

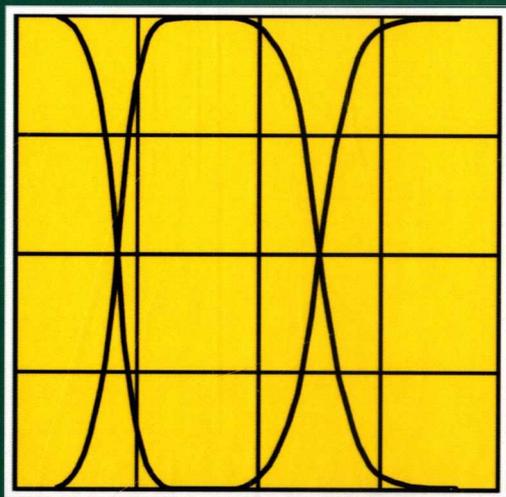
С28.1

П311

О. П. Петросян

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ
В ТЕХНОЛОГИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ**

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА



О. П. Петросян

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА
ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ВОДЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ
ВОДОПОДГОТОВКИ**

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА

Монография

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2025

УДК 628.1
ББК 38.761.1
ПЗ0

Рецензент:

доктор физико-математических наук, профессор
Горбунов Александр Константинович

Петросян, О. П.

ПЗ0 Современные методы и средства обеззараживания воды в технологиях водоподготовки. Теория и практика : монография / О. П. Петросян. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 432 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-2595-7

Монография посвящена современным технологиям обеззараживания воды. Даны общие сведения о свойствах, преимуществах и недостатках реагентных и физических методов, применяемых на российских и зарубежных предприятиях водоподготовки. Даны методики расчета и проектирования оборудования, снабженные необходимыми справочными материалами. Приведены детальные примеры использования наиболее часто применяемых жидкого хлора, гипохлорита как товарного, так и электролизного, диоксида хлора, озона и ультрафиолета. Подробно описано современное инновационное оборудование, производимое и используемое как в России, так и за рубежом. Проведен анализ и даны сравнительные характеристики используемого оборудования. Включены детальные примеры с расчетами для подбора оборудования. Представлены технические данные приборов дозирования и контроля в процессе водоподготовки.

Для научных работников, производственников и руководителей предприятий, а также для студентов и аспирантов, работающих в области водоснабжения, водоотведения и на предприятиях, осуществляющих анализ, контроль и регулирование качества воды, используемой в различных производствах. Данное издание переработано и дополнено.

534451

УДК 628.1
ББК 38.761.1



ISBN 978-5-9729-2595-7

© Петросян О. П., 2025
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ГЛАВА 1. СРАВНЕНИЕ ДЕЗИНФЕКТАНТОВ	5
1.1. Критерии качества воды	5
1.2. Первичные приоритеты в процессе обеззараживания воды	30
1.3. Хлор и его соединения	36
1.3.1. Газообразный хлор	36
1.3.2. Гипохлорит.....	38
1.3.3. Двуокись хлора (диоксид хлора)	72
1.4. Озонирование.....	84
1.5. УФ-обеззараживание.....	90
1.6. Сопоставление дезинфектантов	98
1.7. Экономическое сопоставление способов обеззараживания	103
ГЛАВА 2. ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ ВОДЫ ХЛОРИРОВАНИЕМ	109
2.1. Историческая справка	109
2.2. Свойства хлора	110
2.3. Производство хлора и хлорсодержащих реагентов	126
2.3.1. Историческая справка	126
2.3.2. Электролиз	127
2.3.3. Электрохимические ячейки	130
2.3.4. Установки электролиза хлорида натрия.....	133
2.3.5. Виды установок электролиза хлорида натрия	139
2.3.6. Производство хлора в ртутных электролизерах	142
2.3.7. Производство хлора в мембранных электролизерах.....	143
2.4. Хлор как дезинфектант	145
2.5. Установки хлорирования воды	153
2.5.1. Установки хлорирования воды гипохлоритом натрия....	154
2.5.2. Электролизные установки обеззараживания воды.....	165
2.5.3. Ионоселективный электролиз с фильтрующей диафрагмой	176

2.5.4. Безопасность при эксплуатации электролизеров.....	190
2.5.5. Оборудование получения диоксида хлора.....	195
2.6. Хлораторы эжекционного типа.....	206
2.6.1. Сравнительные характеристики хлораторов, применяемых в РФ.....	213

ГЛАВА 3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ ВАКУУМНЫЕ

ХЛОРАТОРЫ АХВ-1000	232
3.1. Хлоратор АХВ-1000/Р-СМ и его смеситель.....	234
3.2. Вакуумный регулятор РВР-10.....	256
3.3. Расчеты узлов вакуумного регулятора РВР-10.....	259
3.3.1. Расчет полного усилия мембраны.....	259
3.3.2. Расчет жесткости пружин.....	261
3.3.3. Расчет потери давления на клапане при максимальном расходе хлорного газа.....	265
3.3.4. Расчет проходного сечения клапана при минимальном расходе хлорного газа.....	266
3.3.5. Прочие узлы хлоратора АХВ-1000/Р-СМ.....	267
3.4. Хлоратор АХВ-1000/Р-КЛ.....	268
3.5. Хлоратор АХВ-1000/Е.....	272

ГЛАВА 4. СПЕЦОБОРУДОВАНИЕ СИСТЕМ

ХЛОРИРОВАНИЯ	279
4.1. Вакуумный переключатель.....	282
4.2. Автоматический переключатель под давлением АПД/М 481.....	285
4.3. Регуляторы перепада давления серии DP.....	287
4.4. Уловитель-испаритель жидкого хлора.....	288
4.5. Испаритель жидкого хлора.....	297
4.5.1. Расчетная методика испарителя жидкого хлора.....	305
4.5.1.1. Расчетная схема и исходные данные.....	306
4.5.1.2. Описание расчетной методики.....	308
4.5.1.3. Пример расчета испарителя жидкого хлора.....	314
4.5.1.4. Работа испарителя.....	319
4.6. Нейтрализация аварийных выбросов хлора.....	327
4.6.1. Эффективный способ нейтрализации аварийных выбросов хлора.....	327

4.6.2. Системы нейтрализации аварийных выбросов хлора	337
4.6.3. Подготовка нейтрализующего раствора.....	343
4.7. Автоматическая система запираания с электрическими приводами (актуаторами) азс m 3800С EPSS	349

ГЛАВА 5. ХЛОРИРОВАНИЕ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ВОДОПОДГОТОВКИ

ВОДОПОДГОТОВКИ	354
5.1. Основополагающий подход к созданию устройств локальной автоматики АСУ ТП водоподготовки	354
5.2. Общие требования к системам автоматики объектов водоподготовки.....	356
5.3. Автоматическое регулирование процесса хлорирования	366
5.3.1. Измерение концентрации хлора в воде	369
5.3.2. Электромеханический дозирующий вентиль	391
5.3.3. Измерение уровня воды в смесителе	394
5.3.4. Измерение расхода хлорируемой воды	396
5.4. Автоматические станции хлорирования воды.....	397
5.5. Диспетчирование технологического процесса	400
5.6. АСУ ТП станций централизованного водоснабжения.....	401
5.7. АСУ ТП водоподготовки плавательных бассейнов	406
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	419

ВВЕДЕНИЕ

Монография посвящена современным технологиям обеззараживания воды. Даны общие сведения о свойствах, преимуществах и недостатках реагентных и физических методов, применяемых на российских и зарубежных предприятиях водоподготовки.

В монографии подробно описано современное инновационное оборудование, производимое и используемое как в России, так и за рубежом. Даны методики расчета и проектирования оборудования, снабженные необходимыми справочными материалами. Приведены детальные примеры использования жидкого хлора, гипохлорита как товарного, так и электролизного, диоксида хлора, озона и ультрафиолета.

Проведен анализ и даны сравнительные характеристики используемого оборудования. Включены детальные примеры с расчетами для подбора оборудования. Представлены технические данные приборов дозирования и контроля в процессе водоподготовки.

Важнейшей темой монографии являются вопросы автоматизации водоподготовки в соответствии с требованиями Ростехнадзора. В работе изложено теоретическое обоснование применяемых методов автоматизации, на основании которых рассчитаны программно-аппаратные комплексы, производимые НПО КРАВТ.

Поскольку основным методом обеззараживания является хлорирование, в процессе которого используется жидкий хлор, либо различные соединения хлора, в работе изложены результаты исследований авторов в этом направлении, а именно: ряд разделов работы посвящены взаимодействию хлора и различных его, часто применяемых в технологиях водоподготовки соединений (хлорноватистая кислота, гипохлорит, диоксид хлора и других) с ионами воды в зависимости от значения рН с образованием в результате первичных и вторичных компонентов раствора. Данные исследования позволяют научно обосновать целесообразность применения различных хлор реагентов.

В монографии особое внимание уделено промышленной безопасности с примерами использования для этих целей оборудования производства НПО КРАУТ.

Работа носит прикладной научно-исследовательский характер и представляет интерес для научных работников, производственников и руководителей предприятий, а также для студентов и аспирантов, работающих в области водоснабжения, водоотведения и на предприятиях, осуществляющих анализ, контроль и регулирование качества воды, используемой в различных производствах.

ГЛАВА 1. СРАВНЕНИЕ ДЕЗИНФЕКТАНТОВ

1.1. Критерии качества питьевой воды

В качестве источников централизованного водоснабжения используются поверхностные и подземные воды, а в безводных и засушливых районах – атмосферные осадки в виде дождя и снега. Состав поверхностных вод, рек, озер, водохранилищ, морей определяется климатическими и геоморфологическими факторами, почвенно-геологическим условиями, а также гидромелиоративными мероприятиями. Заражение этих вод постоянно возрастает за счет увеличения удельного веса сброса неочищенных стоков, в связи с чем существенно возросло микробное заражение поверхностных водоемов. В состав этой воды входят: соли – преимущественно в виде ионов, молекул и комплексов; органические вещества – в молекулярных соединениях и в коллоидном состоянии; гидробионты (планктон, бентос, нейстон, пагон); бактерии и вирусы.

В 2021 г. на территории Российской Федерации органами и организациями Роспотребнадзора исследовано более 1,905 млн проб воды, включая воду источников питьевого централизованного водоснабжения (более 353,9 тыс. проб), водопроводов (свыше 176,6 тыс. проб), распределительной сети (более 1,3 млн проб), источников нецентрализованного водоснабжения (колодцы, каптажи родников) (более 63,9 тыс. проб). Динамика количества исследованных проб с 2012 по 2021 г. представлена на рис. 1.1.

Удельный вес источников централизованного питьевого водоснабжения, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, имеет тенденцию к снижению за счет подземных источников. Удельный вес поверхностных источников централизованного питьевого водоснабжения, не соответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям, за период 2012–2021 гг. вырос почти на 4 % (табл. 1.1).

Наиболее неблагоприятное санитарное состояние источников централизованного питьевого водоснабжения в 2021 г. отмечено в Республике Дагестан, где не соответствуют санитарно-эпидемиологическим требованиям 96,65 % источников, Республике Карелии – 81,53 % и Республике Калмыкии – 81,40 %.