

## **Лабораторная работа № 1 (1 часть)**

### **Определение физических показателей воды**

**Цель работы:** Изучение основных физических свойств воды и проведение экспериментов для определения их значений, методик определения физических показателей качества воды (температуры, цветности, запаха, плотности).

**Задачи:**

1. Определение органолептических свойств воды.
2. Определение температуры воды
3. Измерение плотности воды при различных температурах.
4. Сравнение полученных результатов с табличными значениями.

**Оборудование:** термометр, ареометр, плитка для нагревания, мерные цилиндры емкостью 50, 100, 250 мл, химические стаканы.

**Реактивы:** вода природная, дистиллированная.

### **Теоретические сведения**

По нормативам качества, определяющим наличие и допустимые концентрации примесей, воды различают питьевую, природные воды и сточные воды (нормативно-очищенные, стоки неизвестного происхождения, ливневые).

Выделяют различные виды источников водопотребления, например, водопровод, колодцы, артезианские скважины, подземные источники и поверхностные источники и др. Подобное выделение проводится в тех случаях, когда необходимо учесть специфику источника либо, когда можно ожидать какие-либо характерные способы загрязнения воды, а также пути распространения загрязнений.

Нормативы качества воды различных источников – предельно-допустимые концентрации (ПДК), ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) и ориентировочно-безопасные уровни воздействия (ОБУВ) – содержатся в нормативно-технической литературе, составляющей водно-санитарное законодательство. К ним, в частности, относятся Государственные стандарты – ГОСТ 2874, ГОСТ 24902, ГОСТ 17.1.3.03, различные перечни, нормы, ОБУВ, санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнений сточными водами СНИП № 4630 и др.

Среди нормативов качества воды устанавливаются лимитирующие показатели вредности – органолептические, санитарно-токсикологические или общесанитарные.

Органолептический показатель (от орган и греч. leptikos — склонный брать или принимать) – совокупность показателей качества воды воспринимаемая рецепторами человека.

1. Прозрачность – способность воды пропускать свет.
2. Мутность – показатель, характеризующий уменьшение прозрачности воды в связи с наличием неорганических и органических тонкодисперсных взвесей, а также развитием планктонных организмов.
3. Запах – на него оказывают влияние состав растворенных веществ, температура, значения рН и целый ряд прочих факторов
4. Цветность – показатель, характеризующий интенсивность окраски воды.

Для измерения цветности воды существует несколько стандартных методов, которые могут быть использованы в лабораторных условиях. Некоторые из наиболее распространенных методов измерения цветности воды включают в себя:

Метод визуального сравнения предполагает визуальное сравнение цветности образца с цветовой шкалой, известной как Платино-кобальтовая шкала. На основе сравнения цветов можно определить численное значение цветности по шкале.

Спектрофотометр используется для измерения оптической плотности образца воды при определенной длине волны света. Метод позволяет количественно измерить цветность воды, предоставляя точные значения.

Колориметрические тесты могут быть использованы для определения цветности, основываясь на химических реакциях, которые приводят к изменению цвета раствора в зависимости от концентрации цветообразующих веществ.

Индикаторные методы, используются специальные индикаторы, которые меняют цвет в зависимости от уровня цветности воды. По изменению цвета можно оценить уровень цветности и сравнить с шкалой цветности.

Компьютерная обработка изображений, метод включает использование программного обеспечения для анализа цветности воды на основе цифровых изображений. Позволяет автоматизировать процесс измерения цветности.

Выбор метода измерения цветности воды зависит от требуемой точности измерения, доступной технической оснащенности лаборатории и специфических требований исследования. Каждый из этих методов обладает своими особенностями и применим в зависимости от конкретных задач и условий проведения исследований

5. Осадок – наличие солей компонентов

56. Вкус и привкус – солоноватый, соленый (наличие хлоридов и сульфатов), кислый (сульфидные месторождения), горький, сладковатый (азот.соед.), безвкусная.

Лимитирующий показатель вредности объединяет группу нормативов для веществ, вредное воздействие которых на организм человека и окружающую среду наиболее выражено именно в данном отношении. Так, к органолептическим лимитирующим показателям относятся нормативы для тех веществ, которые вызывают неудовлетворительную органолептическую оценку (по вкусу, запаху, цвету, пенистости) при концентрациях, находящихся в пределах допустимых значений. Например, ПДК для фенола, устанавливаемая по наличию запаха, составляет 0,001 мг/л при условии хлорирования воды и 0,1 мг/л – в отсутствие хлорирования.

К органолептическим лимитирующим показателям относят также ПДК для имеющих окраску соединений хрома (VI) и хрома (III), имеющих запах и характерный привкус керосина и хлорофоса, образующего пену сульфолана и т.п.

Лимитирующие общесанитарные показатели устанавливаются в виде нормативов для относительно малотоксичных и нетоксичных соединений – например, уксусной кислоты, ацетона, дибутилфталата и т.п. Для остальных (основной массы) вредных веществ установлены как лимитирующие санитарно-токсикологические показатели вредности.

Отбор пробы воды проводится на 15-30 см ниже зеркала воды. Это связано с тем, что поверхностная пленка представляет собой пограничную среду между воздухом и водой и концентрации большинства веществ в ней в 10-100 раз выше, чем толще воды.

К физическим свойствам воды относятся:

1. *Органолептические свойства: запах, вкус, цвет, прозрачность.*
2. *Температура.*

Для измерения температуры воды существует несколько основных шкал измерения. Наиболее распространенные шкалы для измерения температуры воды:

1. Шкала Цельсия (°C) является одной из наиболее широко используемых шкал для измерения температуры. По этой шкале 0°C соответствует точке замерзания воды, а 100 °C - точке кипения воды на стандартном атмосферном давлении.

2. Шкала Фаренгейта (°F) также распространена в некоторых странах, особенно в США. По этой шкале 32°F соответствует точке замерзания воды, а 212°F - точке кипения воды при атмосферном давлении.

3. Шкала Кельвина (K) является абсолютной шкалой температуры, где нулевая точка соответствует нулю абсолютной температуры, или нулевому

колебанию молекулярного движения. Вода замерзает при 273,15 К и кипит при 373,15 К.

4. Шкала Реомюра ( $^{\circ}\text{Ré}$ ) используется гораздо реже в настоящее время, но ранее она была широко распространена в Европе. По этой шкале  $0^{\circ}\text{Ré}$  соответствует точке замерзания воды, а  $80^{\circ}\text{Ré}$  - точке кипения воды.

Шкалы являются основными в мире и используются для измерения температуры воды в различных лабораторных, промышленных и бытовых условиях. Каждая шкала имеет свои особенности и применяется в зависимости от предпочтений, стандартов и требований конкретной области или страны.

### **3. Плотность.**

Измерение плотности воды в лабораторных условиях можно осуществить несколькими способами. Вот несколько распространенных методов измерения плотности воды:

1. Пикнометрический метод основан на использовании стеклянного пикнометра, который заполняется водой и взвешивается. По объему и массе воды в пикнометре можно рассчитать плотность.

2. Ультразвуковой метод измерения плотности воды можно также проводить с помощью ультразвукового погружного датчика. По скорости распространения ультразвуковых волн можно определить плотность воды.

3. Плотномеры - существуют специальные приборы, называемые плотномерами, которые могут использоваться для прямого измерения плотности воды. Они обеспечивают быстрое и точное измерение плотности.

4. Гидростатический метод основан на измерении давления, создаваемого столбом воды определенной высоты. Плотность воды может быть определена по формуле, учитывающей давление и высоту столба воды.

5. Плотномеры со сменными грузами метод включает использование специальных плотномеров, оснащенных сменными грузами различной массы. Плаваемость плотномера в воде определяется плотностью воды, позволяя определить плотность.

6. Гравиметрический метод основан на измерении массы известного объема воды и расчете плотности по формуле  $\text{плотность} = \text{масса} / \text{объем}$ .

Выбор конкретного метода измерения плотности воды зависит от требуемой точности, доступных ресурсов и целей исследования. Каждый метод имеет свои преимущества и ограничения, и может быть применен в зависимости от контекста и условий проведения измерений.

Нормирование качества воды заключается в установлении совокупности допустимых значений показателей её состава и свойств, в пределах которых надёжно обеспечиваются здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

### Физические свойства чистой воды

Молекулярная масса	18,01
Радиус молекул, нм	0,138
Плотность, кг/м <sup>3</sup> : при $t = 0$ °С при $t = 3,98$ °С при $t = 20$ °С	999,841 999,973 998,203
Плотность льда (при $t = 0$ °С), кг/м <sup>3</sup>	916,8
Плотность насыщенного пара (при $t = 100$ °С), кг/м <sup>3</sup>	0,598
Удельная теплоемкость воды, кДж/кг · К: при $t = 0$ °С при $t = 20$ °С	4,218 4,182
Удельная теплоемкость льда при $t = 0$ °С, кДж/кг · К	2,04
Удельная теплоемкость водяного пара при $t = 100$ °С, кДж/кг · К	2,14
Удельная теплота плавления льда (при нормальных условиях), кДж/кг · К	317,6
Удельная теплота парообразования воды при атмосферном давлении и $t = 100$ °С, кДж/кг · К	2250,8
Теплопроводность воды, ккал/м · ч · °С: при $t = 0$ °С при $t = 20$ °С при $t = 100$ °С	0,47 0,52 0,59
Теплопроводность льда при $t = 0$ °С, ккал/м · ч · °С	1,94
Теплопроводность водяного пара при атмосферном давлении и $t = 100$ °С, ккал/м · ч · °С	0,02
Поверхностное натяжение на границе с воздухом, мН/м: при $t = 0$ °С при $t = 20$ °С при $t = 100$ °С	74,6 72,7 58,9
Динамическая вязкость, мПа · с: при $t = 0$ °С при $t = 20$ °С при $t = 100$ °С	1,79 1,00 0,28
Динамическая вязкость насыщенного водяного пара при $t = 100$ °С, мП · с	0,012
Удельная электропроводность абсолютно чистой воды, См/м	$1,5 \cdot 10^{-6}$
Диэлектрическая проницаемость, Ф/м	81

### Рабочее задание

Студент должен:

- 1) ознакомиться с теоретическими основами «Определение физических показателей воды»;
- 3) приготовить пробы воды для определения физических показателей;
- 4) провести измерения физических показателей воды по предложенным методикам;
- 5) сравнить результаты измерений с табличными данными;
- 6) подготовить отчет по работе.

### **Методика выполнения работы**

#### **Опыт 1. Определение физических показателей воды.**

**Прозрачность** (светопропускание) воды зависит от ее цветности и мутности.

В месте отбора прозрачность воды измеряется с помощью стандартного диска Секки (способ 1).

При измерении прозрачности пробы в лаборатории используют типографский шрифт, (способ 2). Определение нельзя проводить при прямом солнечном свете.

Степень прозрачности выражается высотой водяного столба в см, через который отчетливо становится, виден типографский шрифт (высота букв 3,5 мм). При контрольном определении определяют высоту столба, при которой шрифт становится плохо различимым.

Прозрачностью не менее 30 см должны обладать воды, подаваемые для питьевого водоснабжения без осветления. Речные воды, кроме горных вод, могут иметь прозрачность 2-5 см. Уменьшение прозрачности природных вод свидетельствует об их загрязнении.

**Цветность.** Природное свойство воды, обусловленное наличием гуминовых веществ и соединений железа, которые придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета. Чистые природные воды обычно бесцветны. Гуминовые вещества образуются при разрушении органических соединений в почве, вымываются из нее и поступают в открытые водоемы. Поэтому цветность свойственна воде открытых водоемов и резко увеличивается в паводковый период.

Цветность воды определяется в градусах цветности. Вода, имеющая цветность 20°, считается цветной.

Вода, неподвергающаяся перед подачей потребителю обесцвечиванию, должна иметь цветность не выше 20°.

Цвет сточных вод может быть разных оттенков.

Цвет воды определяется в профильтрованной пробе или после отстаивания в течение 2 часов. Объективно определить цвет пробы трудно,

поэтому и интенсивность цвета описывают также словесно, указывая оттенки воды.

Наблюдения за цветом воды ведутся одновременно с определением прозрачности с помощью шкалы цветности. Шкала состоит из набора стеклянных пробирок, заполненных цветными растворами разных оттенков. Найденный цвет воды обозначается номером соответствующей пробирки. При отсутствии стандартной шкалы цвет описывают словесно, указывая оттенки воды.

**Запах воды.** Запах вызывают летучие пахнущие вещества, попадающие в нее естественным путем или со сточными водами. Загрязнение сточными водами обнаруживается не только проявлением их запаха, но и запахом продуктов разложения их компонентов (сероводород, индол и т.д.). Некоторые виды водных организмов вызывают специфические запахи, напоминающие, например, запах огурцов (*Synura*), пеларгонии (*Asterionella*), фиалок (*Mallomonas*), свиарника (*Anabaena*) и т.п.

Запах сточных вод населенных мест представляет собой смесь запаха фекалий с запахами мыла, жиров, гниения (сероводород) и является довольно характерным. Сточные воды от термической переработки угля имеют запах фенолов (характерный резкий аптечный запах), смолы, (сероводорода) и т.п.

Характер запаха определяют при 20 и 60 °С. Запах описывают как: «землистый», «фекальный», «гнилостный», «травянистый», «плесневый», «тухлый», запах химических веществ («фенольный», «смолистый», «органических растворителей», «йодный» и т.д.). Определение интенсивности и характера запаха зависят от опыта и индивидуальных способностей исследователя.

В коническую колбу вносят 250 мл пробы воды при 20°С. Колбу закрывают пробкой, и содержимое ее несколько раз тщательно взбалтывают. После этого колбу открывают и тотчас же определяют запах.

Другую колбу нагревают на бане (или в сушильном шкафу) до 60°С, прикрыв горлышко колбы часовым стеклом. Содержимое колбы перемешивают и тотчас определяют запах и его интенсивность.

Интенсивность запаха определяется разбавлением пробы дистиллированной водой до исчезновения запаха. Интенсивность запаха оценивают по 5–балльной шкале. Запахи естественного происхождения: землистый, гнилостный, плесневый, торфяной, травянистый и др.

## **Опыт 2. Определение температуры воды, коэффициента теплового расширения жидкости**

Температура определяется сразу после отбора пробы или непосредственно в водоеме ртутным термометром с ценой деления 0,1°С. Термометр держат в воде не менее 5 мин.

Температура воды имеет большое физиологическое и гигиеническое значение. Наиболее благоприятной для питьевой воды является температура 7 -- 12 °С. Вода более высокой температуры не оказывает освежающего действия. Охлажденная вода вызывает усиление деятельности слюнных и желудочных желез, способствует охлаждению слизистой оболочки рта и глотки. Вода температуры ниже 5 °С может вызвать простудные заболевания, нарушение целостности эмали зубов.

Температура рассматривается и как показатель санитарного состояния водоема. Высокая температура воды в колодце летом и низкая зимой говорит о поверхностном расположении грунтовой воды, а, следовательно, большой возможности ее загрязнения извне. Повышенная температура воды способствует размножению сапрофитов. Температура питьевой воды должна быть постоянной, так как постоянство температуры воды в водоеме указывает на отсутствие притока в него поверхностных, загрязненных вод.

Для измерения температуры воды существует несколько типов инструментов и приборов, которые могут быть использованы в зависимости от конкретной задачи и условий эксперимента. Вот некоторые из наиболее распространенных инструментов и приборов для измерения температуры воды:

#### 1. Термометры.

Ртутные термометры. классические термометры, использующие ртуть для измерения температуры. Они обычно имеют шкалу Цельсия или Фаренгейта.

Электронные термометры - цифровые приборы, которые показывают температуру на жидкокристаллическом или цифровом дисплее.

Инфракрасные термометры позволяют измерять температуру без контакта с водой, основываясь на измерении инфракрасного излучения.

#### 2. Термопары.

Термопары представляют собой пары металлических проводов различных материалов, которые генерируют электрический сигнал в зависимости от разницы температур. Они широко используются в промышленности для измерения температуры воды.

#### 3. Термостаты:

Термостаты используются для поддержания стабильной температуры в воде в определенном диапазоне. Они могут быть использованы для проведения экспериментов с контролируемой температурой.

#### 4. Термоизоляционные материалы:

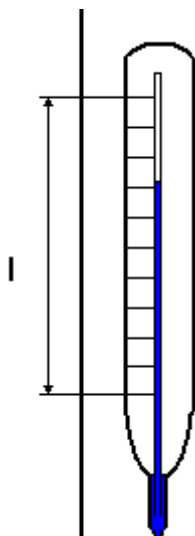
Для предотвращения потерь тепла или нагрева воды можно использовать изоляционные материалы, такие как термосы или специальные оболочки для сосудов.

#### 5. Контроллеры температуры.



Для автоматического контроля и регулирования температуры воды могут использоваться специальные контроллеры.

1) Подсчитать общее число градусных делений  $\Delta T$  в шкале термометра измерить расстояние  $l$  между крайними штрихами шкалы.



2) Вычислить приращение объема термометрической жидкости  $\Delta W = \pi r^2 l$ , где  $r$  - радиус капилляра термометра.

3) С учетом начального (при  $0^\circ\text{C}$ ) объема термометрической жидкости  $W$  - значение коэффициента теплового расширения  $\beta_T = (\Delta W/W)/\Delta T$  и сравнить его со значением  $\beta^{\text{табл}}$ . Значение используемых величин занести в таблицу.

4) Число делений 52

2)  $r=0,01$  см.  $\Delta W = \pi r^2 l = 3,14 \cdot 0,01^2 \cdot 5 = 15,7 \cdot 10^{-4} \text{ см}^3$

3)  $\beta_T = (\Delta W/W)/\Delta T = 0,573$

Жидкость	$\rho$ кг/м <sup>3</sup>	$\beta_p$ МПа <sup>-1</sup>	$\beta_T$ С <sup>-1</sup>	$\nu \cdot 10^6$ м <sup>2</sup> /с	$\sigma$ Н/м
Вода пресная	998	0,49	0,15	1,01	73

### Опыт 3. Измерение плотности воды ареометром.

1) Измерить глубину погружения  $h$  ареометра по миллиметровой шкале на нем.

2) Вычислить плотность жидкости по формуле:

$$\rho = 4m / (\pi d^2 h)$$

где  $m$  и  $d$  – масса и диаметр ареометра. Эта формула получена путем приравнивания силы тяжести ареометра  $G=mg$  и выталкивающей (архимедовой) силы  $P_A = \rho g w$ , где объем погруженной части ареометра

$$W = (\pi d^2/4) h.$$

3) Сравнить опытные значения плотности  $\rho$  со справочным значением  $\rho^*$ . Значение используемых величин свести в таблицу.

Вид жидкости	$m, г$	$d, см$	$h, см$	$\rho, г/см^3$	$\rho^*, г/см^3$
Вода	5,5	1,1	6	0,9	0,998

### Требования к оформлению отчета

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы,
- цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- краткие теоретические сведения по теме «Определение физических показателей воды»;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы;
- зарисуйте приборы для измерения температуры, плотности воды;
- вывод.

### Контрольные вопросы

1. Какие методы можно использовать для определения органолептических свойств воды?
2. Какие физические свойства воды могут быть определены методом наблюдения?
3. Как влияет температура на органолептические свойства воды?
4. Каковы основные шкалы для измерения температуры воды?
5. Какие инструменты и приборы необходимы для измерения температуры воды?
6. Как влияет температура на плотность воды?
7. Как можно измерить плотность воды в лабораторных условиях?
8. Какие факторы могут повлиять на точность измерения плотности воды?
9. Какие методы могут быть использованы для измерения цветности воды?
10. Как определить наличие запаха в воде и как это влияет на ее качество?

11. Какие физические свойства воды могут быть использованы для оценки ее качества?

12. Каковы стандартные значения физических показателей качества воды по местным нормативам?

13. Какие методики и стандарты используются для оценки физических показателей воды в промышленности?

14. Какова роль физических свойств воды при ее использовании в различных отраслях, таких как питьевая вода, пищевая промышленность или производство?

15. Как можно сравнить результаты лабораторных измерений с табличными значениями физических свойств воды и какие выводы могут быть сделаны из этих сравнений?

### **Литература**

1. РД 52.24.496-2018. Методика измерений температуры, прозрачности и определение запаха воды: утвержден и введен в действие приказом Росгидромета от 02.07.2018 N 298: дата введения 2018-10-01. - URL: <https://docs.cntd.ru/document/495884820> - Текст: электронный.

2. ПНД Ф 14.1:2:3:4.213-05. Методика измерений мутности проб питьевых, природных поверхностных, природных подземных и сточных вод турбидиметрическим методом по каолину и по формазину: рассмотрена и одобрена федеральным государственным бюджетным учреждением «Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия»: дата утверждения 2019-04-22. <https://meganorm.ru/Data2/1/4293727/4293727848.htm>. - Текст: электронный.