

## ИЗУЧЕНИЕ ЗЛОКАЧЕСТВЕННОЙ ОПУХОЛИ КОЖИ АППАРАТОМ БИОИМПЕДАНСНОЙ ДИАГНОСТИКИ

### STUDYING MALIGNANT TUMOR OF THE SKIN WITH A BIOIMPEDANCE DIAGNOSTIC DEVICE

**S. Yampilov  
G. Kharaev  
A. Pavlov**

*Summary.* A bioimpedance diagnostics device has been developed at the VSGUTU, which determines the resistance of biological tissues for given frequencies of electric current. This device allows to evaluate the state of organs and systems of biological objects under various external influences (burn, anesthesia, frostbite, etc.), as well as cancer diseases. It differs from all existing devices in that it allows you to simultaneously obtain impedance data at different frequencies of the probing current.

The purpose of the study is to study skin cancer (basal cell carcinoma) using a bio-impedance diagnostic apparatus.

Patients with malignant neoplasms of the skin were studied using bioimpedance spectrometry apparatus. An analysis of the comparison of impedance data in patients with skin and unaffected skin cancer showed that the impedance of the skin affected by cancer is higher at different frequencies from 50 Ohm to 86 Ohm. Those. The electrical resistance of the affected skin of the patient is increased by 1.5 to 2.1 times. Thus, the developed device bioimpedance spectrometry allows for the diagnosis of cancer.

*Keywords:* apparatus, electric current, resistance of biological tissues, frequency of probing current, bioimpedance diagnostics, generator, power supply.

**Ямпиллов Сэнгэ Самбуевич**

*Д.т.н., профессор, Восточно-Сибирский  
государственный университет технологий и управления,  
г. Улан-Удэ  
yampilovss@mail.ru*

**Хараев Геннадий Иринчиевич**

*Д.т.н., доцент, Восточно-Сибирский государственный  
университет технологий и управления, г. Улан-Удэ*

**Павлов Андрей Геннадьевич**

*Восточно-Сибирский государственный университет  
технологий и управления, г. Улан-Удэ*

*Аннотация.* В ВСГУТУ разработан аппарат биоимпедансной диагностики, который определяет для заданных частот электрического тока, сопротивление биологических тканей. Данный аппарат позволяет оценить состояние органов и систем биологических объектов при различных внешних воздействиях (ожог, наркоз, обморожение, и др.), а также раковых заболеваний. Отличается от всех существующих аппаратов тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при разных частотах зондирующего тока.

Цель исследования — изучения рака кожи (базалиомы) с помощью аппарата биоимпедансной диагностики.

Были изучены пациенты с злокачественными новообразованиями кожи с помощью аппарата биоимпедансной спектрометрии. Анализ сопоставления данных импеданса на пациентах с заболеванием рака кожи и непораженной кожи показал, что импеданс кожи пораженной раком выше при разных частотах от 50 Ом до 86 Ом. Т.е. электрическое сопротивление пораженной кожи пациента увеличивается в 1,5 до 2,1 раза. Таким образом, разработанный аппарат биоимпедансной спектрометрии позволяет проводить диагностику раковых заболеваний.

*Ключевые слова:* аппарат, электрический ток, сопротивление биологических тканей, частота зондирующего тока, биоимпедансная диагностика, генератор, блок питания.

### Введение

**А**нализ методов диагностики биологических тканей (рентгеновской маммографии, магнитно-резонансной томографии, ультразвукового сканирования, радионуклеидной диагностики и др.), с точки зрения их использования для постоянного контроля, показывает, что большая часть методов, даже высокотехнологичных, могут быть использованы только для периодического наблюдения за процессами в тканях в силу следующих причин: высокая лучевая нагрузка; сложность и стоимость оборудования; длительность и стоимость процедур обследования. В тоже время, для наблюдения за больными, необходим постоянный контроль

за изменениями, происходящими в этих тканях, соблюдая при этом требование безвредности, неинвазивности и простоты измерительных процедур. Указанным требованиям в значительной мере отвечает электроимпедансная диагностика, основанная на измерении и анализе электрического импеданса живой ткани при изменении ее физиологического состояния, при патологических состояниях, при действии повреждающих факторов.

Сопротивление биологических тканей, определяемое для заданной частоты тока, может существенно изменяться под влиянием физиологических и патологических факторов. Почки и легкие изменяют электропроводность при различном крове- и воздухо-

наполнении, мышечные ткани — при различной степени сокращения мышц, кровь и лимфа — при изменении концентрации белков и электролитов, очаги повреждения (по сравнению с нормальной тканью) — в результате отеков или ишемий различной природы, опухолей и других причин. Это позволяет использовать биоимпедансометрию для количественной оценки состояния органов и систем организма при различных заболеваниях, при воздействиях различных внешних факторов (ожог, обморожение и др.) а также для выявления изменений в тканях, вызываемых лекарственными препаратами.

Известно, что вирусы влияют на клетку живого организма, при этом изменяется электрическое сопротивление внутри клетки. Чем больше вирусов в клетке, тем больше изменение внутриклеточного электрического сопротивления в клетке.

При изменении внутриклеточного электрического сопротивления выше порогового значения нормальная клетка переходит в разряд раковой, т.е. изменяется цикл функций деления клетки. Электрическое сопротивление нормальной здоровой клетки человека составляет 4 Ома, при повышении количества вирусов электрическое сопротивление клетки возрастает. Так при количестве вирусов в клетке 225 и выше, то клетка переходит в разряд раковой и ее сопротивление резко увеличивается до 7,6 Ома [1].

Известны устройства биоимпедансной диагностики, которые определяют для заданной частоты зондирующего тока — сопротивление биологических тканей. При этом данные аппараты позволяют получить информацию о состоянии биологических тканей и о водном балансе организма человека. Основными блоками данных устройств являются источник переменного тока, блок коммутации, токовые и потенциальные электроды и блок обработки результатов в виде АЦП [2, 3].

Недостатками указанных устройств являются использование одной частоты зондирующего тока, разделение электродов на токовые и потенциальные, их малое количество, которые ограничивают количество информационных показателей, снимаемых с биологического объекта, обеспечивают невысокую точность измерений и не позволяют широко использовать данные устройства для проведения биоимпедансной спектрометрии.

Устройства биоимпедансной спектрометрии используют для количественной оценки состояния органов и систем организма при различных заболеваниях [4,5, 7, 8,9,10,11], а также для выявления изменений в биологических тканях, вызываемыми различными внешними воздействиями (ожог, обморожение и другими лекарственными препаратами).

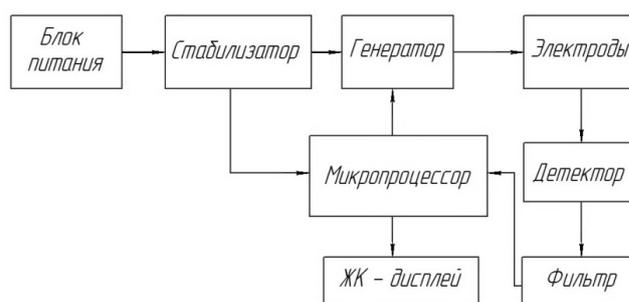


Рис. 1. Структурная схема аппарата биоимпедансной спектрометрии

Основываясь на данных приведенных выше, а именно, имеется существенная разница импеданса тканей пораженные болезнью и непораженной, нами предлагается устройство для ранней диагностики раковых заболеваний.

## Материалы и методы

В ВСГУТУ разработан аппарат для проведения биоимпедансной спектрометрии, который состоит из следующих блоков — блока питания, стабилизатора, генератора, микроконтроллера, детектора, фильтра, электродов и ЖК-дисплея, который отличается от всех существующих тем, что позволяет одновременно получить данные импеданса при трех разных частотах зондирующего тока [6].

Блок питания выносной, обеспечивает питание схемы постоянным нестабилизированным напряжением 12 В. Мощность блока 6 Вт. Питающее напряжение поступает на стабилизатор, собранный на двух аналоговых микросхем LM3175 и LM7805. Первая представляет собой регулируемый стабилизатор, построенный на выходном напряжении 10В. Вторая — это нерегулируемый стабилизатор с выходным напряжением 5 В. Стабилизированное напряжение 10 В. питает повторитель генератора, а все остальные блоки используют напряжение 5В.

На рисунке 1 представлена структурная схема аппарата биоимпедансной спектрометрии.

Генератор состоит из задающего генератора, функции которого выполняет микроконтроллер и усилители, собранного на микросхеме 4011. Объединив входы элемента получим инвертор, усиливающий входной меандр до уровня 10В. Выходное напряжение генератора поступает на активный электрод и на измерительную схему (D2, R5, C11), преобразует импульсное напряжение в постоянное и позволяет микроконтроллеру оценивать уровень выдаваемого на электроды сигнала (Рис. 2).

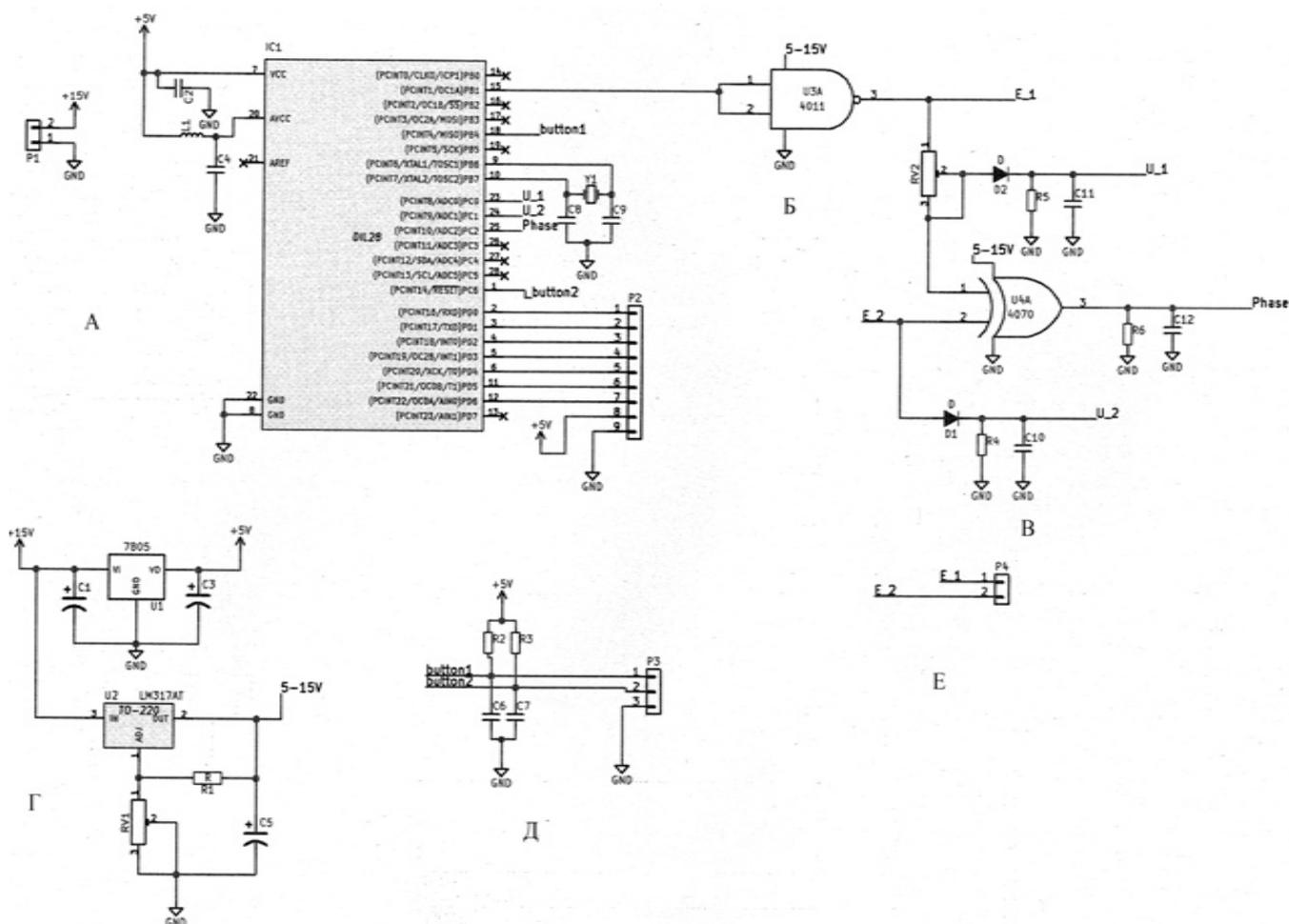


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема аппарата для проведения биоимпедансной диагностики. А — микроконтроллер; Б — усилитель; В — блок обработки информации; Г — стабилизатор напряжения; Д — фильтр; Е — электроды.

Электрод прикладывают к биологическому объекту, через него протекает электрический ток и на измерительном электроде появляется потенциал.

Напряжение измерительного электрода поступает на схему измерения сдвига фаз и детектор (D1, R4, C10). Детектор вместе с фильтром преобразуют импульсное напряжение в постоянное для оценки его микроконтроллером.

Схема измерения сдвига фаз выполнена на микросхеме 4070, который, выдает импульсы шириной равной величине сдвига фаз. Далее импульсы преобразуются в постоянное напряжение (R6, C12).

Микроконтроллер выполняет несколько функций. Во — первых, генерирует последовательности импульсов частотой 50, 100 и 200 кГц со скважностью 50%. Во — вторых, используя встроенный анало-

го-цифровой преобразователь, оцифровывает значения напряжения на активном, измерительном электроде со схем измерения сдвига фаз. В — третьих, на основе полученных данных вычисляет значение импеданса в условных единицах и выводит на ЖК-дисплей.

### Результаты

Для изучения злокачественной опухоли кожи (базалиомы) с помощью устройства биоимпедансной диагностики были проведены опыты на пациентах вошедшие в группу, в возрасте от 40–60 лет.

Методика обследования следующая: два датчика располагались поочередно (по вертикальной линии, затем по горизонтальной линии) на расстоянии 3...5 см от опухоли (рис. 3). Эксперименты проводились в трех повторностях.

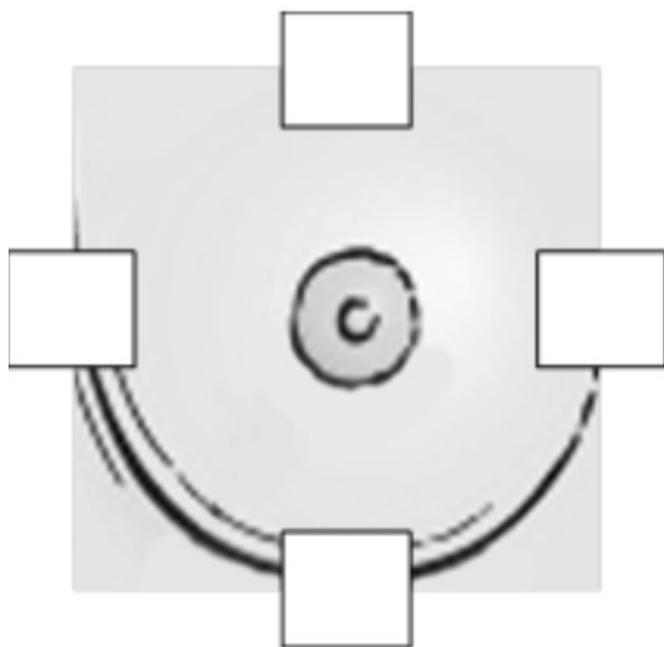


Рис. 3. Схема расположения датчиков

В исследуемую группу вошли два пациента с гистологически подтвержденным диагнозом «Базалиома» в области живота, предоставленные врачом — онкологом в Бурятском республиканском клиническом онкологическом диспансере.

Пациент N1, 67 лет, базалиома (онкология) кожи, с прорастанием всех слоев кожи (рис. 4).

Датчики расположены поочередно, по вертикальной и горизонтальной линиям.

Получены средние значения:

Участок пораженной кожи  
 50кГц 100кГц 200кГц  
 150 Ом 188 Ом 188 Ом

Участок непораженной кожи  
 50кГц 100кГц 200кГц  
 94 Ом 102 Ом 120 Ом

Пациент N2, 46 л, с диагнозом «Базалиома» с поражением верхних слоев кожи. Область живота с левой стороны. Опухоль размером около 10 см.

Получены данные:

Участок пораженной кожи:  
 50кГц 100кГц 200кГц  
 94 Ом 104 Ом 109 Ом



Рис. 4. Участок кожи пораженный «Базалиомой»

Участок не пораженной кожи:  
 50кГц 100кГц 200кГц  
 44 Ом 51 Ом 51 Ом

#### Обсуждение

Разработанный аппарат биоимпедансной спектроскопии позволяет повысить информативность импедансной диагностики, а также точность измерений за счет использования систем, позволяющих синтезировать и анализировать зондирующий ток любой формы, и создание сигнала, состоящего из нескольких гармонических составляющих в диапазоне частот 0–200 кГц. Анализ такого сигнала позволит наблюдать амплитудные и фазовые спектры проходящего через биологический объект зондирующего тока в реальном времени, что обеспечивает получение информации о состоянии отдельных видов биологических тканей, находящихся в исследуемой области.

Анализ данных полученные аппаратом биоимпедансной диагностики показал, что при обследовании пациентов с диагнозом «Базалиома» (злокачественная опухоль кожи) импеданс пораженный участоком кожи при трех разных частотах возрастает от 50 до 86 Ом по сравнению с непораженной участком кожи. Т.е. пораженная кожа пациента резко увеличивает импеданс-электрическое сопротивление почти 1,59 до 2,13 раза.

Предлагаемое устройство позволяет проводить измерение одновременно по каналам, каждый из которых может быть коммутирован на источник тока, а осталь-

ные использованы как измерительные. Использование электродов и возможных схем их расположения позволяет точно определить участок и тип биологической ткани, состояние которых отличается от нормы.

### Заключение

Анализ данных полученные аппаратом биоимпедансной диагностики показал, что при обследовании

пациентов с диагнозом «Базалиома» (рак кожи) импеданс пораженный участком кожи при трех разных частотах возрастает от 50 до 86 Ом по сравнению с непораженной участком кожи. Т.е. пораженная кожа пациента резко увеличивает импеданс-электрическое сопротивление почти 1,59 до 2,13 раза. Таким образом, разработанный аппарат биоимпедансной спектрометрии позволяет проводить диагностику раковых заболеваний.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.infontr.ru/articles/article23.php> Ермаков П. П.
2. Капитанов Е.Н., Николаев Д. В. и др. Устройство для измерения электрического импеданса в частях тела. Патент РФ № 2242165. 20.12. 2004 г.
3. Устюжанин В.А., Епифанцев В. В., Ишков А. А. Устройство для проведения импедансной спектрометрии биологических объектов Патент на полезную модель РФ. № 100894. 20.06. 2010 г.
4. Ямпиллов С.С., Галсанов Б. Р., Потемкина Т. Ф. Разработка устройства биоимпедансной диагностики. Материалы международной научно-практической конференции. «Проблемы динамики и прочности современных машин». -Вып.1. Улан-Удэ. —2016. С. —140–145.
5. Московец О. Н. Оценка состояния тканей падонта методом биоимпедансной спектрометрии / О. Н. Московец, Д. В. Николаев //Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы: сб.тр. седьмой научн-практ.конф., 23 марта 2005 г. М., —2005.-С.67–69.
6. Ямпиллов С.С., Галсанов Б. Р., Потемкина Т. Ф. Аппарат биоимпедансной диагностики для изучения воздействия наркоза и ожога на биологический объект. Журнал «Современная наука» Актуальные проблемы теории и практики Серия Естественные и технические науки. Вып.4. —2017. —С.56–59.
7. Кузнецов В.В. Разработка аппаратуры для биоимпедансной поличастотной спектрометрии в диагностике дерматологических патологий. Автореферат канд. техн.наук. Томск.-22 с.
8. Смирнов А. В. Методы и аппаратура электроимпедансной спектрометрии /А.В. Смирнов, А. А. Цветков, С.А. // Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы: Материалы VIII научно-практ.конф –2006.-С.26–30.
9. Гришанцев А. Ю. Аппаратно- программный комплекс психофизиологического состояния человека путем анализа высоко-частотных токов с поверхности кожных покровов: дис. . . канд.техн.наук. — Санкт-Петербург, ЛИТМО, 2009. — 219 с.
10. Gabrriel S., Lau R. W., Gabriel C. The dielectric properlies of biological tissue: III Parametric models for the dielectric spectrum of tissues // Phys.Med.Biol.1996.V.41, N11.P.2271–2293.
11. S. Grimnes, O. G. Martinsen. Bioimpedance and bioelectricity basics. — Academic Press, 2000. — 360 pp.

© Ямпиллов Сэнгэ Самбуевич ( uampilovss@mail.ru ), Хараев Геннадий Иринчеевич, Павлов Андрей Геннадьевич.  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

