

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ТОМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА
2009 г.**

**ВЫП. II
ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**



ИЗДАТЕЛЬСТВО ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
2010

**КОНТРОЛЬ СОСТАВА БИНАРНЫХ СМЕСЕЙ,
КАЧЕСТВА ВОДЫ И ВОДОСОДЕРЖАЩИХ СТРУКТУР
МИКРОВОЛНОВЫМИ ДАТЧИКАМИ*****Е.Ю. КОРОВИН, Г.Е. КУЛЕШОВ, Е.В. ЕМЕЛЬЯНОВ***Описание прибора на основе нерегулярного микрополоскового резонатора.***CONTROL OF BINARY MIXES COMPOSITION,
QUALITY OF WATER AND WATER-BEAR STRUCTURES
BY MICROWAVE SENSORS****E.YU. KOROVIN, G.E. KULESHOV, E.V. EMEL'YANOV***In this paper description of device on basis of unregular microstrip resonator is present.*

Контроль качества воды в настоящее время является актуальной и до конца не решенной задачей как со стороны экологических проблем, так и со стороны промышленного использования. Под качеством воды понимается содержание в ней вполне конкретных примесей: механических, ионов Са и Mg (жесткость), различных веществ и т.д.

Прямым и точным методом определения качественного и количественного состава примесей является химический анализ. Недостатки этого метода заключаются в дискретности, сложности, продолжительности исследования, а также в высокой стоимости реактивов, наличии квалифицированного персонала. Это ограничивает его применение при исследовании водоемких объектов, в системах водоподготовки. Непрерывность контроля в таких случаях может быть достигнута использованием радиофизических методов. Основная суть этих методов заключается в зависимости значений комплексной диэлектрической проницаемости $\epsilon = \epsilon' - i\epsilon''$ (диэлькометрия) и электропроводности σ (кондуктометрия) от наличия примесей. Однако использование кондуктометров не позволяет однозначно определить качество воды, что связано как с несовершенством измерительного устройства, так и с особенностью такого сложного объекта исследования, каким является водный раствор. Более предпочтительно использовать высокочастотные методы спектроскопии, особенно в области аномальной дисперсии, которая для водных растворов располагается в диапазонах СВЧ и КВЧ. В этой области наблюдается резкое изменение действительной и мнимой составляющих диэлектрической проницаемости, а характер изменения чувствителен к наличию примесей в воде. Потери электромагнитной энергии в этом диапазоне определяются не только сквозной проводимостью, но и затратами на переполяризацию дипольных мо-

* Работа выполнена в рамках студенческого научно-исследовательского инкубатора радиофизического факультета ТГУ. Частично поддержана грантом Международного Совета по исследованиям и обменам (IREX).

ментов. При наличии гидрофильных примесей вокруг них образуется гидратная оболочка из ориентированных молекул воды, которые связываются частицами примеси и не дают вклада в диэлектрическую проницаемость объема образца. Вокруг гидрофобных примесей образуется слой воды с разорванными связями, как в поверхностном слое. Молекулы воды в этом слое также имеют отличные от основной массы воды электрофизические свойства.

Диэлектрическая проницаемость – интегральная характеристика. Ее величина зависит от всего набора примесей, и необходимая информация может быть скрыта фоновой проводимостью. Однако во многих случаях резкое отклонение от нормы указывает на возможное загрязнение. При несанкционированном сбросе сточных вод, например, повышается содержание ионов, вызывающих рост сквозной проводимости и связывающих диполи молекул воды, изменяются значения мнимой составляющей проницаемости. Это изменение электрофизических свойств является сигналом к проведению анализов, которые необходимы для квалифицированного заключения. Непрерывность контроля – то важное свойство радиоволновых приборов, которое снижает риски пропуска «залповых» выбросов загрязняющих веществ и является необходимым дополнением к традиционным методам для повышения качества контроля. Вероятно, поэтому продолжают разрабатываться новые приборы.

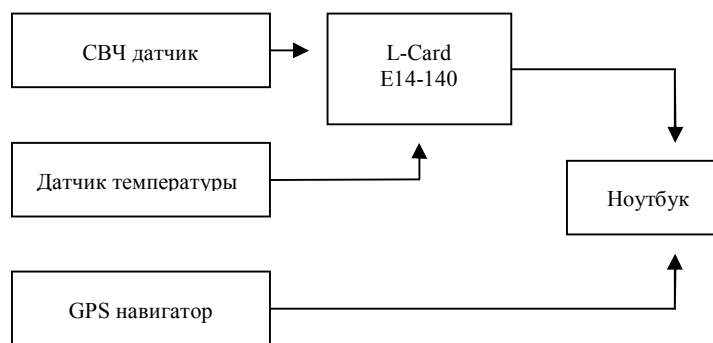


Рис. 1. Блок-схема автоматизированной системы контроля состояния водисточников

В длинноволновой части сверхвысокочастотного диапазона (0,1 – 2 ГГц) ϵ'' имеет наименьшее значение, так как вклад за счет проводимости уменьшается обратно пропорционально частоте, а потери за счет переориентации еще не достигли значительных величин. Это приводит к увеличению динамического диапазона, что дает теоретическую возможность для построения универсального прибора.

Однако этот участок длин волн для разработчиков приборов представляет определенные трудности, так как системы с сосредоточенными параметрами уже не работают, а системы с распределенными параметрами имеют чрезвычайно большие размеры. Эта проблема может быть разрешена с помощью устройств на основе нерегулярного микрополоскового резонатора (НМПР), которые способны работать при больших изменениях проводимости. В связи с этим в качестве чувствительного элемента прибора выбран НМПР. Резонатор является частотнозадающим элементом автогенератора, а при внесении в его полость исследуемой жидкости происходит изменение частоты генератора и амплитуды колебаний.

В описываемой конструкции НМПР свернутого типа изготовлен на подложке из термостабильной керамики ТБНС, чтобы свести к минимуму влияние температуры на частоту и амплитуду колебаний из-за температурного ухода параметров частотноза-

дающей цепи. Известно, что величины составляющих комплексной диэлектрической проницаемостей существенно зависят от температуры, поэтому в приборе предусмотрен термометр на основе градуированного терморезистора, его градуировочная зависимость заносится в память компьютера. Измерение температуры позволяет ввести расчетную поправку к сведению измеренных значений при одной приведенной температуре, например 18°C. Термометр может выполнять роль самостоятельного датчика, когда источником информации о загрязнении служит температура.

Изменение амплитуды за счет потерь в исследуемой жидкости фиксируется детектором, и через аналого-цифровой преобразователь сигнал, пропорциональный генерируемой мощности, поступает в персональный компьютер (рис. 1).

Прибор может быть изготовлен для использования в стационарном положении, в лабораториях, в пунктах контроля, на водных станциях, либо в переносном варианте для использования при движении на моторных лодках, катерах или других плавсредствах. В мобильном варианте разработанного нами прибора используется ноутбук Eee PC 900 ASUS, который располагается в корпусе прибора, где размещается аккумуляторная батарея питания, датчик и кабель, связывающий датчик с аналого-цифровым преобразователем. Предусмотрено питание схемы от автомобильного аккумулятора через прикуриватель.

При движении в пространстве важное значение имеет определение положения точки наблюдения. Для этого используется навигационный прибор «Jconnect. Navigator 100». При его наличии в память компьютера заносится карта, на которой отмечаются точки наблюдения и цветом выделяются области с разным значением проводимости или температуры.

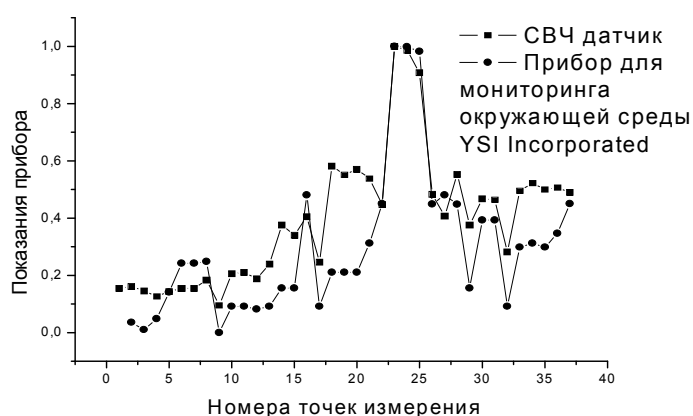


Рис. 2. Сравнение показаний разработанного прибора и серийного прибора YSI Incorporated

Оценка достоверности показаний прибора производилась сравнением с показаниями прибора мониторинга окружающей среды YSI Incorporated, измеряющего удельную проводимость. Измерения производились с моторной лодки на Томи от водозабора ТЭЦ-2 до Речного вокзала. На рис. 2 приведены нормированные на максимальное значение показания приборов. Максимум показаний отмечен обоими приборами в устье Ушайки. Вдали от мощных источников загрязнения СВЧ-датчик показывает большую чувствительность, чем серийный прибор.