

Оглавление

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	5
2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ	5
2.1. Нормативные документы, регламентирующие качество воды для питьевых и промышленных целей в современных условиях.....	5
2.2. Бенчмаркинг нормативов качества питьевой воды.....	6
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД.....	11
3.1. Выбор и обоснование технологической схемы очистки и кондиционирования природных вод.....	11
3.2. Эффективные технологии водоподготовки. Понятие и критерии оценки.....	13
3.3. Формирование базы данных эффективных технологий водоподготовки.....	13
4. ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВОДООЧИСТНЫХ КОМПЛЕКСОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....	20
4.1. Моделирование технологических процессов в натуральных условиях	20
4.2. Обоснование технологии проектируемого водоочистного комплекса и его технико-экономическая оценка	21
4.3. Анализ эффективности действующего водоочистного комплекса	26
Контрольные вопросы.....	32
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	32
Библиографический список.....	32

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Программа дисциплины «Технологии очистки природных вод», освоение которой направлено на теоретическую и практическую подготовку к научным исследованиям в области современных технологий и сооружений очистки природных поверхностных и подземных вод и применению полученных знаний в последующей научно-исследовательской и педагогической деятельности, а также подготовку к сдаче кандидатских экзаменов, предусматривает практические занятия и самостоятельную работу обучающихся.

В учебно-методическом пособии основное внимание уделено нормативной документации, регламентирующей качество воды для хозяйственно-питьевых целей, бенчмаркингу нормативов качества питьевой воды, эффективным технологиям водоподготовки, выбору и обоснованию технологических схем очистки и кондиционирования природных вод с использованием классификатора технологий, технологическому и техническому аудиту, а также анализу эффективности водоочистного комплекса в целом.

Освоение теоретического материала и закрепление его на практике позволит обучающимся:

- решать научно-технические задачи в области очистки природных вод, анализировать полученные результаты;
- использовать для достижений поставленных целей широкий спектр современных технологий и методик обоснования технологических решений по очистке и кондиционированию природных поверхностных и подземных вод, а также для обработки и анализа альтернативных технических решений, включая навыки предметно-ориентированной преподавательской деятельности.

2. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ

2.1. Нормативные документы, регламентирующие качество воды для питьевых и промышленных целей в современных условиях

Рассматривая качество природных вод и требования к степени ее очистки, следует руководствоваться рядом нормативных документов.

Основные документы, регламентирующие требования к качеству питьевой воды:

- СанПиН 2.1.3684–21. Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий [1]. В нормативном документе приведены общие санитарно-эпидемиологические требования к качеству воды питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

- СанПиН 1.2.3685–21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [2]. В нормативном документе в соответствующих разделах указаны санитарно-микробиологические и паразитологические показатели безопасности воды систем централизованного питьевого водоснабжения (в том числе горячего, нецентрализованного питьевого водоснабжения и технического водоснабжения), а также предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ.

До введения указанных СанПиН до недавнего времени использовались:

- СанПиН 2.1.4.1074–01. Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества, а ранее — ГОСТ 2874–82* Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством;

- СанПиН 2.1.4.2496–09 Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. Изменение к СанПиНу 2.1.4.1074–01;
- ГН 2.1.5.1315–03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и ГН 2.1.5.2280–07 Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315–03, по которым ранее нормировался ряд показателей качества воды (алюминий, хлороформ).

Оценку источников водоснабжения и необходимой степени обработки воды следует производить по ГОСТ 2761–84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

2.2. Бенчмаркинг нормативов качества питьевой воды

Наиболее точное определение бенчмаркинга, включающее два его толкования «процесс» и «оценка», на наш взгляд, дали авторы [3]: «...бенчмаркинг — систематическое изучение, сравнение и анализ ключевых показателей, процессов, функциональных особенностей и тенденций компании с аналогичными показателями не только своих конкурентов, но и лидеров из других областей, выявление разрывов компании и пути их устранения с помощью внедрения лучшего опыта...».

За рубежом бенчмаркинг используется в качестве одного из эффективных сравнительных методических приемов при совершенствовании нормативов качества, технологических решений и методов контроля качества производимой продукции.

В настоящее время существует общемировая тенденция к унификации нормативов качества питьевой воды. Работа специалистов в области экологии человека и гигиены окружающей среды, врачей, токсикологов, проведенная под эгидой Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), принесла в качестве результата сближение значений нормативных показателей качества питьевой воды разных стран (табл. 1, 2).

Таблица 1

Бенчмаркинг системы нормирования качества питьевой воды

Цель	Средство
Выравнивание экономических условий деятельности предприятий водопроводно-канализационного хозяйства в сравнении с зарубежными аналогами	Гармонизация российских нормативов в соответствии с международным опытом

Таблица 2

Бенчмаркинг нормативов качества питьевой воды

Бенчмаркинг	
↓	
Система нормирования в России	Система нормирования в зарубежных странах
↓	
Сопоставление состава показателей → корректировка состава показателей	
Сопоставление величины показателей	
Унификация методов нормирования → применение интегральных и специфических показателей безопасности и полезности питьевой воды	
Унификация методов контроля	
Гармонизация правовой базы → создание условий для повышения конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности сферы ВКХ России	
Сравнение показателей удельного водопотребления в отраслях экономики и ЖКХ	

Подход к решению задачи повышения эффективности водоснабжения и водоотведения, основанный на системной методологии бенчмаркинга, позволяет «... системно увязать в единую логическую схему или модель взаимосвязей несовместимые на первый взгляд факторы, объяснить их влияние на остальные элементы системы отношений применительно к водоснабжению, водоотведению и другим секторам водопроводно-канализационного хозяйства...» [4].

К вопросу качества питьевой воды в России этот инструмент был применен впервые в г. Санкт-Петербурге и детально описан в монографии «Бенчмаркинг качества питьевой воды» [5].

Бенчмаркинг нормативов качества питьевой воды позволяет устанавливать диапазон приемлемости состояния питьевой воды посредством установления минимальных и максимальных значений по каждому показателю.

Анализ систем нормирования качества питьевой воды в Германии, Франции, Японии, ЮАР, Бразилии, Китае, Финляндии, Швеции, Австралии, США и Канаде, подробно представленный в [5], показал, что их особенности обусловлены «... различием наработанных научных данных, природных и социально-экономических условий...» и могут быть учтены при реформировании и трансформации аналогичной системы в России.

В табл. 3 и 4 приведены российские нормативы качества питьевой воды.

Таблица 3

Российские нормативы качества питьевой воды в период с 1937 по 1982 гг.

Показатель	Временный стандарт 1937 г.*	ГОСТ 2874–54	ГОСТ 2874–73	ГОСТ 2874–82
Мутность, мг/л	< 0,5 — ср. год.** < 0,6 — ср. мес.*** < 0,75 — отд. опр.****	< 2,0 (3,0*****)	< 1,5 (2,0*****)	< 1,5 (2,0*****)
Цветность, °Pt/Co	< 15 — ср. год. < 20 — ср. мес. < 25 мг/л — отд. опр.	< 20 (35*****)	< 20 (35*****)	< 20 (35*****)
Запах при 20 °С, балл	Не должен быть болотно-землистым или иметь иных привкусов и запахов	< 2	< 2	< 2
Запах при 60 °С, балл		—	< 2	< 2
Алюминий, мг/л	н/н*****			< 0,5
Остаточный хлор свободный, мг/л	< 0,1–0,2 в первой точке водопотребления	0,3–0,5 в первой точке водопотребления	0,3–0,5	0,3–0,5
Остаточный хлор связаный, мг/л			0,8–1,2	0,8–1,2
Общее микробное число (ОМЧ) при 20–23 °С, КОЕ/л	< 30 — ср. год. < 50 — ср. мес. < 75 — отд. опр.	н/н	н/н	н/н
ОМЧ при 37 °С, КОЕ/л	н/н	< 100	< 100	< 100
Количество кишечных палочек, ед.	< 3	< 3	< 3	< 3

Примечания

*Временный стандарт качества очистки хозяйственно-питьевой водопроводной воды, подаваемой в городскую сеть (утвержден Главной государственной санитарной инспекцией РСФСР, введен в действие с 1 июля 1937 г. приказом № 17/М-2 по НКХ РСФСР и ГГС РСФСР от 29/1 1937 г.).

**Среднегодовое значение.

***Среднемесячное значение.

****Отдельное определение.

*****Допускается в паводковый период по согласованию с органами санитарно-эпидемиологической службы.

*****Допустимо в исключительных случаях по согласованию с органами санитарного надзора.

*****Не нормируется.

Таблица 4

Российские нормативы качества питьевой воды в период с 1982 по 2021 гг.

Показатель	СанПиН	СанПиН	ГН 2.1.5.1315-03	СанПиН
	2.1.4.559-96	2.1.4.1074-01	2.1.5.2280-07	1.2.3685-21
Мутность, мг/л	< 1,5 (2,0)	< 1,5 (2,0)	—	< 1,5 (2,0)
Цветность, °Pt/Co	< 20 (35)	< 20 (35)	—	< 20 (35)
Запах при 20 °С, балл	< 2	< 2	—	< 2
Запах при 60 °С, балл	< 2	< 2	—	< 2
Алюминий, мг/л	< 0,5	< 0,5	< 0,2	< 0,2
Перманганатная окисляемость, мг/л	н/н	5	—	5
Остаточный хлор свободный, мг/л	0,3–0,5	0,3–0,5	—	0,3–0,5
Остаточный хлор связанный, мг/л	0,8–1,2	0,8–1,2	—	0,8–1,2
ОМЧ при 20–23 °С, КОЕ/л	< 50	< 50	—	< 50
ОМЧ при 37 °С, КОЕ/л		< 100	—	
Общие колиформные бактерии (ОКБ), 100 КОЕ/л	Отсутствуют		—	Отсутствуют
Термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), 100 КОЕ/л	Отсутствуют		—	Отсутствуют
Хлороформ, мкг/л	200	100	60	60

В зарубежных странах в настоящее время действуют местные, государственные и межгосударственные стандарты качества питьевой воды (табл. 5, 6). В 1984 г. ВОЗ выпустила руководство, являющееся основой для создания каждой страной собственного стандарта с учетом ее экономических, технических и других условий. Сопоставляя отечественные и зарубежные стандарты качества питьевой воды, отметим, что ряд отдельных показателей и в наших, и в зарубежных стандартах имеют как близкие, так и существенно отличающиеся значения ПДК.

Таблица 5

Физико-химические показатели качества питьевой воды в США и Канаде [4]

Показатель	США	Канада	Европейский стандарт ЕЭС	
	МУЗ*	МДП**	РУ***	ПДК****
Мутность, мг/л	1–5	5	0–4	4
Цветность, °Pt/Co	15	15	1	20
Запах, баллы	3	н/д*****	0	3
рН, ед.	6,5–8,5			
Окисляемость, мг/л	—	—	—	—
Алюминий, мг/л	—	—	0,05	0,2
Железо, мг/л	0,3	0,3	0,05	0,3
Марганец, мг/л	0,05	0,05	0,02	0,05
Хлориды, мг/л	250	250	25	250
Сульфаты, мг/л	250	500	25	250
Сухой остаток, мг/л	500	500	—	—
Медь, мг/л	1,3	1	0,1	1
Цинк, мг/л	5	5	0,1	5

Примечание:

*Максимальный уровень загрязнения.

**Максимальный допустимый предел.

***Рекомендуемый уровень.

****Предельно-допустимая концентрация.

*****н/д нет данных.

Физико-химические показатели качества питьевой воды в Финляндии и Швейцарии [4]

Показатель	ВОЗ*	Финляндия	Швейцария	Директива 98/83/ЕС**
	РУ			
Мутность, мг/л	< 1	1	0,5	< 1
Цветность, °Pt/Co	15	15	15	Приемлемая для потребителя
Запах, баллы	—	—	3	Приемлемый для потребителя
рН, ед.	6,5–8,5			6,5–9,5
Окисляемость, мг/л	—	—	—	5
Алюминий, мг/л	0,2	0,3	0,2	0,2
Железо, мг/л	0,3	0,3	0,2	0,2
Марганец, мг/л	0,5	0,1	0,05	—
Хлориды, мг/л	250	100	—	250
Сульфаты, мг/л	250	—	—	250
Сухой остаток, мг/л	500	—	—	—
Медь, мг/л	1	—	—	2
Цинк, мг/л	3	—	—	—

Примечание: *Всемирная организация здравоохранения.

**Директива Совета ЕС по качеству воды, предназначенной для потребления человеком.

Так, например, значение одного из важных показателей качества воды — водородного показателя рН с максимальным диапазоном — определено: в ЮАР — 5,5–9,5 ед., в Швеции — 7,5–9, в США — 6,5–8, а Директивой ЕС установлено значение рН 6,5–9,5 ед. Норматив рН в России составляет 6–9 ед. Минимальный уровень показателя общей минерализации установлен в ЮАР — 200 мг/л, максимальный 1000 мг/л — в Китае, Бразилии и России. В США, Японии и Австралии показатель находится на уровне 500 мг/л, а Директивой ЕС не нормируется.

Самые низкие нормативы перманганатной окисляемости установлены в Японии и Китае (3 мг/л). В России, Финляндии, во Франции, а также в Директиве ЕС этот показатель находится на уровне 5 мг/л. Суммарное содержание нефтепродуктов в питьевой воде нормируется только в России — на уровне 0,1 мг/л. Нормативный уровень органического углерода в Японии составляет 3 мг/л, в ЮАР — 5, в России — 8. В Директиве ЕС содержание органического углерода в питьевой воде приемлемо без аномальных изменений.

Значимым различием между отечественными и зарубежными стандартами является то, что в первом случае однозначно указано предельно допустимое значение преобладающего большинства показателей, в то время как во втором большинство показателей имеет как предельное, так и допустимое их значение (см. табл. 5, 6).

В российском стандарте содержится значительно больший перечень нормируемых показателей, и тенденция к дальнейшему их увеличению сохраняется.

Авторы [5] решили отойти от системы оценки качества воды по принципу «соответствует — не соответствует» и предложили показатель качества водопроводной воды, получивший название «индекс БББ»: Б — безопасность эпидемиологическая и радиологическая; Б — безвредность химическая; Б — благоприятность физиологическая.

Индекс БББ определяется по формуле

$$\text{БББ} = \sum_{i=1}^n \frac{A_{\text{ср}}^i}{\text{ПДК}^i}, \quad (1)$$

где $A_{\text{ср}}^i$ — среднее за год значение концентраций i -го вещества, определенных за определенный период (например за год) по всем точкам контроля; ПДК^i — норматив качества питьевой воды по i -му показателю, законодательно установленный на государственном уровне i -го вещества; i — число показателей, учитываемых при определении индекса БББ.

На рис. 1 в качестве примера приведена диаграмма с индексами БББ по отдельным группам показателей качества воды, которая свидетельствует о высоком качестве водопроводной воды.

Все показатели качества воды были разделены на группы в зависимости от природы загрязняющего вещества и класса его опасности, принятого в действующих нормативных документах. Для получения количественной интегральной оценки качества воды, используемой для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения (на примере г. Санкт-Петербурга), показатели качества воды были приведены к значению доли от ПДК, установленной действующими нормативами.

Введение индекса БББ является полезным для обеспечения потребителей полной и достоверной информацией о качестве питьевой воды.

Широкое использование механизмов бенчмаркинга позволяет решать разные задачи — от оценки риска для здоровья человека потребления питьевой воды определенного качества до обоснования целесообразности и эффективности мероприятий, направленных на улучшение качества воды и выбора оптимального решения варианта подготовки воды питьевого качества с учетом технических и экономических возможностей.

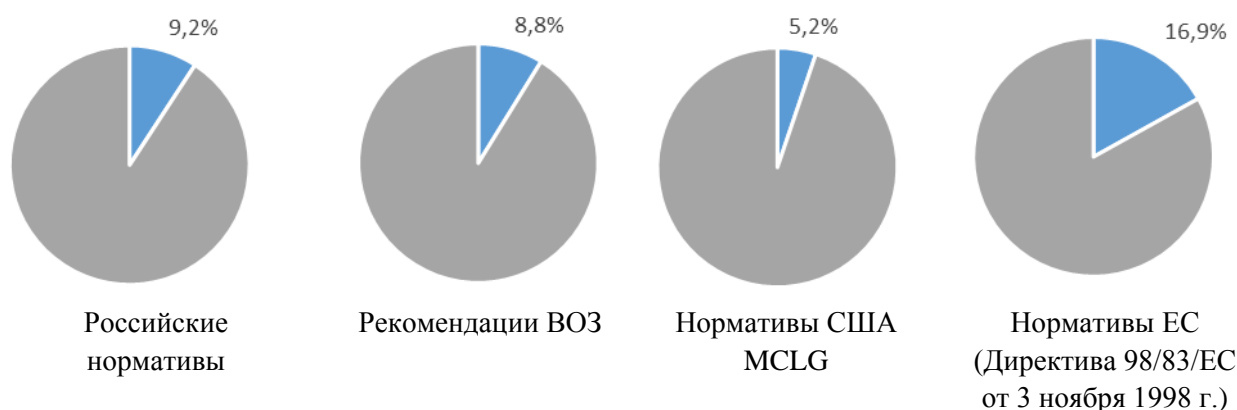


Рис. 1. Индекс БББ в водопроводной воде г. Санкт-Петербурга в соответствии с действующими российскими и зарубежными нормативами. Площадь всей окружности соответствует ПДК, голубой сегмент — индекс БББ (доля концентрации загрязнений в ПДК)

Научный и практический интерес для специалистов представляет и оценка эффективности технологий в процессе бенчмаркинга с применением индекса БББ (далее — индекс), которая предполагает следующий алгоритм: сравнение эффективности водоочистных технологий по индексу → сопоставление эффектов воздействия на здоровье потребителей, получаемых при различных технологических решениях → обоснование критериев для оценки качества питьевой воды по комплексному воздействию совокупности веществ и соединений воды при применении конкретной технологии → применение индекса в качестве самостоятельного критерия при переходе на новую систему технологического нормирования → учет индекса при оценке экономической эффективности водоочистных технологий.

Перспективными направлениями по [5] являются: бенчмаркинг удельных затрат на достижение нормативов в зависимости от качества воды источников водоснабжения и применяемых технологий; бенчмаркинг удельных затрат на мероприятия по контролю и мониторингу питьевой воды и связанных с водоснабжением, водоподготовкой и водоотведением.

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

3.1. Выбор и обоснование технологической схемы очистки и кондиционирования природных вод

Предложенная академиком Л.А. Кульским классификация примесей воды на основе их физико-химических характеристик позволила впервые сформулировать основные принципы выбора технологических схем водоподготовки и их технико-экономического обоснования в зависимости от качества воды в водоисточниках [8], которые затем были развиты в «Классификаторе технологий очистки природных вод» [9], разработанном в 2000 г. под руководством профессора М.Г. Журбы и рекомендованном к применению Межведомственным научным советом РАН и Госстроя России.

«Классификатор» включает перечень приоритетных загрязнений природного и антропогенного происхождения, группу примесей по фазово-дисперсному состоянию, временной фактор присутствия загрязнений в природной воде, методы безреагентной и реагентной очистки воды и набор альтернативных технологий очистки поверхностных и подземных вод для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В «Классификаторе» приведена систематизация технологий, а их выбор основан на определении максимальных концентраций загрязняющих веществ и продолжительности превышения ПДК. Множественность показателей качества природной воды и факторов, определяющих технологии при содержании различных загрязнений, а также ограничения продолжительности превышения их концентраций над ПДК сдерживали применение инструмента для решения практических инженерных задач.

В 2005 г. на основании полученных результатов численного моделирования процессов формирования гидрохимического режима водоисточников с применением показателей риска для обоснования расчетных показателей качества воды классификатор был дополнен интегральным показателем — *индексом качества воды* (ИКВ) [10] для определения временного фактора присутствия примесей, а затем вошел в качестве рекомендуемого Приложения Б в СП 31.13330–2012 и СП 31.13330–2021.

Пример подбора технологической схемы очистки воды

Исходные данные: потребитель — поселок, расположенный в Западной Сибири; источник хозяйственно-питьевого водоснабжения — артезианские воды. Показатели качества подземной воды приведены в табл. 7.

Таблица 7

Физико-химический состав подземной воды

Показатель	Значение
рН, ед.	7,3–7,6
Мутность, мг/л	2,2–2,7
Цветность, град.	120–160
Щелочность, ммоль/л	10,7–11
Жесткость общая, ммоль/л	1,5–1,92
Кальций, мг/л	16–24
Магний, мг/л	8,2–8,5
Натрий + Калий, мг/л	300–312
Хлориды, мг/л	85,1–101
Сульфаты, мг/л	14,4–17
Гидрокарбонаты, мг/л	653–671

Показатель	Значение
Силикаты (Si), мг/л	16,7–19,4
Фосфаты, мг/л	11–12
Аммонийный азот (NH ₄ ⁺)	3,5
Железо общее, мг/л	3,5–4,0
Нефтепродукты, мг/л	0,6
Фенолы, мг/л	0,01
Окисляемость перманганатная, мг/л	23–25
Сухой остаток, мг/л	801–848
Диоксид углерода, мг/л	
свободный	30–50
агрессивный	22–44

На первом этапе выполняем оценку качества воды и сопоставляем концентрации загрязняющих веществ в исходной воде со значениями ПДК в питьевой воде по СанПиН [2]. Превышения ПДК по различным показателям составляют от 1,3 до 15 (например, ПДК по железу составляет 0,3 мг/л, следовательно, превышение ПДК по данному показателю — 11,7...15).

Затем классифицируем загрязнения подземной воды на антропогенные и природные, выделяя отдельную группу по газовому составу.

По табл. 9.12 [10] определяем группу и подгруппу антропогенных загрязнений: азот аммонийный — А_{1.3}, фосфаты — А_{1.4}, кадмий — А_{2.3}, нефтепродукты — А_{4.1}, фенолы — А_{4.3}; по табл. 10.16 — группу и подгруппу по газовому составу диоксида углерода — Г_{1.2}. По классификатору подземных водоисточников определяем класс подземной воды по природным загрязнениям. Приоритетными показателями для конкретного примера являются цветность и перманганатная окисляемость. Принимаем класс 5 и подкласс 2(б).

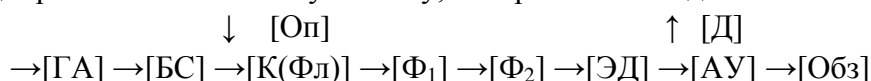
Для каждого загрязнения, используя условные обозначения из табл. 10.17 [10], находим по табл. 10.15 и 10.16 методы очистки и сводим данные в общую табл. 8.

Таблица 8

Методы очистки

Группа, подгруппа загрязнений	Метод
5.2 (б)	Биосорбция (БС), сорбция на активированном угле (АУ), коагуляция (К), флокуляция (Фл), фильтрование (Ф), окисление перманганатом калия (Оп), мембранный метод, стабилизация (Ст), обеззараживание (Обз)
Г _{1.2}	Глубокая аэрация барботированием воздуха (ГА), дегазация (Д)
А _{1.3}	Биосорбция (БС)
А _{1.4}	Мембранный метод (электродиализ (ЭД)), Коагулирование (К), фильтрование (Ф)
А _{2.3}	Коагулированные (К), фильтрование (Ф)
А _{4.1}	Биосорбция (БС), фильтрование (Ф)
А _{4.3}	Биосорбция (БС), фильтрование (Ф)

Используя классификаторы технологий очистки подземных вод и данные табл. 10.18–10.20 [10], подбираем технологическую схему, которая имеет вид



После электродиализа щелочность воды снижается с выделением диоксида углерода в агрессивной форме, а количество кальция снижается. В связи с этим вводится дополнительно узел известкования. Избыток агрессивного углерода отдувается в дегазаторе.

3.2. Эффективные технологии водоподготовки. Понятие и критерии оценки

Анализ имеющейся информации в стране о нормотворчестве международных и национальных организаций в части понятия «наилучшие доступные технологии» [11] и применения этого понятия в работах отечественных специалистов [12; 13] показал, что и нормотворчество, и преобладающее применение таких понятий, как «наилучшие имеющиеся технологии» (НИТ), «наилучшие доступные технологии» (НДТ), «наилучшие существующие технологии» (НСТ), относятся исключительно к сфере охраны природных и, в частности, водных ресурсов. Что касается области водоснабжения, то существуют лишь примеры произвольного, противоречивого и недостаточно обоснованного переноса этих понятий на технологии водоснабжения.

Именно системный подход к обоснованию наиболее эффективных технологий (технологических схем) водоподготовки позволяет исключить противоречия в одновременно используемых понятиях «наилучшие» и «доступные». Рациональным, с нашей точки зрения, понятием, на которое должны ориентироваться потенциальные производители питьевой воды при выборе технологий, является понятие *эффективные технологии водоподготовки* (ЭТВ). Их основными характеристиками являются: обязательное обеспечение требуемых нормативов качества питьевой воды, экологической и технико-экономической эффективности; учет возможного ухудшения качества воды в водоисточниках и дальнейшее повышение требований к степени очистки на перспективу; учет и диапазон производительностей станций водоподготовки, связанных с водопотреблением в системах водоснабжения (к примеру: $Q \leq 5$ тыс. м³/ч; $Q = 5 \dots 30$ тыс. м³/ч; $Q > 30$ тыс. м³/ч).

При компоновке разных технологических процессов в едином составе технологической схемы отдельные процессы (технологии) очистки могут быть не самыми эффективными при их самостоятельном применении, но быть наиболее рациональными в конкретной технологической схеме водоподготовки с учетом применительно к качеству исходной воды потенциального водоисточника, обеспечения экологической безопасности и наибольшей экономической эффективности.

Схема последовательного внедрения ЭТВ должна предусматривать следующие этапы: предварительный выбор по классификатору эффективных технологий водоподготовки; заводские, ведомственные, государственные испытания на природных водоисточниках; анализ опыта действующих сооружений, реализующих отдельные этапы или в целом ЭТВ; экспериментальное и рабочее проектирование (тиражирование).

Определяющими требованиями (критериями), предъявляемыми к оценке эффективности технологических схем водоочистки, являются: обеспечение существующих и прогнозных отечественных и зарубежных нормативов качества, предъявляемых к безопасной питьевой воде с учетом возможного дальнейшего ухудшения качества воды в водоисточниках; обеспечение экологической эффективности систем очистки питьевой воды и повторного использования промывных вод, обезвоживания и утилизации осадков, образующихся в технологическом процессе подготовки питьевых вод; обеспечение технико-экономических показателей эффективности технологической схемы водоподготовки.

3.3. Формирование базы данных эффективных технологий водоподготовки

Решение задач, связанных с повышением безопасности получаемой на станциях водоподготовки питьевой воды и обеспечением гарантированной их полной производительности в течение года, связано с необходимостью дальнейшего усовершенствования и интенсификации реализуемых в настоящее время технологических процессов очистки и обеззараживания питьевой воды. Причем пути технического перевооружения действующих водоочистных станций должны быть по возможности наиболее экономичны как в использовании нового технологического оборудования, так в первую очередь и в энергозатратах на подъем и подачу воды потребителям.

В табл. 9–12 приведены наиболее эффективные технологии водоподготовки, рекомендованные при соответствующем обосновании к внедрению в системах водоснабжения коммунального и промышленного секторов народного хозяйства [14].

База данных ЭТВ, рекомендованных для применения в системе водоснабжения (предварительная обработка воды)

Наименование и краткое описание технологии	Преимущества (+) и недостатки (-)	Область применения
<i>Биореакторы с волокнисто-гранулированными насадками для иммобилизованной микрофлоры</i>		
<p>При опасности образования хлорорганических соединений в процессе первичного хлорирования природных вод, содержащих в большом количестве органические загрязнения природного и антропогенного происхождения, в определенных условиях альтернативным вариантом замены первичного хлорирования на озонирование может быть использование биологической предочистки воды на биореакторах с волокнистыми носителями прикрепленных микроорганизмов. Суть процесса такой предочистки основана на использовании биоценоза естественных водотоков, продолжающего развиваться на волокнистых носителях с высокой развитой поверхностью. Выполнение элементов волокнистого слоя с уменьшающейся по ходу движения воды плотностью упаковки способствует беспрепятственному осаждению хлопьев оторвавшейся биопленки</p>	<p>(+) Уменьшение доз и расхода применяемых реагентов; уменьшение образования ТГМ; снижение нагрузки на последующие сооружения; частичная минерализация примесей воды.</p> <p>(-) Необходимость дополнительных площадей; снижение эффективности очистки в холодные сезоны года; расходы на подачу воздуха</p>	<p>Цветность — до 200 град. Мутность — до 250 мг/л. Количество гидробионтов (сине-зеленых, диатомовых водорослей, спиригиры) — до 10...15 тыс. кл./мл воды. Производительность — 5...25 тыс. м³/сут и более</p>
<i>Биосорбция</i>		
<p>Метод заключается в совмещении в пространстве и во времени процессов сорбции загрязнений с их биологическим окислением.</p> <p>Основная функция биосорбера заключается в надежном снижении загрязнения исходной воды веществами антропогенного и природного происхождения до уровня, гарантирующего возможность их дальнейшего удаления при последующей очистке по традиционной схеме водоподготовки.</p> <p>В условиях реконструкции биосорбер целесообразно располагать в начале существующей технологической цепочки.</p> <p>Условия, складывающиеся в сложной био-физико-химической системе микропористой структуры активированного угля и на его поверхности, обеспечивают существенное снижение температурного порога интенсивного протекания биохимических процессов (вплоть до +1 °С)</p>	<p>(+) Уменьшение доз применяемых реагентов, в том числе хлорсодержащих при первичном хлорировании (уменьшение образования тригалогенметанов (ТГМ)); снижение нагрузки на последующие сооружения; повышение барьерной роли сооружений (особенно в случаях экстремального увеличения концентраций загрязнений в исходной воде); частичная минерализация примесей воды.</p> <p>(-) Необходимость дополнительных площадей; увеличение потерь напора в целом по схеме; проблемы регенерации и утилизации сорбционной загрузки; расходы на подачу воздуха</p>	<p>Природные воды, содержащие антропогенные примеси</p>
<i>Водозаборно-очистные сооружения фильтрующего типа</i>		
<p>Сооружения водозабора из поверхностных и подземных вод с водоочистными функциями (водоприемные ковши-отстойники, фильтрующие оголовки и др.)</p>	<p>(+) Снижение нагрузки по взвешенным веществам, фито- и зоопланктону на последующие сооружения; снижение количества образующегося на станции осадка; повышение эффективности рыбозащиты.</p> <p>(-) Дополнительные капитальные затраты</p>	<p>Воды со средней и высокой мутностью и цветностью, с повышенным содержанием фито- и зоопланктона. Производительность — любая</p>

Наименование и краткое описание технологии	Преимущества (+) и недостатки (-)	Область применения
<i>Первичное озонирование</i>		
Применение озонирования для обработки исходной, а не предварительно обработанной воды, для замены первичного хлорирования, уменьшения образования тригалогенметанов и улучшения процесса коагуляционной обработки воды	(+) Снижение образования ТГМ; (-) В ряде случаев — ухудшение санитарного состояния сооружений при замене хлорсодержащих реагентов озоном, а также возможна повторная обработка воды озоном после отстаивания или фильтрования; повышенные дозы озона; образование побочных продуктов озонирования	Производительность — любая
<i>Методы эффективного фотохимического окисления органических веществ и обеззараживания воды на основе совместного применения озона, пероксида водорода, УФ-излучения, ультразвука в различных комбинациях</i>		
Воздействие излучением в ультрафиолетовой области спектра является одним из высокоэффективных методов разрушения органических соединений. Возможности метода деструкции органических соединений ультрафиолетовым излучением значительно расширяются при условии применения дополнительного воздействия окислителей и катализаторов фотохимических процессов (например озона и пероксида водорода). Механизм усиления эффективности разложения органических веществ при совместном действии УФ-излучения и озона, УФ-излучения и H_2O_2 проходит за счет саморазложения озона и пероксида водорода и образования гидроксильных радикалов, действующих как основные сильные окислительные агенты	(+) Замена первичного хлорирования; при озонировании — снижение дозы озона; повышение эффективности и расширение возможностей окислительного метода; уменьшение образования побочных продуктов. (-) Усложнение схемы первичной обработки воды, дополнительные капитальные затраты на УФ-установку	Производительность — любая
<i>Совместная обработка воды окислителями и коагулянтами</i>		
Использование окислителей (озона, пероксида водорода, гипохлорита натрия) для улучшения коагуляционной обработки воды с контролем величины ζ -потенциала	(+) Возможность более гибкого управления и контроля процесса коагуляционной обработки воды; расширение возможностей метода; повышение степени обесцвечивания воды. (-) Усложнение схемы водоподготовки	Цветные воды, воды с повышенной кинетической устойчивостью частиц взвеси; производительность — любая
<i>Аэрирование воды</i>		
Насыщение воды кислородом воздуха путем излива воды или принудительной подачи сжатого воздуха	(+) Улучшение органолептических показателей качества воды без использования реагентов. (-) Дополнительные энергетические затраты на создание перепада уровня (аэрация при изливе) или на принудительную подачу воздуха	Качество воды не лимитируется, производительность — любая
<i>Гидродинамический способ обработки воды озоном</i>		
Сущность способа заключается в существенной интенсификации процессов распределения и смешения воды с озоном на основе физических воздействий, происходящих в эжекторе-смесителе новой конструкции, за счет чего достигается сокращение времени контакта и более полное использование озono-воздушной смеси	(+) Уменьшение строительных объемов контактных камер; уменьшение дозы озона. (-) Увеличение потерь напора на стадии озонирования	Качество воды определяется применимостью метода озонирования, производительность — $10\,000\text{ м}^3/\text{сут}$ и выше

База данных ЭТВ, рекомендованных для применения в системе водоснабжения (реагентная предобработка воды)

Наименование и краткое описание технологии	Преимущества (+) и недостатки (-)	Область применения
<i>Применение новых марок коагулянтов и флокулянтов</i>		
Коагулянты на основе алюминия в виде концентрированных растворов, в том числе марок АКВА-АУРАТ, СКИФ-180, СКИФ-300 и др. Органические коагулянты: ЭПИ-ДМА, Магнафлок ЛТ, ПолиДАДМАХ и др. Флокулянты: ВПК-402, FL45С, ПолиДАДМАХ, полигексаметиленгуанидин (ПГМГ), алюмосиликатные флокулянты	(+) Упрощение схемы хранения, приготовления и дозирования растворов коагулянтов; возможность легкого перехода на работу с коагулянтами других марок в жидкой форме; при использовании полиоксихлорида алюминия — обеззараживающий эффект, уменьшение образования ТГМ; при использовании органических коагулянтов — более широкий диапазон работы по рН и температуре исходной воды, меньший объем осадка, снижение содержания остаточного алюминия. (-) В ряде случаев — увеличение затрат на реагентную обработку; необходимость дополнительных исследований для технико-экономического обоснования новых марок коагулянтов и флокулянтов	Природные поверхностные воды; производительность — любая
<i>Применение управляемого механического перемешивания на стадии смешения реагентов с водой и хлопьеобразования</i>		
Механические смесители и камеры хлопьеобразования	(+) Повышение эффективности осветления воды; уменьшение дозы коагулянтов; высокая технологичность и управляемость процессом коагуляционной обработки воды. (-) Дополнительные капитальные затраты; наличие дополнительного механического оборудования	Воды с низкой мутностью, температурой, щелочным резервом; производительность — любая
<i>Контактные камеры хлопьеобразования</i>		
Работа камер основана на принципе контактной коагуляции, обусловленной способностью мелких частиц взвеси и микрохлопьев коагулянта после взаимной нейтрализации электрокинетических зарядов прилипать к поверхности более крупных частиц фильтрующей загрузки. Контактные камеры хлопьеобразования могут быть с контактной зернистой средой с плотностью зерен выше и ниже плотности воды, с псевдооживленным слоем из легких полимерных материалов	(+) Повышение эффективности процесса коагуляционной обработки воды, в том числе при условиях, не благоприятствующих процессу хлопьеобразования в свободном объеме. (-) Некоторое усложнение конструкции и эксплуатации камеры хлопьеобразования	Цветные и высокоцветные (до 250 град.) воды с малой и средней мутностью (до 150 мг/л), низкая температура воды
<i>Автоматическое дозирование растворов коагулянтов</i>		
Применение современных систем приготовления и автоматического дозирования растворов коагулянтов и флокулянтов в обрабатываемую воду (например ALLDOS, MILTON ROY и др.)	(+) Повышение точности дозирования растворов реагентов; автоматизация процесса коагуляционной обработки воды. (-) Дополнительные затраты на оборудование	Качество воды не лимитируется, производительность — любая
<i>Магнитная активация растворов коагулянтов</i>		
Обработка раствора коагулянта магнитным полем, вследствие чего происходит снижение электрокинетического потенциала коллоидных примесей и увеличение адсорбционной емкости коагулянта (гидроксида алюминия)	(+) Снижение дозы коагулянта; повышение эффективности коагуляционной обработки воды. (-) Требуется проведение дополнительных исследований для установления точного эффекта в конкретных условиях применения	Содержание взвешенных веществ не более 250 мг/л

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

e-Univers.ru