

М.Г. ЖУРБА

А.И. СОКОЛОВ

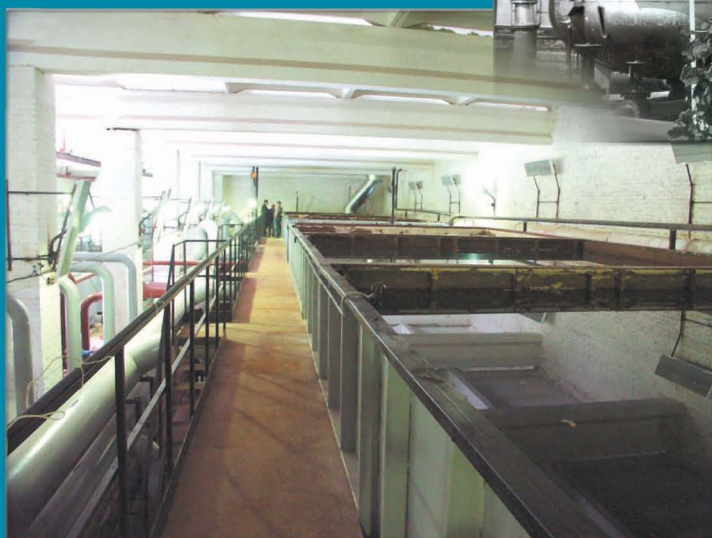
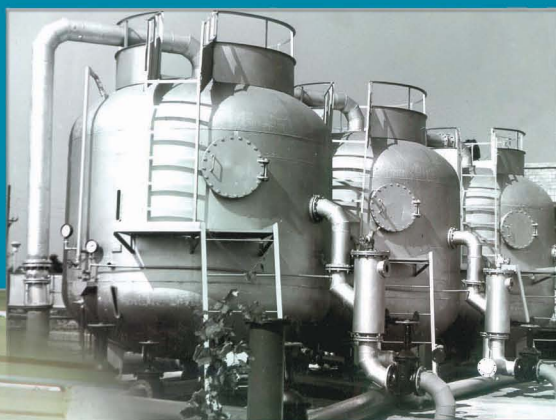
Ж.М. ГОВОРОВА

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ

Очистка и кондиционирование
природных вод

ТОМ 2



М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ (в 3 томах)

ТОМ 2

Очистка и кондиционирование природных вод

**Научно-методическое руководство
и общая редакция д.т.н., проф. М.Г. Журбы**

**3-е издание, дополненное
и переработанное**

Допущено Министерством образования и науки Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности «Водоснабжение и водоотведение»
направления подготовки дипломированных специалистов
«Строительство»



**Издательство Ассоциации строительных вузов
Москва
2010**

ББК 38.761.1.
УДК 628.1
П79

Рецензенты:

д.т.н., проф., академик РААСН *В.С. Дикаревский*;
д.т.н., проф. *В.Г. Иванов* (Санкт-Петербургский государственный университет путей
сообщения, кафедра «Водоснабжение и водоотведение»);
зав. каф., д.т.н., проф. *А.К. Стрелков* (Самарский государственный архитектурно-стро-
ительный университет, кафедра «Водоснабжение и водоотведение»).

Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М.

Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3 т. Т. 2. Очистка и кондиционирование природных вод. – изд. 3-е, перераб. и доп.: Учеб. пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2010. – 552 с.

ISBN 978-5-93093-210-7
ISBN 978-5-93093-263-8

В пособии приведены назначение, область применения, физико-химическая и биологическая суть методов и технологий, конструктивные особенности сооружений и устройств систем водоснабжения. Даны методики их расчета и проектирования, снабженные необходимыми справочными графическими и табличными материалами.

Уделено должное внимание инвестиционному проектированию, оценке экологической деятельности предприятий, надежности и оптимизации систем водоснабжения, организации зон санитарной охраны. Приведены детальные примеры расчета основных сооружений и установок. Для инженерно-технических работников, преподавателей и студентов вузов, занимающихся проектированием систем и сооружений водоснабжения.

In the manual the general items of information, purpose, area of application, physical and chemical and biological essence of methods, technologies, structures and devices of systems of water supply are given. The detailed techniques of their calculation and designing, supplied with necessary help graphic and tabular materials are presented as well.

The due attention is devoted to ecological and economic aspects of designing and evaluation of reliability of water supply systems, organization of zones of sanitary protection. In the appendices are given the examples of calculation of the basic structures and plants. The manual is intended for the engineering and technical workers, teachers and students of high schools, engaged in designing of systems and structures of water supply.

ISBN 978-5-93093-210-7
ISBN 978-5-93093-263-8

© Издательство АСВ, 2010
© Журба М.Г., Соколов Л.И.,
Говорова Ж.М., 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к 3-му изданию.....	10
Введение.....	11

Том 1. СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ. ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

1. ИНВЕСТИЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	14
1.1. Инвестиционная деятельность.....	14
1.2. Классификация инвестиционных проектов.....	15
1.3. Субъекты инвестиционной деятельности.....	16
1.4. Виды источников финансирования инвестиционных проектов.....	17
1.5. Этапы подготовки и реализации инвестиционного проекта.....	19
1.6. Порядок разработки, согласования и утверждения обоснований инвестиций.....	23
1.7. Состав и содержание обоснований инвестиций.....	26
1.8. Разработка проектной документации.....	35
2. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ВОДОПРОВОДНО-КАНАЛИЗАЦИОННОГО ХОЗЯЙСТВА.....	44
2.1. Экологическое сопровождение и оценка деятельности предприятий.....	44
2.2. Экологическая оценка объекта строительства.....	47
2.3. Оценка воздействия объектов хозяйствования на окружающую среду.....	51
3. СИСТЕМЫ И СХЕМЫ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	58
3.1. Классификация централизованных систем водоснабжения.....	58
3.2. Выбор и очередность развития систем водоснабжения.....	60
3.3. Проектирование зонных схем водоснабжения.....	63
3.4. Специфика систем водоснабжения в условиях Севера.....	66
3.5. Локальные системы водоснабжения.....	73
3.6. Организация водоснабжения в условиях чрезвычайных ситуаций.....	80
3.7. Системы водоснабжения индивидуальной застройки.....	88
4. ВОДОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	91
4.1. Классификация технической воды по целевому назначению.....	91
4.2. Схемы водобеспечения предприятий.....	91
4.3. Требования к качеству воды.....	97
4.4. Нормы водопотребления для предприятий.....	107
4.5. Особенности водоснабжения предприятий различных отраслей.....	110
4.6. Охлаждение оборотной воды.....	163
4.7. Борьба с коррозией и биообрастанием в системах оборотного водоснабжения.....	183
5. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ.....	186
5.1. Основные понятия.....	186
5.2. Задачи и методология оценки надежности систем.....	192

5.3. Основы расчета надежности элементов системы	199
5.4. Расчет надежности стареющих элементов и систем.....	203
5.5. Надежность функционирования систем подачи и распределения воды (СПРВ)	208
5.6. Резервирование и оценка надежности насосных станций.....	216
5.7. Надежность водозаборных сооружений и станций очистки воды	219
5.8. Оценка надежности трубопроводов водораспределительной сети	222
6. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ РАСЧЕТЫ...227	
6.1. Гидрологические изыскания.....	227
6.2. Расчет внутригодового распределения стока при наличии наблюдений	230
6.3. Определение характеристик расчетного годового стока при отсутствии данных измерений в проектном створе.....	236
6.4. Гидрологические и водохозяйственные расчеты при регулировании стока	238
7. ВОДОЗАБОРЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ245	
7.1. Назначение и категории надежности водозаборов	245
7.2. Выбор места расположения и типа водозабора	246
7.3. Конструирование элементов сооружений в водозаборном узле.....	253
7.4. Оборудование водозаборных сооружений	273
7.5. Гидравлический расчет элементов водозаборов.....	284
7.6. Расчеты на устойчивость водоприемных сооружений	295
7.7. Мероприятия по рыбозащите и повышению надежности.....	299
7.8. Особенности проектирования водозаборов из промерзающих водоисточников.....	300
7.9. Проектирование водозаборов из каналов и горных рек.....	302
7.10. Особенности водозаборов на водоемах	310
7.11. Берегоукрепление	311
7.12. Эксплуатация водозаборных сооружений	312
8. ВОДОЗАБОРЫ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ИСТОЧНИКОВ320	
8.1. Условия использования подземных вод. Стадии проектирования водозаборов	320
8.2. Типы подземных водозаборов и область их применения	324
8.3. Гидрогеологические и гидравлические расчеты водозаборных скважин.....	326
8.4. Расчет и конструирование основных элементов скважины	332
8.5. Подбор водоподъемного оборудования.....	339
8.6. Технология сооружения скважин на воду	346
8.7. Расчет и конструирование шахтных колодцев.....	356
8.8. Расчет и конструирование горизонтальных водозаборов	365
8.9. Расчет и конструирование лучевых водозаборов	368
8.10. Каптаж родниковых вод.....	373
8.11. Расчет сборных сифонных и напорных водоводов.....	374
8.12. Эксплуатация подземных водозаборов.....	379
8.13. Пополнение запасов подземных вод.....	383
Список литературы	392

Том 2. ОЧИСТКА И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД

9. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД.....	14
9.1. Состав примесей природных вод	14
9.2. Классификации источников водоснабжения, природных вод и их примесей.....	17
9.3. Качество воды поверхностных водоисточников.....	24
9.4. Качество воды подземных водоисточников	29
9.5. Требования к качеству очищенных вод.....	34
9.6. Определение допустимых концентраций загрязняющих веществ в воде перед очистными сооружениями	37
10. ВЫБОР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВОДООЧИСТКИ	45
10.1. Эффективность традиционных водоочистных технологий	45
10.2. Системный подход к выбору водоочистных технологий.....	49
10.3. Технологические схемы очистки поверхностных вод.....	52
10.4. Технологические схемы очистки и кондиционирования подземных вод	58
10.5. Классификаторы технологий очистки природных вод.....	63
11. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВОДООЧИСТКИ И СОСТАВА СООРУЖЕНИЙ	78
11.1. Методики технико-экономического обоснования	78
11.2. Технико-экономическое обоснование технологических схем водоочистки по приведенным затратам	85
11.3. Показатели экономической эффективности инвестиционного проекта.....	90
11.4. Технико-экономическое обоснование технологий водоочистки по дисконтным показателям	95
11.5. Примеры расчетов эффективности конкретных инвестиционных проектов	99
11.6. Тарифная политика предприятий водопроводно-канализационного хозяйства.....	102
12. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ БЕЗРЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД.....	105
12.1. Методика определения гарантированной полной производительности водоочистной станции	105
12.2. Сетчатые фильтры	111
12.3. Ультра- и микрофильтрационные мембранные технологии и установки.....	122
12.4. Гидроциклонные установки.....	130
12.5. Сооружения комплексного назначения для безреагентного отстаивания воды.....	139
12.6. Биологические методы и установки для предварительной очистки поверхностных вод.....	146
12.7. Медленные фильтры.....	154
12.8. Установки объемного безреагентного фильтрования воды через зернистую среду.....	158
12.9. Фильтрование через намывные слои	162
12.10. Водозаборно-очистные сооружения и устройства.....	166

13. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ.....	175
13.1. Обработка воды химическими реагентами.....	175
13.2. Электрохимическое коагулирование примесей	194
13.3. Смесители.....	208
13.4. Камеры хлопьеобразования	219
13.5. Флотаторы.....	225
13.6. Отстойники.....	228
13.7. Осветлители со взвешенным осадком	236
13.8. Фильтровальные сооружения с тяжелой зернистой загрузкой.....	241
13.9. Фильтры с плавающим фильтрующим слоем	261
14. ОЧИСТКА ПРИРОДНЫХ ВОД, СОДЕРЖАЩИХ АНТРОПОГЕННЫЕ ПРИМЕСИ	270
14.1. Виды антропогенных примесей и методы их извлечения.....	270
14.2. Очистка воды от фенолов	273
14.3. Очистка воды от пестицидов	274
14.4. Удаление из воды галогенорганических соединений.....	278
14.5. Очистка воды от поверхностно-активных веществ	280
14.6. Извлечение солей тяжелых металлов.....	281
14.7. Специфика удаления из воды диоксинов.....	285
14.8. Очистка воды от солей радиоактивных загрязнений.....	287
14.9. Технологические схемы очистки природных вод, содержащих антропогенные примеси.....	290
14.10. Озонирование природных вод	298
14.11. Комплексная обработка воды физико-химическими методами	304
14.12. Адсорбционная очистка воды.....	308
14.13. Бытовые устройства глубокой очистки водопроводной воды.....	323
15. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ, УСТАНОВОК И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ И ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД	333
15.1. Дегазация воды	333
15.2. Стабилизационная обработка воды.....	342
15.3. Обезжелезивание и деманганация воды	353
15.4. Умягчение воды	375
15.5. Обессоливание и опреснение воды	405
15.6. Фторирование и обесфторивание воды	431
15.7. Удаление бора и брома.....	437
15.8. Удаление кремневой кислоты.....	444
16. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДЗЕМНЫХ ВОД...447	447
16.1. Современные технологии обеззараживания воды	447
16.2. Проектирование систем обеззараживания воды хлорреагентами	448
16.3. Ультрафиолетовое облучение очищенной воды	462
16.4. Обеззараживание воды озоном.....	469
16.5. Комбинированные физико-химические методы интенсификации процессов обеззараживания	473
16.6. Обеззараживание воды биоцидными полимерными реагентами	479

17. ПОВТОРНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОМЫВНЫХ ВОД И ОБРАБОТКА ОСАДКОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЙ.....	483
17.1. Влияние качества промывных вод на водоисточники и работу очистных сооружений	483
17.2. Выбор технологической схемы и состава сооружений	489
17.3. Расчет сооружений по очистке и повторному использованию промывных вод.....	493
17.4. Естественные методы обработки осадков	495
17.5. Искусственные методы обработки осадков.....	497
17.6. Обработка и утилизация осадков водопроводных станций	514
18. ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ВОДООЧИСТНОЙ СТАНЦИИ.....	517
18.1. Постановка задачи	517
18.2. Структурные блок-схемы	518
18.3. Математические модели водоочистных станций.....	522
18.4. Решение оптимизационных задач	527
18.5. Системы автоматизированного управления водоочистных станций в оптимальном режиме	531
19. КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОДЫ.....	541
19.1. Станции очистки воды из поверхностных водоисточников	541
19.2. Станции подготовки подземных вод.....	544
19.3. Комплексные станции промводоснабжения.....	545
Литература	549

Том 3. СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОДАЧИ ВОДЫ

20. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОДАЧИ ВОДЫ
20.1. Выбор схемы питания и трассировка водопроводной сети
20.2. Основные виды и нормы потребления воды
20.3. Режимы водопотребления и определение расчетных расходов воды
20.4. Определение требуемых свободных напоров в сети
20.5. Гидравлический расчет разветвленной водопроводной сети
20.6. Гидравлический расчет кольцевой водопроводной сети
20.7. Применение ЭВМ для гидравлического расчета водопроводной сети
20.8. Совместная работа систем подачи и распределения воды
20.9. Основы моделирования систем подачи и распределения воды
20.10. Гидравлические испытания элементов трубопроводной сети
20.11. Защита трубопроводов от внешней коррозии
20.12. Санация и восстановление трубопроводов
20.13. Детализовка водопроводной сети
20.14. Проектирование и расчет водоводов
20.15. Сооружения и устройства на водоводах и распределительных сетях

21. ЗАПАСНЫЕ И РЕГУЛИРУЮЩИЕ ЕМКОСТИ

- 21.1. Безнапорные регулирующие и запасные резервуары
- 21.2. Напорно-регулирующие сооружения
- 21.3. Расчет оптимальной регулирующей емкости на ЭВМ

22. НАСОСЫ И НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

- 22.1. Насосные станции первого подъема
- 22.2. Насосные станции второго подъема
- 22.3. Выбор основных типов насосов
- 22.4. Трубопроводы и арматура насосных станций
- 22.5. Системы заливки насосов
- 22.6. Электросиловое оборудование
- 22.7. Проектирование здания насосной станции
- 22.8. Насосные станции шахтного типа заводского изготовления

23. АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 23.1. Общие положения
- 23.2. Автоматизация насосных установок
- 23.3. Автоматизация очистных сооружений
- 23.4. Технические средства автоматизации
- 23.5. Проектирование систем автоматизированного управления
- 23.6. Краткие сведения об эксплуатации приборов и средств автоматизации

24. ЗАЩИТА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 24.1. Требования к проектам зон санитарной охраны источников водоснабжения
- 24.2. Определение границ поясов зон санитарной охраны поверхностного водоисточника
- 24.3. Порядок использования подземных водных объектов для хозяйственно-питьевого водоснабжения
- 24.4. Определение границ поясов зон санитарной охраны подземных водоисточников
- 24.5. Мероприятия по охране подземных источников водоснабжения
- 24.6. Водоохранные зоны и прибрежные защитные полосы
- 24.7. Зоны санитарной охраны водопроводных сооружений

25. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

- 25.1. Общие положения
- 25.2. Водохозяйственный баланс
- 25.3. Выбор системы водоснабжения
- 25.4. Режимы водопотребления и расчетные расходы
- 25.5. Режимы давлений (напоров)
- 25.6. Выбор схемы водоснабжения
- 25.7. Хозяйственно-питьевой водопровод холодной воды
- 25.8. Хозяйственно-питьевой водопровод горячей воды
- 25.9. Противопожарный водопровод

26. ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ

- 26.1. Исходные данные, расчетные расходы и напоры воды для технико-экономического обоснования системы водоснабжения
- 26.2. Проектирование подземного водозабора из скважин
- 26.3. Проектирование поверхностного водозабора руслового типа
- 26.4. Гидравлический расчет водопроводной кольцевой сети с контррезервуаром
- 26.5. Расчет водопроводной кольцевой сети с применением ЭВМ
- 26.6. Проектирование водоводов от насосной станции второго подъема до водопроводной сети
- 26.7. Определение объема и конструктивных параметров напорно-регулирующих резервуаров (РЧВ, ВБ)
- 26.8. Подбор насосов первого и второго подъема
- 26.9. Техничко-экономический выбор оптимального диаметра водопроводных труб
- 26.10. Техничко-экономическое обоснование выбора системы водоснабжения по укрупненным показателям
- 26.11. Выбор технологической схемы очистки поверхностных вод
- 26.12. Выбор технологической схемы очистки подземных вод
- 26.13. Технологическая часть проекта станции очистки питьевой воды из поверхностного водоисточника
- 26.14. Расчет и подбор оборудования для механического обезвоживания осадка
- 26.15. Проект водоснабжения микрорайона
- 26.16. Определение размеров границ зон санитарной охраны подземного водного объекта
- 26.17. Экономическая оценка ущерба от загрязнения подземных вод

Литература

ПРИЛОЖЕНИЯ

- Приложение 1. Основные нормативно-законодательные акты в области водного хозяйства
- Приложение 2. Полномочия органов государственной власти субъектов РФ в области водных отношений
- Приложение 3. Плата за пользование водными объектами
- Приложение 4. Оформление мониторинга подземных вод
- Приложение 5. Соотношение между единицами измерения концентраций растворов
- Приложение 6. Докторские диссертации по проблемам водоснабжения
- Приложение 7. Раритетные первоисточники в области водоснабжения (1926–1957 гг.)

Предисловие к 3-му изданию

В настоящем издании учтены изменения и дополнения в законодательных актах РФ и других нормативных документах, касающихся водоснабжения населенных пунктов и промпредприятий, по состоянию на 2008 год.

Значительно дополнены главы «Водообеспечение промышленных предприятий», «Очистка природных вод, содержащих антропогенные примеси», «Примеры расчетов и проектирования», «Диспетчеризация и автоматизация систем водоснабжения», «Оценка надежности систем водоснабжения». В пособие включены: новая глава «Проектирование внутренних систем водоснабжения»; параграфы, касающиеся организации водоснабжения в чрезвычайных ситуациях, санации трубопроводной сети и др.; приложение; перечень основных законодательных и нормативных документов.

Материалы проектирования систем водоподготовки, распределения и подачи воды дополнены конструктивными схемами сооружений, соединений трубопроводов, водоразборной и регулирующей арматуры.

В книге нашли отражение последние достижения научных исследований в области водоснабжения, проводимых в НИИ ВОДГЕО, НИИ КВОВ, МосводоканалНИИпроект и других отечественных и зарубежных научно-исследовательских и учебных организациях. Расширен информационно-справочный материал по оборудованию и материалам для систем водоснабжения, поставляемых в последние годы на российский рынок зарубежными фирмами.

Введение, главы 3, 8, 12, 13, 16, п. 5.1, 5.3, 20.1–20.4, 20.9, 20.10–20.13, 22.8, 23.3 написаны д.т.н., проф. М.Г. Журбой, главы 1, 2, 4, 24, п. 26.14, 26.16, 26.17 – д.т.н., проф. Л.И. Соколовым, главы 9, 15, 19, п. 26.11–26.13 – д.т.н., проф. Ж.М. Говоровой, главы 10, 14, 18 – д.т.н., проф. М.Г. Журбой и д.т.н., проф. Ж.М. Говоровой, главы 11, 17 – д.т.н., проф. М.Г. Журбой и д.т.н., проф. Л.И. Соколовым.

Отдельные параграфы и главы пособия написаны:

п. 5.2, 5.4 – д.т.н., проф. Ю.А. Ермолиным и д.т.н., проф. М.И. Алексеевым, п. 5.5–5.7 – к.т.н., доц. Е.М. Гальпериним, глава 6 – к.т.н., доц. Е.А. Лебедевой, глава 7 – к.т.н., доц. Е.А. Мезеневой, глава 21, п. 20.5, 20.6, 20.14, 20.15 – к.т.н., доц. М.М. Медиоланской, п. 20.8 – к.т.н., проф. М.А. Сомовым, п. 5.8, 20.12 – д.т.н., проф. О.Г. Приминим, глава 22, п. 20.7, 21.3 – к.т.н., доц. А.Г. Гудковым, глава 23 – д.т.н. Б.С. Лезновым, глава 25, п. 26.15 – к.т.н., проф. В.Н. Исаевым, п. 26.1–26.10 – к.т.н., доц. Л.Л. Литвиненко.

Авторы приносят благодарность д.т.н., проф., академику Российской архитектурно-строительной академии В.С. Дикаревскому, д.т.н., проф. В.Г. Иванову (кафедра «Водоснабжение и водоотведение» Санкт-Петербургского университета путей сообщения), д.т.н., проф. А.К. Стрелкову (кафедра «Водоснабжение и водоотведение» Самарского государственного архитектурно-строительного института) за замечания и пожелания, сделанные ими при подготовке рукописи к изданию, а также сотрудникам издательства «Ассоциации строительных вузов» (директор – Н.С. Никитина) за подготовку к переизданию настоящего пособия.

Замечания и пожелания специалистов по содержанию пособия просьба направлять по адресу: ГУП «МосводоканалНИИпроект», Центр инноваций в области водоснабжения и водоотведения (105005, г. Москва, Плетешковский пер., 22).

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема надежного и рационального обеспечения населения, промышленных предприятий, сельского хозяйства и локальных потребителей водой необходимого качества в мире, в том числе в России и др. странах СНГ, становится более острой и требует усиления мер для ее практического решения.

Постоянное содержание воды в живом организме, который до 80% состоит из воды, является необходимым условием его существования.

Питьевая вода, принимаемая внутрь организма человека в объеме 1,5–3,0 л/чел в сутки (пищи 1,0–1,3 кг/сут), является продуктом питания, которому нет замены на земле. Поэтому вода является безальтернативным, необходимым продуктом питания, поддерживающим жизнь, и обеспечивает биологическую безопасность населения нашей планеты.

Переход страны на рыночные отношения и изменение форм собственности в период 1985–1995 годов, снижение роли и функций органов санэпиднадзора (в настоящее время Роспотребнадзор) в направлении охраны и использования водных ресурсов – все это негативно сказалось на надежности работы водопроводных комплексов, обеспечивающих добычу, производство и распределение среди потребителей воды требуемого качества и под необходимым напором. Продолжается фиксирование прогрессирующих видов загрязнений источников питьевого водоснабжения и расширение диапазона концентраций загрязняющих веществ антропогенного (в первую очередь техногенного) происхождения, попадающих в водотоки и водоемы.

Интенсификация деятельности промышленных отраслей производства обуславливает увеличение нагрузки на водные ресурсы. Усиление антропогенного воздействия на водоисточники привело к прогрессирующему ухудшению качества воды в них. Так, к 1998 году в РФ только 1% поверхностных источников водоснабжения можно было отнести к I классу, а в 17% качество воды не соответствовало даже 3 классу. В 20% проб воды обнаруживали колифаги, что свидетельствовало о загрязнении ее вирусами, а в 3,4% проб были выявлены возбудители инфекционных заболеваний. Были отмечены отклонения от норматива по органолептическим свойствам в 75% проб воды, в 20% нарушены санитарно-химические, в 11% – микробиологические показатели. К 2010 году общая тенденция загрязнения водных ресурсов сохранилась.

Построенные еще по проектам 50–70-х годов XX века системы водоснабжения населенных мест и промпредприятий в настоящее время не в состоянии в должной мере решать возложенные на них задачи. Положение усугубляется и известными трудностями в подготовке инженерных кадров соответствующей квалификации для предприятий водопроводно-канализационного хозяйства, снижением роли и функций ведомственных и межведомственных комиссий по приему в производство вновь создаваемых и реконструируемых сооружений, технологий и систем водоснабжения в целом.

Решение проблемы водообеспечения населения качественной питьевой водой в России и др. странах СНГ осуществляется пока не на должном уровне. Для ряда предприятий водопроводно-канализационного хозяйства характерны неэффективная система управления, неудовлетворительное финансовое положение, убыточные тарифы, высокие эксплуатационные затраты, отсутствие экономических стимулов снижения издержек на производство питьевой воды и ее реализации, высокая степень износа основных фондов. Техническое состояние инженерных сетей и сооружений водопровода характеризуется высоким уровнем их износа (более 60%), ежегодно возрастающей ава-

рийностью и низким КПД имеющихся мощностей. Планово-предупредительный ремонт на многих предприятиях ВКХ уступил место аварийно-восстановительным работам, затраты на которые в 2–3 раза выше.

В ряде регионов население страдает от нехватки воды. С потреблением некачественной питьевой воды в значительной мере связаны демографические проблемы, и прежде всего низкая продолжительность жизни. Выход в свет переработанных нормативных документов и технических указаний (СанПиН 2.4.1.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества», «Правила эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения», г. Москва, НИИ ВОДГЕО, 2000 и др.), создание новых и усовершенствование существующих технологий, сооружений и устройств систем водоснабжения потребовало обновления, изменений и дополнений ряда методик их расчета и проектирования последних. Вновь разработанный проект федерального закона РФ специального технического регламента «О безопасности питьевой воды» устанавливает еще более жесткие требования к гигиенической и технической безопасности питьевой воды для всех систем водоснабжения, в том числе: централизованных, нецентрализованных, домовых распределительных систем, автономных систем и систем водоснабжения на транспортных средствах.

В основу этого проекта положены следующие основные принципы:

- приоритетность и актуальность нормативных, гигиенических показателей для России;
- максимальная гармонизация требований к качеству питьевой воды с рекомендациями ВОЗ, ЕС и других развитых стран.

Проектом закона определены также гигиенические и технические требования, которые должны соблюдаться при выборе источника питьевого водоснабжения, установлении зон санитарной охраны, проектировании, строительстве и эксплуатации систем питьевого водоснабжения.

Развитие нормативно-законодательной базы в стране в области рационального использования и охраны водных ресурсов обуславливает и новый подход к разработке и изданию учебно-методических, практических пособий по проектированию, строительству и эксплуатации систем водоснабжения. Этот подход должен учитывать и переход в системе высшего образования России на двухуровневую систему подготовки специалистов «Бакалавр-магистр» в связи с присоединением России в 2003 году к Болонскому процессу стран ЕЭС. Болонская конвенция предусматривает обучение по конкретным программам специальных дисциплин и курсов по направлению «Строительство»: «Водоснабжение и водоотведение», «Системы и сооружения водоснабжения и водоотведения», «Очистка природных и сточных вод», «Охрана гидросферы и водная экология».

В то же время присоединение России к данному процессу не должно означать снижения роли, опыта и особенностей традиционно сложившейся системы национального образования.

Авторы, приступая к подготовке 3-го издания, стремились обеспечить более широкий и в то же время доступный в теоретическом плане учебно-практический материал, столь необходимый для решения современных задач по проектированию систем водоснабжения и их отдельных составляющих.

Настоящее учебно-справочное пособие ставит своей целью восполнить сложившийся к настоящему времени дефицит технической литературы в данной отрасли с учетом выхода в свет в 2009 году новых изданий законодательных и нормативно-технических

ких документов, касающихся проектирования, строительства и эксплуатации систем водоснабжения. Оно состоит из трех томов: 1. Системы водоснабжения. Водозаборные сооружения; 2. Очистка и кондиционирование природных вод; 3. Системы распределения и подачи воды.

По структуре и методическому подходу к изложению материала предлагаемое проектировщикам, строителям и эксплуатационному персоналу водопроводов, экологам и сотрудникам центров Роспотребнадзора, а также исследователям и студентам вузов по специальности «Водоснабжение и водоотведение» и направлению подготовки «Строительство» пособие отличается тем, что в нем приводятся более детализированные методики и примеры расчетов, взаимосвязанные со вспомогательным справочным материалом. Даются решения комплекса основных задач по водоснабжению (в том числе связанных с усилением антропогенного воздействия на водоисточники). Подробно излагаются методы определения расчетных расходов воды, основы выбора и проектирования систем и схем водоснабжения, водозаборов из подземных и поверхностных источников, сооружений для очистки и кондиционирования поверхностных и подземных вод, систем подачи и распределения воды в населенных пунктах, напорно-регулирующих сооружений (в том числе с применением ЭВМ и оптимизационным подходом к работе составляющих водопроводных комплексов), насосных станций, оценка надежности систем и эколого-экономические основы проектирования. Даны детальные примеры расчетов систем сооружений и установок.

По каждому сооружению или комплексу таковых приводятся последовательно: область применения, назначение, принцип действия и физико-химические основы работы сооружений и технологий, реализуемых с их помощью, а затем в общепринятой последовательности – приводятся расчетные зависимости для определения технологических и конструктивных параметров сооружений, установок и элементов технологического и механического оборудования. Практическая реализация представленных в книге методов расчетов и конструирования подкреплена обширными справочными и графическими материалами, позволяющими избежать во многих случаях необходимости обращения дополнительно к другим техническим справочным изданиям.

К каждой из частей пособия приводится список дополнительной литературы по тематике излагаемого материала.

9. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД

9.1. Состав примесей природных вод

Природная вода представляет собой многокомпонентную динамичную систему, в состав которой входят газы, минеральные и органические вещества, находящиеся в истинно растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях, а также микроорганизмы.

Из растворенных газов в природных водоисточниках чаще всего присутствуют кислород, азот, углекислый газ, реже – сероводород, метан и др.. Количественное содержание газов в воде во многом зависит от их природы, парциального давления, температуры, состава водной среды и других факторов.

Содержащийся в воде растворенный *кислород* поступает из атмосферного воздуха, а также образуется в результате фотосинтеза водорослями органических веществ (углеводов) из неорганических (угольной кислоты, воды). Содержание кислорода в воде уменьшается вследствие процессов окисления органических веществ и потребления его живыми организмами при дыхании. Растворимость кислорода в воде обусловлена температурой и давлением. Резкое уменьшение содержания кислорода в воде по сравнению с нормальным свидетельствует о ее загрязнении, а также способствует усилению коррозии металла котлов, теплообменной аппаратуры, теплосетей и водопроводных труб. При повышенном содержании кислорода в воде, наоборот, вследствие пассивации поверхности за счет образования оксидных пленок возможно устранение коррозии.

Присутствие в природных водах растворенного *углекислого газа*, являющегося ангидридом очень слабой угольной кислоты, обусловлено биохимическими процессами окисления органических веществ в водоемах, в почве, а также дыханием водных организмов и выделением его при геохимических процессах. В природных водах угольная кислота встречается в форме недиссоциированных молекул H_2CO_3 , растворенного углекислого газа CO_2 , гидрокарбонатных HCO_3^- и карбонатных CO_3^{2-} ионов. В поверхностных водах содержание свободной угольной кислоты (определяемое в основном растворимостью углекислого газа из воздуха) незначительно (до 20 мг/л). В подземных водах ее концентрация достигает 120 мг/л и более.

Повышенное содержание свободной угольной кислоты в воде обычно наблюдается после очистки воды коагуляцией, поскольку при реакции гидрокарбонатов с кислотой, образующейся при гидролизе коагулянтов (сульфата алюминия и хлорида железа), выделяется около 80 мг углекислого газа на 100 мг коагулянта.

Наличие в воде свободной (агрессивной) угольной кислоты вызывает коррозию железобетонных конструкций, приводит к растворению карбонатной пленки на поверхности труб и оборудования, ухудшает работу очистных сооружений в результате усиленного зарастания отстойников сине-зелеными водорослями.

Сероводород встречается в основном в подземных источниках, образуясь в результате процессов восстановления и разложения некоторых минеральных солей (гипса, серного колчедана и др.). В поверхностных водах он почти не встречается, так как легко окисляется. Появление его в поверхностных источниках может быть следствием протекания гнилостных процессов и сброса неочищенных сточных вод. Наличие в воде сероводорода (иногда до 20–40 мг/л) придает ей неприятный запах, интенсифицирует процессы коррозии трубопроводов и вызывает их зарастание вследствие развития серобактерий.

Появление *азота* в природных водах связано с поглощением его из воздуха, восстановлением соединений азота динитрифицирующими бактериями и разложением органических остатков. Растворимость азота в воде значительно меньше, чем кислорода, однако в связи с высоким парциальным давлением азота в воздухе в природных водах его больше, чем кислорода.

Метан чаще всего встречается в подземных водах. Его появление связано с процессом разложения микробами клетчатки растительных остатков. В поверхностные воды метан может попадать в результате сброса неочищенных сточных вод.

Взвешенные вещества попадают в воду в результате смыва твердых частиц верхнего покрова земли дождями или талыми водами во время весенних и осенних паводков, а также в результате размыва русел рек. Наименьшая мутность водоемов наблюдается зимой, когда они покрыты льдом, наибольшая – весной в период паводка, а также летом вследствие выпадения дождей, таяния снега в горах и развития мельчайших плавающих живых организмов и водорослей. Повышение мутности может быть вызвано также выделением из воды некоторых карбонатов, окислением соединений двухвалентного железа кислородом воздуха, сбросом неочищенных производственных сточных вод и т.д.

Наличие в воде взвешенных веществ препятствует использованию ее для хозяйственно-питьевых целей, в теплоэнергетике, на заводах по приготовлению пищевых продуктов, при производстве бумаги, тканей, киноплёнки и пр.

Самыми значительными поставщиками *органических веществ* в природную воду являются почвенный и торфяной гумус, продукты жизнедеятельности и разложения растительных и животных организмов, сточные воды бытовых и промышленных предприятий. Для технологии очистки воды наибольший интерес представляют гумусовые вещества, разделяемые на гуминовые, ульминовые, креновые, апокреновые (фульвокислоты) и другие кислоты, а также их растворимые в воде соли.

Гуминовые и апокреновые кислоты могут находиться в почве в свободном состоянии, в виде солей с катионами щелочных и щелочноземельных металлов, комплексных и внутрикислотных соединений с железом, алюминием, марганцем, медью и, наконец, в виде адсорбционных органико-минеральных соединений.

Для водоемов особую опасность представляют сточные воды, в составе которых есть белки, жиры, углеводы, органические кислоты, эфиры, спирты, фенолы, нефть и др.

Степень окраски природных вод, выражаемая в градусах платиново-кобальтовой шкалы, называется *цветностью*. Наибольшую цветность имеют природные воды рек и озер, расположенных в зонах торфяных болот и заболоченных лесов, наименьшую – в лесостепных и степных зонах.

Зимой количество органических веществ минимальное, однако в период половодья и паводков, а также летом в период массового развития водорослей – «цветения» водоемов – оно повышается. Наличие в воде органических веществ резко ухудшает органолептические показатели воды, повышает цветность, вспениваемость, отрицательно действует на организм человека и животных.

В большинстве случаев состав природных вод определяется катионами Na^+ , K^+ , Ca^{2+} и Mg^{2+} и анионами HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- . Катионы H^+ , NH_4^+ , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} , Al^{3+} , и др. и анионы OH^- , CO_3^{2-} , NO_2^- , NO_3^- , F^- , Br^- , BO_2^- , HPO_4^{2-} , HSO_4^- , HSiO_3^- , HS^- и др. в природной воде содержатся в незначительных количествах, однако их влияние на свойства и качество воды иногда также очень велико.

По содержанию ионов в воде определяют степень ее *минерализации* (содержание солей):

$$M = \Sigma K_{\text{кат}} + \Sigma A_{\text{ан}}, \quad (9.1)$$

где M – общая минерализация воды, мг/л;

$\Sigma K_{\text{кат}}$ – сумма катионов, мг/л;

$\Sigma A_{\text{ан}}$ – сумма анионов, мг/л.

Степень минерализации подземных вод, разнообразных по химическому составу, зависит от условий залегания водоносного горизонта и колеблется от 100–200 мг/л до нескольких граммов на литр. В пресных артезианских водах преобладают катионы и анионы HCO_3^- . По мере повышения степени минерализации подземных вод возрастает относительное содержание ионов Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- .

Содержание солей в водах океанов и некоторых морей достигает 50 г/л и более (например, содержание солей в воде Красного моря составляет около 42 г/л). Основными химическими примесями морских вод являются ионы Na^+ и Cl^- , составляющие в сумме около 30 г/л. Содержание солей в водах внутренних морей значительно меньше. Например, в воде Каспийского моря содержится около 13 г/л растворенных солей, Черного – около 16 г/л, Балтийского – около 7,5 г/л.

Катионы Na^+ и K^+ попадают в природные воды в результате растворения коренных пород. Так, большое количество ионов натрия поступает в воду в результате растворения залежей поваренной соли. Преобладание катионов Na^+ над катионами K^+ в природных водах объясняется большим поглощением калия почвами и извлечением его из воды растениями.

Катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} присутствуют во всех минерализованных водах. Их источником являются природные залежи известняков, гипса и доломитов. В маломинерализованных водах больше всего катионов Ca^{2+} . С увеличением степени минерализации воды содержание ионов кальция быстро падает и редко превышает 1 г/л. Содержание же катионов магния в минерализованных водах может достигать нескольких граммов, а в соленых озерах – нескольких десятков граммов на 1 л воды. Катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} обуславливают жесткость воды. Хотя они и не приносят особого вреда организму, однако наличие их в воде в большом количестве нежелательно, поскольку такая вода непригодна для хозяйственных нужд. В жесткой воде увеличивается расход мыла при стирке белья, медленно развариваются мясо и овощи. Жесткая вода непригодна и для систем оборотного водоснабжения, для питания паровых котлов и использования во многих отраслях промышленности.

Катионы Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{2+} в истинно растворенном состоянии находятся в очень небольших концентрациях. Большая часть железа и марганца в природных водах содержится в виде коллоидов и суспензий. В подземных водах соединения железа и марганца преобладают в виде гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов, в поверхностных – в виде органических комплексных соединений (например, гуминовокислых) или в виде тонкодисперсной взвеси.

Соединения *азота* встречаются в природной воде в виде катионов аммония, нитритных и нитратных анионов. Появление этих анионов в природных водах связано с разложением различных сложных органических веществ животного и растительного происхождения, а также с разложением белковых веществ, попадающих в водоемы с бытовыми сточными водами.

Содержание *кремния* в природных водах в пересчете на SiO_3^{2-} обычно достигает 0,6–40 мг/л и лишь в отдельных случаях может повышаться до 65 мг/л. Кремниевая кислота не вредна для здоровья, однако повышенное содержание ее в воде делает воду не пригодной для питания паровых котлов из-за образования силикатной накипи.

Наличие в воде более 500 мг/л *сульфатов* или 350 мг/л *хлоридов* придает ей солоноватый привкус и приводит к нарушению деятельности желудочно-кишечного тракта у людей. Вода с большим содержанием хлорид- и сульфат-ионов имеет также повышенную коррозионную активность, более высокую некарбонатную жесткость, разрушающе действует на железобетонные конструкции.

Соединения *фосфора* встречаются в природных водах в небольших количествах в виде HPO_4^{2-} иона и органических комплексов ортофосфорной кислоты или в виде взвешенных частиц органического или минерального происхождения.

В природных водах в очень малых количествах содержатся ионы F^- , Br^- , VO_2^- и др. Эти микроэлементы значительно влияют на здоровье человека.

Катионы Pb^{2+} , Cu^{2+} , Sr^{2+} , Zn^{2+} , Se^{2+} , As^{3+} , As^{5+} и многие другие, относящиеся к ядовитым, в природных водах в естественном состоянии встречаются, как правило, в незначительных количествах и попадают в них в больших количествах в результате сброса неочищенных бытовых и промышленных сточных вод.

При обнаружении в воде нескольких токсичных веществ (за исключением фторидов, нитритов и радиоактивных) сумма их концентраций, выраженная в долях от максимально допустимых концентраций каждого вещества в отдельности, не должна превышать 1. Расчет ведется по формуле

$$\frac{c_1}{C_1} + \frac{c_2}{C_2} + \dots + \frac{c_n}{C_n} \leq 1, \quad (9.2)$$

где c_1, c_2, \dots, c_n – обнаруженные концентрации, мг/л;

C_1, C_2, \dots, C_n – максимально допустимые концентрации, мг/л.

Природные воды населяет огромное количество микро- и макроорганизмов животного и растительного происхождения: вирусы, бактерии, простейшие, водоросли, высшие растения и животные, которые также существенно влияют на физико-химический состав воды.

9.2. Классификации источников водоснабжения, природных вод и их примесей

Состав природных вод, концентрации и агрегативно-кинетическая устойчивость содержащихся в них примесей являются основополагающими при оценке пригодности воды для использования ее различными категориями потребителей. По целевому назначению воду классифицируют как используемую для: хозяйственно-питьевых целей; пищевой промышленности; орошения полей и сельскохозяйственных нужд; паросилового хозяйства; охлаждения производственного оборудования; технологических целей предприятий; заводнения нефтяных пластов и др.

Традиционно природные источники, используемые для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения, подразделяются на две основные группы:

- поверхностные источники: реки, озера, водохранилища, каналы, моря, ледники;
- подземные источники: различные типы подземных вод (артезианские, грунтовые, верховодка, подрусловые и т.д.), родники.

Распространенными источниками промышленного водоснабжения чаще всего являются поверхностные и частично минеральные воды.

Примером, иллюстрирующим попытку дифференцировать водные объекты, пригодные в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения по ряду показателей с целью определения необходимой технологии водоподготовки, может служить санитарная классификация поверхностных и подземных источников, принятая в СанПиН (проект), рассматриваемых взамен ГОСТ 2761-84. Согласно ей (табл. 9.1, 9.2) выделяются три класса поверхностных источников в зависимости от качества исходной воды по совокупности показателей, определяющей степень ее подготовки. На стадии проектирования водоочистной станции класс источника определяется проектной организацией на основании ежемесячных данных анализов качества воды в месте предполагаемого водозабора, полученных не менее чем за последние три года – для поверхностных и год – для подземных источников.

Рекомендуемые методы подготовки воды питьевого качества из источников водоснабжения:

- 1 класса – фильтрование с реагентной обработкой или без нее, обеззараживание;
- 2 класса – коагулирование, отстаивание, фильтрование, обеззараживание; при наличии фитопланктона – микрофильтрование;
- 3 класса – основные методы – то же что и для 2-го класса, а также дополнительно: вторая ступень осветления, окислительные и сорбционные методы и более эффективные методы обеззараживания.

Таблица 9.1

Санитарная классификация поверхностных источников питьевого водоснабжения

Наименование показателя	Величина показателя по классам		
	1	2	3
Мутность, мг/л, не более	20	1 500	10 000
Цветность, град., 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, мг/л, не более	1	3	5
Марганец, мг/л, не более	0,1	1,0	2,0
Окисляемость перманганатная, мгО/л, не более	5	15	20
БПК ₅ /БПК _{полн.}	>0,7	0,7–0,3	<0,3
БПК _{полн.} , мгО ₂ /л, не более	3	5	7
ХПК, мгО/л, не более	15	30	35
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл, не более	100	1 000	5 000
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл, не более	20	500	1 000
Колифаги, БОЕ/100 мл, не более	10	10	50
Цисты лямблий, цист/50 л, не более	0	7	15

Как видно из таблицы, весьма широкий интервал предложенных разработчиками концентраций ингредиентов по классам, установленный для некоторых показателей качества воды (например, по мутности – 20–1500 мг/л, цветности – 35–120 град ПКШ и т.д.), затрудняет объективное причисление того или иного водисточника к конкретному классу.

Санитарная классификация подземных источников питьевого водоснабжения

Наименование показателя	Величина показателя по классам		
	1	2	3
Мутность, мг/л, не более	1,5	1,5	10,0
Цветность, град., не более	20	20	50
Водородный показатель (рН)	6,5–8,5	6,5–8,5	6,5–8,5
Железо, мг/л, не более	0,3	10	20
Марганец, мг/л, не более	0,1	1	2
Сероводород, мг/л, не более	Отсутствие	3	10
Фтор, мг/л, не более	1,5–0,7	1,5–0,7	5
Окисляемость перманганатная, мгО/л, не более	5	7	15
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	Отсутствие	Отсутствие	Не более 10
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	Отсутствие	Отсутствие	Не более 50
Колифаги, БОЕ/100 мл	Отсутствие	Отсутствие	Не более 10

Рекомендуемые методы подготовки воды питьевого качества зависят от классов источников водоснабжения:

- 1 класса – вода не требует подготовки;
- 2 класса – отстаивание, фильтрование, обеззараживание;
- 3 класса – фильтрование с реагентной обработкой, обеззараживанием.

В приведенной выше таблице не нашли отражения такие показатели, влияющие на компоновку технологической схемы очистки подземных вод, как температура, щелочность, жесткость и другие, а также стабилизационные критерии и коррозионные показатели подземной воды. Кроме того, предложенные классификации источников водоснабжения не учитывают в полной мере наличие в природных водах антропогенных загрязнений и не позволяют определять максимально-расчетные концентрации основных ингредиентов, на которые должны быть запроектированы водопроводные очистные сооружения.

Существует ряд ориентировочно сложившихся в практике водоподготовки детализованных классификаций природных вод по физико-химическим показателям качества (табл. 9.3) и химическому составу растворенных примесей (табл. 9.4, рис. 9.2).

В ряде случаев для процессов очистки воды представляет интерес определение гипотетического состава солей, последовательно образующих малорастворимые соединения при повышении рН, и построение соответствующей диаграммы (рис. 9.1).

Классификация С.А. Шукарева, представленная в виде табл. 9.4, предусматривает 49 классов природных вод (например, хлоридно-натриевые воды, карбонатно-сульфатно-магниево-и т.д.). В качестве классификационного признака принято наличие в воде концентраций ионов свыше 12,5% от общего их содержания, выражаемого в мг-экв.

В соответствии с классификацией О.А. Алекина, приведенной на рис. 9.2, природные воды подразделяются на три класса по преобладающему аниону (C^- , S^- , Cl^-) и три группы по преобладающему катиону (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). Каждая группа, в свою очередь, характеризуется тремя типами вод, определяемых соотношением между ионами.

Классификация природных вод

Наименование показателей	Типы природных вод	Значение
<i>Поверхностные воды</i>		
Мутность, мг/л	Маломутные	до 50
	Средней мутности	50–250
	Мутные	250–1500
	Высокомутные	Свыше 1500
Цветность, град	Малоцветные	до 35
	Средней цветности	35–120
	Высокой цветности	Свыше 120
<i>Подземные воды</i>		
Степень минерализации, г/л	Пресные	До 1
	Солоноватые	1–3
	Засоленные	3–10
	Соленые	10–50
рН	Щелочные	11–14
	Слабощелочные	8–10
	Нейтральные	7
	Слабокислые	4–6
	Кислые	1–3
Жесткость общая, ммоль/л	Очень мягкие	До 1,5
	Мягкие	1,5–3
	Умеренно жесткие	3–6
	Жесткие	6–9
	Очень жесткие	Свыше 9
Железо и марганец, мг/л	Группа А	Fe, Mn – в минеральной форме, $\Sigma\text{Ц}_0 > 2$ ммоль/л
	Группа Б	Fe, Mn – в минеральной форме, $\Sigma\text{Ц}_0 < 2$ ммоль/л
	Группа В	Fe, Mn – в органической форме

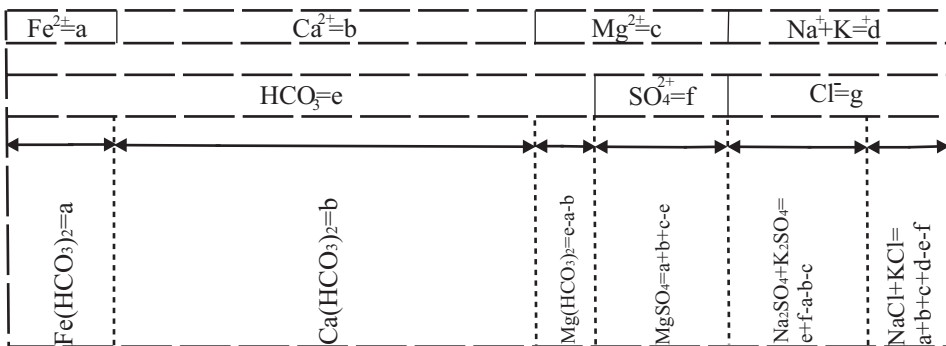


Рис. 9.1. Диаграмма гипотетического состава солей

Классы природных вод по С.А. Щукареву

Mg^{2+}	1	8	15	22	29	36	43
Ca^{2+}, Mg^{2+}	2	9	16	23	30	37	44
Ca^{2+}	3	10	17	24	31	38	45
Na^+, Ca^{2+}	4	11	18	25	32	39	46
Na^+	5	12	19	26	33	40	47
Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}	6	13	20	27	34	41	48
Na^+, Mg^{2+}	7	14	21	28	35	42	49
	SO_4^{2-} Cl^- , HCO_3^-	SO_4^{2-} HCO_3^-	HCO_3^-	HCO_3^- Cl^-	Cl^-	SO_4^{2-} Cl^-	SO_4^{2-}

Н.И. Толстихиным и С.А. Дуровым для сравнения химического состава различных природных вод были предложены соответственно график-квадрат и сдвоенная треугольная диаграмма. На графике-квадрате анионы и катионы приведены в процентах к общему их содержанию в мг-экв. Стороны графика-квадрата представляют собой координаты содержания ионов: $Na^+ + K^+$; $Ca^{2+} + Mg^{2+}$; $Cl^- + SO_4^{2-}$; $HCO_3^- + CO_3^{2-}$. На сдвоенной треугольной диаграмме, состоящей из двух треугольников и квадрата, откладывается катионный (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) и анионный (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-}) состав природных вод, а в квадрате – их сочетание.

Рассмотренные выше классификации имеют ограниченную область приложения и учитывают состав только растворенных в воде примесей, относимых к гомогенным системам.

Широкую известность приобрела классификация примесей воды на основании фазово-дисперсного состояния, предложенная Л.А. Кульским. В основу ее положено понятие о фазовом состоянии вещества в водной среде, определяемом в основном дисперсностью, агрегативной и кинетической устойчивостью частиц. Этот принцип позволил автору объединить широкий спектр разнообразных по физической, химической и биологической характеристике примесей, имеющих в природных и сточных водах, в четыре обобщающие группы (табл. 9.5).

Таблица 9.5

Классификация примесей по их фазово-дисперсному состоянию

Группа	Характер примесей	Размер частиц, см	Структурные системы
I Взвеси	Суспензии, эмульсии, микроорганизмы, планктон	$10^{-2}-10^{-5}$	Гетерогенные
II Коллоидные растворы	Коллоиды, высокомолекулярные соединения, вирусы	$10^{-5}-10^{-6}$	Гетерогенные
III Молекулярные растворы	Газы, растворимые в воде, органические вещества, придающие запах и привкус	$10^{-6}-10^{-7}$	Гомогенные
IV Ионные растворы	Соли, кислоты, основания	$10^{-7}-10^{-8}$	Гомогенные

Учебное пособие

Михаил Григорьевич **Журба**
Леонид Иванович **Соколов**
Жанна Михайловна **Говорова**

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ И СООРУЖЕНИЙ (в 3 томах)

ТОМ 2

Очистка и кондиционирование природных вод

**Научно-методическое руководство
и общая редакция д.т.н., проф. М.Г. Журбы**

**3-е издание, дополненное
и переработанное**

Редактор: *Г.М. Мубаракишина*

Верстальщик: *Е.М. Лютова*

Компьютерный дизайн обложки: *Н.С. Романова*

Лицензия ЛР № 0716188 от 01.04.98.

Подписано к печати 2.02.10. Формат 70x100 1/16

Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. 34,5 п.л. Тираж 1000 экз. Заказ №

Издательство Ассоциации строительных вузов (АСВ)
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, отдел реализации – оф. 511
тел., факс: (499)183-56-83, e-mail: iasv@mgsu.ru, <http://www.iasv.ru/>