1,5 + 1,5 = 16,8	1,53	1,53	6,12
Свинец	-			

По каждому ингредиенту проводят следующие вычисления.

В графу 2 таблицы 22 заносят данные по числу определений. По растворенному в воде кислороду их 12, по БПК₅ – 11 и т.д.

В графу 3 таблицы 22 помещают данные по числу определений, превышающих ПДК. По растворенному в воде кислороду превышений ПДК нет, по БПК₅ воды — 9 и т. д.

На основании данных второй и третьей граф определяется повторяемость случаев превышения ПДК:

$$\alpha_{O_2} = 0 \%; \alpha_{\text{БПК}_5} = 9/11 * 100 \% = 81,8 \% \text{ и т.д.}$$

Результаты помещают в графу 4. По значениям повторяемости на основании таблицы 17 определяют частный оценочный балл S_{α} :

$$S_{\alpha\text{БПК}_5} = 4,0; S_{\alpha\text{Feообщ}} = 4,0 \text{ и т. д.}$$

Рассчитывают кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где оно имеет место (графа 6). Затем определяют среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов (графа 7). Например:

$\beta'_{\text{БПК}_5} = (1,6 + 1,3 + 1,7 + 1,6 + 1,8 + 2,6 + 2,3 + 3,8 + 1,0)/9 = 1,97 \text{ мг/дм}^3$ по кислороду O_2 ;

$\beta'_{\text{NO}_2^-} = (15,0 + 15,5 + 18,5 + 16,0 + 19,0 + 8,0 + 34,5 + 3,0 + 33,0 + 8,0 + 9,0)/11 = 16,3 \text{ мг/дм}^3$ по азоту N.

По значениям средней кратности превышения ПДК на основании таблицы 18 определяют частный оценочный балл, который помещают в графу 8:

$S_{\beta\text{БПК}_5} = 1,97; S_{\beta\text{NO}_2^-} = 3,16$ и т. д. Определение $S_{\beta i}$, как и определение $S_{\alpha i}$, проводят с учетом линейной интерполяции. Например:

$$\beta'_{\text{NO}_2^-} = 16,3.$$

Согласно таблице 18, соответствующий этому значению балл находится между тремя и четырьмя. Доля частного оценочного балла, приходящаяся на единицу β'_i в этих пределах составляет 0,025. Чтобы получить значение балла по $\beta'_{\text{NO}_2^-}$ необходимо к трем прибавить число, полученное в результате действия:

$$6,3 * 0,025 = 0,16, \text{ тогда } S_{\beta\text{NO}_2^-} = 3 + 0,16 = 3,16.$$

Далее определяют обобщенные оценочные баллы по каждому ингредиенту (графа 9). Например:

$$S_{\text{БПК}_5} = S_{\alpha\text{БПК}_5} * S_{\beta\text{БПК}_5} = 4 * 1,97 = 7,88;$$

$$S_{\text{NO}_2^-} = S_{\alpha\text{NO}_2^-} * S_{\beta\text{NO}_2^-} = 4 * 3,16 = 12,6;$$

$$S_{\text{фен}} = S_{\alpha\text{фен}} * S_{\beta\text{фен}} = 4 * 2,79 = 11,2 \text{ и т.д.}$$

Значения обобщенного оценочного балла помещают в графу 9 таблицы 22.

Значения комбинаторного индекса загрязненности воды S_A определяют как сумму обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту:

$$S_A = 7,88 + 8,28 + 12,6 + 11,2 + 12,8 + 13,2 + 7,68 + 13,3 + 8,08 + 6,12 = 101,1.$$

Вычисляют удельный комбинаторный индекс загрязненности S'_A :

$$S'_A = 101,1/16 = 6,32.$$

По значениям обобщенных оценочных баллов и условию $S_y \geq 9$ находят число КПЗ: $F = 5$ (нитритный азот, фенолы, нефтепродукты, аммонийный азот, соединения меди).

Вычисляют коэффициент запаса k :

$$k = 1 - 0,1 * 5 = 0,5.$$

Определяют класс загрязненности воды.

По таблице 19 подбирают градации класса качества воды, в пределах которых находится значение комбинаторного индекса загрязненности воды S_j . Пределы определяют по формуле:

$$L = k * N * x,$$

где k – коэффициент запаса; N – число ингредиентов, взятых для расчета S_j ; x – натуральное число, возрастающее от 1 до 11 в зависимости от класса и разряда.

В данном примере $k * N = 0,5 * 16 = 8$; предельные значения $x = (10; 11)$. Тогда $L = (80,0; 88,0)$. Значение комбинаторного индекса загрязненности, равно 101,1, что превосходит наиболее высокие пределы градаций, поэтому воду реки Р. по комплексу изучаемых ингредиентов характеризуют как «экстремально грязную» и относят к 5-му классу с наихудшим качеством воды.

Более простой способ определения класса качества воды – по значению УКИЗВ (6,32) и числу КПЗ (5), согласно таблице 20. В графе, соответствующей значению КПЗ 5, находим градацию значений УКИЗВ, в которую входит его значение 6,32, и соответствующие им класс (5-й) и качественную характеристику – «экстремально грязная» (РД 52.24.643 2002).

Интерпретация результатов. Превышение ПДК в воде реки Р. наблюдалось по 10 ингредиентам химического состава воды из 16 определяемых показателей. Значение коэффициента комплексности загрязненности воды по отдельным результатам анализа колебалось от 46,7 до 69,2 %, в среднем составляя 59,9 %, что свидетельствует о высокой комплексности загрязнения воды реки Р. в течение всего года.

Для всех загрязняющих ингредиентов (табл. 22) в течение года характерна устойчивая загрязненность, что подтверждается наибольшими значениями частных оценочных баллов по повторяемости ($S_\alpha = 4$). Согласно классификации воды по повторяемости случаев загрязненности, загрязненность воды по всем рассматриваемым ингредиентам рассматривается как «характерная». Уровень загрязненности воды этими ингредиентами различен. По биохимическому потреблению кислорода, СПАВ, соединениям никеля наблюдался низкий уровень загрязненности воды. Значения частных оценочных баллов для этих ингредиент-

тов не превышали 2,00; 1,97; 1,92; 1,53 соответственно. По фенолам, соединениям железа, цинка, имел место средний уровень загрязненности. Частные оценочные баллы для них составляли соответственно 2,79; 2,07 и 2,02. Для нитритного и аммонийного азота, соединений меди и нефтепродуктов характерен высокий уровень загрязненности. Частные оценочные баллы по этим ингредиентам составляли соответственно 3,16; 3,31 и 3,19.

Наибольшую долю в загрязнение воды вносят соединения меди, аммонийный и нитритный азот, нефтепродукты и фенолы. Общие оценочные баллы этих ингредиентов составляют 13,3; 13,2; 12,6; 12,8 и 11,2 соответственно, что относит их к критическим показателям загрязненности воды этого водного объекта, на которые нужно обратить особое внимание при планировании и осуществлении водоохранных мероприятий.

Таким образом, степень загрязненности воды реки Р. характеризовалась как экстремально высокая, что обусловлено нарушением существующих нормативов по девяти ингредиентам. Из числа последних особо выделяются своим высоким загрязняющим эффектом пять показателей химического состава воды: соединения меди, аммонийный и нитритный азот, нефтепродукты и фенолы. По каждому из них наблюдалась характерная загрязненность высокого уровня (РД 52.24.643 2002).

Задание. Рассчитайте универсальный комбинаторный индекс загрязненности воды реки по результатам химических анализов, приведенных в таблицах 23–24. Подробно опишите полученные результаты и сделайте вывод о качестве воды в реке.

Таблица 23

Результаты химического анализа воды в реке Н. (вариант 1)

Дата	ПДК _{рх}	февраль	апрель	июнь	июль	август	ноябрь
Кислород, мг/дм ³	6	1,3	5	13	17	17,9	1,7
БПК ₅ , мг/дм ³	2,1	3,90	2,60	0,88	1,60	15,60	18,60
СГ, мг/дм ³	300	125,00	119,00	333,00	66,00	124,00	115,00
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	100	274,00	257,00	88,60	221,00	148,00	183,00
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,5	2,3	1,45	3,40	0,00	0,21	1,47
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,08	0,69	0,13	0,05	0,19	0,00	0,13
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	40	72,00	91,00	0,80	17,70	0,38	55
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,2	0,8	0,6	0,02	0,06	0,00	1,49
Cu, мг/дм ³	0,001	0,0049	0,0028	0,0081	0,0020	0,0012	0,0029
Zn, мг/дм ³	0,01	0,015	0,015	0,011	0,0035	0,024	0,029
Pb, мг/дм ³	0,006	0,004	0,0012	0,0075	0,0018	0,006	0,0055
Нефтепродукты, мг/дм ³	0,05	-	0,120	0,078	0,0002	0,050	0,120
аСПАВ (анионо-активные), мг/дм ³	0,1	0,04	0,08	0,072	0,028	-	0,127

Результаты химического анализа воды в реке С. (вариант 2)

Дата	ПДК _{рх}	январь	март	июнь	июль	август	ноябрь
Кислород, мг/дм ³	6	3,0	5,0	10,7	14,8	15,9	5,4
БПК ₅ , мг/дм ³	2,1	2,71	1,50	2,8	4,40	5,23	0,88
Cl ⁻ , мг/дм ³	300	51,70	67,00	71,00	47,30	57,10	59,20
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	100	395,00	287,00	302,00	272,00	308,00	386,00
NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	0,5	1,42	0,41	1,60	0,23	0,13	1,84
NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	0,08	0,28	1,30	0,00	0,00	0,02	0,05
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	40	3,76	18,60	0,75	0,10	0,10	1,01
PO ₄ ³⁻ , мг/дм ³	0,2	0,92	0,12	0,03	0,05	0,05	1,01
Fe _{общ} , мг/дм ³	0,1	0,14	0,20	0,21	0,15	0,15	0,20
Cu, мг/дм ³	0,001	0,007	0,0033	0,0057	0,0022	0,0018	0,0013
Zn, мг/дм ³	0,01	0,005	0,0012	0,085	0,005	0,011	0,008
Pb, мг/дм ³	0,006	0,0015	0,0015	0,00055	0,00055	-	-
Нефтепродук- ты, мг/дм ³	0,05	-	0,051	0,160	0,073	0,042	0,072
аСПАВ, мг/дм ³	0,1	0,03	0,046	0,055	0,055	-	0,03

Вопросы для самоконтроля к теме 5.

Что такое мониторинг? Каково место водного мониторинга в общей структуре мониторинга? Как осуществляется мониторинг поверхностных вод? Как осуществляется мониторинг подземных вод? Как устроена государственная и специализированная сеть наблюдений? Каковы принципы размещения пунктов наблюдения? Какова программа наблюдений? Как происходит сбор и обработка информации? Что такое зоны санитарной охраны источников водоснабжения (ЗСО)? Каково назначение ЗСО и как определяются их границы? Какие основные водоохранные мероприятия проводятся на территории ЗСО? Какие существуют международные организации в области охраны вод? Как осуществляется международное сотрудничество в области охраны вод?

Список основной и дополнительной литературы для изучения темы 5**Список основной литературы**

1. Тихонова И.О., Кручинина Н.Е. Экологический мониторинг водных объектов. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 202 с.
<https://znanium.ru/catalog/document?id=422609> (глава 5, стр. 90-123, глава 6 стр. 125-172, глава 7 стр. 73-91).

2. Никифоров А.Ф., Кутергин А.С., Семенищев В.С., Никифоров С.В. Экологические основы охраны водных ресурсов. – Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. – 192 с.
<https://znanium.ru/catalog/document?id=421201> (глава 3, стр. 46-61, глава 5, 132-181).

Список дополнительной литературы

1. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 25.12.2023) (с изм. и доп., вступ. в силу с 30.12.2023) (глава 6).

2. Федеральный закон "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 N 7-ФЗ (последняя редакция) (главы 7-9, 10-12, 15).

3. Ясовеев М.Г., Стреха Н.Л., Какарека Э.В., Шевцова Н.С. Экологический мониторинг и экологическая экспертиза. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2023. – 304 с. <https://znanium.ru/catalog/document?id=421780> (глава 2 стр. 23-43; глава 3 стр. 43-68).

4. Луканин А. В. Инженерная экология: процессы и аппараты очистки сточных вод и переработки осадков. М.: ИНФРА-М, 2021. – 605 с.
<https://znanium.ru/read?id=368501> (глава 1, стр. 10-48).

Литература

Алекин О.А. К вопросу о химической классификации природных вод // Вопросы гидрохимии. Тр. НИУ ГУГМС. 1948. Сер. 4. Вып. 32. – С. 25–39.

Алекин О.А., Воронков П.П. Развитие гидрохимии за последние десятилетия и роль Государственного гидрологического института // Вопросы гидрохимии. Тр. НИУ ГУГМС. 1946. Сер. 4. Вып. 32. – С. 5-24.

Временные методические указания по оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям. М.: Госкомитет СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды, 1986. – 6 с.

ГОСТ 17.1.2.04-77 Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.

ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.

Игнатьева, Л. П., Потапова М.О. Практикум по коммунальной гигиене (часть 1): учебно-методическое пособие / Л.П. Игнатьева, М.О. Потапова; ФГБОУ ВО ИГМУ Минздрава России, Кафедра коммунальной гигиены и гигиены детей и подростков. – Иркутск: ИГМУ, 2016. – 129 с.

Лукашевич О.Д. Практические работы по экологии и охране окружающей среды: методическое пособие / О.Д. Лукашевич, М.В. Колбек, С.А. Филичев. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2009. – 80 с.

Мингазова Н.М., Унковская Е.Н., Павлова Л.Р. Минерализация, ионный состав и химические показатели воды солоноватоводных карстовых озер// Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья//Под ред. А.Ф. Алимова и Н.М. Мингазовой. – Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2001. – С. 44–69.

Павлова Л.Р., Унковская Е.Н., Мингазова Н.М. Гидрохимическая характеристика, оценка качества вод и типизация карстовых озер по гидрохимическим показателям// Биоразнообразие и типология карстовых озер Среднего Поволжья/ науч. ред. Н.М. Мингазова. – Казань: Казан. гос. ун-т, 2009. – С. 58–102.

РД 52.24.643 2002. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям. – 56 с.

СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – 59 с.

Уникальные экосистемы солоноватоводных карстовых озер Среднего Поволжья// Под ред. А.Ф. Алимова и Н.М. Мингазовой. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 2001. – 256 с.