

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»

Институт естественных и точных наук

Факультет «Химический»

Кафедра «Экология и химическая технология»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, доцент кафедры
«Материаловедение и физико-химия
материалов», к.х.н., доцент

_____ Г.М. Рысс

_____ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой «Экология и
химическая технология»,
д.х.н., проф., с.н.с.

_____ В.В. Авдин

_____ 2019 г.

Статистический анализ потребительского качества воды

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–18.04.01.2019.131.09.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы, профессор
кафедры, д.т.н., с.н.с.

_____ Б.Ш. Дыскина

_____ 2019 г.

Автор работы,
студент группы ЕТ-243

_____ Е.М. Королева

_____ 2019 г.

Нормоконтролер, доцент кафедры
«Экология и химическая технология»,
к.т.н.

_____ Н.П. Нонишнева

_____ 2019 г.

Челябинск 2019

АННОТАЦИЯ

Королева Е.М. Статистический анализ потребительского качества воды – Челябинск: ЮУрГУ, Хим-243, 2019, 72 с., 3 ил., 33 табл., библиогр. список – 62 наим., 1 прил.

В современных условиях интенсивность загрязнения гидросферы, насыщения водоемов вредными компонентами, приводящими к нарушению естественного биологического цикла, разрушению естественной среды обитания водных организмов, сокращаются возможности безопасного питьевого водоснабжения населения. Наряду с внедрением прогрессивных технологий снижения загрязнений, очистки и обеззараживания водных источников, актуальна проблема активного контроля качества питьевой воды.

Цель работы статистический анализ потребительского качества воды.

Для достижения цели поставлены и выполнены следующие задачи:

1. Выполнить литературный обзор.
2. Отбор проб водопроводной воды из разных точек и в разное время.
3. Определить качество отобранных проб воды.
4. Сопоставительный анализ качества исследованных проб воды.
5. Приготовить пробу для дополнительной очистки.
6. Выполнить доочистку пробы воды методом обратного осмоса.

В результате экспериментальных исследований показано, что в целом водопроводная вода Челябинской области соответствует нормативным требованиям СанПиН и ГН, пригодна для питья.

Выявлено, что доочистка водопроводной воды методом обратного осмоса приводит к получению воды высокой степени очистки, близкой к дистиллированной, с удалением не только вредных, но и всех полезных элементов, необходимых для здоровья человека. Такая вода не рекомендуется для постоянного употребления.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 ТИПЫ ВОДЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	8
1.1 Классификация воды	8
1.1.1 Питьевая вода	8
1.1.2 Вода из скважин	10
1.1.3 Бутилированная вода	11
1.1.4 Дистиллированной воды	12
1.1.5 Поверхностные природные воды	12
1.1.6 Сточные воды	14
1.2 Качественные показатели и нормативы вод	15
1.2.1 Водородный показателя (рН).....	15
1.2.2 Удельная электропроводимость	16
1.2.3 Запах, вкус и мутность воды.....	17
1.2.4 Показатель цветности	20
1.2.5 Массовая концентрация нитритов и нитратов.....	21
1.2.6 Аммиак и ионы аммония.....	24
1.2.7 Жесткость воды. Массовая концентрация кальция и магния	24
1.2.8 Массовая концентрация хлоридов	28
1.2.9 Массовая концентрация сульфатов.....	29
1.2.10 Окисляемость перманганатная	30
1.2.11 Массовая концентрация алюминия.....	32
1.2.12 Массовая концентрация сухого остатка	32
1.2.13 Массовая концентрация фосфатов.....	34

1.2.14	Массовая концентрация активного хлора	35
1.2.15	Массовая концентрация свинца	36
1.2.15	Массовая концентрация мышьяка.....	38
1.2.16	Массовая концентрация кадмия	39
1.2.17	Массовая концентрация марганца	40
1.2.18	Массовая концентрация железа.....	41
1.2.19	Массовая концентрация меди.....	43
1.2.20	Массовая концентрация цинка	44
1.3	Инструментальные методы определения качества воды.....	45
1.3.1	Измерение оптической плотности на спектрофотометре ЮНИКО 1200	45
1.3.2	Атомно-абсорбционный спектрометр КВАНТ-Z.ЭТА	47
1.4	Очистка воды.....	49
2	ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	52
2.1	Объект исследования	52
2.2	Методы исследования.....	52
2.2.1	Методика определения водородного показателя (рН).....	52
2.2.2	Методика определения удельной электрической проводимости (УЭП) .	52
2.2.3	Методика определения запаха и мутности в воде.....	52
2.2.4	Методика определения цветности	52
2.2.5	Методика определения в воде нитритов, нитратов, аммиака и ионов аммония.....	52
2.2.6	Методика определения общей жесткости	53
2.2.7	Методика определения кальция	53
2.2.8	Методика определения магния.....	53
2.2.9	Методика определения хлоридов.....	53

2.2.10	Методика определения массовой концентрации сульфатов	53
2.2.11	Методика определения перманганатной окисляемости	53
2.2.12	Методика определения массовой концентрации алюминия	53
2.2.13	Методика определения массовой концентрации сухого остатка	53
2.2.14	Методика определения орто- и полифосфатов.....	54
2.2.15	Методика определения массовой концентрации остаточного активного хлора.....	54
2.2.16	Методика определения массовой концентрации свинца, мышьяка, кадмия, марганца и железа.....	54
2.2.17	Методика определения массовой концентрации меди и цинка.....	54
2.3	Метод обратного осмоса для очистки воды	54
3	ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ.....	57
3.1	Исследование водопроводной воды.....	57
3.2	Влияние очистки методом обратного осмоса на качество водопроводной воды	62
3.2.1	Исследование средней пробы – смеси 8 исходных проб.....	62
3.2.2	Исследование очищенной воды	64
	ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	66
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	71

ВВЕДЕНИЕ

Природная питьевая вода – безальтернативное условие существования людей на Земле, важнейший фактор экологической безопасности и здоровой жизни. Однако в настоящее время наблюдается общая нехватка, постепенное уничтожение и растущее загрязнение источников пресной воды. Это свидетельствует об отсутствии у населения соответствующей информации и знаний о необходимости и способах защиты источников воды.

Россия богата водными ресурсами (около 20 % мировых запасов пресных поверхностных и подземных вод), но все возрастающее их загрязнение промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами вызывает опасение за водно-экологическую обстановку многих регионов [1]. Существует ряд государственных стандартов (ГОСТ, ПНД Ф) качества питьевой воды, а также нормативы качества стоков и предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ. Лабораторный анализ позволяет дать общую оценку качества воды, физико-химические свойства и минеральный состав, проверить соответствие качества установленным нормам [2]. Питьевая вода по качеству всегда должна отвечать установленным стандартам. Необходимо контролировать не только качество питьевой воды, но и анализировать природные воды, особенно находящиеся в условиях постоянного загрязнения окружающей среды, а также и сточные воды, негативно влияющие на эту среду.

Чистая вода, в отличие от воды питьевой – термин неопределенный, зависит от условий потребления. Для химика чистая вода – дистиллят, свободный от примесей; для рыболова – вода, в которой может водиться рыба; для микробиолога – вода, в которой могут обитать бактерии, для производственных целей – вода, пригодная для производственных процессов [3].

В современных условиях интенсивного загрязнения гидросферы, насыщения водоемов вредными компонентами, приводящими к нарушению естественного биологического цикла, разрушению естественной среды обитания водных организмов, сокращаются возможности безопасного питьевого водоснабжения

населения. Наряду с внедрением прогрессивных технологий снижения загрязнений, очистки и обеззараживания водных источников, актуальна проблема активного контроля качества питьевой воды.

Цель данной работы – статистический анализ потребительского качества воды.

Задачи:

7. Выполнить литературный обзор.
8. Отбор проб водопроводной воды из разных точек и в разное время.
9. Определить качество отобранных проб воды.
10. Сопоставительный анализ качества исследованных проб воды.
11. Приготовить пробу для дополнительной очистки.
12. Выполнить доочистку пробы воды методом обратного осмоса.

Показано, что в целом водопроводная вода Челябинской области соответствует нормативным требованиям СанПиН и ГН., пригодна для питья.

Выявлено, что доочистка водопроводной воды методом обратного осмоса приводит к получению воды высокой степени очистки, близкой к дистиллированной, с удалением не только вредных, но и всех полезных элементов, необходимых для здоровья человека.

1 ТИПЫ ВОДЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ)

1.1 Классификация воды

1.1.1 Питьевая вода

Питьевая вода – это вода, пригодная к употреблению внутрь, отвечающая установленным нормам качества. В человеческом организме выполняет функции:

- сохранения структуры и функции ДНК;
- доставки кислорода и воды в клетки; позволяет протеинам перестраивать структуру клеток;
- посредника при доставке питательных веществ; вода – компонент пищеварительных соков.
- защиты костей и суставов; увлажнения суставов;
- удаления шлаков из организма;
- поддержания электрической проводимости клеток в норме;
- регулирования температуры тела;
- поддержания иммунной системы;

В случае несоответствия качества воды стандартам, производится ее очистка и обеззараживание.

Очистка – освобождение воды от взвешенных частиц, мутности, несвойственных ей цвета, запаха и привкусов, избыточного содержания солей и газов. Для очистки применяют фильтры из пористого вещества (уголь, обожженная глина).

Обеззараживание – с помощью ультрафиолета, хлорирования, озонирования, иодирования и бромирования, ультразвуковых установок, термической обработки, электрического разряда, обеззараживание серебром и биохимическим методом [5].

Наиболее пригодными для хозяйственного питьевого водоснабжения являются глубокие подземные воды (артезианские, межпластовые). Их отличие –

прозрачность, отсутствие организмов, постоянная температура. Практически вся природная вода требует очистки и обеззараживания.

Чтобы человек себя хорошо чувствовал, он должен употреблять только чистую качественную питьевую воду. Она не должна иметь вредных для человека веществ, должна содержать полезные минералы, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма. Установлена прямая связь между качеством питьевой воды и продолжительностью жизни. По данным Всемирной организации здравоохранения около 80% болезней человека вызывается употреблением для питья некачественной воды[6].

Небольшое количество вредных примесей в воде, может нанести вред здоровью при регулярном употреблении. Определить качество воды с помощью подручных средств невозможно, так как многие вредные вещества, растворенные в ней, невидимы. Чтобы избежать негативных последствий для здоровья, исследования необходимо проводить в условиях лаборатории на соответствие водным нормам, в обязательном порядке оценку безопасности воды проходят медицинские, детские и оздоровительные учреждения, производители бутилированной воды [2].

Перед подачей воды в водопроводные трубы производится ее очистка. От насосной станции по трубам водовод подает исходную воду в смесители, где она перемешивается с реагентами (гипохлорит натрия) для обеззараживания и коагулянтами для осветления. Далее в камерах хлопьеобразования смесь проходит грубую очистку. Вода отстаивается и превращается из мутно-коричневой в прозрачную. При фильтрации вода проходит механическую очистку через полтора метровый песчаный фильтр: на дне бассейна находятся сотни отверстий – через них вода стекает и уходит на следующий процесс сорбции.

Происходит продувка воздухом, чтобы взвесь, осевшая на песчинках, удалялась – этот процесс называется барботаж.

Для окисления органических соединений воду насыщают озоном. Финальная степень водоподготовки – полтора метра угольного фильтра, и вода прозрачна.

Перед подачей в трубы питьевую воду, добавляют вторую дозу гипохлорита натрия[7].

1.1.2 Вода из скважин

Для воды различают скважины песчаные и артезианские.

Песчаная скважина. Глубина скважин от 10 до 35 м (до межморенного водоносного горизонта). Вода, в сравнении с колодезной (глубиной менее 10 м), более чистая достаточно мягкая и не содержит железа. Водоносный слой связан с поверхностными водами, в нем могут быть разные примеси, способные сделать воду непригодной для питья. Если вода используется только для хозяйственно-бытовых (не питьевых) нужд, анализ ее необходим – 1 раз в год (как и для колодезной воды). Расход воды песчаной скважины может достигать до 1,0 м³/час.

Артезианская скважина использует воду одного из известняковых водоносных горизонтов, чаще всего – первого. Он может пролегать на разной глубине: например, на юге Ленинградской области – около 40 м, на юго-западе – до 60 м, на юго-востоке – до 80 м. На севере, северо-западе и северо-востоке водоносный горизонт проходит еще глубже – минимум 100 м.

Преимущества артезианской скважины. Количество воды неограниченно. Скважина не требует обслуживания, не заиливается и не высыхает.

Весь ход работы по организации скважинного водоснабжения разделяется на пару этапов: первый – подготовка и бурение, второй – подбор и установка насосного оборудования.

Бурение глубоких скважин производят передвижными установками на базе ЗИЛ, КамАЗ и др. гидравлическим методом с помощью шарошечных долот с промывкой буровым раствором. Бурение ведется с промывкой глинистым раствором, что снижает водопроницаемость пород вокруг скважины, в интервале водоносного горизонта – чистой водой. В зависимости от глубины и сложности продолжительность бурения артезианской скважины составляет 5–20 дней.

Первый анализ воды из скважины иногда делают буровики, определяют жесткость, рН и содержание железа. Развернутый анализ по 15–25 показателям

производится в лаборатории СЭС после установки насосного оборудования и трех дней откачки.

Скважина может быть с двойной обсадкой: наружная труба – металл, рабочая внутренняя труба – пластик. В качестве эксплуатационной колонны используют пластиковые трубы. Они рассчитаны и разработаны специально для строительства скважин, изготавливаются с резьбовым соединением «труба в трубу». Преимущества установки пластиковых труб:

- устойчивость против коррозии;
- увеличение срока службы скважины (более 50 лет) и др.

Вода в артезианском горизонте напорная. После вскрытия водоносного горизонта вода поднимается и устанавливается на некотором статическом уровне. Глубина скважины может быть 120 м, а статический уровень на отметке 30–50 м.

Вода из артезианской скважины, в большинстве случаев пригодна для питья, хотя иногда может быть повышенное содержание железа [8].

1.1.3 Бутилированная вода

Бутилированная расфасованная вода (кондиционированная питьевая вода) должна быть безопасна для потребления человеком по микробиологическим, паразитологическим, радиологическим показателям, безвредна по химическому составу, иметь благоприятные органолептические свойства. Соответствующая таким требованиям вода может потребляться человеком неограниченно на протяжении всей его жизни. В настоящее время оценку соответствия (сертификацию) питьевой воды проводят по 86 показателям безопасности (9 – критерии эстетических свойств, 55 – критерии безвредности химического состава, 2 – критерии радиационной безопасности, 11 – критерии эпидемиологической безопасности, 9 – критерии физиологической полноценности макро- и микроэлементного состава). По общему содержанию в питьевой воде не должно превышать 1 г/дм^3 [9].

В зависимости от качества воды, улучшенного относительно гигиенических требований к воде централизованного водоснабжения, а также дополнительных

медико-биологических требований, расфасованную воду подразделяют на 2 категории:

– первая категория – вода питьевого качества (независимо от источника получения) безопасная для здоровья, полностью соответствующая критериям благоприятности органолептических свойств, безопасности в эпидемическом и радиационном отношении, безвредности химического состава и стабильно сохраняющая свои высокие питьевые свойства;

– высшая категория – вода безопасная для здоровья и оптимальная по качеству (из самостоятельных подземных, предпочтительно родниковых или артезианских, водоисточников, надежно защищенных от биологического и химического загрязнения).

При сохранении всех критериев для воды 1-ой категории питьевая вода оптимального качества должна соответствовать также критерию физиологической полноценности по содержанию основных биологически необходимых макро- и микроэлементов и более жестким нормативам по ряду органолептических и санитарно-токсикологических показателей [10].

1.1.4 Дистиллированной воды

Дистиллированная вода очищена от веществ неорганического и органического происхождения. При дистилляции удаляется широкий спектр вредных загрязняющих веществ. Такая вода не содержит вирусов, тяжелых металлов. Дистиллированная вода используется при создании лекарств, косметических средств, для обслуживания автомобилей, бытовой техники, поэтому её качество должно соответствовать определенным стандартам ГОСТ (в зависимости от сферы использования жидкости)[11].

1.1.5 Поверхностные природные воды

Поверхностные воды суши – воды, которые текут (водотоки) или собираются на поверхности земли (водоёмы). Различают морские, озерные, речные, болотные

и другие воды; различают солёные и пресные воды суш. Поверхностные воды постоянно или временно находятся в поверхностных водных объектах.

Природные воды в зависимости от рН рационально делить на семь групп (таблица 1.1). Паспортизация прудов и водоемов предусматривает рыбохозяйственное обследование (инвентаризацию), с целью краткой характеристики физических и рыбоводно-биологических свойств. При паспортизации определяют пригодность водоема для разведения ценных рыб; рыбопродуктивность (существующую и возможную): рыбоводно-мелиоративные мероприятия, необходимые для улучшения рыбоводных качеств водоемов и получения наиболее высокого выхода разводимой рыбы; систему рыбного хозяйства, обеспечивающую наиболее эффективное использование водоема [2]. Качество воды, используемой в технологическом процессе рыбоводных хозяйств, должно обеспечивать оптимальный режим выращивания рыбы, исключая возникновение предзаморных и заморных ситуаций, обеспечивающий прирост рыбы, достаточный для получения стандартной массы. Основные показатели качества воды: прозрачность и цветность; водородный показатель (рН); растворенные газы (кислород, диоксид углерода, аммиак, сероводород); органические вещества; биогенные элементы; солевой состав; микробиологические показатели [12].

Таблица 1.1 – Группы природных вод в зависимости от рН

Группа	рН	Примечание
Сильно кислые воды	менее 3	Результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
Кислые воды	3–5	Поступление в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот в результате разложения органических веществ
Слабокислые воды	5–6,5	Присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах (воды лесной зоны)
Нейтральные воды	6,5–7,5	Наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Слабощелочные воды	7,5–8,5	

1.1.6 Сточные воды

К сточным относятся любые воды, а также те, что образовались вследствие атмосферных осадков (дождевые, талые). Централизованная канализационная система – комплекс инженерных сооружений, принимающий поверхностные сточные воды, чтобы удалять их за пределы промышленных предприятий и населенных мест с дальнейшей очисткой и обеззараживанием. Очищенные сточные воды должны соответствовать санитарно-гигиеническим правилам и требованиям, обеспечивающим благоприятное обустройство и безопасность для здоровья людей.

При попадании в грунт, неочищенные сточные воды могут изменить содержание подземных вод, применяемых в качестве питьевой воды, ухудшая ее характеристики (мутность, неприятный запах, изменение химического состава). Загрязненные воды представляют угрозу для здоровья человека. Качественный анализ поверхностных сточных вод проводят в лабораторных условиях. Анализ позволяет оценить качество воды и определить количество загрязняющих веществ, содержащихся в воде.

Классификация сточных вод по видам:

- бытовые – образуются в жилых, общественных и промышленных помещениях в процессе жизнедеятельности человека (от ванн, раковин и унитазов);
- производственные – образуются в технологических процессах производства с использованием воды;
- дождевые или атмосферные – образуются на поверхностях дорог, площадей, крыш и т.д., в результате выпадения атмосферных осадков.

Сточные воды, всех категорий, содержат загрязнения как органического, так и минерального происхождения.

1. Более загрязненные бытовые воды, в них содержится огромное количество органических веществ, подверженных гниению: фекалии, моча и различные бактерии, в том числе бактерии патогенной группы.

2. Производственные сточные воды подразделяют на загрязненные и условно чистые, используемые при охлаждении производственных агрегатов. Вещества, загрязняющие производственные сточные воды, зависят от технологии производства.

3. В результате длительных ливневых дождей, сточные воды поступают в коллектор малозагрязненными, на главном коллекторе предусматривается несколько камер, оборудованных ливнепуском и ливнеотводом, благодаря которым дождевые воды, смешиваясь с остальными сточными водами, без очистки, напрямую сбрасываются в водоемы.

При общесплавной системе канализации все виды сточных вод поступают на очистные сооружения, где происходит их дальнейшая очистка, после которой чистая вода выпускается в водоем [13].

1.2 Качественные показатели и нормативы вод

1.2.1 Водородный показатель (pH)

Величина pH воды имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины pH зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металлы и бетон. Величина pH воды влияет на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ. Из таблицы 1.1 видно, что для поверхностных вод, содержащих небольшие количества диоксида углерода, характерна щелочная реакция. Изменения pH связаны с процессами фотосинтеза (при потреблении CO_2 водной растительностью высвобождаются ионы OH^-). Источником ионов водорода являются также гумусовые кислоты, присутствующие в почвах. Гидролиз солей тяжелых металлов играет роль в тех случаях, когда в воду попадают значительные количества сульфатов железа, алюминия, меди и других металлов.

В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоёмов у пунктов питьевого водопользования, воды водных объектов в зонах рекреации, а

также воды водоёмов рыбохозяйственного назначения, величина рН не должна выходить за пределы интервала значений 6,5–8,5 [16]. Водородный показатель в разных типах вод представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Водородный показатель в зависимости от типа воды

Вода						НПД
Водопродная	Скважина	Бутилированная	Дистиллированная	Озерная*	Поверхностные воды**	
6 - 9	–	–	–	–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01[14]
–	6 - 9	–	–	–	–	СанПиН 2.1.4.1175-02[15]
–	–	не более 6,5-8,5	–	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02[10] первая и высшая категория
–	–	–	5,4-6,6	–	–	ГОСТ 6709-72
–	–	–	5,0-7,0	–	–	ГОСТ Р 58144-2018 (с 01.07.19)
–	–	–	–	6,5–8,5 7,0–8,0 6,5–8,0 7,0–8,0	–	ОСТ 15.372-87: -карповые (летние пруды) -форелевые (летние пруды) -зимовальные комплексы -инкубационные цеха
–	–	–	–	–	6,5–8,5	СанПиН 2.1.5.980-00

Примечание:

* для карповых прудов оптимальные значения 7,0–8,5, допустимые границы – 6,5–9,0; повышение рН в полуденное время до 9,5. Для форели оптимальные значения – 7,0–7,5, допустимые границы – 6,5–8,0.

** гигиенические нормы

1.2.2 Удельная электропроводимость

Удельная электрическая проводимость – количественная характеристика способности воды проводить электрический ток. Это величина, обратная электрическому сопротивлению воды при температуре 25 °С, находящейся между двумя электродами с площадью поверхности 1 см², расстояние между которыми равно 1

см. Единица удельной проводимости – Сименс на 1 м (См/м). Для воды используют производные величины – миллиСименс на 1 м (мСм/м) или микроСименс на 1 см (мкСм/см).

Удельная электрическая проводимость (УЭП) поверхностных вод суши – это приблизительная характеристика концентрации в воде неорганических электролитов – катионов Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и анионов Cl^- , SO_4^{2-} , $(\text{HCO}_3)^-$. Присутствие других ионов, например, Fe(II) , Fe(III) , Mn(II) , NO_3^- , HPO_4^{2-} , а также OH^- мало влияет на величину УЭП, так как они редко встречаются в воде в значительных количествах. Столь же мало влияние растворенных газов. УЭП поверхностных вод в основном зависит от минерализации колеблется в пределах 50–10000 мкСм/см [17].

Нормативы удельной электрической проводимости дистиллированной воды:

– не более $5 \cdot 10^{-4}$ См/м (при 20°C) (ГОСТ 6709-72 [11])

– не более: $4,3 \cdot 10^{-4}$ См/м (при 20°C); $5,1 \cdot 10^{-4}$ См/м (при 25°C)

(ГОСТ Р 58144-2018 [18] (в действие будет с 01.07.2019 г.)

1.2.3 Запах, вкус и мутность воды

Химически чистая вода совершенно не имеет вкуса и запаха. Однако в природе такая вода не встречается, она всегда содержит растворенные вещества. По мере роста концентрации неорганических и органических веществ вода приобретает определенный привкус и/или запах. Запах и вкус – это свойство веществ вызывать у человека и животных специфическое раздражение рецепторов слизистой оболочки носоглотки и языка.

Запах и привкус воды могут появиться на нескольких этапах: в природной воде, в процессе водоподготовки, при транспортировке по трубопроводам.

Основные причины возникновения запаха и привкуса в воде:

Гниющие растения. Водоросли и водные растения при гниении могут вызвать рыбный, травяной, гнилостный запах воды и аналогичный неприятный привкус.

Грибки и плесень – микроорганизмы вызывают возникновение плесневого, земляного или затхлого запаха и приводят к появлению привкуса. Размножению

этих микроорганизмов способствуют застою и нагреву воды (например, в системах водоснабжения больших зданий с накопительными емкостями).

Железистые и сернистые бактерии выделяют продукты жизнедеятельности, которые при разложении создают резко неприятный запах.

Соединения тяжелых металлов, особенно продукты коррозии железа, марганца, меди, которые вызывают незначительный запах воды, но достаточно отчетливый металлический привкус.

Соли щелочных и щелочно-земельных металлов в больших концентрациях придают воде соленый или горький вкус, а также могут придавать воде щелочной привкус.

Промышленные отходы. Многие вещества, содержащиеся в сточных водах промышленного производства, могут вызвать сильный лекарственный или химический запах воды. В частности, фенольные соединения при хлорировании воды образуют хлорфенольные соединения, обладающие характерным запахом.

Хлорирование воды. Хлор при правильном использовании не вызывает возникновения заметного запаха или привкуса. В то же время, хлор вступает в химические реакции с различными растворенными в воде веществами, образуя соединения, которые придают воде запах и привкус "хлорки".

Основные причины запаха подземных вод – сероводород и соединения железа.

Сероводород – результат воздействия анаэробных восстанавливающих серных бактерий на органическую и элементарную серу, сульфаты и сульфиты. В малых концентрациях он может производить болотистый, затхлый запах.

Часто вода из скважин пахнет железом, который при взаимодействии с кислородом воздуха переходит в трехвалентную форму. Поэтому вода, добытая из скважины, выглядит чистой и только потом приобретает бурый цвет и неприятный металлический, железистый запах и привкус.

Воду централизованного водоснабжения можно считать качественной, если она не имеет запаха, вкуса и привкуса. Обычно человек не чувствует запах, вкус и привкус интенсивностью 0 и 1 балл по пятибалльной шкале. Запах интенсивностью 2 балла чувствуют лишь некоторые потребители (до 10%

населения), и лишь в том случае, если обратить на это внимание. При повышении интенсивности запах становится ощутим для всех потребителей без предупреждения. Интенсивность запаха питьевой водопроводной воды не должна превышать двух баллов. Следует учитывать, что воду подогревают для приготовления горячих напитков и первых блюд, что может привести к усилению запаха. Питьевая вода не должна иметь запах интенсивностью свыше двух баллов при температуре как 20°C, так и 60°C. Интенсивность запаха воды оценивают по пятибалльной шкале (табл. 1.4)[19]. Характер запаха воды по типам (табл. 1.5).

Таблица 1.4 – Интенсивность запаха воды

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха, балл
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах очень слабый	1
Слабая	Запах слабый и не вызывает неодобрительный отзыв о воде	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах отчетливый, вызывает неодобрительный отзыв о воде и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

Мутность воды в реках и прибрежных районах водоемов повышается при дождях, паводках, таянии ледников. Как правило, зимой уровень мутности в водоемах наиболее низкий, весной и во время летних дождей- наиболее высокий.

Мутность питьевой воды нормируется в основном из-за того, что мутная вода защищает микроорганизмы при ультрафиолетовом обеззараживании и облегчает рост бактерий, а также из эстетических соображений[19]. Показатель мутности в единицах мутности по формазину (ЕМФ) в разных типах воды– в таблице 1.6.

Таблица 1.5 – Характер запаха для типов вод (баллы)

Вода						ПНД
Водопр водная	Скваж ина	Бутилированная		Поверхн остные воды*	Озерная	
		категории				
		Первая	Высшая			
не более						
2	–	–		–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
–	2–3	–		–	–	СанПиН 2.1.4.1175-02
–	–	1	0	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		–	вода не должна иметь посторонние запахи, привкусы, окраски и сообщать их мясу рыб	ОСТ 15.372-87
–	–	–		2	–	СанПиН 2.1.5.980-00

Примечание: * гигиенические нормы.

Таблица 1.6 – Показатель мутности (ЕМФ – единицы мутности по формазину)

Вода					ПНД
Водопроводная	Бутилированная		Скважина		
	категории				
	Первая	Высшая			
не более:					
2,6	–	–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01	
–	–	–	2,6 – 3,5	СанПиН 2.1.4.1175-02	
–	1,0	0,5	–	СанПиН 2.1.4.1116-02	

1.2.4 Показатель цветности

Цветность – физико-химический показатель качества питьевой воды, который определяет органолептические свойства. Цветность обусловлена присутствием в воде окрашенного органического вещества (главным образом гуминовых и фульвовых кислот, связанных с гумусом почвы). На цветность влияет присутствие железа и других металлов в виде естественных примесей или продуктов коррозии. Цветность может быть обусловлена загрязнением источника воды промышленными стоками, быть первым признаком возникновения опасной

ситуации. Для показателя цветности питьевой воды ВОЗ не устанавливает никакого конкретного значения, которое влияет на здоровье человека.

Цветность – косвенный показатель количества содержащихся в воде растворенных органических веществ. Показатель – градус цветности – количественная характеристика, условно принятая для описания цвета природной и питьевой воды, имеющей незначительную естественную окраску (табл. 1.7). Измерение цветности природных вод необходимо для правильного выбора технологии водоподготовки[20].

Таблица 1.7 – Показатель цветности (градус цветности)

Вода				Озерная*	ПНД
Водопроводная	Скважина	Бутилированная			
		категории			
		Первая	Высшая		
не более:					
20	–	–		–	СанПиН 2.1.4.1074-01
–	30	–		–	СанПиН 2.1.4.1175-02
–	–	5	5	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		до 50 менее 30	ОСТ 15.372-87: -карповые (летние пруды) -форелевые (летние пруды)

Примечание:

* оптимальные значения (40–70°), допустимые (30–80°).

1.2.5 Массовая концентрация нитритов и нитратов

Нитриты – промежуточная ступень в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов и, напротив, восстановления нитратов до азота и аммиака (денитрификация – при недостатке кислорода). Подобные окислительно-восстановительные реакции характерны для станций аэрации, систем водоснабжения и собственно природных вод. Нитриты используются в качестве ингибиторов коррозии в процессах водоподготовки технологической воды и поэтому могут попасть и в систему хозяйственно-питьевого водоснабжения.

В поверхностных водах нитриты находятся в растворенном виде. В кислых водах могут присутствовать небольшие концентрации азотистой кислоты (HNO₂). Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения

органических веществ в условиях более медленного окисления NO_2^- и NO_3^- , что указывает на загрязнение водного объекта, т.е. является важным санитарным показателем. Сезонные колебания содержания нитритов характеризуется отсутствием их зимой и появлением весной при разложении неживого органического вещества. Наибольшая концентрация нитритов наблюдается в конце лета, связано с активностью фитопланктона [16]. Массовая концентрация нитрит-ионов в разных типах воды представлены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Массовая концентрация NO_2^- (мг/дм³) в разных типах воды

Вода					ПНД	
Водопроводная	Скважина	Бутилированная: не более		Озерная		Поверхностные воды*
		категории				
		Первая	Высшая			
3,0	–	–		–	3,0	ГН 2.1.5.1315-03 [21]
–	3,3	–		–	–	СанПиН 2.1.4.1175-02
–	–	0,5	0,005	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		0,08(0,02 в пересчете на азот нитритов)	–	Приказ[22]

Примечание:

* гигиенические нормы.

Нитраты. Присутствие нитрат-ионов в природных водах связано с:

- атмосферными осадками, которые поглощают образующиеся при атмосферных электрических разрядах оксиды азота;
- промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, особенно после биологической очистки, когда концентрация достигает мг/дм³;
- стоком с сельскохозяйственных угодий и со сбросными водами с орошаемых полей, на которых применяются азотные удобрения.

В поверхностных водах нитраты находятся растворенной форме. Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным

колебаниям: минимальная и вегетационный период, увеличивается осенью и достигает максимума зимой, когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные. Амплитуда сезонных колебаний может служить одним из показателей эвтрофирования водного объекта.

При длительном употреблении питьевой воды и пищевых продуктов, содержащих значительные количества нитратов (от 25 до 100 мг/дм³ по азоту), резко возрастает концентрация метгемоглобина в крови. Крайне тяжело протекают метгемоглобинемии у грудных детей, и у людей, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Особенно опасны грунтовые воды и питаемые ими колодцы, поскольку в открытых водоёмах нитраты частично потребляются водными растениями [16]. Массовая концентрация нитрат-ионов в разных типах воды представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Массовая концентрация NO_3^- (мг/л) в разных типах воды

Вода						ПНД	
Водопродная	Скважина	Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³	Поверхностные воды		Озерная
		категории					
		Первая	Высшая				
не более:							
45	–	–		–	–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
–	45	–		–	–	–	СанПиН 2.1.4.1175-02
–	–	20	5	–	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		0,2	–	–	ГОСТ 6709-72 ГОСТ Р 58144-2018 (с 01.07.19)
–	–	–		–	–	40 (9 в пересчете на азот нитратов)	Приказ [22]
–	–	–		–	45	–	ГН 2.1.5.1315-03

Примечание:
* гигиенические нормы.

1.2.6 Аммиак и ионы аммония

Круговорот азота в природе, находящегося в формах аммиака, нитрита, нитрата, органически связанного и свободного азота – азота неорганических и органических соединений, имеет огромное значение для функционирования биосферы.

Аммиачный азот в различных концентрациях содержится в воде многих источников. Аммиак и ионы аммония могут быть обнаружены в грунтовых водах, как продукты процессов жизнедеятельности микроорганизмов, в поверхностных природных водах в небольших количествах в период вегетации в результате разложения белковых веществ, а также в результате загрязнения природных вод хозяйственно-бытовыми сточными и промышленными водами. Соединения азота, содержащиеся в сточных водах (преимущественно в виде аммонийного азота, азота нитратов, азота нитритов и азота, связанного в органических соединениях), при поступлении в поверхностные водоемы наносят значительный ущерб экологической системе [23].

Аммиак в природной воде образуется при разложении азотсодержащих органических веществ, хорошо растворим в воде с образованием гидроксида аммония. Основные источники поступления ионов аммония в водные объекты – животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельхозугодий в случае использования аммонийных удобрений, сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности. В стоках промышленных предприятий содержится до 1 мг/дм³ аммония, в бытовых стоках – 2–7 мг/дм³ [16]. Массовая концентрация аммиака и ионы аммония в разных типах воды представлены в таблице 1.10.

1.2.7 Жесткость воды. Массовая концентрация кальция и магния

Жесткость воды – один из основных показателей, характеризующий применение воды в различных отраслях. Жесткость воды – совокупность свойств, обусловленных содержанием щелочноземельных элементов, преимущественно ионов кальция и магния.

Таблица 1.10 – Массовая концентрация аммиака и ионы аммония в разных типах воды (мг/л)

Вода							ПНД
Водопроводная	Скважина	Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³	Поверхностные воды**	Озерная*	
		категории					
		Первая	Высшая				
не более:							
2,0 (по азоту)	–	–		–	–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
–	–	0,1	0,05	–	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		0,02	–	–	ГОСТ 6709-72
				0,2			ГОСТ Р 58144-2018 (с 01.07.19)
–	–	–		–	–	аммиак: 0,05; аммоний-ион 0,5 (в пересчете на азот 0,4)	Приказ [22]
–	1,5 (по азоту)	–		–	1,5 (по азоту)	–	ГН 2.1.5.1315-03

Примечание:

* концентрация растворенного аммиака определяют расчетным методом после определения аммоний-иона с учётом значений температуры и рН (приложение А);

** гигиенические нормы.

В зависимости от рН и щелочности воды жесткость выше 10 °Ж может вызывать образование шлаков в распределительной системе водоснабжения и накипи при нагревании. Вода жесткостью менее 5 °Ж может оказывать коррозионное воздействие на водопроводные трубы. Жесткость воды влияет на применяемость ее человеком с точки зрения вкусовых свойств[24].

Жесткость воды колеблется в широких пределах. Вода с жесткостью менее 4 мг-экв/дм³ считается мягкой, от 4–8 мг-экв/дм³ – средней жесткости, от 8–12 мг-экв/дм³ – жесткой и выше 12 мг-экв/дм³ – очень жесткой.

Обычно преобладает жесткость, обусловленная ионами кальция (70 %). В отдельных случаях магниевая жесткость может достигать 50–60 %. Жесткость морской воды и океанов значительно выше (десятки и сотни мг-экв/дм³). Жесткость поверхностных вод подвержена сезонным колебаниям, достигая наибольшего значения в конце зимы и наименьшего в период половодья. Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывает действие на органы пищеварения [16]. Общая жесткость в разных типах воды представлены в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Общая жесткость в разных типах воды (мг-экв./л)

Вода				ПНД	
Водопроводная: не более	Скважина	Бутилированная			Озерная
		категории			
		Первая	Высшая		
7,0	–	–		СанПиН 2.1.4.1074-01	
–	7 – 10	–		СанПиН 2.1.4.1175-02	
–	–	7	1,5-7	СанПиН 2.1.4.1116-02	
–	–	–		Оптимальное значение – 1,5–7,0 Инструкция[25]	

Источники поступления кальция в поверхностные воды – процессы химического выветривания и растворения минералов, прежде всего известняков, доломитов, гипса, кальцийсодержащих силикатов и других осадочных и метаморфических пород. Большие количества кальция выносятся со сточными водами силикатной, металлургической, стекольной, химической промышленности и стоками сельскохозяйственных угодий, особенно при использовании кальцийсодержащих минеральных удобрений.

Характерная особенность кальция – склонность образовывать в поверхностных водах устойчивые перенасыщенные растворы CaCO₃. Ионная

форма (Ca^{2+}) характерна только для маломинерализованных природных вод. Известны устойчивые комплексные соединения кальция с органическими веществами, содержащимися в воде. В маломинерализованных окрашенных водах до 90–100 % ионов кальция могут быть связаны гумусовыми кислотами [16]. Массовая концентрация кальция в разных типах воды – в таблице 1.12.

Таблица 1.12 – Массовая концентрация кальция в разных типах воды (мг/л)

Вода			ПНД	
Бутилированная: не более		Дистиллированная: ванная: мг/дм ³		Озерная
категории				
Первая	Высшая			
130	25 – 80	–	–	
		0,8	–	
		–	180,0	
			СанПиН 2.1.4.1116-02	
			ГОСТ 6709-72 ГОСТ Р 58144-2018 (с 01.07.19)	
			Приказ [22]	

Магний – один из самых распространённых щелочноземельных металлов. Большая часть магния поступает в водоёмы при выветривании и вымывании минеральных отложений, таких как доломит и магнезит. Богаты магнием воды морей и солёных озёр, а также грунт в местах, где они находились ранее. Магний часто поступает в воду со стоками промышленных предприятий.

Магний и кальций образуют так называемые «соли жёсткости». Жёсткая вода способствует нарастанию твёрдых отложений и накипи. Постепенно это приводит к необратимым поломкам производственного оборудования, бытовой техники и засорению труб.

Магний считается один из самых важных элементов для полноценного здоровья человека, его избыток способен вызвать сильное отравление. Симптомы магниевой интоксикации: тошнота, рвота и диарея, кроме того, может появиться сонливость и дислексия, замедление пульса, нарушение координации движений. Из-за слишком жёсткой воды высыхает кожа, волосы тускнеют и становятся ломкими [26]. Массовая концентрация магния в разных типах воды представлены в таблице 1.13.

Таблица 1.13 – Массовая концентрация магния в разных типах воды (мг/л)

Вода						ПНД
Водопродная	Скважина	Бутилированная		Поверхностные воды	Озерная, мг/дм ³	
		категории				
		Первая	Высшая			
не более:						
–	–	65	5 – 50		–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–			40,0	Приказ [22]
	50	–		50	–	ГН 2.1.5.1315-03

1.2.8 Массовая концентрация хлоридов

Хлориды обладают высокой растворимостью, присутствуют во всех природных водах в виде кальциевых, натриевых и магниевых солей. Их попаданию в воду способствует вымывание поваренной соли и прочих хлористых соединений из пластов пород вулканического происхождения. Огромное число хлоридов содержится в морях и океанах. Посредством атмосферного круговорота воды, осадков и с подземными течениями соли попадают во все остальные водоёмы. Хлориды также поступают в воду с промышленными и хозяйственно-бытовыми стоками.

Повышенная концентрация хлоридов придаёт воде солёный вкус, делает непригодной для питья, хозяйственных нужд и использования в технических целях. Перенасыщенная хлоридами вода способна вызвать поражение слизистых оболочек, глаз, кожи и дыхательных путей. Употребление такой воды нарушает водно-солевой баланс и работу пищеварительного тракта; появляются отёки и склонность к заболеваниям мочеполовой системы. Избыток солей приводит к изменениям в кровеносных сосудах, перегружает работу сердца и почек, повышает артериальное давление и может усугубить течение сердечно-сосудистых заболеваний. В быту и на производстве солёная вода агрессивно воздействует на металлические поверхности, увеличивая интенсивность коррозии. На поверхности нагревательных элементов со временем образуется накипь, что снижает теплопроводность, приводит к увеличению расхода электроэнергии и необратимым поломкам оборудования [27]. Массовая концентрация хлоридов в разных типах воды представлены в таблице 1.14.

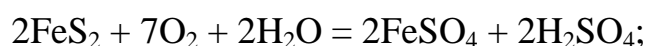
Таблица 1.14 – Массовая концентрация хлоридов (мг/л) в разных типах воды

Вода						ПНД Ф	
Водопродная	Скважина	Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³ (мг/л)	Поверхностные воды* мг/дм ³		Озерная
		Категории					
		первая	высшая				
не более							
350	–	–		–	–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
	350						СанПиН 2.1.4.1175-02
–	–	250	150	–			СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		0,02	–	–	ГОСТ 6709-72
				0,5			ГОСТ Р 58144-2018 (с 01.07.19)
–	–	–		–	–	330,0	Приказ [22]
–		–		–	350	–	СанПиН 2.1.5.980-00

Примечание: * гигиенические нормы.

1.2.9 Массовая концентрация сульфатов

Сульфаты присутствуют практически во всех поверхностных водах. Главным источником сульфатов в поверхностных водах являются процессы химического выветривания и растворения серосодержащих минералов, в основном гипса, а также окисления сульфидов и серы[28]:



Наличие сульфатов в промышленных сточных водах обусловлено технологическими процессами, протекающими с использованием серной кислоты (производство минеральных удобрений, производства химических веществ)[29]. Повышенное содержание сульфатов ухудшает органолептические свойства воды и оказывают физиологическое воздействие на организм человека. Поскольку сульфат обладает слабительными свойствами, его предельно допустимая

концентрация строго регламентируется нормативными актами. Жесткие требования по содержанию сульфатов предъявляются к водам, питающим паросиловые установки, поскольку сульфаты в присутствии кальция образуют прочную накипь. Вкусовой порог сульфата магния лежит в пределах от 400 до 600 мг/дм³, для сульфата кальция – от 250 до 800 мг/дм³. Сульфат в питьевой воде не влияет на процессы коррозии, но при использовании свинцовых труб концентрация сульфатов выше 200 мг/дм³ может привести к вымыванию в воду свинца[28]. Массовая концентрация сульфатов в разных типах воды представлены в таблице 1.15.

Таблица 1.15 – Массовая концентрация сульфатов (мг/л) в разных типах воды

Вода						ПНД Ф	
Водопродоводная	Скважина	Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³ (мг/л)	Поверхностные воды* мг/дм ³		Озерная
		Категории					
		первая	высшая				
не более							
500	–	–		–	–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
	500						СанПиН 2.1.4.1175-02
–	–	250	150	–			СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		0,5	–	–	ГОСТ 6709-72
–	–	–		–	–	100	Приказ [22]
–		–		–	500	–	СанПиН 2.1.5.980-00

Примечание:

*гигиенические нормы.

1.2.10 Окисляемость перманганатная

При определении качества питьевой воды важно знать количественное содержание органических веществ: пестициды, фенолы, хлорорганические вещества (хлороформ, четыреххлористый углерод, бромформ и т.д., появляющиеся в воде при хлорировании), нефтепродукты и др. классы

веществ. Если анализировать каждое вещество отдельно, то получается очень дорогостоящий анализ. Поэтому определяют содержание перманганатной окисляемости. Если этот показатель превышает ПДК, то исследуют воду по более расширенному перечню.

Значение перманганатной окисляемости выше 2 мгО₂/л свидетельствует о содержании в воде легко окисляющихся органических соединений, многие из которых отрицательно влияют на печень, почки, репродуктивную функцию организма. При обеззараживании такой воды хлорированием образуются хлороформ, четыреххлористый углерод, бромформ и т.д., значительно более вредные для здоровья человека, чем хлор.

Если при анализе пробы воды обнаружено, что значение перманганатной окисляемости выше 2, а тем более 5 мгО₂/л, такая вода требует очистки от органических загрязнений.

Очистка в таком случае осуществляется двумя способами:

- извлечением из воды путем сорбции через угольный фильтр и с помощью мембран
- окислением (разрушением) до углекислого газа и воды с помощью хлора, кислорода, озона и жесткого ультрафиолетового облучения[30].

Перманганатная окисляемость в разных типах воды – в таблице 1.16.

Таблица 1.16 – Перманганатная окисляемость (мг/л) в разных типах воды

Скважина	Водопродная	Вода			Озерная	ПНД Ф
		Бутилированная мг О ₂ /л		Дистиллированная: мг/дм ³		
		Категории				
		первая	высшая			
		не более				
5–7	–	–		–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
	5,0					СанПиН 2.1.4.1175-02
–	–	3	2	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		0,08	–	ГОСТ 6709-72
				розовая окраска		ГОСТ Р 58144-2018 (с 01.07.19)
–	–	–		–	100	Приказ [22]

1.2.11 Массовая концентрация алюминия

Алюминий – самый распространённый металл в природе. В условиях естественной среды он попадает в водоёмы в процессе растворения глин и алюмосиликатов. Большая часть вещества поступает в природные воды со стоками технических, строительных и химических производств.

Алюминий в небольшом количестве содержится в организме человека и необходим для нормальной работы. Большую его часть человек получает через пищу. Алюминий входит в состав косметики, дезодорантов и многих лекарственных средств. Превышение нормы содержания алюминиевых соединений в воде может нанести серьёзный вред здоровью человека.

Соединения алюминия губительно влияют на нервную систему, ухудшается память, появляются раздражительность, психопатические реакции и депрессия. Также увеличивается риск появления различных неврологических заболеваний, например, энцефалопатия или слабоумие. При избытке солей алюминия в организме нарушается фосфорно-кальциевый обмен и тормозится синтез гемоглобина. Это способствует развитию заболеваний опорно-двигательного аппарата, например, остеопорозу. Так же известно, что алюминиевые соединения негативно влияют на энергообмен в клетках. В результате размножение клеток становится хаотичным и может способствовать образованию опухолей.

Если в воде алюминия слишком много, то заметно меняются её органолептические свойства, такие как цветность, а также возможно выпадение в осадок гидрохлоридных хлопьев. Для очистки воды от алюминиевого загрязнения используют фильтры на основе обратного осмоса[31]. Массовая концентрация алюминия в разных типах воды представлена в таблице 1.17.

1.2.12 Массовая концентрация сухого остатка

Один из важных показателей качества питьевой воды – сухой остаток.

Сухой остаток – общее количество растворённых в воде минеральных неорганических солей кальция, магния, калия, натрия, бикарбонатов, хлоридов и сульфатов, а также небольшое количество органических веществ. Растворённые

Таблица 1.17 – Массовая концентрация алюминия в разных типах воды (мг/л)

Скважина	Вода				Озерная	ПНД Ф
	Водопродная	Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³		
		Категории				
		первая	высшая			
0,2	–	не более		–	СанПиН 2.1.4.1074-01	
–	0,5	–		–	ГН 2.1.5.1315-03	
–	–	0,2	0,1	–	СанПиН 2.1.4.1116-02	
–	–	–		0,05	ГОСТ 6709-72	
–	–	–			ГОСТ Р 58144-2018 (с 01.07.19)	
–	–	–		–	0,04	
–	–	–		–	Приказ [22]	

соли попадают в воду как из природных источников – родников, известковых и солевых отложений, так и из неочищенных или в недостаточной степени очищенных бытовых и промышленных сточных вод. Растворенные соединения привносятся в воду в результате применения химических реагентов в процессах подготовки воды на водоочистных станциях, а также вследствие попадания отложений, образовавшихся на внутренних поверхностях труб, при транспортировке воды по водораспределительным магистралям до потребителя. Величина показателя сухого остатка характеризует общую степень минерализации воды, определяет вкусовые качества и коррозионную активность [32]. При употреблении воды с содержанием сухого остатка более 1000 мг/л, велика вероятность нарушения гидрофильности тканей организма, задержки в организме воды, значительного сокращения мочеиспускания. В результате повышается нагрузка на сердце и сосуды, обостряются хронические заболевания, ишемическая болезнь, миокардиодистрофия, стенокардия, гипертоническая болезнь, что увеличивает риск развития инфаркта и прочих последствий.

Употребляя сильно минерализованную воду, человек может испытать диспепсическое расстройство. Употребление такой воды способно изменять секрецию и моторную функцию желудка. Если пить ее в течение длительного времени и в больших количествах – может вызвать мочекаменную или желчекаменную болезни [33]. Массовая концентрация сухого остатка в разных типах воды представлена в таблице 1.18.

Таблица 1.18 – Массовая концентрация сухого остатка в разных типах воды

Водопродная: не более	Скважина	Вода				Озерная	ПНД Ф
		Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³ : не более	Поверхностные воды* мг/дм ³ : не более		
		Категории					
первая	высшая						
1000	–	–		–	–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
	1000–1500						СанПиН 2.1.4.1175-02
–	–	1000	200–500	–			СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		5	–	–	ГОСТ 6709-72
–	–	–		–	–	допустимые значения: 0,3-1,0 г/л	Инструкция [25]
–		–		–	1000	–	СанПиН 2.1.5.980-00

Примечание:

* гигиенические нормы.

1.2.13 Массовая концентрация фосфатов

Фосфаты – соли и эфиры фосфорных кислот. Основное применение – фосфорные удобрения и синтетические моющие средства. Натриевые соли полифосфатов используют для связывания ионов кальция и магния (солей жесткости) в комплексы, предотвращающие образование нерастворимых осадков карбонатов и гидроксидов кальция и магния.

Фосфаты входят в состав стиральных и моющих средств с целью снижения влияния жесткости воды на пенообразование при стирке. При этом полифосфаты способствуют накоплению поверхностно-активных веществ между волокнами ткани и в них. Выявлено отрицательное влияние на человека: при использовании моющих и чистящих средств, содержащих фосфаты, нарушается кислотно-щелочной баланс защитного слоя клеток, что приводит к появлению дерматологических заболеваний. Фосфаты через поры кожи попадают в кровь, изменяют процентное содержание гемоглобина и плотность сыворотки крови, что приводит к нарушению функции почек, печени, соответственно, к тяжелым

отравлениям и обострению хронических заболеваний. Соединения фосфора взаимодействуют с липидно-белковыми мембранами клеток, проникая внутрь клеток, вызывают изменения в биохимических и биофизических процессах.

Фосфаты представляют заметную угрозу для окружающей среды. Попадая в водоёмы, фосфаты способствуют размножению сине-зеленых водорослей. Эти водоросли покрывают поверхность водоёмов пленкой, препятствующей поступлению в воду кислорода и солнечного света. Разлагаясь, водоросли выделяют в воду в больших количествах метан, аммиак, сероводород, убивающие всё живое в водоёмах. Один грамм триполифосфатов способствует росту от 5 до 10 кг сине-зеленых водорослей. По имеющимся данным[34], каждый год в российские реки, озера и моря сливается 300–400 тыс. тонн триполифосфатов. Массовая концентрация фосфатов в разных типах воды – в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Массовая концентрация полифосфатов в разных типах воды

Вода						ПНД Ф
Водопродная: не более	Скважина	Бутилированная: не более		Озерная	Поверхностные воды* мг/дм ³ :	
		Категории				
		первая	высшая			
3,5	–	–		–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
–	3,5	–		–	3,5	ГН 2.1.5.1315-03
–	–	3,5	3,5	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		норма: 0,2 мг/л – 0,5 мг/л; допустимый предел: 2,0 мг/л	–	Инструкция [25]

Примечание: * гигиенические нормы.

1.2.14 Массовая концентрация активного хлора

Хлор может существовать в воде не только в составе хлоридов, но и в других соединениях, обладающих сильными окислительными свойствами. К соединениям хлора относятся: свободный хлор (Cl₂), гипохлорит-анион (ClO⁻), хлорноватистая кислота (HClO), хлорамины (вещества, при растворении

которых в воде образуются монохлорамин NH_2Cl , дихлорамин NHCl_2 , трихлорамин NCl_3). Суммарное содержание этих соединений называют термином «активный хлор».

Вещества, содержащие активный хлор, подразделяют на две группы:

– сильные окислители – хлор, гипохлориты и хлорноватистая кислота, содержат «свободный активный хлор»;

– относительно слабые окислители – хлорамины, «связанный активный хлор».

Благодаря сильным окислительным свойствам соединения, имеющие активный хлор, используются для обеззараживания (дезинфекции) питьевой воды и воды в бассейнах, а также для химической очистки некоторых сточных вод.

Соединения, содержащие активный хлор (например, хлорная известь) используются для ликвидации очагов распространения инфекций.

Наиболее широко для дезинфекции питьевой воды используется свободный хлор, который при растворении в воде диспропорционирует по реакции:



В природной воде содержание активного хлора не допускается.

В питьевой воде установлена ПДК в пересчете на свободный хлор 0,3–0,5 мг/л; на связанный 0,8–1,2 мг/л. Активный хлор в концентрациях на уровне ПДК присутствует в питьевой воде непродолжительное время – не более нескольких десятков минут, удаляется при кратковременном кипячении. По этой причине анализ отобранной пробы на содержание активного хлора следует проводить немедленно [35]. Массовая концентрация активного хлора в водопроводной воде нормируется по СанПиН 2.1.4.1074-01 [14] в пределах от 0,3–0,5 мг/л.

1.2.15 Массовая концентрация свинца

Свинец – голубовато-белый блестящий металл, очень мягкий, ковкий, плохой проводник электричества. Свинец – токсичный тяжелый металл, в организм

человека проникает главным образом через органы дыхания и пищеварения. Удаляется из организма очень медленно, вследствие чего накапливается в костях, печени и почках [16]. Он вреден для здоровья человека – может повредить нервную систему людей всех возрастов, особенно уязвимы дети. При употреблении небольшого количества свинецсодержащей воды появляются сильной боли в животе, слабость и возможно повреждение мозга. Доказано, что даже низкое содержание свинца влияет на умственный и физический рост детей, может привести к повышенному кровяному давлению у взрослых, общей слабости, расстройствам работы мозга, а также анемии и повреждению внутренних органов, в конечном итоге – к летальному исходу.

Свинец обычно не встречается в источниках подземных вод. Свинец в природных водах находится в растворенном и взвешенном (сорбированном) состоянии. Растворы – в виде минеральных и органоминеральных комплексов, а также простых ионов, в нерастворимой – в виде сульфатов и карбонатов.

Наиболее распространенная причина попадания свинца в водопроводную воду – водопроводные трубы. Латунные смесители, охладители, клапаны способствуют повышению уровня свинца [36]. Массовая концентрация свинца в разных типах воды представлена в таблице 1.20.

Таблица 1.20 – Массовая концентрация свинца в разных типах воды

Вода							ПНД
Скважина	Водопроводная	Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³	Поверхностные воды*	Озерная	
		категории					
		Первая	Высшая				
		не более					
–	0,03	–		–	–	–	
–	–	0,01	0,005	–	–	–	
–	–	–		0,05	–	–	
–	–	–			–	–	
–	–	–		–	–	0,006	
0,1		–		–	0,1	–	

Примечание:

* гигиенические нормы.

1.2.15 Массовая концентрация мышьяка

Мышьяк в разной степени содержится практически везде. В природные источники воды попадает из почвы, в процессе разложения растений и животных и при вымывании различных пород [37]. В природных водах соединения мышьяка находятся в растворенном и взвешенном состоянии, соотношение между которыми определяется химическим составом и значениями pH. В растворах мышьяк встречается в трех- и пятивалентной форме, главным образом анионы.

Значительные количества мышьяка поступают в водные объекты со сточными водами обогатительных фабрик, отходами производства красителей, кожевенных заводов и предприятий, производящих пестициды, а также с сельскохозяйственных угодий, на которых применяются пестициды [16].

При острой интоксикации соединениями мышьяка в первое время наблюдается тошнота, рвота, резкие боли в животе, диарея, обезвоживание. Постепенно яд распространяется по всему организму и поражает сердечно-сосудистую систему, приводя к снижению артериального давления и нарушению проводимости в сердечной мышце. Сильно страдает дыхательная система, появляются спазм гортани, отёк лёгких и дыхательная недостаточность. Попадая в желудочно-кишечный тракт мышьяк вызывает эрозии, язвы слизистых оболочек. В крови от этих примесей начинают разрушаться эритроциты, что приводит к внутренним кровоизлияниям и почечной недостаточности. Так же мышьяковые соединения наносят сильный удар по нервной системе, как следствие могут появиться психические расстройства, судороги и кома.

Мышьяк имеет свойство накапливаться в организме человека, что приводит к хроническим отравлениям. Заметные признаки – изменение кожных покровов – пигментация, гиперкератоз (огрубение), отслаивание эпителия. Негативное воздействие примесей мышьяка на внутренние органы может привести к заболеваниям: гепатит, энцефалопатия (повреждение коры головного мозга), миокардит, перикардит, ларингит, бронхит, трахеит, анемия.

Мышьяк нейротоксичен, может приводить к параличу и частичной слепоте. Накапливаясь в щитовидной железе, провоцирует появление эндемического зоба (значительному увеличению щитовидки, появлению узлов), активно способствует появлению и развитию злокачественных опухолей и меланомы; приводит к хроническим интоксикациям, сопутствует выпадению волос, представляет значительную угрозу течению беременности и развития плода. [37]. Массовая концентрация мышьяка разных типах воды представлена в таблице 1.21.

Таблица 1.21 – Массовая концентрация мышьяка в разных типах воды

Вода					ПНД	
Скважина	Водопроводная	Бутилированная		Поверхностные воды*		Озерная
		Категории				
		Первая	Высшая			
	не более					
–	0,05	–		–	СанПиН 2.1.4.1074-01	
–	–	0,01	0,006	–	СанПиН 2.1.4.1116-02	
–	–	–		0,006	Приказ [22]	
0,01		–		0,1	ГН 2.1.5.1315-03	

Примечание:

* гигиенические нормы.

1.2.16 Массовая концентрация кадмия

Кадмий содержится в почве, в частности в местах природных залежей цинка. В природные воды кадмий поступает при выщелачивании почв, полиметаллических и медных руд, в результате разложения водных организмов, способных его накапливать. Соединения кадмия выносятся в поверхностные воды со сточными водами свинцово-цинковых заводов, рудообогатительных фабрик, ряда химических предприятий (производство серной кислоты), гальванического производства, а также с шахтными водами. К понижению концентрации растворенных соединений кадмия приводят процессы сорбции, выпадения в осадок гидроксида и карбоната кадмия и потребление их водными организмами.

В природных водах растворенные формы кадмия – это минеральные и органоминеральные комплексы. Взвешенные формы кадмия – сорбированные

соединения. Значительная часть кадмия может мигрировать в составе клеток гидробионтов.

В речных незагрязненных и слабозагрязненных водах кадмий содержится в субмикrogramмовых концентрациях, в загрязненных сточных водах концентрация кадмия может достигать десятков микрограммов в 1 дм³ [16].

Кадмий попадает в организм человека с водой, кофе, чаем, загрязненными продуктами, рафинированными зерновыми, с сигаретным дымом и некоторыми видами красок. Кадмий может препятствовать нормальному действию цинка в организме, поражая иммунитет, предстательную железу и кости, вызывает у человека токсические проявления умеренной и средней степени тяжести. Он может поражать почки и нарушать кровяное давление, являясь одним из факторов развития гипертонии. Кадмий менее токсичен чем свинец или ртуть.

Уменьшить токсичность кадмия и вывести его из тканей в тяжелых случаях отравления можно путем введения витаминов внутривенно. Применяют препараты, содержащие цинк, медь, железо, селен [38]. Массовая концентрация кадмия в разных типах воды представлена в таблице 1.22.

Таблица 1.22 – Массовая концентрация кадмия в разных типах воды

Вода						ПНД
Скважина	Водопроводная	Бутилированная		Поверхностные воды*	Озерная	
		Категории				
		Первая	Высшая			
	не более					
–	0,001	–		–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
–	–	0,001	0,001	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		–	0,005	Приказ [22]
0,001	–	–		0,001	–	ГН 2.1.5.1315-03

Примечание: * гигиенические нормы.

1.2.17 Массовая концентрация марганца

Марганец относится к группе тяжёлых металлов, один из самых распространённых элементов земной коры, входит в состав почвы, осадочных и горных пород. Марганец попадает в почву вместе со специальными удобрениями для растений, вместе с грунтовыми потоками – в открытые водоёмы. В

небольших количествах содержится во всех организмах, как важный для здоровья микроэлемент. Он накапливается в организме человека и его почти невозможно вывести. Превышение концентрации марганца в воде может привести к серьёзным последствиям: марганец проникает в каналы нервных клеток и тем препятствует прохождению нервных импульсов.

Марганец используется, в сталелитейной, химической промышленности. Вместе со сточными водами предприятий попадает в грунтовые и открытые воды.

Интоксикация марганцем вызывает заметные нарушения в работе центральной нервной системы. Основные симптомы: быстрая утомляемость, сонливость, ухудшение памяти, потеря аппетита и сильные головные боли. Очень большие концентрации марганца могут вызвать нарушение координации движений, судороги, спазмы и острые смены эмоционального состояния.

Марганец относят к политропным ядам, оказывает вредное воздействие на лёгкие, сердечно-сосудистую систему, может вызывать аллергические и мутагенные реакции. Опасна передозировка марганцем для беременной женщины, может привести к рождению умственнонеполноценного ребенка[39]. Массовая концентрация марганца в разных типах воды – в таблице 1.23.

Таблица 1.23 – Массовая концентрация марганца в разных типах воды

Скважина	Вода				ПНД	
	Водопроводная	Бутилированная категории		Поверхностные воды*		Озерная
		Первая	Высшая			
–	0,1	–		–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
–	–	0,05	0,05	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		–	0,01	Приказ [22]
0,1	–	–		0,1	–	ГН 2.1.5.1315-03

Примечание: * гигиенические нормы.

1.2.18 Массовая концентрация железа

Железо в воде из скважин или колодцев может быть в виде раствора в двухвалентной, вода прозрачная на вид. При отстаивании растворённое железо

окисляется (переходит в 3х валентную форму), придаёт воде жёлтую окраску. Если железа очень много, то через некоторое время оно выпадает в виде осадка.

Повышенная концентрация железа придаёт воде жёлтую окраску. Такая вода не пригодна для питья, вредна для труб, смесителей, сантехники, бойлеров, стиральных машин и другой бытовой техники.

Причины попадания железа в воду: выветривание и размывание горных пород, залежи железосодержащей глины на пути грунтовых вод. Загрязняют воду и железистые бактерии. Железо, содержащееся в их оболочке, попадает в воду в процессе их жизнедеятельности. Значительное количество железа поступает в воду под воздействием человека: стоки промышленных и сельскохозяйственных предприятий, использование в водоснабжении старых водопроводных труб.

Вода с повышенным содержанием железа обладает отталкивающим металлическим привкусом и запахом, имеет бурую окраску, вызывает загрязнение водопроводных сетей. При использовании такой воды на производстве, можно испортить дорогостоящее оборудование и получить некачественную продукцию. В бытовых условиях насыщенная железом вода приводит к подтёкам ржавчины на сантехнике, оставляет коричневые пятна при стирке и жёлтый налёт на посуде [40]. Массовая концентрация железа в разных типах воды – в таблице 1.24.

Таблица 1.24 – Массовая концентрация железа в разных типах воды

Вода							ПНД
Скважина	Водопроводная	Бутилированная категории		Дистиллированная: мг/дм ³	Поверхностные воды*	Озерная	
		Первая	Высшая				
		не более					
–	0,3	–		–	–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01
–	–	0,3	0,3	–	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02
–	–	–		0,05	–	–	ГОСТ 6709-72
–	–	–			–	–	ГОСТ Р 58144-2018(с 01.07.19)
–	–	–		–	–	0,1	Приказ [22]
0,3	–	–		–	0,3	–	ГН 2.1.5.1315-03

Примечание: * гигиенические нормы.

1.2.19 Массовая концентрация меди

Медь – важнейший микроэлемент. Физиологическая активность связана с включением меди в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов (табл. 1.25). Медь участвует в процессе фотосинтеза, влияет на усвоение азота растениями. Недостаточное содержание меди в почвах отрицательно влияет на синтез белков, жиров и витаминов, приводит к бесплодию растительных организмов. Избыточные концентрации меди также неблагоприятны для растительных и животных организмов [16].

Таблица 1.25 – Массовая концентрация меди в разных типах воды

Вода							ПНД
Скважина	Водопроводная	Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³	Поверхностные воды*	Озерная	
		категории					
		Первая	Высшая				
		не более					
–	1,0	–		–	–	–	
–	–	1	1	–	–	–	
–	–	–		0,02	–	–	
–	–	–			–	–	
–	–	–		–	–	0,001	
1,0		–		–	0,3	–	

Примечание: * гигиенические нормы.

Медь в воду попадает в основном с шахтными водами, стоками химических и металлургических предприятий, при использовании альдегидных реагентов для очистки водоёмов от водорослей. В центральном водопроводе примесь может появиться при вымывании из арматуры и стенок труб.

При остром отравлении медью симптомы аналогичны как при ОРВИ: раздражение слизистых, неприятный сладковатый привкус во рту, головная боль, слабость, конъюнктивит, боли в мышцах, повышенные температура и потоотделение. Одновременно резкие боли в желудочно-кишечном тракте и

вздутие живота. При постоянном употреблении воды с повышенным содержанием солей меди происходят серьёзные нарушения в работе центральной нервной системы, почек и печени. Избыток меди способствует разрушению зубов, возникновению тяжёлых дерматитов, гастрита и язвенных болезней.

Превышенная концентрация меди оказывает негативное влияние при использовании воды в быту. Ухудшаются органолептические свойства: вода становится голубоватого цвета, имеет металлический вяжущий привкус. Такая вода может окрашивать бельё при стирке, придавать светлым волосам зеленоватый оттенок во время мытья головы. На поверхностях из нержавеющей стали остаётся тёмный несмываемый налёт[41].

1.2.20 Массовая концентрация цинка

Цинк – важнейший биологически активный элемент, входит в состав многих ферментов, участвующих в белковом обмене, а также в состав гормона инсулина. Однако растворённые в воде различные цинковые соединения, особенно сульфаты и хлориды, способны вызвать тяжёлые отравления и серьёзные проблемы со здоровьем у человека[42].

Цинк попадает в природные воды в результате протекающих в природе процессов разрушения и растворения горных пород и минералов (сфалерит, цинкит, госларит и др.), а также со сточными водами рудообогатительных фабрик и гальванических цехов, производств пергаментной бумаги, минеральных красок, вискозного волокна и др.[16].

При остром отравлении большой дозой цинковых соединений может возникнуть металлический или сладковатый привкус во рту, тошнота, рвота, диарея, дыхательная недостаточность, эрозия слизистой желудка, судороги, фиброзы поджелудочной железы. Систематическое употребление воды с повышенным содержанием цинка приводит к ухудшению состояния кожи и ногтей, выпадению волос. Заметно ослабевают функции предстательной железы, поджелудочной железы и печени. Всё это приводит к серьёзным последствиям: бесплодие, задержка в росте, аутоиммунные заболевания, почечная

недостаточность. Большое содержание ионов цинка в воде препятствует нормальному усвоению меди, марганца и железа из пищи, что вызывает вторичный дефицит. Это способствует разрушению костной ткани и ослаблению сухожильных рефлексов. Особенно чувствительны к токсичным веществам маленькие дети[42]. Массовая концентрация цинка в разных типах воды представлена в таблице 1.26.

Таблица 1.26 – Массовая концентрация цинка в разных типах воды

Скважина	Вода					ПНД	
	Водопроводная	Бутилированная		Дистиллированная: мг/дм ³	Поверхностные воды*		Озерная
		категории					
		Первая	Высшая				
	не более						
–	5,0	–		–	–	СанПиН 2.1.4.1074-01	
–	–	5	3	–	–	СанПиН 2.1.4.1116-02	
–	–	–		0,2	–	ГОСТ 6709-72	
–	–	–			–	ГОСТ Р 58144-2018 (с 01.07.19)	
–	–	–		–	0,01	Приказ [22]	
1		–		–	0,3	ГН 2.1.5.1315-03	

Примечание: * гигиенические нормы.

1.3 Инструментальные методы определения качества воды

1.3.1 Измерение оптической плотности на спектрофотометре ЮНИКО 1200

Спектрофотометр ЮНИКО 1200 (1201) (рис.1.1) предназначен для измерения коэффициентов пропускания, оптической плотности и концентрации растворов. Это однолучевой спектрофотометр, работающий в спектральном диапазоне от 325 до 1000 нанометров.



Рисунок 1.1–Спектрофотометр ЮНИКО 1200 (1201)

Модель специально разработана для применения в лабораториях разных отраслей промышленности, решения аналитических задач в таких отраслях, как клиническая химия, биохимия, защита окружающей среды, энергетика, металлургические, химические, пищевые лаборатории, лаборатории воды и сточной воды, нефтехимии и в других сферах контроля качества.

Спектрофотометр ЮНИКО 1201 специально адаптирован для отечественных условий эксплуатации, выпускается с учетом российских лабораторных требований. По техническим характеристикам (табл. 1.27) и возможностям спектрофотометр ЮНИКО 1201 полностью заменяет применяемые в лабораторной практике фотоколориметры и фотометры фотоэлектрические типа ФЭК, КФК-3, КФК-5М и др. Например, спектрофотометр обеспечивает определение содержания веществ в различных растворах – меди, железа, хлора, серебра; определение содержания сахара, билирубина, глюкозы, холестерина, креатина в крови и моче; мочевины, общего белка, щелочей, фосфатов в химических растворах. Рабочая длина кювет 5–10–20–30–40–50 мм. Кюветное отделение аппарата переработано под российский стандарт. Предусмотрено использование кювет из комплекта фотометра КФК-3[43].

Таблица 1.27 – Технические характеристики

Спектральный диапазон длин волн	325–1000нм
Полоса пропускания	5нм
Погрешность установки длины волны, не более	2 нм
Повторяемость установки длины волны	1нм
Рассеянный свет (помехи лучистой энергии)	0.5%Т при 340 и 400 нм
Фотометрический диапазон:	
- коэффициент пропускания (Т)	От 0 до 125%
- оптическая плотность (А)	От 0 до 3.0
Диапазон значений концентрации	от 0 до 1999 С
Погрешность определения коэффициента пропускания, не более	1.0%Т
Рабочая длина кювет	5-10-20-30-40-50мм
Напряжение питающей сети	220 В + 10 %, 50 Гц
Габариты (ширина*длина*высота); масса	408*308*185 (мм); 7 кг

1.3.2 Атомно-абсорбционный спектрометр КВАНТ-Z.ЭТА

Атомно-абсорбционный спектрометр КВАНТ-Z.ЭТА (рис. 1.2) предназначен для количественного определения элементов в жидких пробах различного происхождения и состава на уровне долей нг/л (ppt). Основные области применения спектрометра – экология, пищевая промышленность, геология, металлургия, нефтехимия, другие отрасли промышленности, научные исследования. Атомизация пробы в графитовой печи. Зеемановская коррекция фона. Определение до 50 химических элементов. Возможность определения ртути на уровне 5 нг/л. Пределы обнаружения элементов – от долей нг/л.

Общая характеристика прибора:

– коррекция спектральных помех обратным эффектом Зеемана, с двухлучевым двухканальным алгоритмом атомно-абсорбционных измерений;

– высокая чувствительность, надёжность, автоматизация и простота обслуживания позволяют быстро получать достоверные результаты;

– питание спектральных ламп - импульсное синхронизированное с магнитным полем, налагаемым на графитовую трубчатую печь атомизатора.

Программное обеспечение использует термины понятные для любого аналитика, сохраняет результаты работы и продолжает её с момента окончания предыдущего сеанса, помогает составить отчёт.



Рисунок 1.2–Атомно-абсорбционный спектрометр КВАНТ-Z.ЭТА

Основные параметры и характеристики спектрометра КВАНТ-Z.ЭТА представлены в таблице 1.28, атомизатора(графитовая печь в продольном переменном магнитном поле) в таблице 1.29.

Таблица 1.28 – Характеристики спектрометра

Спектральный диапазон, нм	190...800
Диапазон измерения оптической плотности, Б	0...3
Производительность	одно измерение за 20 сек.
Габаритные размеры, мм	1060*405*415
Масса, кг	90

Таблица 1.29 – Атомизатор

Скорость нагрева печи	10000 °С/сек
Защитный газ	аргон
Расход аргона	не более 0,5 л/мин
Расход охлаждающей воды	1,5-2 л/мин
Расход образца	5–25 мкл на одно измерение

Управление прибором:

- последовательный интерфейс для подключения к компьютеру, и интерфейс для подключения вспомогательных блоков (ртутно-гидридного генератора, автоматического дозатора, устройства локального охлаждения);
- установка параметров, управление спектрометром и диагностика состояния прибора выполняются с помощью компьютера[44].

1.4 Очистка воды

При отклонениях показателей качества воды от требований нормативных документов необходимо производить ее очистку любыми доступными методами.

Обратный осмос – один из самых современных способов очистки воды от примесей. Эта технология осуществляется при использовании обратноосмотической мембраны. Вода при обратном осмосе пропускается через мембрану, поры которой пропускают воду, но не пропускают растворенные в ней примеси.

Обратный осмос реализуется следующим образом: полупроницаемая осмотическая мембрана препятствует выравниванию концентраций веществ по разные стороны от себя. Поток воды продавливается через мембрану, которая отторгает примеси, поддерживая их высокую концентрацию с той стороны, откуда течет вода.

Система обратного осмоса позволяет получать воду высокой степени очистки (близкую к дистиллированной). Фильтры обратного осмоса производят наиболее

качественную (полноценную) очистку воды. При этом из воды удаляются вредные вещества: магний, ртуть, нитраты, нитриты, стронций, мышьяк, свинец, сульфаты, железо, хлор, а также многие (но не все), бактерии и вирусы.

Следует отметить, что обратный осмос удаляет из воды и более 20-ти полезных веществ: соли кальция, магния, натрия, фтора, и т.д., крайне необходимые для здоровья человека (в питьевой воде должно находиться, как минимум, 500 мг полезных солей). Поэтому вода, очищенная обратным осмосом, является «мертвой», – очищенной, но не полезной для здоровья человека. Такая вода является агрессивной и с легкостью вымывает из организма человека жизненно необходимые минералы, приводит к инсультам и инфарктам.

Фильтр, работающий по принципу обратного осмоса, устроен достаточно просто: основной элемент, позволяющий получать воду высокой степени очистки – тонкопленочная мембрана. Мембрана обратного осмоса представляет собой некое подобие сетки, размер ячеек которой сравним с размером молекулы воды. Благодаря такой структуре мембраны, из воды удаляются практически все растворенные компоненты, а также соли тяжелых металлов, органические примеси и бактерии. В процессе работы постепенно перед мембраной накапливаются отфильтрованные соли и различные примеси, из-за чего она может засориться и перестать работать. Для того чтобы этого не случилось, перед мембраной устанавливаются префильтры – несколько ступеней предварительной очистки. Среди них обязательно присутствует ступень очистки от механических загрязнений, задерживающая песок и нерастворимые примеси. Для постоянного слива этих "отходов" вдоль мембраны создается принудительный поток воды, смывающий сконцентрированные загрязнения в дренаж [45].

Выводы по главе 1

Из анализа сведений из литературы и интернет-информации показано, что:

– качество и безопасность питьевой воды определяют здоровье всего населения;

– вода, используемая в питьевых и хозяйственно-бытовых целях должна соответствовать всем санитарным нормам и требованиям к качеству и безопасности, установленными соответствующими нормативными документами;

Представляет практический интерес исследование проб питьевой водопроводной воды, отобранной из разных точек Челябинской области современными инструментальными методами.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Объект исследования

Объект исследования:

– пробы водопроводной воды (8), отобранные в разное время и в разных точках. Пробы отобраны в соответствии с ГОСТ Р 56237-2014 (ИСО 5667-5:2006) [46].

– проба фильтрованной водопроводной воды (фильтр на основе обратного осмоса Ecosoft 5-50).

2.2 Методы исследования

2.2.1 Методика определения водородного показателя (рН)

Использовали потенциометрический метод по ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 [47].

2.2.2 Методика определения удельной электрической проводимости (УЭП)

Определяли кондуктометрическим методом по ИСО 7888-1985 [48]

2.2.3 Методика определения запаха и мутности в воде

Определяли по ГОСТ Р 57164-2016 [19]:

– запах в воде органолептическим методом;

– показатель мутности турбидиметрическим методом на спектрофотометре ЮНИКО 1201, с оптической плотностью 860 нм при толщине кюветы 50 мм.

2.2.4 Методика определения цветности

Цветность измеряли фотометрическим методом на спектрофотометре ЮНИКО 1201 с оптической плотностью при 380 нм с толщиной кюветы 50 мм по ГОСТ 31868-2012 п.5 [20].

2.2.5 Методика определения в воде нитритов, нитратов, аммиака и ионов аммония

В воде массовую концентрацию нитритов, нитратов, аммиака и ионов аммония определяли фотометрическим методом на спектрофотометре ЮНИКО 1201 с толщиной кюветы 10 мм. В соответствии с ГОСТ 33045-2014 [49] определяли массовую концентрацию:

- п. 6 – нитритов с оптической плотностью 520 нм;
- п. 9 – нитратов оптической плотностью 400 нм;
- п. 5 – аммиак и ионы аммония воде с оптической плотностью 425 нм.

2.2.6 Методика определения общей жесткости

Общую жесткость определяли комплексонометрическим методом по ГОСТ 31954-2012, п.4 [24].

2.2.7 Методика определения кальция

Массовую концентрацию кальция определяли титриметрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:3.95-97 [50].

2.2.8 Методика определения магния

Массовую концентрацию магния определяли титриметрическим методом по ГОСТ 23268.5-78 п.3 [51].

2.2.9 Методика определения хлоридов

Массовую концентрацию хлоридов определили аргентометрическим методом по ГОСТ 4245-72 п.2 [52].

2.2.10 Методика определения массовой концентрации сульфатов

В воде массовую концентрацию сульфатов определяли турбидиметрическим методом на спектрофотометре ЮНИКО 1201, с оптической плотностью 364 нм при толщине кюветы 20 мм по ГОСТ 31940-2012, п.5 [53], а также титриметрическим методом по п.4.

2.2.11 Методика определения перманганатной окисляемости

Перманганатную окисляемость определяли титриметрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.154-99[54].

2.2.12 Методика определения массовой концентрации алюминия

Массовую концентрацию алюминия измеряли фотометрическим методом на спектрофотометре ЮНИКО 1201 с оптической плотностью при 530 нм с толщиной кюветы 30 мм по ГОСТ 18165-2014 п.6[55].

2.2.13 Методика определения массовой концентрации сухого остатка

Массовую концентрацию сухого остатка определяли гравиметрическим методом по ПНД Ф 14.1:2:4.114-97[56].

2.2.14 Методика определения орто- и полифосфатов

Массовую концентрацию орто- и полифосфатов измеряли фотометрическим методом на спектрофотометре ЮНИКО 1201с оптической плотностью при 700 нм с толщиной кюветы 30 мм по ГОСТ 18309-2014 п.5[57].

2.2.15 Методика определения массовой концентрации остаточного активного хлора

Массовую концентрацию остаточного активного хлора определяли титриметрическим методом по ГОСТ 18190-72п.3 [58].

2.2.16 Методика определения массовой концентрации свинца, мышьяка, кадмия, марганца и железа

В соответствии ГОСТ 31870-2012 [59] методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой (ААС-ЭТ) на ААС "Квант-Z.ЭТА" измеряли массовую концентрацию: свинца, мышьяка, кадмия, марганца и железа.

2.2.17 Методика определения массовой концентрации меди и цинка

По ПНД Ф 14.1:2:4.139-98 [60] методом атомно-эмиссионной спектроскопией с индуктивно связанной плазмой (ААС-ЭТ) на ААС "Квант-Z.ЭТА" измеряли массовую концентрацию меди и цинка.

2.3 Метод обратного осмоса для очистки воды

Фильтр обратного осмоса Ecosoft 5-50 (рис. 2.1)предназначен для доочистки воды в бытовых условиях, представляет собой пятиступенчатую фильтрационную установку, которая обеспечивает очистку воды от всех вредных примесей, включая вирусы и бактерии, и предотвращает образование накипи в нагревательных приборах. Особенности Ecosoft 5-50:

1 Первые три ступени фильтрации обеспечивают предварительную очистку воды с помощью высококачественных картриджей:

– полипропиленовый картридж 5 мкм. Обеспечивает удаление механических примесей до 5 микрон, задерживает частицы песка, ржавчины и другие взвешенные примеси. Продлевает срок службы остальных картриджей.

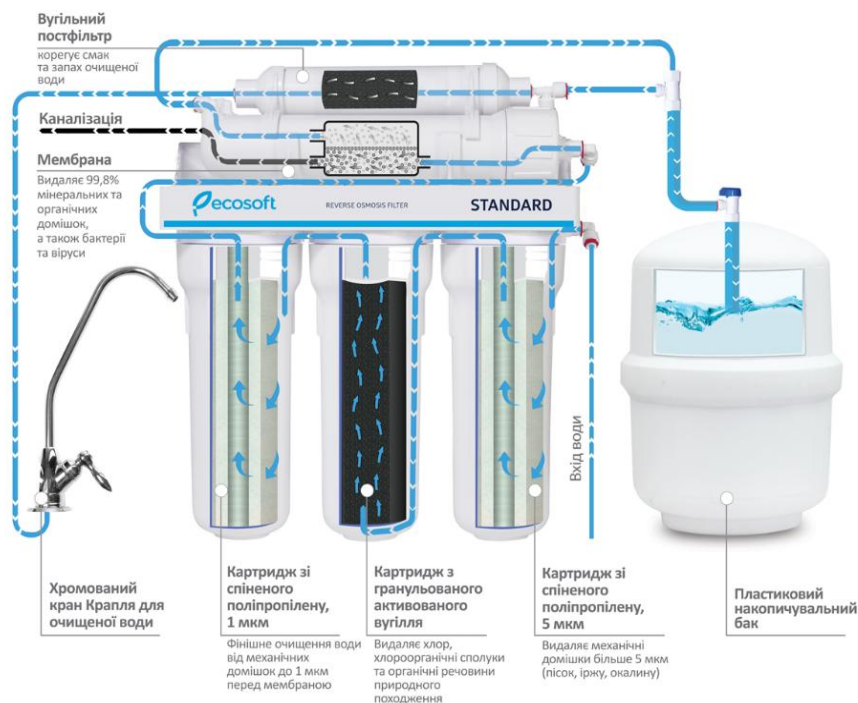


Рисунок 2.1–Фільтр на основі обратного осмоса Ecosoft 5-50

– картридж из высококлассного гранулированного активированного угля, изготовленного на основе скорлупы кокосового ореха. Служит для удаления хлора и хлорорганических соединений, защищая мембрану.

– полипропиленовый картридж 1 мкм. Обеспечивает дополнительную тонкую очистку воды до 1 мкм.

2 Четвертая ступень: обратноосмотическая мембрана. Очищает воду на молекулярном уровне, пропуская сквозь себя только молекулы воды и растворенного кислорода.

3 Пятая ступень: очищенная вода из накопительного бака проходит через угольный постфильтр, корректирующий вкус и запах.

Технические характеристики фильтра Ecosoft 5-50 представлены в таблице 2.1.

Требования к воде, подаваемой на систему обратного осмоса представлена в таблице 2.2 [61].

Таблица 2.1 – Технические характеристики фильтра[62]

Страна производства	Украина
Производительность, л/сут	120
Присоед. размер	1/2"
Рабочая температура	4– 38 °С
Рабочее давление	2,8 – 5,0 бар
Количество ступеней очистки	5
Замена картриджей	стандартная
Объем бака для чистой воды, л	7
Габаритные размеры бака (В*Ш*Г), мм	350*260*260
Вес, кг	6
Высота, мм	350
Ширина, мм	450
Глубина, мм	150

Таблица 2.2 – Требования к воде, подаваемой на систему обратного осмоса*

№	Наименование показателя	Значение**
1	рН	6,5-8,5
2	Минерализация, мг/л	< 1500
3	Жесткость, мг-экв/л	< 10,0
4	Свободный хлор, мг/л	< 0,5
5	Железо, мг/л	< 0,3
6	Марганец, мг/л	< 0,1
7	Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	< 5
8	Общее микробное число (ОМЧ), ед/мл	< 50
9	Coli-индекс	< 3

Примечание:

* Если показатели воды, подаваемой на систему, не соответствуют указанным требованиям, срок службы мембраны картриджа может уменьшиться.

** При установке системы обратного осмоса на воду из скважин или колодцев рекомендуется предварительно провести химический анализ воды. Если какие-либо показатели превышают значения, указанные в таблице, желательно установить дополнительные фильтры перед системой обратного осмоса.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ

3.1 Исследование водопроводной воды

Для исследования отобрано в разное время и в разных точках Челябинской области 8 проб водопроводной воды. Исследование проводилось в ФГБУ «Челябинская межобластная ветеринарная лаборатория».

В таблице 3.1 показано, что рН во всех пробах изменяется от 6,64 до 7,53. Запах варьируется от 0 до 2 баллов. В пробах 2,4 и 5 характерный запах – «хлорный». Допустимое количество в питьевой воде в норме, но запах ощутим. Удельная электрическая проводимость (УЭП) изменяется от 374 до 1237 мкСм/см при 25°C. Допустимое значение цветности – не более 20 градусов цветности, в пробах значение варьируются от 3,5 до 9,1 градусов цветности, что является нормой для воды. Мутность – не более 2,6 ЕМФ, в пробах изменяется от менее 0,1 до 2,5 ЕМФ, что так же является нормой для воды.

Массовая концентрация алюминия в пробах изменяется от менее 0,04 до 0,16 мг/дм³. Норма для алюминия – не более 0,5 мг/дм³.

По жесткости в исследуемых пробах встречалась вода с мягкой жесткостью (0–4 мг-экв./л), средней (4–8 мг-экв./л) и жесткой (8–12 мг-экв./л). В пробе 6 – превышение жесткости (9,68 °Ж) при норме для питьевой воды по СанПиН 2.1.4.1074–01 [14] – не более 7 мг-экв./л, что является нарушением пригодности для употребления.

Массовая концентрация кальция изменялась от 35,6 до 79,2 мг/дм³.

В пробе 6 – превышение магния (69,6 мг/дм³), что является нарушением качества употребляемой воды, при норме 50 мг/л ГН 2.1.5.1315-03 [21].

Массовая концентрация аммиака и ионы аммония в пробах изменяются от менее 0,1 мг/дм³ до 0,178 мг/дм³ (0,139 мг/дм³ по азоту), что допустимо.

Массовые концентрации нитритов и нитратов в пробах в допустимых пределах, исключение – проба 6. Нитраты в ней выше допустимого 48,9 мг/дм³ при норме не более 45 мг/дм³ по СанПиН 2.1.4.1074–01 [14], что является нарушением качества воды.

Массовая концентрация сульфатов более высокая получена в пробах 2 и 3 – 78,9 и 68,4 мг/дм³, соответственно, но они являются нормой для питьевой воды.

Массовая концентрация хлоридов варьируются от 14,7 мг/дм³ до 83,4 мг/дм³, при норме не более 350 мг/дм³. Данных о вредном влиянии на человека превышения концентрации хлоридов нет.

Хлор остаточный и связанный присутствуют в пробах 2 и 5, что свидетельствует о том, что воду обеззараживали хлором. Так как показатели входят в предел допустимого, вода пригодна для употребления.

Массовая концентрация сухого остатка. Максимальное значение 749,0 мг/дм³ получено в пробе 6. Из чего следует, что в пробе большое количество растворенных в воде минеральных неорганических солей.

Анализ содержания тяжелых металлов в исследуемых пробах.

Массовая концентрация мышьяка – менее 0,005 мг/дм³ во всех пробах.

Массовая концентрация свинца в пробах 2, 3, 4, 8 – 0,003 мг/дм³, более высокие значения в пробах 1, 5, 7 – 0,007; 0,0068; 0,005 мг/дм³, соответственно, при норме в водопроводной воде не более 0,03 мг/л.

Массовая концентрация кадмия в пробах 1, 2, 4, 7, 8 минимальные – менее 0,0001 мг/дм³, в пробах 2 и 5 – 0,00017 и 0,00014 мг/дм³, при норме в водопроводной воде не более 0,001 мг/л.

Массовая концентрация меди в пробах 5, 7, 8 менее 0,01 мг/дм³; в пробах 1, 3 – 0,004 мг/дм³, в пробах 2 и 4 – 0,008 и более 0,05 мг/дм³.

Массовая концентрация цинка в пробах варьируется от менее 0,004 мг/дм³ (проба 2) до 0,16 мг/дм³ (проба 5).

Массовая концентрация марганца минимальное 0,003 мг/дм³ (проба 3), максимальное – 0,031 мг/дм³ (проба 7).

Массовая концентрация железа в пробе 6– менее 0,04 мг/дм³, в пробах 1,2,3 равно 0,04 мг/дм³.

Таблица 3.1 – Исследование независимых проб водопроводной воды

Наименование показателей в единицах измеряемых содержаний	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Нормы
Водородный показатель, ед. рН	7,53±0,20	7,24±0,20	6,64±0,20	7,30±0,20	в пределах 6-9
Запах, баллы	1	2 (хлорный)	0	2 (хлорный)	не более 2
УЭП, мкСм/см при 25°С	374±7	658±13	–	–	–
Цветность, градусы	9,1±1,8	5,9±1,8	–	7,1±2,1	не > 20
Мутность, ЕМФ	1,0±0,2	менее 0,1	–	2,0±0,4	не > 2,6
Алюминий, мг/ дм ³	0,055±0,019	–	менее 0,04	0,066±0,023	не более 0,5
Жесткость, °Ж	3,27±0,49	5,51±0,83	5,05±0,76	4,15±0,62	не > 7 мг-эquiv./л
Кальций, мг/дм ³	35,6±3,9	68,1±7,5	68,1±7,5	46,1±5,1	–
Магний, мг/ дм ³	18,2±0,4	25,7±0,5	20,1±0,4	22,5±0,5	≤50 мг/л
Аммиак и ионы аммония, мг/дм ³	0,178±0,036 0,139±0,028 (по N)	0,111±0,033 0,086±0,026 (по N)	менее 0,1 (по N)	менее 0,1 (по N)	2,0 мг/л (по N)
Нитриты, мг/дм ³	0,082±0,041	менее 0,003	менее 0,003	менее 0,003	3,0 мг/л
Нитраты, мг/дм ³	0,290±0,058	12,5±1,9	1,31±0,36	9,7±1,4	не > 45 мг/л
Сульфаты, мг/ дм ³	45,9±5,0	79,8±7,2	68,4±6,2	44,4±5,8	не > 500 мг/л
Хлориды, мг/ дм ³	14,5±2,2	34,3±5,1	78,4±11,8	14,6±2,2	не >350 мг/л
Перманганатная окисляемость, мг/ дм ³	3,2±0,3	2,9±0,3	0,45±0,09	2,5±0,3	не > 5 мг/л
Ортофосфаты, мг/дм ³	–	0,16±0,04	–	–	–
Полифосфаты, мг/дм ³	–	менее 0,01	–	–	не более 3,5
Хлор остаточный свободный, мг/ дм ³	менее 0,01	0,012±0,004	–	менее 0,01	0,3–0,5
Хлор остаточный связанный, мг/ дм ³	0,31±0,08	0,35±0,09	–	0,32±0,08	0,8–1,2
Сухой остаток, мг/ дм ³	229,5±20,7	417,0±37,5	509,0±45,8	296,5±26,7	не > 1000 мг/л
Свинец, мг/дм ³	0,007±0,003	0,003±0,001	0,003±0,001	0,003±0,001	не> 0,03 мг/л
Мышьяк, мг/дм ³	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	не>0,05 мг/л
Кадмий, мг/дм ³	менее 0,0001	менее 0,0001	0,00017±0,00007	менее 0,0001	не>0,001 мг/л
Медь, мг/дм ³	0,004±0,002	более 0,05	0,004±0,001	0,008±0,003	не>1,0 мг/л
Цинк, мг/дм ³	0,04±0,01	менее 0,004	0,012±0,003	0,010±0,003	не>5,0 мг/л
Марганец, мг/дм ³	0,006±0,001	0,016±0,003	0,003±0,001	0,024±0,004	не>0,1 мг/л
Железо, мг/дм ³	0,040±0,008	0,04±0,01	0,04±0,01	0,09±0,02	не> 0,3 мг/л

Продолжение таблицы 3.1

Наименование показателей в единицах измеряемых содержаний	Проба 5	Проба 6	Проба 7	Проба 8	Нормы
Водородный показатель, ед. рН	7,35±0,20	7,38±0,20	7,25±0,20	7,52±0,20	в пределах 6-9
Запах, баллы	2 (хлорный)	0	0	0	не более 2
УЭП, мкСм/см при 25°С	422±8	1237±25	435±9	455±9	–
Цветность, градусы	7,8±2,3	3,5±1,0	8,1±2,4	7,9±2,4	не > 20
Мутность, ЕМФ	2,5±0,5	1,5±0,3	2,3±0,5	1,1±0,2	не > 2,6
Алюминий, мг/ дм ³	0,16±0,03	–	0,09±0,03	0,12±0,04	не более 0,5
Жесткость, °Ж	3,71±0,56	9,68±1,45	3,78±0,57	3,55±0,53	не > 7 мг-эquiv./л
Кальций, мг/дм ³	39,0±4,3	79,2±8,7	39,6±4,4	38,2±4,2	–
Магний, мг/ дм ³	21,5±0,4	69,6±1,4	21,9±0,4	20,0±0,4	≤50 мг/л
Аммиак и ионы аммония, мг/дм ³	менее 0,1(по N)	–	0,173±0,035 0,135±0,027 (по N)	менее 0,1(по N)	2,0 мг/л (по N)
Нитриты, мг/дм ³	0,0063±0,0032	0,0063±0,0032	0,066±0,033	0,044±0,022	3,0 мг/л
Нитраты, мг/дм ³	1,30±0,26	48,9±7,3	1,79±0,36	0,361±0,072	не > 45 мг/л
Сульфаты, мг/ дм ³	52,9±4,8	35,6±4,6	52,5±4,7	54,2±6,0	не > 500 мг/л
Хлориды, мг/ дм ³	14,8±2,2	83,4±12,5	15,1±2,3	14,7±2,2	не >350 мг/л
Перманганатная окисляемость, мг/ дм ³	2,7±0,3	0,71±0,14	3,1±0,3	2,8±0,3	не > 5 мг/л
Ортофосфаты, мг/дм ³	0,18±0,05	–			–
Полифосфаты, мг/дм ³	менее 0,01	–			не более 3,5
Хлор остаточный свободный, мг/ дм ³	0,011±0,003	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01	0,3–0,5
Хлор остаточный связанный, мг/ дм ³	0,26±0,07	менее 0,15	менее 0,15	менее 0,15	0,8–1,2
Сухой остаток, мг/ дм ³	273,5±24,6	749,0±67,4	255,5±23,0	269,5±24,3	не > 1000 мг/л
Свинец, мг/дм ³	0,0068±0,0027	–	0,005±0,002	0,003±0,001	не> 0,03 мг/л
Мышьяк, мг/дм ³	менее 0,005	–	менее 0,005	менее 0,005	не>0,05 мг/л
Кадмий, мг/дм ³	0,00014±0,00007	–	менее 0,0001	менее 0,0001	не>0,001 мг/л
Медь, мг/дм ³	менее 0,01	–	менее 0,01	менее 0,01	не>1,0 мг/л
Цинк, мг/дм ³	0,16±0,03	–	0,15±0,03	0,05±0,01	не>5,0 мг/л
Марганец, мг/дм ³	0,005±0,001	0,016±0,030	0,031±0,005	0,0040±0,0007	не>0,1 мг/л
Железо, мг/дм ³	0,078±0,016	менее 0,04	0,18±0,03	0,05±0,01	не> 0,3 мг/л

3.2 Влияние очистки методом обратного осмоса на качество водопроводной воды

3.2.1 Исследование средней пробы – смеси 8 исходных проб

При исследовании 8 проб (п. 3.1) в целом по массиву данных пробы удовлетворяют нормативам. Однако в четырех пробах выявлены отклонения:

а) в пробах (2,4,5) выявлен хлорный запах;

б) в пробе 6 выявлены отклонения по показателям:

– общая жесткость 9,68 °Ж. при норме в питьевой воде – не более 7 мг-экв./л по СанПиН 2.1.4.1074–01 [14];

– массовая концентрация магния (69,6 мг/дм³), при норме 50 мг/л по ГН 2.1.5.1315-03 [21];

– массовая концентрация нитратов (48,9 мг/дм³) при норме не более 45 мг/дм³ по СанПиН 2.1.4.1074–01[14].

Отклонения от нормативов свидетельствует о снижении пригодности воды для употребления.

По расчетным среднее арифметическим значениям всех показателей – вода соответствует нормативам (табл. 3.2).

Экспериментально приготовили среднюю пробу – смесь всех 8 проб в одинаковых пропорциях, провели полный анализ этой смеси на 25 показателей.

Хлорный запах стал «слабым», но ощутим. Хлор остаточный и связанный так же присутствует 0,011 и 0,26 мг/дм³.

Жесткость – мягкая (3,71 °Ж), расчетная 4,84°Ж (средняя жесткость), при норме не более 7 °Ж (мг-экв./л).

Массовая концентрация магния– 21,5 мг/дм³, расчетная 27,4 мг/дм³, норма по ГН 2.1.5.1315-03[21] – 50 мг/л.

Массовая концентрация нитратов – 6,30 мг/дм³, расчетная 9,5±1,5 мг/дм³.

Средняя проба воды (смесь 8 проб) по всем показателям соответствует нормативным требованиям, кроме присутствия хлорного запаха.

Таблица 3.2 – Водопроводная вода после очистки

Наименование показателей в единицах измеряемых содержаний	Среднеарифметическое значение проб из таблицы 3.1	Фактическое значение испытываемой пробы	Результат испытаний, ±Δ, после фильтрации	Нормы
Водородный показатель, ед. рН	7,28±0,20	7,35	6,20±0,20	в пределах 6-9
Запах, баллы	1	2 (хлорный)	0	не более 2
УЭП, мкСм/см при 25°С	448±9	422	29±1	–
Цветность, градусы	6,2±1,7	7,8	менее 1	не > 20
Мутность, ЕМФ	1,3±0,3	2,5	менее 0,1	не > 2,6
Алюминий, мг/ дм ³	0,061±0,018	0,16	менее 0,04	не более 0,5
Жесткость, °Ж	4,84±1,28	3,71	0,19±0,05	не > 7 мг-экв./л
Кальций, мг/дм ³	51,7±5,7	39,0	1,80±0,45	–
Магний, мг/ дм ³	27,4±0,6	21,5	менее 2 (1,22)	≤50 мг/л
Аммиак и ионы аммония, мг/дм ³	менее 0,1 (по азоту)	менее 0,1 (по азоту)	менее 0,1 (по азоту)	2,0 мг/л (по азоту)
Нитриты, мг/дм ³	0,026±0,013	0,0063	0,0032±0,0016	3,0 мг/л
Нитраты, мг/дм ³	9,5±1,5	6,30	0,129±0,026	не > 45 мг/л
Сульфаты, мг/ дм ³	54,2±5,5	52,9	4,6±1,3	не > 500 мг/л
Хлориды, мг/ дм ³	33,7±5,1	14,8	менее 10 (2,23)	не >350 мг/л
Перманганатная окисляемость, мг/ дм ³	2,3±0,3	2,7	менее 0,25	не > 5 мг/л
Ортофосфаты, мг/дм ³	0,17±0,05	0,18	менее 0,01	–
Полифосфаты, мг/дм ³	менее 0,01	менее 0,01	менее 0,01	не более 3,5
Хлор остаточный свободный, мг/ дм ³	0,012±0,004	0,011	менее 0,01	0,3–0,5
Хлор остаточный связанный, мг/ дм ³	0,31±0,08	0,26	менее 0,15 (не обнаружен)	0,8–1,2
Сухой остаток, мг/ дм ³	374,9±28,0	273,5	14,4±2,9	не > 1000 мг/л
Свинец, мг/дм ³	0,0039±0,0015	0,0068	0,0095±0,0038	не> 0,03 мг/л
Мышьяк, мг/дм ³	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	не>0,05 мг/л
Кадмий, мг/дм ³	0,00016±0,00007	0,00014	менее 0,0001	не>0,001 мг/л
Медь, мг/дм ³	0,012±0,002	менее 0,01	менее 0,01 (0,0039)	не>1,0 мг/л
Цинк, мг/дм ³	0,053±0,011	0,16	0,035±0,009	не>5,0 мг/л
Марганец, мг/дм ³	0,0135±0,0057	0,005	менее 0,001 (0,00062)	не>0,1 мг/л
Железо, мг/дм ³	0,065±0,013	0,078	менее 0,04 (0,0073)	не> 0,3 (1,0) мг/л

3.2.2 Исследование очищенной воды

Пробу воды пропустили через фильтр Ecosoft 5-50 обратного осмоса. Результаты очищенной воды представлены в таблице 3.2.

Водородный показатель pH воды уменьшился – 6,20, был 7,35.

Хлорный запах воды исчез. Хлор остаточный и хлор связанный менее 0,01 и менее 0,15 мг/дм³, против 0,011 и 0,26 мг/дм³ в исходной воде.

Удельная электропроводимость уменьшилась до 29 мкСм/см при 25 °С.

Массовая концентрация сухого остатка – 14,4 мг/дм³.

Большинство показателей стали менее допустимых значений, указанных в документах (ГОСТ ПНД Ф), такие как: цветность (<1 градусов цветности), мутность (<0,1 ЕМФ), перманганатная окисляемость (<0,25 мг/дм³). Массовая концентрация: алюминия (<0,04 мг/дм³), магния (<2 мг/дм³), аммиака и ионы аммония (<0,1 мг/дм³ (по азоту)), хлоридов (менее 10 мг/дм³), орто- и полифосфаты (<0,01 мг/дм³), мышьяка (<0,005 мг/дм³), кадмия (<0,0001 мг/дм³), меди (<0,01 мг/дм³), марганца (<0,001 мг/дм³), железа (<0,04 мг/дм³).

Жесткость воды в исследуемой пробе, после очистки – с мягкой (0–4 мг-экв./л) жесткостью – 0,19 °Ж.

Массовая концентрация кальция составила 1,80 мг/дм³.

Массовая концентрация нитритов и нитратов уменьшилась до 0,0032 и 0,129 мг/дм³.

Массовая концентрация сульфатов снизилась до 4,6 мг/дм³.

Массовая концентрация цинка снизилась до 0,035 мг/дм³.

Массовая концентрация свинца в очищенной воде, увеличилась почти в 1,5 раза – 0,0095 мг/дм³, при норме по СанПиН 2.1.4.1074-01[14] не более 0,03 мг/л.

Система обратного осмоса позволяет получать воду очень высокой степени очистки (близкую к дистиллированной). К сожалению, обратный осмос удаляет из воды и более 20-ти полезных веществ, крайне необходимые для здоровья человека. Поэтому вода, очищенная обратным осмосом, является «мертвой», – очищенной, но не полезной для здоровья человека.

ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1 Проведен анализ литературных источников, интернет-информации о видах воды, влиянии примесей, документов, регламентирующих качество и состав воды. Установлено, что качество и безопасность питьевой воды определяют здоровье всего населения, в том числе персонала предприятий, связанных с химической технологией природных энергоносителей и углеродных материалов.

Вода, используемая в питьевых и хозяйственно-бытовых целях должна соответствовать всем санитарным нормам и требованиям к качеству и безопасности, установленным соответствующими нормативными документами.

2 Выполнено исследование восьми проб водопроводной воды, отобранных в разное время и разных точках Челябинской области. Определены 25 качественных показателей, в том числе с применением современных инструментальных методов (спектрофотометр ЮНИКО 1201 и атомно-абсорбционный спектрометр КВАНТ-Z.ЭТА) Установлено, что в целом по массиву данных пробы удовлетворяют требованиям нормативов. Выявлены отклонения: хлорный запах трех пробах; превышение жесткости 9,68 °Ж. норма, не более 7 мг-экв./л; превышение массовой концентрации магния (69,6 мг/дм³, при норме 50 мг/л) и нитратов (48,9, норма не более 45 мг/л). в одной пробе.

3 Проведено опробование доочистка методом обратного осмоса на приборе Ecosoft 5-50. В результате получена вода высокой степени очистки, близкая к дистиллированной:

– исчез хлорный запах, снизились:

– жесткость воды – с 3,7 до 0,19 °Ж;

– массовая концентрация магния с 21,5 до менее 2 мг/дм³;

– массовая концентрация нитратов с 6,3 до 0,129 мг/дм³.

Массовая концентрация свинца увеличилась с 0,0068 до 0,0095 мг/дм³.

Отмечено, что из воды удалены более двадцати полезных элементов, необходимых для здоровья человека. Вода, очищенная обратным осмосом, является «мертвой», – очищенной, но не полезной для здоровья человека.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Фомин, Г.С. Государственный контроль качества воды / Г.С. Фомин, Н.П. Борисов, Л.П. Котова, Л.М. Блинова, И.Е. Трофимова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 776 с.
- 2 Федеральное государственное бюджетное учреждение Челябинская МВЛ – <http://mv174.ru>.
- 3 Питьевая вода – <http://www.o8ode.ru/article/dwater/>.
- 4 Фоминг, Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: справочник / Г.С. Фоминг, А.Б. Ческис; под ред. С.А. Подлепы. – М.: Изд-во «Геликон», 1992.
- 5 Обеззараживание воды. – <https://nowifi.ru/vyzhivanie-v-dikoyprirode/voda/140-obezzarazhivanie-vody.html>.
- 6 Питьевая вода – <http://www.vodoobmen.ru/01-pityevaya.html>.
- 7 Водопроводная вода: где и как проходит очистку вода, попадающая в наши краны. – <https://otr-online.ru/programmy/sreda-obitaniya/vodoprovodnaya-voda-33041.html>.
- 8 Бурение скважин для воды. – <http://smu45.ru/uslugi/zemlrab/77-burskvagin>.
- 9 Бутилированная вода – <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/456332>.
- 10 СанПин 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды, расфасованной в емкости. Контроль качества. – М.: Министерство здравоохранения РФ, 2002.
- 11 ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2007.
- 12 ОСТ 14.372-87. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. Общее требования и нормы. – М.: Министерство рыбного хозяйства СССР, 1988.
- 13 Сточные воды – это грязные воды – <https://kanalizaciya-expert.ru/naruzhnaya/stochnye-vody/stochnye-vody-eto-250>.

14 СанПин 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. – М.: Главный государственный санитарный врач РФ, 2001.

15 СанПин 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. – М.: Минздрав России, 2003.

16 Гусева, Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочник / Т.В. Гусева, Я.П. Молчанова, Е.А. Заика, В.Н. Виниченко, Е.М. Аверочкин. – М.: «Эколайн», 2000. – 87 с.

17 РД 52.24.495-2005. Руководящий документ. Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрическим методом. – СПб.: Изд-во Гидрохимический институт, 2005.

18 ГОСТ Р 58144-2018. Вода дистиллированная. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 2018.

19 ГОСТ Р 57164-2016. Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2016.

20 ГОСТ 31868-2012. Вода. Методы определения цветности. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2014.

21 ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. – М.: Министерство здравоохранения РФ, 2003.

22 Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – М.: Минсельхоз России, 2016 г.

23 ПНД Ф 14.1:2:3.1-95. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера. – М.: Изд-во ФГБУ "ФЦАО", 2017.

24 ГОСТ 31954. Вода питьевая. Методы определения жесткости. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2013.

25 Инструкция по химическому анализу воды прудов. – М.: ВНИИПРХ, 1985г.

26 Содержание магния в воде. – <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/magnij/>.

27 Влияние хлоридов на свойства воды. – <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/hloridy/>.

28 Сульфаты в воде. – <http://icolog.ru/gidrosfera/sulfati-v-vode.htm>.

29 Сульфаты. – <http://www.anchem.ru/literature/books/muraviev/032.asp>.

30 Перманганатная окисляемость. – <http://www.dwater.ru/him.php?hid=6&act=11>.

31 Содержание алюминия в воде. – <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/aljuminij/>.

32 Что такое сухой остаток. – <https://www.barrier.ru/encyclopedia/o-vode/chto-takoe-suhoy-ostatok/>.

33 Что такое сухой остаток в воде. – <https://biokit.ru/video-instructions/sukhoj-ostatok-v-vode/>.

34 Фосфаты и их влияние на человека. – <http://gostvoda.ru/fosfaty-i-ih-vliyanie-na-cheloveka>.

35 Химические реакции и методы определения некоторых соединений в воде. – <https://studfiles.net/preview/2828486/page:11/>.

36 Свинец в питьевой воде – невидимая опасность. – <https://ecoizm.org/svinec-v-pitevoj-vode-nevidimaja-opasnost/>.

37 Мышьяк в воде. – https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/mysh_jak/.

38 Чем опасен кадмий. – <https://www.inmoment.ru/beauty/health-body/cadmium.html>.

39 Марганец в воде. – <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/marganec/>.

40 Железо в воде. – <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/zhelezo/>.

41 Содержание меди в воде. – <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/med/>.

42 Содержание цинка в воде. – <https://voda.kr-company.ru/analiz/issleduemye-pokazateli/sink/>.

43 Спектрофотометр Юнико 1200 (1201). – https://www.nv-lab.ru/catalog_info.php?ID=469&Full=1.

44 КВАНТ-Z.ЭТА. Технические характеристики. – <https://zapadpribor.com/kvant-zeta/>.

45 Обратный осмос. – <http://konversia.com/0001.htm>.

46 ГОСТ Р 56237-2014 (ИСО 5667-5:2006). Вода питьевая. Отбор проб на станциях водоподготовки и в трубопроводных распределительных системах. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2016.

47 ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений рН проб вод потенциометрическим методом. – М.: Изд-во ФГБУ "ФЦАО", 2018.

48 ИСО 7888-1985. Качество воды. Определение электропроводности. – международный стандарт: Технический комитет ИСО/ТК 147 «Качества воды», 1988.

49 ГОСТ 33045-2014. Методы определения азотсодержащих веществ. – М.: Изд-во Стандартинформ, 2015.

50 ПНД Ф 14.1:2:3.95-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации кальция в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. – М.: Изд-во ФГБУ "ФЦАО", 2016.

51 ГОСТ 23268.5–78. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения ионов кальция и магния. – СССР: Изд-во Государственный стандарт союза, 1980.

52 ГОСТ 4245-72. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2010.

53 ГОСТ 31940-2012. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2013.

54 ПНД Ф 14.2:4.154-99. Количественный химический анализ вод. Методика измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом. – М.: Изд-во ФГБУ "ФЦАО", 2012.

55 ГОСТ 18165-2014. Методы определения содержания алюминия. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2015.

56 ПНД Ф 14.1:2:4.114-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации сухого остатка в питьевых, поверхностных и сточных водах гравиметрическим методом. – М.: Изд-во ФГБУ "ФЦАО", 2011.

57 ГОСТ 18309-2014. Методы определения фосфорсодержащих веществ. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2015.

58 ГОСТ 18190-72. Вода питьевая. Методы определения содержания остаточного активного хлора. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2009.

59 ГОСТ 31870-2012. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектроскопии. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2013.

60 ПНД Ф 14.1:2:4.139-98. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовых концентраций, кобальта, никеля, меди, цинка, хрома, марганца, железа, серебра, кадмия и свинца в пробах питьевых, природных и сточных вод методом атомно-абсорбционной спектроскопии. – М.: ЗАО «РОСА», 2010.

61 Инструкция по подключению и эксплуатации системы обратного осмоса. – <https://xn--80aaf5ahrnp.xn--p1ai/sistema-obratnogo-osmosa-ecosoft-e-5-50/>.

62 Акватрол. Оборудование для водоподготовки. – <https://xn--80aaf5ahrnp.xn--p1ai/sistema-obratnogo-osmosa-ecosoft-e-5-50/>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Доля растворенного аммиака (в %) в зависимости от величины рН и температуры

°C рН	5	10	12	15	17	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
6	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08
7	0,12	0,18	0,22	0,27	0,32	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,57	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80
8	0,22	1,83	2,13	2,67	3,08	3,82	4,10	4,39	4,70	5,03	5,38	5,75	6,15	6,56	7,00	7,46
8,5	3,8	5,6	6,4	8,0	9,1	11,2	11,9	12,7	13,5	14,4	15,3	16,2	17,2	18,2	19,2	20,3
8,7	7,9	10,4	11,2	12,5	13,7	15,3	16,0	17,0	18,3	19,2	21,1	22,5	24,0	25,2	26,5	28,5
9,0	11,1	15,7	17,9	21,5	24,1	28,6	29,9	31,2	33,0	34,6	36,5	37,8	45,0	41,2	42,9	44,6
9,2	20,0	23,5	25,1	27,5	29,0	32,6	34,0	35,2	37,1	39,5	41,5	42,8	49,6	47,0	50,0	53,2
9,5	28,3	37,1	40,8	46,4	50,2	55,7	57,6	59,2	60,9	62,6	64,3	65,9	67,4	68,9	70,4	71,8
9,7	44,5	51,5	55,5	60,0	62,3	66,5	66,5	67,8	68,7	69,5	70,5	72,3	73,6	75,1	76,5	77,5
10,0	55,6	65,1	68,5	73,3	76,1	79,9	81,0	82,1	83,2	84,1	85,0	85,9	86,8	87,5	88,3	89,0
10,2	62,1	69,8	72,5	76,5	79,5	84,0	84,8	85,5	86,1	86,8	88,0	88,7	89,9	90,8	91,4	92,0
10,5	77,0	82,9	84,5	88,1	89,0	90,2	91,1	92,0	92,5	93,5	93,9	94,5	95,0	95,5	96,0	96,6
10,7	84,1	87,5	90,0	92,5	93,2	94,6	95,0	95,2	95,7	96,1	96,5	–	–	–	–	98,0
11,0	91,5	93,8	94,7	96,0	96,3	96,8	97,8	97,3	97,6	97,8	98,0	–	–	–	–	–

