

## **Исследование свойств водных растворов этилового спирта на сверхвысоких частотах**

*Анализируются особенности экспериментального исследования свойств растворов спирта и деионизованной воды на сверхвысоких частотах. Проведены измерения коэффициентов отражения и передачи электромагнитных волн волноводных секций, заполненных растворами в диапазоне частот от 7,8 ГГц до 10,2 ГГц. Показано, что использование описанной методики исследования эффективно с точки зрения возможности детального изучения свойств растворов в данном диапазоне, в частности определения концентрации спирта.*

**Ключевые слова:** растворы, СВЧ излучение, коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН).

Экспериментальные исследования температурных зависимостей комплексных значений диэлектрической проницаемости  $\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon''$  полярных жидкостей в микроволновой области позволяют получить важную информацию о процессах поляризации, которая может быть использована как для оценки теоретических представлений о фундаментальных характеристиках веществ, так и в практических целях. В частности, на основании таких исследований решаются проблемы контроля качества продукции пищевой, химической, медицинской и других отраслей производства [1].

В настоящее время для измерения электромагнитных характеристик материальных сред используются волноводные методы с применением полых волноводов, коаксиальных и микрополосковых линий, резонаторные на основе объемного резонатора, устройства с использованием нерегулярного микрополоскового резонатора, методы измерения в свободном пространстве, мостовые схемы [2-4]. Для коллоидных и эмульсионных систем, учитывая их специфику, одним из корректных методов измерения является волноводный метод [5-11]. В качестве объекта исследования нами выбраны: дистиллированная вода, этиловый спирт и его водные растворы. Этот выбор обусловлен тем, что чистые жидкости могут быть использованы для тестирования создаваемых измерительных средств, поскольку электрофизические характеристики их представлены во многих литературных источниках [12-17].

В данной работе были измерены зависимости коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН), а также зависимости коэффициента ослабления водных растворов этилового спирта в диапазоне частот 7,8÷10,2 ГГц.

В эксперименте использовались волноводные секции, представляющие собой отрезки прямоугольного волновода стандартного сечения длиной 5, 29, 52 и 114 мм с тонкими слабопоглощающими пробками, изготовленными из материала, прозрачного для СВЧ излучения, на фланцах, пространство между которыми полностью заполнялось исследуемыми жидкостями [5].

Исследовались образцы растворов, состоящих из деионизованной воды и этилового спирта различных концентраций (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 95 %).

На рис. 1-2 представлены графики зависимостей КСВН и ослабления от частоты спирта 95 %, растворов спирта с различной концентрацией воды, а также деионизованной воды в

диапазоне частот 7,8÷10,2 ГГц для волноводной секции длиной 5 мм.

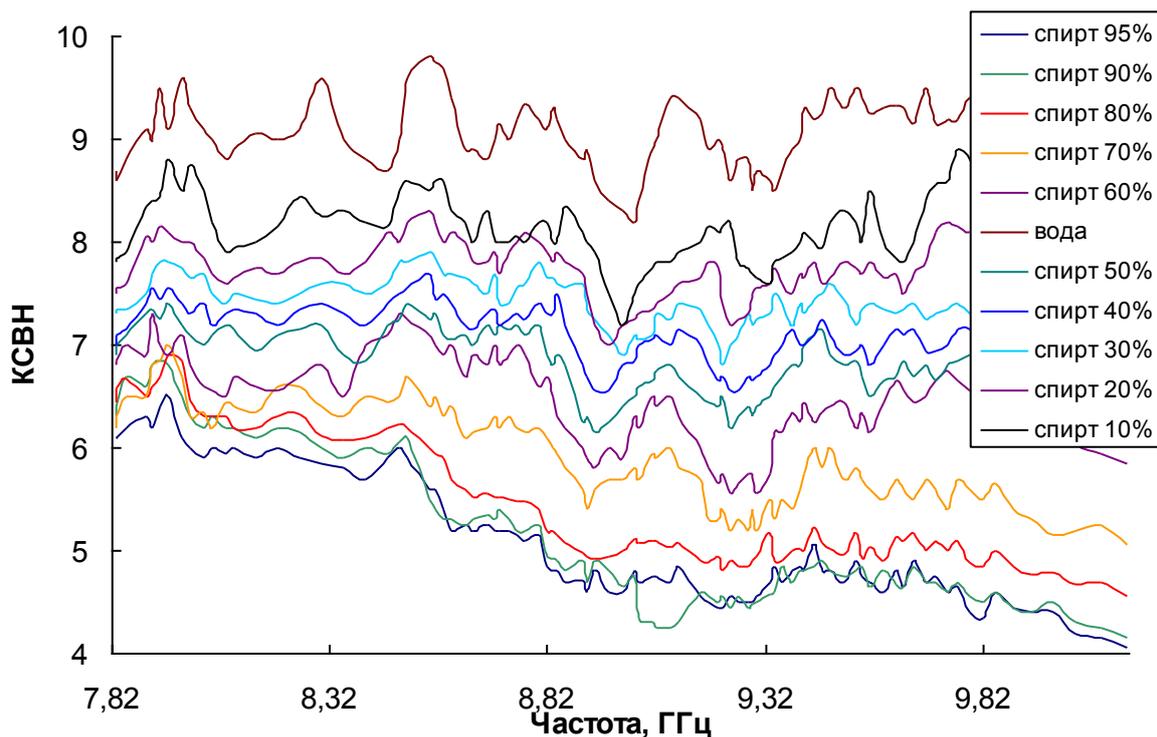


Рисунок 1

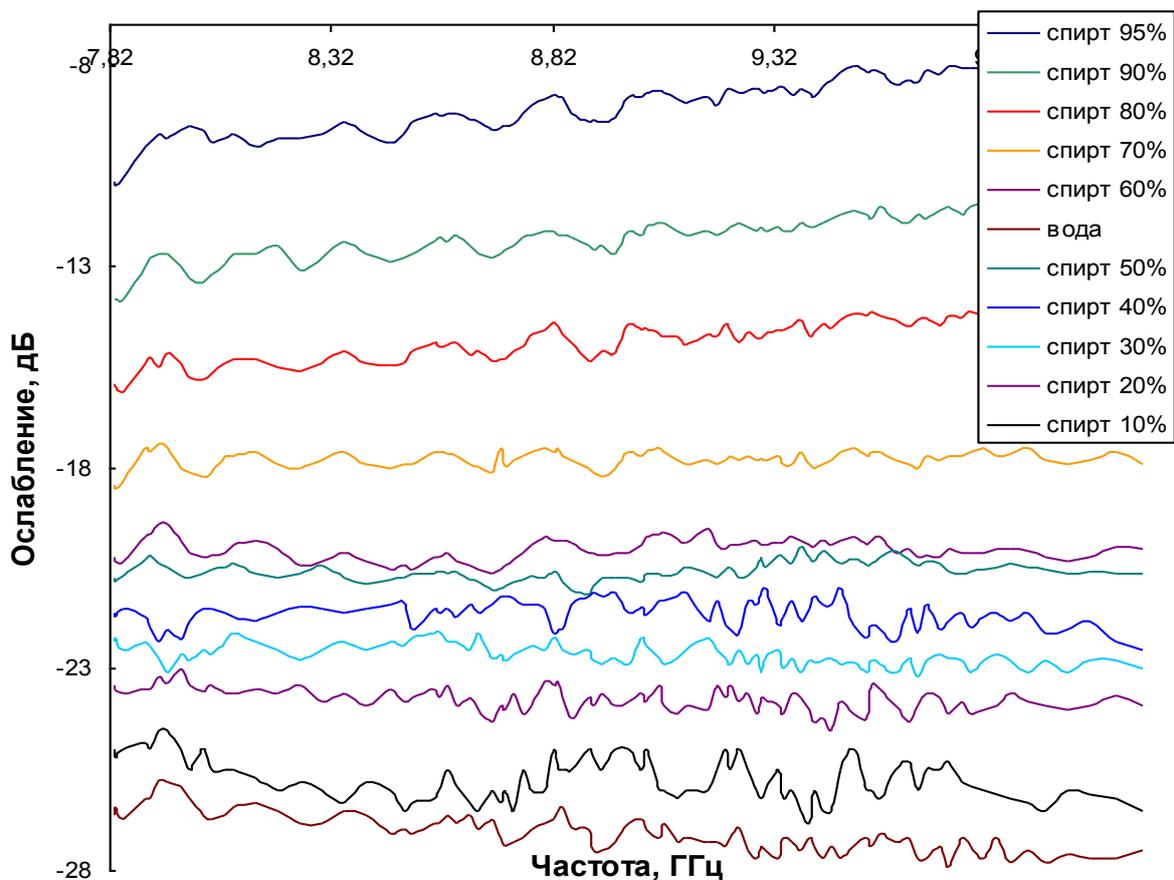


Рисунок 2

Видно, что при увеличении концентрации воды в растворе значения КСВН

увеличивается во всем диапазоне частот: для чистого спирта КСВН составляет  $4 \div 6,3$ , для воды –  $8,2 \div 9,8$ . Наиболее существенно КСВН меняется при изменении концентрации спирта в растворе от 0 до 5 %, а наименее существенно –  $90 \div 95$  %. Ослабление с ростом концентрации воды в растворе также увеличивается: наиболее существенно изменения происходят при увеличении концентрации воды в растворе от 5 до 40 %. По полученным данным были рассчитаны частотные зависимости коэффициента поглощения эмульсиями микроволнового излучения, которые показали, что увеличение массовой доли воды приводит к росту поглощения. Поглощение также растет с увеличением длины волноводной секции.

Использование описанной методики исследования эффективно с точки зрения возможности детального изучения свойств растворов спирта в данном диапазоне. Показана возможность определения концентрации воды в растворе с помощью данного метода.

#### Библиографический список

1. Потапов А.А. Диэлектрический метод исследования вещества. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1990. 256 с.
2. Беляев Б.А., Лексиков А.А., Тюрнев В.В. Микрополосковый метод исследования диэлектрической проницаемости материалов на сверхвысоких частотах // Приборы и техника эксперимента. 1995. № 6. С. 123.
3. Демянов А.А., Семенов М.Г., Тамарин В.А. Измерение комплексной диэлектрической проницаемости сильнопоглощающих жидкостей // Приборы и техника эксперимента. 1974. № 3. С. 132-133.
4. Суляев В.И., Кочеткова Т.Д. Микроволновые спектры диэлектрической проницаемости водных смесей метилового спирта в области диэлектрической релаксации для температур 220-320 К // Известия высших учебных заведений. Физика. 2003. № 9. С. 72-75
5. Брандт А.А. Исследование диэлектриков на СВЧ. М: Физматгиз, 1963. 404 с.
6. Effect of microwave radiation on polymer microcapsules containing inorganic nanoparticles / D.A. Gorin, D.G. Shchukin, A.I. Mikhailov, K. Köhler, S.A. Sergeev, S.A. Portnov, I.V. Taranov, V.V. Kislov, G.B. Sukhorukov // Technical Physics Letters. 2006. Т. 32, № 1. С. 70-72.
7. Investigation of absorption and reflection spectra of aqueous suspensions of nanoparticles in the X band of microwave bandwidth / S.A. Sergeev, S.A. Portnov, D.A. Gorin, A.I. Mikhailov, S.S. Rumyantseva, I.V. Taranov, V.V. Kislov, G.B. Sukhorukov В сборнике: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering Saratov Fall Meeting 2006: Coherent Optics of Ordered and Random Media VII. Сер. "Saratov Fall Meeting 2006: Coherent Optics of Ordered and Random Media VII" sponsors: Russian Foundation for Basic Research, Russia, SPIE Russia Chapter, Russia, Almus Ltd., Russia, Saratov State University SPIE Student Chapter, U.S. CRDF for the Independent States of the Former Soviet Union, et al. Saratov, 2007. С. 653606.
8. Влияние микроволнового излучения на полимерные микрокапсулы с неорганическими наночастицами / Д.А. Горин, Д.Г. Щукин, А.И. Михайлов, К. Кёлер, С.А. Сергеев, С.А. Портнов, И.В. Таранов, В.В. Кислов, Г.Б. Сухоруков // Письма в ЖТФ. 2006. Т. 32, вып. 2. С. 45-50.
9. Сергеев С.А., Гулманов Э.Э., Сергеев Р.С. Исследование свойств водотопливных эмульсий с наночастицами магнетита на сверхвысоких частотах // В мире научных открытий. 2014. № 4(52). С. 148-160.
10. Формирование и исследование сферических пористых микрочастиц карбоната кальция, обладающих магнитными свойствами / Р.С. Сергеев, А.С. Сергеева, Е.В. Ленгергт, С.А. Сергеев // Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы: сборник материалов III Междунар. заочной науч. конф. для молодых ученых, студентов и школьников. 14 февраля – 15 мая 2014 г. Москва: Прондо. 2014. С. 275-283.
11. Формирование и исследование сферических пористых микрочастиц карбоната кальция, функционализированных магнитными наночастицами / Р.С. Сергеев, А.С. Сергеева, Е.В. Ленгергт, С.А. Сергеев // Новые материалы и технологии: состояние вопроса и перспективы развития: сборник материалов Всеросс. молодежной науч. конф. 24-26 июня 2014 г. Саратов: ООО «Издательский Центр «Наука», 2014.
12. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические свойства чистых жидкостей. М: Изд-во стандартов, 1972. 412 с.
13. Ахадов Я.Ю. Диэлектрические свойства бинарных растворов. М: Наука, 1977. 400 с.
14. Bertolini D., Casstari M., Salvetti G.J. The dielectric properties of alcohols – water solutions. I. The alcohol rich region // Chem. Phys. 1983. Vol. 78. № 10. P. 365-372.
15. Satoru Mashimo, Shinichi Kuwabara Dielectric relaxation of mixtures of water and primary alcohol // J. Chem. Phys. 1989. Vol. 90. № 6. P. 3292-3294.
16. Kaatze U., Schafer M., Pottel R. The complex dielectric spektrum of aqueous methanol and isopraponol solution // Z. Phys. Chem. 1989. Vol. 165. P. 3292-3294.
17. Szwarnowski S. A Transmission line cell for measuring the permittivity of liquids over the frequency range 90 MHz to 2 GHz // J. Phys. E: Sci. Instrum. 1982. Vol. 15. № 15. P. 1068-1072.