

КОНТРОЛЬ СТЕПЕНИ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Ботезату Дмитрий Андреевич, Леонов Алексей Евгеньевич
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск
E-mail: botezatu98@mail.ru

Научный руководитель: Вавилова Галина Васильевна, к.т.н., доцент отделения контроля и диагностики ТПУ

Белик Галина Алексеевна
Карагандинский технический университет, г. Караганда
E-mail: belicga@mail.ru

TESTING OF WATER MINERALIZATION DEGREE BY CONDUCTOMETRIC METHOD

Botezatu Dmitry Andreevich, Leonov Alexey Evgenievich
National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk

Scientific adviser: Vavilova Galina Vasilievna, Ph.D., Associate Professor, Division for Testing and Diagnostics, TPU

Belik Galina Alekseevna
Karaganda Technical University, Karaganda

Аннотация: статья посвящена контролю степени минерализации кондуктометрическим методом. В работе получены градуировочные зависимости электропроводности от изменения температуры и концентрации KCl в растворах. Проведено определение степени минерализации для некоторых образцов воды.

Abstract: the paper to the testing of the mineralization degree by the conductometric method is devoted. In this work, the calibration dependences of electrical conductivity on changes in temperature and concentration of KCl in solutions were obtained. Determination of total mineralization for some water samples has been carried out.

Ключевые слова: минерализация, кондуктометрический метод, качество воды, градуировка.

Keywords: mineralization, conductometric method, water quality, graduation.

Все в этом мире существует благодаря воде. От того, какую воду употребляет человек, зависит его здоровье. С химическим составом воды, используемой для питья, связывают развитие некоторых заболеваний, таких как холера, полиомиелит, гепатит Е и дизентерия [1].

Вода применяется в технике, медицине и промышленности: в пищевой промышленности для приготовления продуктов питания и работы оборудования; для полива и орошения в сельском хозяйстве; для охлаждения энергоблоков, конденсаторов турбин атомной станции и прочего вспомогательного оборудования в энергетике; на производстве в различных технологических процессах для охлаждения, промывки и т.п. [1]. В каждой отрасли к качеству воды предъявляются свои требования [1, 2].

Одним из показателей качества воды является ее электропроводность, определить которую можно кондуктометрическим методом [3]. Кондуктометрический метод анализа – это электрохимический метод анализа, основанный на использовании зависимости между электрической проводимостью растворов электролитов и их концентрацией в растворе. Метод находит применение как в фундаментальных исследованиях растворов электролитов, так и при решении многих прикладных задач. Этот метод один из наиболее простых и точных методов анализа веществ в водных растворах в широком диапазоне изменения температур, давлений и концентраций [2, 3].

Работа направлена на исследование свойств воды по изменению ее электрических свойств.

Дистиллированная вода – это вода, очищенная от любых примесей. Ее широко используют в медицине, для калибровки материалов. В данной работе дистиллированная вода используется для приготовления растворов при получении градуировочной зависимости. Чистая дистиллированная вода электрический ток не проводит, так как она полностью очищена от солей, содержащихся в воде. По сути, чистая дистиллированная вода является диэлектриком. Электропроводность дистиллированной воды не превышает $0,2 \text{ мкСм/см}$ [4]. В любом другом случае вода является проводником. Проводником электричества в воде служат различные примеси, содержащиеся в ней, а именно ионы различных минеральных солей. Так как вода является хорошим растворителем, в природной воде всегда содержатся различные примеси. Количество примесей определяет степень ее минерализации, что сказывается на ее качестве. Наличие растворенных в воде солей определяет ее проводимость, которая меняется и от изменения температуры.

Одним из показателей качества воды является степень минерализации. Минерализация – это суммарный количественный показатель содержания растворенных в воде веществ [5, 6]. К числу наиболее распространенных относятся неорганические соли (в основном бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия) и небольшое количество органических веществ, растворимых в воде [1, 6]. Наличие солей может приводить к электропроводности воды до 7090 мкСм/см [6].

Для реализации кондуктометрического метода используется электрохимическая ячейка, которая состоит из двух электродов, расположенных строго на определенном расстоянии. Электроды, находящиеся под напряжением, погружаются в анализируемый раствор. Электропроводность раствора определяется геометрическими параметрами электрода и сопротивлением столба анализируемой жидкости, находящегося между электродами. Геометрические параметры ячейки называются постоянной измерительной ячейки и остаются постоянными в условиях эксперимента [3].

Для дальнейшего практического использования при определении степени минерализации по значению электропроводности анализируемого раствора необходимо экспериментально получить градуировочные зависимости. Для этого в данной работе использовались дистиллированная вода и образцы раствора KCl концентрациями $0,0025 \text{ М}$; $0,005 \text{ М}$; $0,01 \text{ М}$; $0,02 \text{ М}$; $0,05 \text{ М}$; $0,1 \text{ М}$; $0,5 \text{ М}$; 1 М .

Эксперименты проводились на установке УЛК “Химия”, которая позволяет производить измерения электропроводности и температуры образцов воды, размещённых внутри термостата. В эксперименте фиксировалось значение электропроводности растворов при их нагревании от $+24^\circ\text{C}$ до $+45^\circ\text{C}$ с шагом $0,5^\circ\text{C}$. В ходе эксперимента были получены экспериментальные значения электропроводности растворов KCl различной концентрации при изменении температуры.

На основе сопоставления экспериментальных и теоретических значений удельной электропроводности растворов [7] получены градуировочные зависимости, показанные на рисунке 1. Градуировочные зависимости позволяют определить степень минерализации неизвестных растворов по их электропроводности при известной температуре. Следует отметить, что градуировочные зависимости позволяют определить общую концентрацию веществ в растворе в пересчете на вещество, на основе которого получена зависимость. В данном случае получается значение концентрации в пересчете на KCl .

Для проверки работоспособности полученных градуировочных зависимостей определена общая степень минерализации в пересчете на KCl для образцов воды из различных источников.

В работе использовались пробы питьевой воды из разных частей города Томска (обозначены значком \times); проба воды из реки Томь (\blacksquare); пробы снега из разных частях города Томска (\bullet); пробы талой воды с городских улиц (\blacktriangle). Используя кондуктометрический метод, определена электропроводность образцов воды и показана на рисунке 2 а.

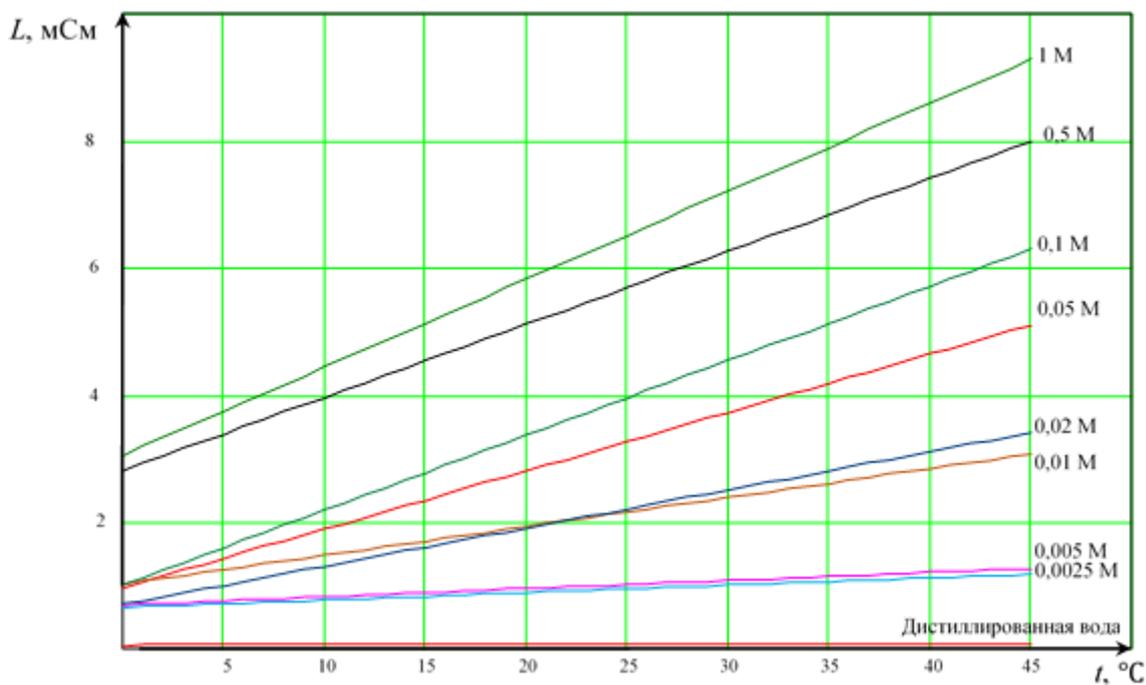


Рисунок 1 – Градуировочные зависимости

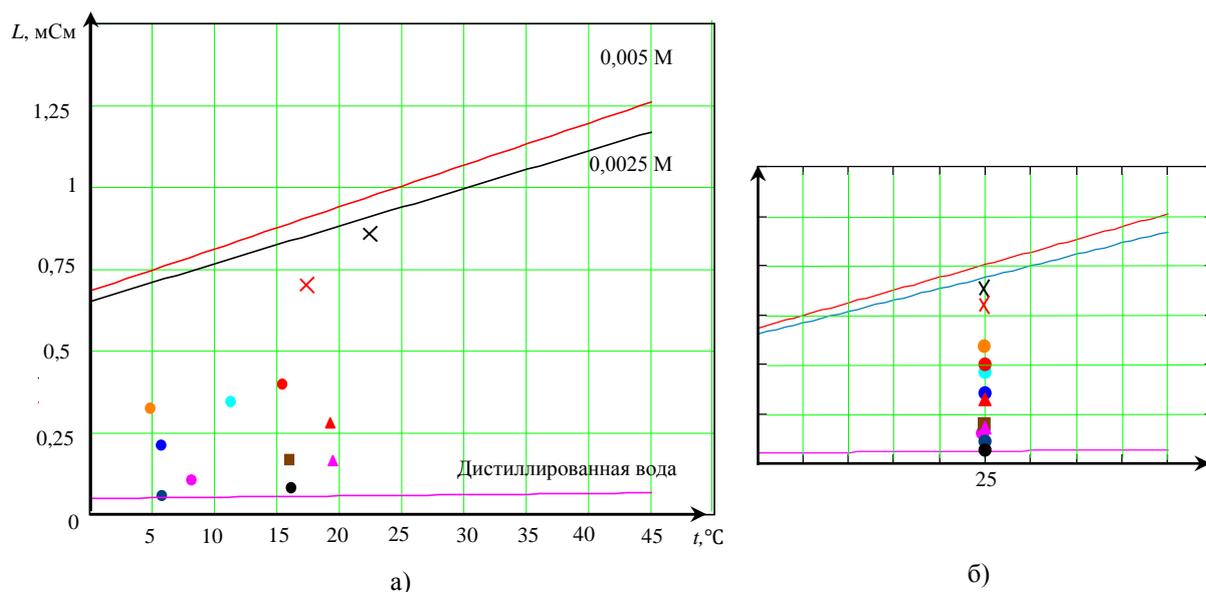


Рисунок 2 – а) Результаты измерения электропроводности для проб воды; б) Значения электропроводности, приведённые к температуре 25 °С

Значение электропроводности образцов воды получены при различных температурах. Для сравнения их между собой следует привести все полученные значения к единой температуре, как правило, это температура 25 °С [3, 5]. Для этого можно воспользоваться формулой

$$\sigma_t = \sigma_{25} [1 + \alpha(t - 25)],$$

где t – температура, при которой стоит проводить исследование, °С;

σ_t – значение электропроводности при текущей температуре;

α – температурный коэффициент проводимости раствора;

σ_{25} – значение удельной электропроводности при температуре 25 °С.

Результаты пересчета показаны на рисунке 2б. Значение электропроводности образцов получены при различных температурах.

По требованиям МР 2.1.4.0176-20 [8] общая степень минерализации не должна превышать 0,0133 М (1000 мг/л). В результате исследования получено, что степень минерализации питьевой воды в пересчете на *KCl* не превышают 0,0025 М, что соответствует требованиям [7].

Минерализация проб снега и талой воды близка к минерализации дистиллированной воды [4], что говорит о том, что в пробах содержится незначительное количество электропроводящих примесей.

Закключение. В работе показано, что качество воды важно в различных отраслях промышленности. Контроль качества воды можно реализовать по степени общей минерализации. Зависимость электропроводности от концентрации и температуры положены в основу градуировочных зависимостей, которые можно использовать для практического определения степени минерализации образцов воды по значению электропроводности при известной температуре.

Список литературы

1. Ульянинский В.Ю. Вода в природе и на службе человеку. – URL: <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/227905> (дата обращения 02.11.2021).
2. Чеснокова А.К., Вавилова Г.В., Белик М.Н. Повышение точности измерения емкости в условиях изменения электропроводности воды. // Сборник научных трудов VIII Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых "Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее". 2021. – Томск, ТПУ, 2021, – С. 334-338.
3. Худякова Т.А., Крешков А.П. Кондуктометрический метод анализа. – Москва:1975. –208с.
4. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная [Электронный ресурс] – Введ. 1974-01-01 Измен. 2015.01.16 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200005680>, (дата обращения 02.11.2021).
5. Сычева Е.В., Манаков Н.А., Юрк А.Д. Влияние температуры и атмосферного давления на электропроводность воды. – URL: <https://docplayer.com/27339297-Vliyanie-temperatury-i-atmosfernogo-davleniya-na-elektroprovodnost-vody.html>, (дата обращения 02.11.2021)
6. СанПиН 2.1.4.1116-02. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. [Электронный ресурс]. – Введ. 2001.09.26 – с измен. 2010.06.28. – URL: <http://www.vrednost.ru/2241191-03.php>, (дата обращения 03.11.2021).
7. Леонов А.Е., Зайцева Е.А., Шарапова Ю.С. Исследование свойств воды по изменению ее электропроводности// Сборник научных трудов Международной научно-практической online конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №13), посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан 17-18 июня 2021 – КарТУ, Караганда, 2021. – С. 905-907.
8. МР 2.1.4.0176-20. Питьевая вода и водоснабжение населенных мест. Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения. [Электронный ресурс]. – Введ. 2020.04.01 – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565982142/>, (дата обращения 01.11.2021).