

Г. А. Самбурский
С. М. Пестов

*Технологические
и организационные
аспекты процессов
получения воды
питьевого качества*



**С. М. Пестов
Г. А. Самбурский**

**Технологические
и организационные аспекты
процессов получения
воды питьевого качества**

http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=22572237

ISBN 9785448353697

Аннотация

В данной книге основное внимание уделено современным методам водоподготовки, используемым при организации централизованного водоснабжения населения, кратко рассмотрены организационные и экономические аспекты применения технологий. Издание будет полезно специалистам в области водоснабжения, студентам, обучающимся по направлениям: «техносферная безопасность», «строительство», «экология и природопользование», «химия», и всем интересующимся проблемами организации централизованного водоснабжения.

Содержание

Из истории водоснабжения	6
Глава 1. Общие вопросы организации питьевого водоснабжения	14
1.1 Показатели качества воды. Общая характеристика	14
Группа показателей – эпидемические	15
Группа показателей – органолептические	16
Группа показателей – радиологические	20
Группа показателей – химические	22
Конец ознакомительного фрагмента.	23

**Технологические
и организационные
аспекты процессов
получения воды
питьевого качества
Г. А. Самбурский
С. М. Пестов**

© Г. А. Самбурский, 2016

© С. М. Пестов, 2016

ISBN 978-5-4483-5369-7

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

От авторов:

В настоящее время одной из ключевых проблем устойчивого развития современной цивилизации является проблема снабжения населения чистой и безопасной водой. По разным оценкам до 1,1 млрд. чел. (17% населения) находятся в зоне риска из-за недостатка чистой питьевой воды, 400 млн. детей не имеют возможности пользоваться без-

опасной водой. В данной книге основное внимание уделено современным методам водоподготовки, используемым при организации централизованного водоснабжения населения, при этом кратко рассмотрены организационные и экономические аспекты применения технологий. Настоящее издание будет полезно специалистам в области водоснабжения, студентам, обучающимся по направлениям: «Техносферная безопасность», «Строительство», «Экология и природопользование», «Химия», а также всем тем, кто интересуется проблемами, встающими перед организацией централизованного водоснабжения.

Авторы выражают признательность Минобрнауки за финансовую поддержку издания книги (проект ПНИЭР RFMEFI58015X0004)

Рецензент: д.т.н., профессор Пупырев Е. И., президент Международного союза проектировщиков, председатель экспертно-технологического совета РАВВ, профессор НИУ МГСУ

Из истории водоснабжения

Значение воды как ресурса жизнедеятельности и экономического развития государства невозможно переоценить, и в истории развития цивилизации водному фактору всегда придавалось большое значение. Возможность обеспечения питьевой водой была основой для роста поселений, городов и мегаполисов уже начиная с древних цивилизаций Шумера, Вавилона и Египта (см. напр., [1, 2]). Разумеется, тогда речь шла только о транспортировке воды к поселениям. Водоводы – акведуки строились тогда от источника воды к месту поселения людей, которое располагалось ниже этого источника по высоте. Как правило, водоводы – акведуки представляли собой многокилометровые грандиозные конструкции в десятки метров высотой. В настоящее время многие акведуки – это памятники архитектуры, и место паломничества туристов. Конструкции сооружались из разных материалов, при этом чаще наиболее часто использовался камень, а наибольшего мастерства в этом вопросе достигли инженеры Древнего Рима.

Известно, что первый водопровод, протяженность которого составляла 16 км, появился в Риме в 312 г. до н. э. Уже к концу I века н.э. совокупная протяженность водопроводов в Риме увеличилась более, чем в 25 раз, было сооружено было девять акведуков, по которым в «вечный город» поступа-

ло до 700 тыс. м³ воды в день. Основой технологии подготовки воды являлся принцип естественной фильтрации, которая осуществлялась в последовательно соединенных резервуарах.

Жизнь крупных древних городов была немыслима без водоснабжения. Водоводы – акведуки сооружались повсеместно, и, к примеру, в сам Рим вода подавалась 11 акведуками. Однако самый протяженный акведук был построен римскими зодчими даже не в Италии, а на территории современного Туниса, для водоснабжения того самого пунического города Карфаген, который «должен быть разрушен», но был завоеван и стал римской провинцией. Там римляне построили водовод – акведук длиной 132 км, высота которого на некоторых участках была выше 20 м. Это по современным оценкам давало возможность подавать в город примерно 400 л/с воды. Сооружения по сбору воды в горах и некоторые фрагменты инфраструктуры этого гиганта, пережив практически 2 тысячелетия, сохранились до наших дней.

Помимо водоводов, древние города имели инфраструктуру как для хранения воды, так и для водоснабжения отдельных потребителей. В столице Византийской империи Константинополе, к примеру, существовало более 40 подземных водохранилищ. Так как в пределах города источников пресной воды не было, приходилось доставлять воду. Система водоснабжения Константинополя, обеспечивающая перемещение воды на расстояние порядка 650 км, не имела аналогов

в античном мире. Основной водовод начинался в 240 километрах к западу от Константинополя в провинции Фракия. Сам водовод должен был идти под наклоном, чтобы поддерживать течение воды. Система включала и подземные тоннели, и каналы на поверхности земли, и акведуки и некоторые из них сохранились до наших дней.

Как мы понимаем, подвести воду в Константинополь было лишь половиной решения проблемы, т.к. воду надо было где-то хранить, что сложно в условиях городской застройки. Решением проблемы сохранения воды жители города были обязаны византийским инженерам, которые построили изумительную систему подземных водохранилищ. Со временем было создано более 150 подземных накопителей воды, а крупнейший из них – цистерна Базилика. Размеры самой цистерны – 140×70 метров (достаточно, чтобы наполнить водой почти 30 олимпийских пятидесятиметровых бассейнов). Своды цистерны поддерживают 336 колонн 8-метровой высоты. Этот резервуар строился почти 250 лет, в 4—6 веках н.э., после чего около 1000 лет использовался для хранения запасов питьевой воды. В настоящее время Цистерна Базилика является одним из самых популярных музеев Стамбула. Водоохранилища поддерживали водоснабжение города в достаточном объеме даже летом в отсутствии дождей, когда акведуки давали очень мало воды.

Красивым примером, показывающим очень высокий уровень развития технологий древнего мира, является Эфес-

ский водопровод. Это сооружение было керамическим, подземной или надземной прокладки. Собирался водовод из небольших трубных секций, которые соединялись между собой растровыми соединениями (этот принцип соединения использовался и в Константинополе). Такого технологического уровня инфраструктуры знаменитые европейские города достигнут только к 18—19 веку.

Достаточно долгое время система обеспечения водой населения Европы по качеству намного уступала системе древнего Рима. К сожалению, на долгое время были утрачены технологии античных мастеров, централизованные системы водоснабжения отсутствовали, и все это серьезно ухудшало условия жизни и способствовало возникновению различного рода эпидемий.

Следует отметить, что история водоснабжения знает многое про системы транспортировки воды в Южной Америке. Эти были оригинальные и весьма технологичные системы транспорта воды, и создавались они индейскими племенами Южной Америки. Речь идет не о наземных сооружениях, но о системах сложных каналов и водохранилищ, которые позволяли транспортировать воду с гор к местам проживания людей. Кумбе-Майо, самый древний акведук такого типа на территории Южной Америки, длина которого около 8 км, был построен на высоте 3,3 км предположительно около 1500 г. до н. э. Совершенно уникальным инженерным сооружением была система водоснабжения священного города

инков Мачу-Пикчу, построенного на высоте 2450 метров над уровнем моря, в Андах, на территории современного Перу в 15 веке н.э. – чистая вода из высокогорных источников направлялась в город системой искусственных каналов.

История развития водоснабжения в нашей стране также насчитывает многие века. Учитывая то, что города всегда строились рядом с реками, проблем связанным с большими расстояниями транспортировки воды в нашей стране практически не было. Однако говорить о централизованном водоснабжении населения стало возможно только с того момента, когда начала резко возрастать численность городского населения. В начале XIX века пущен первый московский городской водопровод длиной 16 км, подававший воду самотёком от села Мытищи. После реконструкции в 1878 году он имел всего 207 домовых ответвлений, из них 91 – в казенные и промышленные здания. В XIX веке централизованное водоснабжение развивалось, помимо Москвы, преимущественно в фабрично-заводских центрах, и охватывало не более 20% городов России, население которых превышало 10 тыс. человек. Но уже к 1910 году централизованные водопроводы были построены в 149 городах России против 10 – 1864 году. Протяженность уличных сетей водопроводов достигала 4800 верст, в том числе в Москве, Санкт-Петербурге, Варшаве и Одессе было построено 1689 верст сетей. Анализируя имеющиеся данные, отметим, что в балансе водных ресурсов при централизованном водоснабже-

нии наибольшую долю составляли поверхностные воды рек – 35,2% водопроводов, подземные воды родников – 26,7%, грунтовых – 11% и артезианских колодцев – 14%. С появлением централизованных систем водоснабжения вырос уровень благоустройства жилья, кардинально улучшена санитарно-эпидемиологическая обстановка, была создана прочная основа для новых архитектурно – планировочных решений по дальнейшему развитию городов и других населенных пунктов. Истории развития водоснабжения в нашей стране посвящено множество публикаций (например, *Алексея Порядина «Развитие водоснабжения в России. XX век».*)

Уточним, что к началу 1991 г. централизованным водоснабжением было обеспечено 99% городов и 86% сельских поселений РСФСР. Уровень водопотребления на хозяйственно-питьевые и бытовые нужды в среднем достиг 327 литров в сутки на человека. Имеющиеся ресурсы природных пресных вод (поверхностных и подземных) позволяли, за редким исключением, выполнить задачу полного обеспечения потребностей населения страны в воде питьевого качества, в т.ч. с учетом перспективы развития, и при рациональном использовании воды действующие городские водопроводы могли обеспечивать нормальное водоснабжение. Сконструированные системы коммунального водоснабжения, их инфраструктурные и технологические элементы были проверены многолетней практикой. Однако известное безвременье, в котором оказалась экономика нашей стра-

ны, ухудшило состояние централизованного водоснабжения. Ряд предприятий водоснабжения оказалось в кризисном состоянии; среднесуточный объем питьевой воды, подаваемой в сеть, в целом по стране уменьшился более, чем на 15%; при этом заметно увеличилась доля ветхих сетей, требующих замены, выросли утечки и неучтенные расходы воды.

Кроме этого, по причине ухудшения состояния водных источников, достижение требуемого качества подаваемой населению питьевой воды требует применения новых технических решений. Проблемы, с которыми сталкиваются вододефицитные регионы, тоже требуют новых технологических подходов в части водообеспечения. Таким образом, проблема водоснабжения и обеспечение потребителей качественной питьевой водой связана с решением нескольких взаимосвязанных задач, к которым относятся:

Определение и обеспечение качества источника водоснабжения населенного пункта

Выбор технологий водоподготовки с учетом качества воды водоисточника и региональных особенностей

Обеспечение качества подаваемой абонентов воды в соответствии с требованиями санитарного законодательства

Экономическая возможность применения выбранных технических решений

Россия, обладая почти четвертью мировых запасов пресной воды, имеет стратегическое преимущество, роль которого в дальнейшем будет только возрастать. Однако вопро-

сы обеспечения населения качественной питьевой водой – это не только экономическая и технологическая составляющая, но основа территориального развития и обеспечения безопасности нашей страны. Именно поэтому в данной работе предполагается рассмотреть основные технологические возможности получения воды питьевого качества, используя подход, называемый технологиями доступа к питьевой воде.

Глава 1. Общие вопросы организации питьевого водоснабжения

1.1 Показатели качества воды. Общая характеристика

Природная вода – это очень сложная дисперсная система, содержащая огромное количество минеральных и органических примесей. Качество воды, возможность ее использования для питья и в технических целях оценивается по целому ряду параметров, на основании которых осуществляется выбор решений по очистке воды. (см. напр., [1.2]). В нашей стране долгое время гигиенические требования по соответствию качества питьевой воды основывались ГОСТ 2874—82 «Вода питьевая». Согласно этому документу, качество воды определялось по группам показателей: микробиологических, токсикологических и органолептических. Начиная с 2001 г. требования гигиенического характера по качеству питьевой воды для централизованных систем водоснабжения определяют санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1074—01. В данном документе качество воды подраз-

деляются на группы показателей: эпидемические; органо-лептические; радиологические; химические.

Группа показателей – эпидемические

Вода является весьма благоприятной средой для развития множественных форм простейших, бактерий, и высших организмов. Большое число развивающихся в воде микробов являются распространителями водных инфекций различного рода, типичным примером которых являются микроорганизмы – возбудители холеры, дизентерии, брюшного тифа и пр. Вода, помимо этого, может быть переносчиком различного рода паразитозов (аскарид, карликового цепня и пр.) и простейших (амеб, лямблий и пр.). Разнообразие форм патогенных организмов, сложность, дороговизна и длительность процесса их определения определяет необходимость анализа воды на наличие в ней т.н. маркерных микроорганизмов, которые указывают на потенциальную возможность патогенного загрязнения воды патогенной микрофлорой (табл. 1). В качестве критерия микробиологической чистоты выбрана кишечная палочка. Количество кишечных палочек в воде характеризуется коли-титром (к-т) – объемом воды (см^3), в котором содержится одна кишечная палочка или коли-индексом (к-и) – количеством кишечных палочек в 1 л воды.

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие

Таблица 1. Группа – эпидемические показатели

Группа показателей – органолептические

Запах, привкус, цветность и мутность определяют группу органолептических показателей воды (табл.2).

Показатели	Единицы измерения	Нормативы, не более
Запах	Баллы	2
Привкус	Баллы	2
Цветность	Градусы	20 (35)
Мутность	ЕМФ (единицы мутности по формазину)	2,6 (3,5)
	или мг/л (по каолину)	1,5 (2)

Таблица 2. Группа органолептические показатели качества воды

В общем случае определение запахов и привкусов связа-

но с возможностью нахождения в воде растворенных газов, органических соединений, минеральных веществ, деятельностью микроорганизмов. По своему происхождению запах воды может быть естественным, т.е. природным (к примеру, болотный, гнилостный, землистый, сероводородный и др.) и искусственным (запах ароматических соединений, хлора, фенола, хлорфенола, нефти и др.).

Для количественной оценки запаха и привкуса применяют 5-балльную шкалу. Таким образом, вкусовые характеристики воды могут соответствовать терминам горьковатая, солоноватая, сладковатая, кисловатая и т. д. При повышении температуры, как правило, запахи и привкусы усиливаются. Вода считается соответствующей для питьевых целей, если при температуре 60 °С имеет оценку не более 2 баллов. Цветность воды или фактически окраска воды в тот или иной цвет, свойственна, как правило, водам поверхностных источников. Цветность измеряют в градусах стандартной платинокобальтовой шкалы при сравнении анализируемой при исследовании пробы с эталонной водой. Цветность может вызываться как природными соединениями (часто это гумины – высокомолекулярные соединения почвенного происхождения, фульвовые кислоты, коллоидные формы железа, ряд других окрашивающих ионов) и веществами антропогенного происхождения, в т.ч., поступающими со сточными водами. Цветность для питьевой воды не должна быть больше 20°. В ряде исключительных случаев, при согласо-

нии с органами санитарного надзора, цветность может быть до 35°.

Мутность воды принято определять за счет изменения свойств света при его распространении через воду. Показатель мутности воды находится в прямой зависимости от наличия взвешенных частиц и определяется либо непосредственно – весовым методом, либо косвенно – по шрифту или кресту. Если отфильтровать механические примеси и взвесить на лабораторных весах отфильтрованную часть, то говорят про определение мутности весовым методом. Для питьевой воды мутность не должна превышать 1,5 мг/л. Отметим, что воду с высокой мутностью для питьевого водоснабжения использовать не рекомендовано, а иногда просто недопустимо.

Другим методом оценки мутности является измерение высоты столба воды в цилиндре, через который четко виден специальный шрифт или грани креста. При этом такая высота должна быть не менее 30 см при определении мутности по шрифту или как минимум 300 см – при определении по кресту. [1,2]. Традиционные методы основаны на определении толщи воды, через которую перестает быть различимой свеча или стандартная картинка из черных и белых кругов. Есть более точные фотометрические методы, которые определяют степень ослабления света от стандартного источника при прохождении сквозь слой воды заданной толщины. В России результат измерений выражают в мг/л при ис-

пользовании основной стандартной суспензии каолина, или в ЕМ/л (единицы мутности на л) при использовании основной стандартной суспензии формазина. Иначе последнюю единицу измерения называют Единицей Мутности по Формазину (ЕМФ), а ее западный аналог – FTU (Formazine Turbidity Unit). Различные стандарты определения могут отличаться выбором стандарта источника света и названием соответствующей единицы мутности. Например, в стандарте ISO 7027 (Water quality – Determination of turbidity) используется светодиод LED с длиной волны 860 нм, при этом в качестве единицы измерения мутности используют FNU (Formazine Nephelometric Unit). С другой стороны, Агентство по Охране Окружающей Среды США (U.S. EPA) и Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ) в качестве стандартного источника используют лампу накаливания с цветовой температурой 2200—3000 К, единица измерения мутности называется NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Тем не менее, все основные единицы измерения мутности численно совпадают, несмотря на разные методики и названия:

$$1 \text{ FTU (ЕМФ)} = 1 \text{ FNU} = 1 \text{ NTU} = 1 \text{ ЕМ/л.}$$

ВОЗ по показаниям влияния на здоровье мутность не нормирует, однако с точки зрения внешнего вида рекомендует, чтобы мутность была не выше 5 NTU, а для целей обеззараживания – не более 1 NTU.

Прозрачность. В зависимости от показателя прозрачно-

сти воды условно классифицируют как прозрачные, слабо опалесцирующие, опалесцирующие, слегка мутные, мутные, сильно мутные. При определении меры прозрачности анализируют высоту столба воды, при которой возможно наблюдать погружаемую в водоисточник белую пластину определенного размера (диск Секки) или различать шрифт определенного размера и типа на белой бумаге (как правило, это шрифт средней жирности высотой 3,5 мм). Результаты выражаются в сантиметрах с указанием способа измерения.

Коллоидный индекс или индекс плотности осадка (SDI – Silt Density Index) является характеристикой наличия мелкодисперсных взвесей и коллоидных частиц, присутствующих в обрабатываемой воде. Показатель используется при определении эффективности различных технологий водоподготовки, связанных с удалением механических частиц и помогает, например, прогнозировать ситуацию со сроками непрерывной работы мембран установок обратного осмоса или нанофильтрационных мембранных установок. Определяется коллоидный индекс по изменению скорости фильтрации заданного объема раствора через микрофильтр с размером пор 0,45 мкм.

Группа показателей – радиологические

Подземные и поверхностные, минерализованные и геотермальные воды, формирование которых происходит

в непосредственной близости от естественных природных залежей радиоактивных руд, жидкие и твердые радиоактивные отходы различного происхождения, собственно радиоактивные материалы, а также нарушения регламентов их переработки и хранения, возможные выбросы, сбросы и нештатные ситуации на радиационных объектах являются потенциальными источниками поступления радиоактивных веществ в водные объекты. В результате этого в водоисточниках обнаруживается присутствие изотопов цезия, трития, хрома, натрия, фосфора, кобальта и пр. Данные радиоактивные элементы могут находиться либо в форме катионов и анионов, либо и в виде различных комплексных соединений (табл. 3). Для осуществления измерений радиометрических показателей используют дозиметрические приборы. [2,9]

Показатели	Единицы измерения	Показатели радиационной безопасности
Суммарные показатели		
Удельная суммарная альфа-активность	Бк/кг	0,2
Удельная суммарная бета-активность	Бк/кг	1,0
Радионуклиды		
Радон ($(^{222}\text{Rn})^3$)	Бк/кг	60
Сигма радионуклидов ³	единицы	1,0

Таблица 3. Группа показателей – радиологические

Группа показателей – химические

К группе химических показателей, характеризующих загрязнение воды и водоисточников, относят в качестве так называемых обобщенных показателей водородный показатель рН, общая минерализация (сухой остаток), жесткость, щелочность, окисляемость, а также показатели значения концентрации растворенных форм органических и неорганических веществ, нефтепродуктов, поверхностно-активных веществ (ПАВ) и пр. (табл. 4).

Содержание минеральных солей оценивают по концентрации различных катионов и анионов, в зависимости от задач анализа.

Взвешенные частицы, в т.ч. химические соединения, не растворимые в воде, влияют на прозрачность воды; оценка их содержания позволяет оценить степень загрязненности воды частицами с условным диаметром более $1 \cdot 10^{-4}$ мм (10^3 Å).

Взвешенные твердые примеси, присутствующие в природных водах, состоят из частиц глины, песка, ила, органических и неорганических веществ и различных микроорганизмов. При содержании в воде взвешенных веществ ниже 2—3 мг/л или с условным диаметром частиц меньше $1 \cdot 10^{-4}$

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.