

Информационное руководство.

Медь в питьевом водоснабжении.

Перевод с немецкого
одноименной брошюры Немецкого института меди (DKI).
Оригинальная Брошюра разработана совместно с Центральным
Союзом Санитарии Отопительных систем Святого
Августина.

Права на переиздание русской версии:
SANHA Kaimer GmbH & Co. KG

Фирма "SANHA Kaimer GmbH & Co. KG" в России:
Московское Представительство «Каймер Европа ГмбХ» (ФРГ)
125319, г. Москва, ул. Черняховского, д. 16, оф. 309
Тел./факс: (495) 229-5349, e-mail: rus@sanha.com

В феврале 1993г. появилась новая редакция норм DIN 50930, состоящих из 5 частей, «Коррозия металлов на внутренних поверхностях труб, резервуаров и приборов из-за воздействия воды» [44], а в январе 1994г. был опубликован DVGW с twin №7 «Материал в водопроводах для питьевой воды [72], который представляет собой соответствующую информацию для выбора материала. Наконец, в апреле 1994г. издаются «Рекомендации министерства здравоохранения об отклонении уровня pH в «Требованиях к питьевой воде». Все три публикации имеют большое значение в решении вопроса применения медных труб в водопроводах для питьевой воды, поэтому было необходимо пересмотреть и изменить данное информационное издание.

Разделы, которые физические и санитарно-гигиенические аспекты, остались практически без изменений. Некоторые места дополнены актуальной информацией, соответствующие изменения внесены в раздел «Ограничения содержания меди»

Крупные заголовки, такие как «Ионы меди отравляют питьевую воду», которые появились в прессе в конце 80-х годов, очень смутили пользователей и имели определенное влияние на использование меди, как материала в трубопроводах. Но, эти статьи оказались недолговечными и уступили место трезвым дискуссиям и исследованиям. Познания расширились, выводы, и обобщения в тогдашних отчетах часто принимались поспешно.

Между тем, в дискуссиях теме качества питьевой воды придавалось очень большое значение. Возникали вопросы о постоянно окисляющейся воде, о воздействии на нее пестицидов и нитратов, о наличии в ней металлов, которые были очень важны, и их обсуждению уделялось в одинаковой степени большое внимание.

Издавая данное руководство, Немецкий институт меди принял во внимание возросшую потребность потребителей в данной информации. Это издание вносит свой вклад в изменение критического изложения темы «Медь в питьевой воде». При этом под питьевой водой подразумевается продукт питания, используемый для удовлетворения жизненных потребностей и для приготовления пищи, который отвечает всем требованиям к питьевой воде (TrinkwV) [1] и выполняет нормы DIN 2000 [52].

Вода, которая не соответствует данным требованиям, например при уровне pH ниже 6,5 по определению требований, не является питьевой.

Прилагаемый к данному изданию список литературы указывает на источники использованной информации и делает ссылку на используемые научные работы.

Медь – тяжелый металл и в тоже время жизненно необходимый элемент.

До сих пор еще мало известно, что ряд тяжелых металлов являются жизненно необходимыми элементами, которые играют важную роль в организме человека для его нормальной жизнедеятельности. В человеческом организме должно быть определенное количество данных элементов.

К жизненно важным элементам относится медь [4], [5], [6], [7], [10]. В организме взрослого человека имеется в среднем около 100мг. Меди [6], [7], [11].

Поскольку медь в организме не накапливается, а постоянно выводится [15], [16], то человек должен пополнять запасы меди в организме. В день человеку необходимо потреблять с пищей от 2 до 3 мг. меди. Разные продукты питания и напитки содержат различное количество меди.

Тип химического соединения меди в продуктах питания определяет и фактическое количество меди, попадаемой в организм [33]. Ресорбиционная норма составляет в среднем 30%. Усваиваемое количество зависит от уже имеющегося количества меди в организме. При недостаточном уровне меди организм усваивает большее ее количество

из продуктов и уменьшает ее вывод из организма [15], а при повышенном наоборот. Такое естественное регулирование создает резервы и гарантию от переизбытка или, наоборот, недостаточного количества данного элемента в организме.

Медь в питьевой воде.

Предписания и требования к питьевой воде в Германии [1] гарантируют высокое качество и стандарт питьевой воды в центральном водоснабжении.

Питьевая вода, которая поступает с водопроводной станции, содержит меди менее 0,1 мг/л. В нее попадает медь также из медных трубопроводов и арматуры. На уровень концентрации меди (мг/литр) в воде влияют различные факторы, например, состав воды, состояние и возраст трубопровода, частота забора воды. При проведении отдельной работы результат качества воды будет зависеть уже от того, как долго вода простояла в трубопроводе. Более детально данный вопрос освещен далее.

Применение меди для трубопроводов значительно увеличилось в последнее десятилетие, благодаря ее преимуществам и экономичности. Использование меди можно выразить в процентах от 60 до 70%. В отличие от железа, которое уже в небольшом количестве влияет на вкус воды [34], медь, как правило, в воде почти не ощущается. Голубоватые отложения затвердевших образований воды с небольшим количеством медных соединений в умывальниках, раковинах, ваннах и т.д., из-за капающей из крана воды – единственное, что указывает на наличие меди в воде. Поскольку этот цвет, по сравнению с обычным белым или коричневым, не привычный, и воспринимается с настороженностью, возникает желание предпринять соответствующие меры по удалению меди из воды и проведению ее анализа.

Опасения из-за наличия меди в воде возникают на данном этапе из-за развития двух направлений. Первое, - сегодня уделяется большое внимание проблемам окружающей среды. Одним из важнейших вопросов является качество питьевой воды. Многочисленные публикации проявили всеобщий интерес к данному вопросу. Параллельно с этим значительно расширились возможности химических анализов. Сегодня можно обнаружить, не затрачивая большие средства, самую минимальную концентрацию (ниже 1 микрограмма на 1 литр) существенных токсичных элементов. У чувствительного человека, интересующегося результатами анализов, может легко возникнуть впечатление, что на сегодняшний день в воде по сравнению с прошлыми годами, содержится слишком много меди. Но ниже указанный пример объясняет ситуацию.

Если бы мы проанализировали идентичную пробу воды, в которой содержится меди 0,125 мг/л, то согласно технологии анализа на каждом этапе мы бы имели следующие результаты:

1920г. – медь не обнаружена;

1940г. – медь обнаружена в очень маленьком количестве – около 0,1 мг/л;

1960г. – медь обнаружена – 0,13 мг/л;

1990г. – медь обнаружена – 0,125 мг/л.

Обратим внимание на то, что сегодня данные о содержании металла в питьевой воде указываются в мкг/л – тогда бы в нашем примере с 1990г. должна стоять цифра 125 мкг/л, и становится понятным, почему дилетанты, а также некоторые специалисты, не имеющие квалифицированной информации, воспринимают эти значения как относительно высокие.

Уровень содержания меди в воде зависит от ее качества и свойств, от условий эксплуатации, от возраста трубопровода и вида пробы. Поэтому получается неизбежным тот факт, что содержание меди в воде может сильно колебаться, и это делает невозможным строгое определение узкого диапазона величины содержания меди в воде, как это часто хотелось бы при предоставлении краткой и четкой информации. Также и в продуктах питания наблюдаются отклонения в диапазоне уровня содержания меди.

Английскими исследователями [19], например, было установлено, обнаруженное максимальное значение содержания меди в 5-10 раз выше, чем минимальное значение для соответствующей группы продуктов питания – мясных или овощных.

В питьевой воде минимальное и максимальное значение могут расходиться еще больше. При широко проведенном исследовании проб воды (110 анализов), было установлено среднее значение содержания меди для отдельных сфер производства от 0,02 мг/л до 2,31 мг/л [19]. Максимальное среднее значение выше минимального в сто раз. Аналогичные различия могут обнаруживаться даже при отдельных пробах из одного трубопровода.

Также и в Германии проводились исследования по содержанию меди в бытовых трубопроводах, при этом основная задача при определении значений ставилась на установление процентного распределения меди в чистой воде. Исследования Баварского Государственного министерства (проводился анализ в одинаковом количестве воды, взятого как из центрального водоснабжения, так и с индивидуального) показали, что из 1200-т проб воды был обнаружен уровень меди свыше 3 мг/л только в одной пробе, что составляет 0,1% от всего количества исследуемой воды (кстати, в этом случае проба была взята из трубопровода с водой из природного источника). Остальные показатели выглядели следующим образом: уровень меди менее 0,1 мг/л в 83,8% случаях, уровень от 0,1 до 1,0 мг/л в 15,5% и от 1,0 до 3,0 в 0,6%.

При рассмотрении вопроса о содержании меди, учитываются различия между водой, которая только что покинула водопроводную станцию и водой, которая поступает из кранов или клапанов в помещение потребителя.

О содержании меди в питьевой воде, которую подает водопроводная станция, и, которая еще не поступила к пользователю, имеется очень мало опубликованных данных. Систематические исследования в Берлине [36] показали, что данные значения обнаружены в диапазоне от 0,2 мг/л. Нормальным образом эти значения еще ниже. В требованиях от ЕС от 15 июля 1980г. [55], относительно содержания меди в питьевой воде «в момент выхода ее из насосных станций и/или систем первичной очистки воды их вспомогательных установок», это значит в момент выхода из водопроводной станции, названа контрольная цифра 100 µг/л (что соответствует 0,1 мг/л). По пути к каждому отдельному потребителю по центральной водопроводной сети содержание меди в воде практически не изменяется. В этом отношении был проведен сравнительный анализ воды, взятой из труб водопроводной насосной станции, и воды, взятой со счетчика потребителя воды в здании пользователя. Вода, которая выходит из насосной станции, практически не содержит меди. И наоборот, вода, взятая из крана пользователя, особенно при очень длительном ее застое в трубопроводе, имеет более высокое содержание меди, чем вода, взятая со счетчика потребления воды.

Со всеми соприкасаемыми материалами вода вступает во взаимодействие. Таким образом, проходя путь между точкой забора воды и счетчиком потребителя, вода взаимодействует с материалом арматуры и трубопровода, и захватывает медь в очень малом количестве, точно также как, например, и цинк в трубопроводах из оцинкованной стали.

Металлы попадают в воду из-за наличия процесса коррозии. Допускаемое содержание цинка и меди в питьевой воде согласно требованиям TrinkV [1] и DIN 50930 [44] допустимо и приемлемо точно так же, как и коррозионные процессы [37], которые не являются технически опасными для систем из медных трубопроводов.

Величина воздействия на содержание меди в питьевой воде.

Систематические исследования наличия меди в питьевой воде начались в конце 60-х годов. С этого времени появился ряд публикаций на эту тему [36], [38], [39], [40].

Данные исследования о содержании меди в питьевой воде высветили довольно неоднозначную картину, но четко показали, что различия между значениями отдельных проб являются значительными, а также – что непосредственно стало очевидным – содержание меди зависит от времени пребывания воды в трубопроводе. Чем меньше время застоя воды в трубопроводе, тем ниже содержания меди в ней.

Поскольку высокое содержание меди в воде возникает в результате длительного пребывания ее в трубопроводе, то все дальнейшие вопросы мы будем рассматривать,

исходя только из этих значений. При этом необходимо четко понимать, что данное повышенное содержание встречается только в отдельных случаях.

С момента получения первых систематических результатов анализов о содержании меди в питьевой воде осуществляется постоянное исследование соотношения лабораторных опытов и опытов, проведенных на местах, которые определяют влияние на уровень содержания меди в воде материала труб и арматуры. Уровень меди, появляющийся в воде под воздействием материала арматуры, составляет менее 0,1 мг/л [41].

Содержание меди возрастает в воде, которая длительно стоит в медном трубопроводе. Хорошую картину показали опыты, во время которых вода проходила по трубам, со строгим интервалом между моментом функционирования и моментом остановки системы, на которой проводились опыты. Исследовались различные пробы, в зависимости от времени функционирования и времени простоя системы [14], [42]. Данные результата количественно подтвердили ранее известные результаты опытов о том, что концентрация меди в воде зависит от времени ее простоя в трубах, от возраста трубопроводов и качества воды.

Таблица 1 показывает результаты исследования содержания меди в питьевой воде в новом смонтированном трубопроводе [8]. Концентрация меди после застоя воды уменьшается в течение первых месяцев монтажа, благодаря усиленному защитному наружному слою в трубопроводах. Одновременно путем кратковременного спуска воды (2 мин.) содержание меди значительно понижается – ниже 1 мг/л. При продолжительном спуске воды (5 мин.) происходит еще большее понижение до 0,2 мг/л. эти результаты согласуются и с другими публикациями [9], [12].

Наименование пробы (дата)	Концентрация меди, мг/л		
	Застой 8 часов	Спуск 2 мин.	Спуск 5 мин.
17.08.88	4,72	-	0,17
18.08.88	2,30	0,29	0,19
29.08.88	1,10	0,49	-
26.09.88	1,72	0,68	0,46
29.10.88	1,16	0,68	0,29
29.11.88	1,14	0,78	0,34
19.12.88	1,20	0,76	0,20

Таблица 1. (средняя карбонатная жесткость: 10,1° dH, соответствует Ks4.3=3,6 моль/м³, средний уровень pH-7,8).

Указанные здесь значения являются единичными, и, естественно, не являются обязательным то, что в каждом вновь смонтированном трубопроводе они должны неизменно повторяться. Эти данные показывают типичные характеристики концентрации меди для питьевой воды, поступающей из медных трубопроводов. При других условиях проведения анализов и проб можно наблюдать временное уменьшение содержания меди.

В таблице 2 указаны данные по содержанию меди в трубопроводной воде, типичные для трубопроводов различного возраста, со средним и максимальным значением для застойной воды, а также по содержанию меди после спуска воды.

Год постройки здания	1900-1914	1920-1939	1945-1961	1961-1970
Среднее значение пробы после 12-ти часового застоя воды в трубопроводе	0,130	0,100	0,068	0,340
Среднее значение пробы после спуска воды в течение 10-ти минут	0,019	0,030	0,018	0,028
Максимальное значение пробы после 12-ти часового застоя воды в трубопроводе	1,030	0,700	0,310	2,450
Максимальное значение пробы после спуска воды в течение 10-ти минут	0,070	0,070	0,050	0,070

Таблица 2. Содержание меди в трубопроводной воде согласно [40] в мг/л.

Данные измеряемые величины еще раз подчеркивают ранее сделанные высказывания о взаимосвязи между содержанием меди, продолжительностью простоя воды в трубопроводе и его возрастом.

Уровень максимально достигнутого значения содержания меди зависит от уровня pH в воде.

Значение меди в питьевой воде.

Содержание меди в питьевой воде может рассматриваться с технической и гигиенической точки зрения.

Техническое значение.

С технической точки зрения необходимо рассмотреть три пункта:

- ▶ Это уже упомянутое изменение цвета санитарно-технической керамики под воздействием капающей из-под крана воды, которое является эстетической проблемой, и которое не может оцениваться как воздействие с коррозионным повреждением [37]. Данный недостаток можно устранить путем ремонта крана или регулярной чистки раковины.
- ▶ Оцинкованные стальные трубы под воздействием питьевой воды с содержанием меди свыше 0,1 мг/л [45] могут быть подвержены коррозии. Данное обстоятельство учитывается техническими требованиями и, исходя из этого, было установлено, что трубопровод из оцинкованной стали ни в коем случае не должны монтироваться после медных труб [46], [47], [48].
- ▶ Указанные в отчетах исследований данные по содержанию меди не позволяют сделать вывод о ее воздействии на трубы или арматуру, которое приводит к возникновению коррозионных повреждений, особенно появлению дыр [37], [51]. (Для более подробной информации о различиях между понятиями: коррозия, коррозионное явление и коррозионные повреждения необходимо обратиться к литературе [49], [50], [51].)

Здесь необходимо упомянуть, что в комментариях к результатам исследований время от времени появляются, к сожалению подобные намеки. Но они однозначно являются ложными, если не обоснованы или не подкреплены дополнительными наблюдениями. Если, например, в воде постоянно обнаруживается большое количество зеленых

коррозионных частиц, то это не нормально. Такой редкий экстремальный случай происходит при слиянии многих факторов. При этом содержании меди может составлять 20 мг/л и более, и в этом случае необходимо провести детальный анализ пробы, взятой из выше указанного трубопровода. Анализ должен проводить специалист. Рассматриваемый случай не означает, что в воде содержится большее количество меди, если на сетчатом фильтре сточного клапана появляются частички зеленого цвета или с зеленоватым оттенком. Как правило, речь здесь идет о твердых образованиях (накипи), и зеленоватый оттенок обусловлен незначительным содержанием меди.

Гигиеническое значение.

При рассмотрении вопроса о гигиеническом аспекте содержания меди в воде, в первую очередь необходимо установить, что согласно требованиям TrinkwV [1] и DIN 50930, часть 5 [37] наличие меди в питьевой воде не угрожает здоровью. Под питьевой подразумевают воду, качественные показатели которой удовлетворяют требованиям TrinkwV [1]. В отдельных пробах максимальное содержание меди в воде достигает нескольких мг/л и, таким образом, не превышает уровень содержания меди в других продуктах питания. (См. таблицу 3).

Продукты питания	Содержание меди в мг/л, средняя величина или диапазон	Литература
Материнское молоко:		
первые пять дней (молозиво)	1,34	[3]
6-ой – 10-й день (промежуточное молоко)	1,04	[3]
15-й день – 15-й месяц (полноценное молоко)	0,51	[3]
общие данные по материнскому молоку	0,51-0,77	[2]
Коровье молоко	0,10	[21]
Фруктовые соки (стандартные):		
яблочный	0,23-1,05	[21]
апельсиновый	0,16-0,95	[21]
виноградный	0,09-1,00	[21]
Прохладительные напитки:		
минеральные воды	1,00	[16]
кола-напитки	0,30	[21]
Вино:		
красное	0,10-0,80	[21]
белое	0,40-1,00	[21]
Пиво	0,10-0,30	[35]

Таблица 3. Содержание меди в продуктах питания.

«Не вызывает опасений для здоровья» - это главное требование DIN 2000 [52], в котором отражены все требования к питьевой воде. Требования DIN 2000 [52] гласят: вода должна быть не только безопасной для здоровья, но и «безукоризненной на вкус».

Конечно, эти требования носят относительный характер, поскольку вода, как и всякий продукт питания, имеет ограниченную стабильность. В любом случае вода, независимо от материала труб, при застое подвергается химическим, физическим и микробиологическим изменениям [72]. После длительного застоя в трубопроводе вода имеет несвежий вкус и иногда может быть опасной для здоровья.

Поскольку согласно TrinkwV [1] бытовая водопроводная система включена в область требований, то необходимо, чтобы требования к вкусовым качествам воды распространялись и на воду в жилищах. Так как высокое содержание меди может придать вяжущий вкус, то при рассмотрении наличия меди с гигиенической точки зрения

необходимо выяснить, имеется ли ощущение меди в воде и не причиняет ли это вреда ее вкусовым качествам.

Граница (предел), когда наличие меди в воде становится ощутимым на вкус, зависит не только от персональной чувствительности человека, но и в большей степени от состава воды. Отчетливо видно это, когда мы прибегнем к литературе. Так, например, в одной из американских работ [34] порог вкуса для меди в жесткой воде составляет 12,7 мг/л и в дистиллированной воде – 6,6 мг/л. (Порог вкуса определен статистически из большого числа заключений. Данный вкусовой порог является статистической величиной и составляет 50% от всех случаев.)

Новая работа, проведенная INCRA (Международная Ассоциация Исследования Меди) при очень точно и четко определенных условиях, установила вкусовой порог для свободной меди в нижнем диапазоне различных величин, взятых из работ, проведенных ранее. Была определена величина порога для дистиллированной воды от 0,8 мг/л до 1 мг/л [53]. Эта низкая цифра объясняется тем, что присутствующий в минеральной воде углекислый газ (угольная кислота) связывает медь.

Акцентированное выражение «свободная медь» еще раз указывает на то, что определить вкусовой порог меди довольно трудно. Если она попадает в воду и находится в связанном состоянии, а значит в несвободной форме, то она не влияет на вкусовые качества воды. Таким образом, можно объяснить довольно высокие уровни порогов для других типов воды.

В заключительных выводах своих работ авторы указывают на то, что определить вкусовой порог в питьевой воде тяжело, а часто, по всеобщим высказываниям, почти невозможно. Величина, которую мы за основу в выше изложенной информации – общая концентрация, - является не совсем подходящей базовой единицей для оценки и определения фактического воздействия меди на вкус обычной питьевой воды. Это определение хорошо согласуется с результатами опытов DK1. Например, при использовании воды, в которой содержалось большое количество меди, не поступило ни одной жалобы относительно вкусового качества воды. Возможно, это объясняется привыканием к вкусу воды, если мы говорим об отдельных водопроводных системах. Изменение вкуса становится заметным, если человек до этого потреблял, например, чистую родниковую воду. Определенные добавки могут подавлять вкус меди в воде. Например, в кофе или чае при высоком содержании меди ее вкус почти не ощущается.

Подводя итог, можно установить, что содержание меди в питьевой воде обуславливается такими факторами: качеством воды, типом трубопровода и условиями эксплуатации, а также природными процессами. При квалифицированно смонтированном санитарном трубопроводе медь не представляет собой коррозионной опасности для других деталей водопровода, в том числе и медных. Но, прежде всего, появляющаяся в питьевой воде медь не является опасной для здоровья и не ухудшает вкус воды.

Некоторые заболевания печени у грудных детей связывают с наличием меди в питьевой воде. Обработка данных по известным на сегодняшний день случаям, показала, что во всех случаях болезни были вызваны определенными типовыми условиями. Речь шла о воде, которая, не соответствовала законодательным требованиям к питьевой воде. Не один случай не был связан с потреблением воды из центральной системы водоснабжения.

В середине 1987г. заболевание печени у грудных детей связывали с наличием меди в питьевой воде. Первоначальные опасения медиков оказались необоснованными. Ни в одном из случаев не было заболевшего человека, который пользовался питьевой водой из центральной системы водоснабжения. В марте 1988г. [17] Федеральным отделом здравоохранения Германии было указано о необходимости сообщения обо всех случаях заболеваний [20]. И при этом ни один из заболевших не пользовался водой из системы центрального водоснабжения [18]. Все зарегистрированные с 1988г. редкие случаи заболеваний имели место только в сельской местности. Вода, которая использовалась для приготовления пищи, была взята в каждом случае из собственного колодца и не соответствовала требованиям к питьевой воде [18], [20] и требованиям DIN 2001 к индивидуальным системам снабжения питьевой водой. В выше указанных случаях было

установлено, что уровень рН был очень низким. Кроме того, болезнь была вызвана факторами, связанными с индивидуальным обеспечением питьевой водой из колодца, такими как, например, бактерии, которые, взаимодействуют с определенными веществами в воде, способными привести к неконтролируемым процессам в трубопроводе.

В 1990г. в Дубровнике состоялся 7-ой Международный симпозиум о микроэлементах в организме человека и животных (ТЕМА) [57]. Интенсивно обсуждался вопрос о значении меди для жизнедеятельности живых организмов, ее ежедневной потребности для нормального функционирования. Поднимался также вопрос о детской заболеваемости печени. Основываясь на полученных данных, выступающие [58], [59], [60] были единодушны в том, что болезнь вызывается дополнительными, еще неизвестными факторами. Были описаны типовые условия, и акцентировалось внимание на том, что случаи заболевания наблюдались только при использовании воды из индивидуальных систем водоснабжения. [61]. Последний случай смерти ребенка в Саксонии [64] вызвал большую эмоциональную, чем деловую дискуссию по вопросу уровня содержания меди в питьевой воде, безопасного для здоровья. Как и во всех известных, на сегодняшний день случаях, речь шла о циррозе печени в организме детей грудного возраста вследствие большого количества меди в грудном питании, вызванного застойной кислой родниковой водой, в которой уровень рН составил 4,4 (!), что совершенно не отвечает требованиям к питьевой воде. Примечательно то, что в данном случае трубы были не из меди, а из пластика. Медь попадала в питьевую воду из незащищенного бойлера горячей воды.

Ограничение содержания меди.

Очень часто возникает вопрос о наличии законодательных ограничений содержания меди в воде, как, например, это существует по отношению к свинцу и кадмию.

За исключением требований к вину [24], где разрешается уровень содержания меди до 2 мг/л, в ФРГ нет никаких законодательных ограничений по содержанию меди в продуктах питания. Действующее с января 1991г. Требование к питьевой воде [1], которое основывается на директивах Европейского Содружества от июля 1980г.: «Качество воды для потребления людьми» [55], в приложении 7 «Нормативные показатели для химических веществ» устанавливает для меди норму 3 мг/л и для цинка 5 мг/л в воде после 12-ти часового застоя. В течение 2-х лет с момента монтажа трубопровода данные нормы действуют без учета продолжительности застоя воды.

Дополнительно в приложении 7 указывается, что такие вещества как медь и оцинкованная сталь применяются в зависимости от типа воды и технического состояния оборудования. Это значит, что необходимо соблюдать требования DIN о планировании, строительстве и эксплуатации бытовых трубопроводных систем [67], а также учитывать взаимодействие между питьевой водой и материалом труб [37].

При взаимодействии меди с питьевой водой и возникающей при этом концентрации меди, большое значение, помимо уровня рН, уделяется и мощности основности воды. Под этим подразумевается количество раствора едкого натрия в молях, который может присоединять 1м³ воды, и уровень рН достигает 8,2. Поэтому говорят также о «мощности основности до уровня рН 8,2», или сокращенно $K_{в8,2}$. Величина $K_{в8,2}$ является приблизительной для определения концентрации свободного углекислого газа (угольной кислоты) в воде.

В новой редакции по DIN 50930, часть 5 [37], действующей с февраля 1993г., в разделе 5.7 «Влияние особенностей (качества) питьевой воды» в дополнение к требованиям к питьевой воде во избежание отрицательного воздействия частиц меди, попадающих в воду из медных деталей бытового трубопровода, выделено следующее определение:

«Изменение структуры питьевой воды, учитывая ее особенности как безупречного продукта питания, является допустимым только в том случае, если помимо требований T_{pikwV} , удовлетворяется требование:

$$K_{в8,2} \leq 1,0 \text{ моль/м}^3.$$

Это означает, что соблюдение требований к питьевой воде (уровень рН $\geq 6,5$ и установка уровня рН карбонатно-кальциевого насыщения) с одной стороны, и требований DIN

50930, часть 5 ($K_{\text{в8,2}} \leq 1,0$ моль/м³) с другой стороны, обеспечивает качественную питьевую воду, где полностью устранено отрицательное воздействие на нее меди. Поэтому совершенно не обязательно определять количество меди в каждом трубопроводе в отдельности, с тем, чтобы проверить, что нормативная величина составляет 3 мг/л, и что производителем было поставлено безупречное оборудование.

Если показатель $K_{\text{в8,2}}$ превышает значение 1,0 моль/м³, то медные трубы можно использовать только в том случае, если производится дополнительная обработка воды.

Уровни pH и $K_{\text{в8,2}}$, которые были взяты для окончательного вывода в обсуждении ситуации, предоставлены станциями центрального водоснабжения. Если речь идет об отдельных или индивидуальных системах водоснабжения, данные величины должны устанавливаться на местах. Метод получения данных параметров подробно изложен в требованиях DIN50930 [37].

С момента объединения Германии, опубликованные в пункте 5 (приложения 4 к §3 Требований к питьевой воде TrinkwV [1]) характеристики уровня pH действуют без ограничений и на территории новых федеральных земель. Однако очень скоро выяснилось, что финансовые и временные затраты для определения уровня pH во всех типах питьевой воды на территории Восточной Германии согласно выше указанных требований оказались намного выше, чем это предполагалось первоначально. Поэтому на территории некоторых федеральных земель было принято решение срочно обнародовать чрезвычайное правило согласно §4 раздела 2 TrinkwV [1] с указанием необходимого уровня pH. Ко всему же, Министерство здравоохранения издало в 1994г. сопроводительные рекомендации [63], которые сделали возможным для соответствующих здравоохранительных учреждений профессионально расценивать условия и обстоятельства, при которых разрешается применять чрезвычайное правило относительно уровня pH.

В основном рекомендации делали ударение на следующем:

► Согласно требований к питьевой воде воду, в которой уровень pH ниже чем 6,5, не разрешается использовать как питьевую. Какого-либо исключения в данном случае, если речь идет о воде, используемой для внутреннего потребления или приготовления пищи, не существует. Это требование является действительным, также и в тех случаях, когда металлические детали, которые необходимы в любом случае для полного монтажа водопроводной системы, изготовлены из меди. Это означает, что какой-либо металл не влияет на уровень pH в воде. При наличии такого рода кислой воды соответственное здравоохранительное учреждение должно обязательно опубликовать в прессе информацию об опасности потребления такой воды. В этом случае необходимо также предпринять безотлагательные меры для повышения уровня pH в воде, которая используется система центрального водоснабжения.

► С точки зрения безопасности для здоровья допускается использовать в водопроводных системах, но при определенных условиях, детали из меди даже в том случае, если уровень pH воды ниже уровня pH карбонато-кальциевого насыщения, т.е. при отсутствии нейтрализации воды. Но в этом случае должно быть выполнено следующее условие:

уровень pH $\geq 6,5$ и $K_{\text{в8,2}} \leq 1,0$ моль/м³.

► Это значительно увеличивает диапазон применения медных труб. Получить такое исключительное разрешение на использование материала меди можно через соответствующий здравоохранительный орган, который руководствуется при этом соответствующими правовыми правилами и имеет полномочия от федерального правительства. Аналогичное требование действует и при использовании оцинкованной стали, при этом необходимо соблюдать следующие показатели уровня pH $\geq 6,5$ и $K_{\text{в8,2}} \leq 1,0$ моль/м³.

► Определяя исключительное правило относительно уровня pH, и учитывая особенности питьевой воды и вид применяемого материала для монтажа трубопровода, здравоохранительный орган должен требовать проведения следующих мер:

1. В системах центрального водоснабжения: станции водоснабжения должны составить так называемый оздоровительный план с целью скорейшего установления уровня насыщения карбоната-кальция; Станции водоснабжения должны информировать пользователей и потребителей о наличии веществ в воде, которые представляют собой опасность для здоровья. Данную информацию они обязаны предоставлять также организациям, которые занимаются монтажом водопровода, и напоминать им об их соответствующей ответственности в рамках закона.

2. В отдельных и индивидуальных системах водоснабжения: обязательно принять все меры для достижения необходимого уровня pH согласно требованиям TrinkwV [1], в том случае если в водопроводе использованы металлические или содержащие цемент материалы, кроме пассивных сплавов стали; Обязательно информировать о наличии веществ в воде, которые предоставляют собой опасность для здоровья.

Необходимо кратко остановиться на сравнении понятий «предельные значения» и «контрольные цифры». Предельные значения, которые указаны в приложении 2 требований TrinkwV для таких вредных веществ как, например, свинец, кадмий, ртуть, являются обязательными нормами. В случае превышения данных значений необходимо принять все меры для улучшения ситуации. Контрольные цифры, которые указаны в приложении 7 для меди и цинка, являются, наоборот, «желаемыми верхними границами насыщения». По сравнению с требованиями TrinkwV, директивы Европейского Содружества от 1980г. называют для меди две контрольные цифры, которые значительно отличаются друг от друга. Сначала указывается допустимая цифра 100 $\mu\text{г/л}$ для воды на выходе из насоса или систем первичной очистки воды и их вспомогательных установок, а затем цифра 3000 $\mu\text{г/л}$ для воды после 12-ти часового застоя в трубопроводе на момент потребления воды пользователем. Но в столбце «Примечания» по этому поводу указаны еще требования. Для того, кто не полностью ознакомлен с данной проблемой, некоторые примечания не совсем понятны. Поэтому мы кратко ознакомимся с этой информацией. В примечании говорится, что «при превышении 3000 $\mu\text{г/л}$... может появиться вяжущий вкус воды, изменение цвета и опасность возникновения коррозии». Как уже говорилось ранее, примечание о влиянии меди на вкус воды является достоверным. Под понятием «изменение цвета» предполагается окрашивание в виде отложения под воздействием каплюющей воды из крана или под влиянием мыльной пены. Иначе невозможно объяснить данное выражение, поскольку изменение цвета воды под воздействием меди происходит при огромном содержании ее в воде. Примечание об опасности возникновения коррозии является скорее ошибочной, чем полезной информацией. Считается, что опасность возникновения коррозии для оцинкованной стали появляется при содержании ионов меди выше чем $1 \text{ моль/м}^3 = 64 \mu\text{г/л}$.

Контрольная цифра ЕС 0,1 мг/л, соответствующая 100 $\mu\text{г/л}$, обуславливает собой безопасный показатель влияния меди на оцинкованную сталь, если речь идет о возникновении коррозии. Данная величина часто интерпретируется неправильно и ей больше уделяется внимание с санитарно-гигиенической точки зрения, хотя в данном случае она упоминается исключительно с технической точки зрения. Особенно во взаимосвязи с названными ранее заболеваниями, данная цифра часто принимается ошибочно как верхняя граница содержания меди в трубопроводе для питьевой воды, которая используется для приготовления детского питания.

Федеральное министерство здравоохранения неоднократно обращало внимание на эту неверную интерпретацию и указывало на то, что материнское молоко может содержать в себе до 1 мг/л меди (см. Табл. 3).

Рекомендации по приготовлению детского питания.

Вода, которая длительное время простояла в трубопроводе, не должна использоваться для приготовления детского питания, поскольку длительный застой воды, независимо от материала труб, влияет на изменение ее качеств [72]. Поэтому перед использованием

воды с выше указанной целью необходимо открыть кран и спустить воду в течение нескольких минут.

Величина содержания меди 3 мг/л согласно директивам ЕС по питьевой воде используется в законодательных документах как, например, в Федеративной Республике Германии, так и в других странах Европейского Содружества, где дополнительно проводятся пояснительные комментарии.

Поскольку данная отдельная величина не обладает полной информативностью, то особую роль здесь играют стратегия и проведение анализов проб. В настоящее время разрабатывается директива по этому вопросу на европейском уровне, но обязательного определения еще не существует.

Могут ли содержания меди быть опасными?

В заключение данного информационного издания необходимо остановиться на вопросе, существует ли «слишком высокий» уровень содержания меди в организме, или другими словами, является ли медь ядовитой. Тот, кто ставит этот вопрос в такой краткой форме, ожидает и простой ответ, который он, естественно однозначно не может получить.

На вопрос «ядовитый или нет?» по отношению к любому веществу невозможно просто ответить Да или Нет.

Например, существуют вещества, которые не являются необходимыми для жизнедеятельности организма человека, хотя мы потребляем их в определенном количестве, не нанося организму вреда. Известным примером является алкоголь. В большом количестве он является опасным для здоровья и жизни. Если мы рассмотрим субстанции данного вещества, которое само по себе является небезопасным для организма, то некоторые из них в маленьких дозах действуют на организм как лекарство. С другой стороны каждый может убедиться в том, что и безопасное вещество, которое даже является необходимым для жизнедеятельности, в слишком большом количестве может навредить.

Понятие «ядовитый» не всегда можно определить по количеству. Для получения четкого ответа мы обратимся к толковому словарю Брокхауса [29]: «В узком смысле яд является неорганическим веществом, которое, попадая в организм с умыслом или без, наносит вред здоровью человека и животных. Медикаменты, принимаются неправильно или попадают в организм в слишком больших дозах, приводят к отравлению. Это касается также продуктов, которые потребляются ежедневно». Лаконичнее, но более четко дает объяснение Большой толковый словарь Мейера [30]: «Яд – это любое вещество, вызывающее вредное воздействие на организм».

В данной формулировке кроется высказанная еще Парацельсием (??) в 1537г. мысль о том, что только доза определяет, что является ядом. Определение величины вредной дозы для каждого взятого в отдельности организма зависит от дополнительных факторов, таких как: - каким способом действует вещество; длительность его воздействия; способ применения. Далее большую роль играют такие обстоятельства как: возраст человека (молодой или пожилой); состояние его здоровья; его вес.

Основной принцип того, что именно доза определяет уровень вредности вещества, относится и к веществам полезным и необходимым для жизнедеятельности человека, таким как, например, медь. Однако необходимо отличать эти вещества от таких, как алкоголь, который в маленьком количестве не является ни полезным, ни вредным, а при его потреблении всегда возникает риск для здоровья организма.

Если в организм попадает слишком маленькое количество необходимых веществ, или они отсутствуют вообще, то это является причиной возникновения болезни из-за возникающей недостаточности микроэлементов. Признаки болезни исчезают сразу же после организации соответствующего питания. Снабжение организма такого рода микроэлементами ограничивается соответствующими оптимальными диапазонами, поскольку постоянное увеличение их потребления может привести или к положительным, или к отрицательным результатам. Превышение данных диапазонов является причиной

возникновения болезней, при этом вещество начинает действовать токсично. Из выше сказанного можно сделать вывод, что четкой границы для определения ядовитости не существует.

Поэтому вопрос токсичности (ядовитости) возникает относительно всех веществ, включая и необходимые для жизнедеятельности организма. Так, например, о меди можно дискутировать, как и о натрии, составной части кухонной соли [31]. В любом случае необходимо производить общую оценку воздействия вещества на организм.

Определение границ диапазона благотворного и полезного воздействия микроэлементов в организме является сложной задачей токсикологов, которые должны использовать для этого ряд разнообразных методов и оценок определения [32]. [43].

Вспомогательным средством для оценок являются так называемые LD₅₀ – нормы, которые используются для классификации химических веществ по классу токсичности. LD₅₀ – нормы устанавливаются в результате проведения опытов на животных и определяют именно то количество веществ, в результате применения которого выживало 50% подопытных животных. Данный показатель зависит от вида подопытного животного (данный показатель необходимо всегда называть вместе с указанием LD₅₀ – нормы), а также от условий проведения опытов.

Обнаруженный результат является достоверным для определенного ряда опытов, но установленные LD₅₀ – нормы не указывают на особенности вещества.

Ведущие токсикологи критически дискутировали о показателе LD₅₀ – нормы [23]. Данные показатели из опытов на животных могут рассматриваться как отправная точка и не больше. Используя их в своих высказываниях, необходимо всегда делать оговорку, что эти величины были в результате опытов на животных, и ими не всегда можно руководствоваться, если речь идет о людях. При критической оценке необходимо всегда учитывать все соответствующие условия, вид нанесенного вреда и т.д.. Такого вида LD₅₀ – нормы для медных соединений были обнаружены также в результате проведения опытов на крысах и мышах [54], [26]. Дозы при проведении ряда опытов составляли от 50 мг/кг до около 1000 мг/кг веса тела. Если мы, допустим, перенесем данные дозы на человеческий организм, что, естественно, ни в коем случае нельзя делать, то сможем вычислить, что одноразовое количество от 3 г. до 70 г. является для человека токсичным. По сравнению с этими цифрами имеющееся количество меди в продуктах питания и в воде является совсем незначительным. Нам известны случаи отравления медью только в результате самоубийств, когда одной дозой принимался сульфат меди в граммовом количестве [31]. Практически действие меди на организм является нетоксичным, и в примечании всегда обозначается как «не ядовитый» [28]. Больше внимания в этой связи требует информация о воздействии меди на организм в результате длительного потребления ее с продуктами в определенном количестве, то есть о ее длительной дозе. Само собой разумеется, что в данном случае произвести оценку вредного влияния меди является еще сложнее.

В общем, для микроэлементов допустимой длительной дозой является трехкратная норма потребления. Поскольку для человеческого организма ежедневная потребность в меди составляет от 2 до 3 мг, то ежедневное попадание меди в организм от 6 до 10 мг является безопасным (естественно, при этом необходимо учитывать наличие заболеваний, связанных с количеством меди в организме).

Согласно различным исследованиям количество потребления меди приближается к нижнему диапазону допустимых веществ. Чаще встречаются сообщения о заболеваниях, связанных с недостатком меди в организме, и, наоборот, не зафиксировано ни одного случая отравления медью здорового человеческого организма.

Заболевания, связанные с накоплением или недостатком меди в организме.

Синдром Менкеса и болезнь Коновалова - Вильсона.

Обе эти болезни, которые встречаются относительно редко, являются наследственными. В случае синдрома Менкеса речь идет о недостатке меди в организме человека. Если речь идет о проявлении данного синдрома в грудном возрасте, то дети живут только до 3-5 лет. Юноши, которые болеют нарушением X – хромосомы, страдают тяжелой

умственной отсталостью и имеют необычно закрученные и ломкие волосы. Несмотря на то, что были исследованы различные причины недостаточного поступления меди в организм, до сих пор не существует какого-либо метода лечения и продления жизни. Болезнь Коновалова-Вильсона являет собой полную противоположность выше названной. Генетическое нарушение в данном случае препятствует выводу меди из организма, что через определенное время приводит к ее накоплению в печени в очень высокой концентрации. Эта болезнь поддается лечению и, благодаря соответствующим медикаментам, обеспечивается вывод излишнего накопления меди из организма. Данная форма лечения возвращает многих пациентов к нормальному здоровому образу жизни. В обоих случаях наследственных заболеваний необходимо принципиально обеспечить контроль и регулирование поступления меди в организм.

Индийский детский цирроз [66] – это заболевание, механизм которого до конца не изучен, и, по-видимому, данная болезнь не передается генетическим путем. До сегодняшнего дня эта болезнь встречалась практически только в сельских регионах Индии, и болеют ею только дети моложе 6-ти лет. Повышенная концентрация меди в печени при этой болезни наблюдалась в тех случаях, когда детское молочное питание готовилось в медной или латунной посуде, или же молоко хранилось в сосудах из этих материалов.

До сих пор неизвестно, связаны ли с выше указанной болезнью аналогичные ей случаи заболевания печени у искусственно вскармливаемых детей грудного возраста, для которых приготавливалось питание из кислой воды, содержащей медь. Которые наблюдались в Германии [68] или в других регионах после 1987г., возможно речь идет об особом типе заболевания, причиной которого помимо меди является или генетическое нарушение метаболизма меди, или синергическое воздействие дополнительной интоксикации печени [65]. В любом случае рассматривать наличие меди как единственную причину возникновения болезни не является правильным.

Существенные гигиенические особенности меди.

Известным является то, что медь воздействует на воду бактериостатически. В прежние времена в рамках исследовательских проектов требовалось предоставлять количественные сведения по бактериостатическому воздействию материала на воду, из которого монтировался трубопровод. Первый результат четко показал [25], что в медных трубах, по сравнению с трубами из пластикового стекла или другого синтетического материала, резко тормозится размножение ряда бактерий.

Исследования в области бактерии Legionelle, возбудителя заболеваний Legionelle, показали, что медь по сравнению с другими веществами действует наиболее бактериостатически на эти присутствующие везде бактерии [69], [70], [71]. Legionellen скапливаются в системах нагрева питьевой воды, особенно в больницах, общественных учреждениях, например военных казармах, гостиницах, центральных системах. Legionellen возникают во влажной среде, например, в ваннных комнатах, душевых, попадают воздушным путем в организм человека и вызывают тяжело протекающие заболевания, такие как, например, нетипичное воспаление легких, которое при отсутствии лечения заканчивается летальным исходом.

В виде вспомогательных мер федеральное здравоохранительное учреждение [62] рекомендует нагревать воду до температуры свыше 60° С, поскольку при этой температуре бактерии не жизнеспособны и очень быстро погибают. Как дополнение к этому, в Трудовом листе DVGW (Немецкое Объединение Воды и Газа) [73] установлен порядок проведения четких технических мер для предотвращения роста и размножения бактерий Legionellen в водопроводах и системах нагрева питьевой воды. Используемый для монтажа трубопровода материал должен выдерживать температуру около 70° С. Не всякий материал, используемый в трубопроводах, по разным причинам может соответствовать всем этим требованиям, в то время как уже на протяжении десятилетий медь показала и оправдала себя как отличный материал для систем не только горячей, но и холодной воды.