

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ОЧИСТКИ ВОДЫ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

**Ботезату Дмитрий Андреевич**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск*  
E-mail: botezatu98@mail.ru

**Юрченко Владислав Владимирович**

*Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, г. Караганда*  
E-mail: jurchenkovv@mail.ru

*Научный руководитель: Вавилова Галина Васильевна,*  
*к.т.н., доцент отделения контроля и диагностики ТПУ*  
E-mail: wgw@tpu.ru

## QUALITY CONTROL OF WATER TREATMENT BY CONDUCTOMETRIC METHOD

**Botezatu Dmitry Andreevich**

*National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk*

**Yurchenko Vladislav Vladimirovich**

*Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov, Karaganda*

*Academic supervisor: Vavilova Galina Vasilievna,*  
*Ph.D. in Engineering National Research Tomsk Polytechnic University*

**Аннотация:** работа посвящена контролю качества воды в различных отраслях промышленности кондуктометрическим методом. Обсуждена необходимость контроля качества воды на разных производствах. Показано наличие каких примесей приводит к изменению электропроводности воды. Описан кондуктометрический метод, применяемый для контроля качества очистки воды по значению электропроводности.

**Abstract:** the work is dedicated to the quality control of water in various industries using the conductometric method. The importance of water quality control in different manufacturing processes is discussed. It is shown how the presence of certain impurities leads to changes in the electrical conductivity of water. The conductometric method used for monitoring the quality of water treatment based on its electrical conductivity is described.

**Ключевые слова:** электропроводность; кондуктометрический метод; качество воды.

**Keywords:** electrical conductivity; conductometric method; water quality.

Качество воды и степень ее очистки от примесей являются важными аспектами в производстве различных товаров и услуг. Вода часто используется в различных процессах производства, например, в производстве пищевых продуктов, напитков, фармацевтических препаратов, электроники и многих других отраслях промышленности [1].

Низкое качество воды, содержащиеся в ней примеси могут негативно влиять на качество конечного продукта. Примеси: такие как органические и неорганические вещества, микроорганизмы, хлор, железо и другие, могут вызывать загрязнение, изменение вкуса, запаха или цвета продукта. Они также могут способствовать развитию бактерий и плесени, что может привести к ухудшению качества и безопасности продукта [1].

Очистка воды является основным этапом производства в различных отраслях промышленности. Процесс очистки воды включает в себя различные процессы, такие как фильтрация, осветление, дезинфекция, обезжелезивание или осмотический процесс с целью удаления или снижения содержания примесей до допустимого уровня в соответствии с требованиями стандартов качества [1]. Оценить качество очистки можно по разным параметрам, одним из которых является значение электропроводности воды.

Электропроводность воды – это свойство, которое определяет ее способность проводить электрический ток, и может быть показателем содержания растворенных в ней ионов [1]. Электропроводность воды в природе зависит от количества растворенных в воде минералов, которые обеспечивают передачу электрических зарядов, а также от её температуры. Поэтому по величине электрической проводимости воды можно судить о степени ее минерализации. Высокая электропроводность может указывать на наличие примесей, таких как соли, минералы или химические соединения.

Степень влияния значения электропроводности воды на конечный продукт зависит от отрасли производства. Например, в пищевой промышленности высокая электропроводность воды может негативно влиять на текстуру, вкус и структуру пищевого продукта. Определение электропроводности – это один из методов контроля качества пищевых продуктов: молока, вин, различных напитков, кофе, чая. В электронной промышленности высокая электропроводность может приводить к коррозии и повреждению электрических компонентов [2]. Измерение электропроводности воды имеет важное значение в медицине, особенно, при оценке некоторых состояний организма и проведении определенных процедур, например, оценка уровня гидратации организма. Электропроводность служит показателем концентрации растворенных электролитов в теле и тем самым отражает уровень гидратации пациента [2].

Диапазон изменения электропроводности воды зависит от степени её минерализации. Также степень минерализации воды зависит от её нагрева, чем вода теплее, тем выше электропроводность. Дистиллированная вода в своем составе не содержит минералы, поэтому ее электропроводность минимальна и составляет 0,43 мСм/м [3].

В таблице приведены значения электропроводимости различных примесей, которые могут быть найдены в разных типах водных растворов [2]:

- Бикарбонат натрия ( $NaHCO_3$ ) обычно встречается в природных водах, особенно в речных и озерных системах.
- Сульфат натрия ( $Na_2SO_4$ ) может встречаться в некоторых природных водах, особенно в местах с высоким содержанием сульфатов.
- Хлорид натрия ( $NaCl$ ), также известный как поваренная соль, распространен в морской воде и многих других природных водных источниках.
- Карбонат натрия ( $Na_2CO_3$ ), также известный как содовая или пепегль, может быть образован в природных условиях, например, в соленых озерах или подземных осадочных формациях.
- Гидроксид натрия ( $NaOH$ ) и гидроксид аммония ( $NH_4OH$ ) обычно присутствуют в промышленных или лабораторных растворах и редко встречаются в природных системах.
- Соляная кислота ( $HCl$ ), фосфорная кислота ( $H_3PO_4$ ) и серная кислота ( $H_2SO_4$ ) также обычно присутствуют в промышленных или лабораторных растворах и редко встречаются в природных системах.

Наличие этих примесей приводит к увеличению электропроводности воды. С другой стороны, примеси кислот могут снижать электропроводность, так как они могут реагировать с ионами в растворе и образовывать неэлектролитные соединения. Например, серная кислота может реагировать с ионами гидроксида натрия и образовывать нерастворимый сульфат натрия.

Допустимые концентрации и типы примесей в воде могут существенно различаться в зависимости от отрасли производства, законодательства и регулирующих органов, а также при необходимости соблюдения определенных экологических стандартов. Поэтому каждое конкретное производство должно соблюдать требования, установленные для его отрасли [2].

Таблица – Удельная проводимость некоторых растворов на 1000 мг в л

Состав примеси	Электропроводность при 25 °С, мСм/см
Бикарбонат натрия	0,87
Сульфат натрия	1,30
Хлорид натрия	1,99
Карбонат натрия	1,60
Гидроксид натрия	5,82
Гидроксид аммония	0,19
Соляная кислота	11,10
Флористоводородная кислота	2,42
Азотная кислота	6,38
Фосфорная кислота	2,25
Серная кислота	6,35

Методы измерения электропроводности зависят от конкретной области применения. Одним из методов определения электропроводности является кондуктометрический метод. Данный метод измерения – один из самых распространенных методов анализа в химии. Он основан на измерении электропроводности раствора.

Кондуктометрия – это метод основан на определении способности растворов проводить электрический ток. Для измерения электропроводности используются специальные приборы – кондуктометры [4].

Прямая кондуктометрия широко используется в химическом анализе, биологии, медицине и других научных и промышленных областях. Она может быть применена для определения концентрации растворенных веществ, ионной силы раствора, степени ионизации электролитов и других параметров раствора. Кондуктометрию в промышленности используют для контроля процесса очистки воды и, в частности, для контроля качества дистиллированной воды, оценки загрязненности сточных вод, при оценке качества питьевой воды, при определении общего содержания солей в минеральной, морской и речной воде [3].

Для проведения прямой кондуктометрии используется кондуктометр, который представляет собой прибор, измеряющий электрическое сопротивление раствора между двумя электродами. Электроды погружаются в раствор, и измеряется сопротивление между ними.

К недостаткам метода следует отнести влияние на значение электропроводности контактного сопротивления между электродом и водой и зависимость точности измерения от температуры и других влияющих факторов, а также небольшую чувствительность к изменениям проводимости.

Кондуктометрический метод широко используется благодаря его плюсам. Плюсы кондуктометрического метода при измерении минерализации воды:

1. Быстрый и простой метод измерения.
2. Не требует использования дорогостоящего оборудования.
3. Применим для измерения концентрации различных веществ (солей, кислот, щелочей и т. д.).
4. Не требует использования опасных химических реагентов.

Кондуктометрическая ячейка является ключевой частью кондуктометра. В ее состав входят кондуктометрические электроды и ячейка изоляции. Электроды представляют собой проводники, обычно выполненные из металла, такого как платина или нержавеющая сталь. Электроды имеют форму пластин, прямоугольников или цилиндров и служат для погружения в раствор для измерения его электрического сопротивления. Ячейка изоляции окружает кондуктометрические электроды и предотвращает проникновение посторонних веществ или воздуха в пространство между электродами. Она обеспечивает стабильные условия измерения и предотвращает возможное взаимодействие электродов с окружающей средой.

Принцип работы кондуктометрического метода заключается в следующем: вначале измерительный прибор с помощью гальванометра (амперметра) калибруется на определенную электропроводность ионов в стандартном растворе, который содержит известное количество

ионов. Затем рабочий электрод помещается в раствор с веществом, в котором необходимо измерить электропроводность. Амперметр измеряет силу тока, которая протекает через рабочий электрод, значение которого пропорционально электропроводности раствора. Полученное значение силы тока сравнивается с изначально калиброванным значением, и по этому сравнению можно определить электропроводность раствора [4].

Электропроводность раствора определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{k \cdot I}{U},$$

где  $\sigma$  – электропроводность раствора,  $k$  – коэффициент, включающий геометрические параметры системы (длина, площадь электродов),  $I$  – сила тока, протекающего через систему,  $U$  – напряжение, применяемое к системе.

**Заключение.** Таким образом, влияние наличия примесей в водном растворе на электропроводность будет зависеть от их химической реакции с раствором и концентрации каждой примеси. В общем случае, образование ионов в растворе будет способствовать повышению электропроводности, тогда как образование нерастворимых соединений может снижать ее. В работе показано, что оценка качества очистки воды может быть осуществлена по степени изменения электропроводности до и после очистки.

Для решения этой задачи хорошо зарекомендовал себя кондуктометрический метод как эффективный и удобный способ для использования в производствах. Этот метод обладает высокой точностью и скоростью анализа, что позволяет быстро получать результаты и принимать решения по подходящей минерализации воды в зависимости от требуемых характеристик. Кроме того, этот метод является экономически выгодным, поскольку не требует использования дорогостоящих реагентов и оборудования. Таким образом, кондуктометрический метод определения степени минерализации воды в производствах является надежным и эффективным инструментом, который обеспечивает оптимальное качество воды для производственных процессов. В будущем рекомендуется автоматизировать процесс контроля электропроводности для повышения эффективности и точности этой процедуры.

#### Список литературы

1. Vavilova G. Testing of Liquid Media In-Processes by Conductometry / G. Vavilova , A. Vtorushina , E. Liukiuu // Studies in Systems, Decision and Control – 2023. – № 433. – P. 51–62.
2. Чеснокова А.К. Повышение точности измерения емкости в условиях изменения электропроводности воды / А.К. Чеснокова, Г.В. Вавилова, М.Н. Белик // Сборник научных трудов VIII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых «Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее». – Томск: ТПУ, 2021. – С. 334–338.
3. ГОСТ Р 58144–2018 Вода дистиллированная. Технические условия: национальный стандарт Российской Федерации: издание официальное : введен впервые : 2021-07-01. – Текст: электронный. – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/69259/> (дата обращения: 09.11.2023).
4. Худякова Т.А. Кондуктометрический метод анализа / Т.А. Худякова, А.П. Крешков – Москва, 1975. – 208с.