

## СНИЖЕНИЕ ОБЪЕМОВ СБОРА БИОЛОГИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА ПРИ СВЧ ДИАГНОСТИКЕ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫХ ПАТОЛОГИЙ

*Слипченко Н. И., д.ф.-м.н., профессор, Бородкина А. Н.  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники,  
Харьков, Украина*

При рассмотрении молекулярных механизмов управляющих систем клетки методом СВЧ-диагностики, который позволяет работать с клетками, не разрушая и не модифицируя их, открываются новые возможности для анализа механизмов развития патологии целого организма.

Состояние рецепторных структур клеток соответствует функциональной активности гормон-рецепторных взаимодействий, изменяющих активность аденилатциклазной системы (АЦС), которая является универсальной системой передачи сигналов от гормонов, медиаторов, различных фармакологических агентов и других активаторов для всех типов клеток.

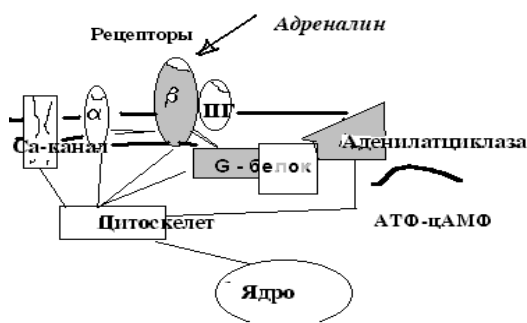


Рисунок 1. Модель для анализа — АЦС и связанных с ней систем внутриклеточной сигнализации

Известно, что при сердечно-сосудистых заболеваниях количество  $\beta$ -адренергических рецепторов уменьшается, поэтому можно с помощью оценки чувствительности  $\beta$ -адренорецепторов клеток к адреналину зарегистрировать болезнь на ранних стадиях развития [1].

Моделью для исследования молекулярных механизмов управляющих систем клетки выбраны эритро-

циты человека, поскольку в их мембранах имеются адренергические рецепторы, функционально и структурно похожие на адренорецепторы клеток миокарда, сосудов и проч. [2]. Состояние системы связи аденилатциклазного комплекса с включением элементов цитоскелета в эритроцитах отражается на изменениях перераспределения свободной и связанной воды в межклеточном и внутриклеточном пространстве (рис. 1). Подобные перераспределения можно вызвать искусственно в условиях эксперимента при воздействии температуры, давления, света или специфическим действием фармакологических средств. Это положено в основу метода регистрации функциональных состояний биологического материала по их диэлектрическим характеристикам [3]. Кроме того, исследование клинического материала пациента при стимуляции клеток катехоламинами и их блокаторами, действие которых связано с АЦС, позволяет определить чувствительность конкретного пациента к конкретной дозе препарата.

Релаксационные свойства связанной воды в макромолекулах белков и ДНК, к которым относятся и макромолекулы клеточных мембран, определяются структурой гидратного окружения макромолекул и воды, встроенной в конформацию. В настоящее время показано, что гидратная структура повторяет изменения конформации макромолекулы при ее перестройке. Поэтому определение диэлектрических свойств в СВЧ диапазоне позволяет получить информацию о состоянии биосистем по оценке состояния их водной компоненты. Известный аппаратно-программный комплекс позволяет при заданных размерах и форме кюветы провести сравнение  $\epsilon$  интактных образцов и образцов с добавлением стимуляторов [3].

Однако, в установке [3] используется волноводный метод, поэтому, несмотря на высокую рабочую частоту (39,5 ГГц), для необходимого заполнения измерительной кюветы требуется относительно большое количество биологического материала.

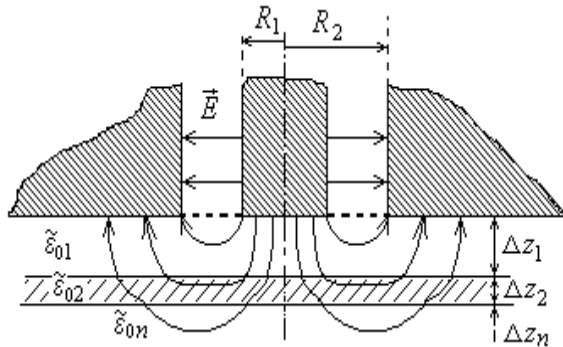


Рисунок 2. Коаксиальный сенсор с плоской апертурой

апертуру (КИА) (рис.2). Размеры образца определяются не рабочей частотой, а размерами КИА, которую можно сделать существенно меньше размеров волновода, работающего на той же частоте. Исследуемый образец должен перекрывать область интенсивного электромагнитного поля.

Теория данного вида сенсоров хорошо развита [4]. Если образец выполнен в виде тонкого слоя, параллельного плоскости апертуры, то при возбуждении в коаксиале ТЕМ волны и заданном распределении электрического поля ( $E_r(r) = U_0 r^{-1}$ ), емкость КИА с учетом волновых свойств поля описывается выражением:

$$\tilde{C}_n = \frac{-2\pi\epsilon_0}{\ln^2(R_2/R_1)} \int_0^{\infty} \int_{R_1}^{R_2} [J_0(\kappa R_1) - J_0(\kappa R_2)] \frac{J_1(\kappa r')}{\gamma_1} [\text{cth}(\gamma_1 \Delta z_1) - \text{sch}(\gamma_1 \Delta z_1) Q_1] dr' d\kappa,$$

где  $\gamma_1$  — поперечное волновое число первого слоя,  $\gamma_1 = \sqrt{\kappa^2 - \tilde{\epsilon}_{01} k_0^2}$ ;

$k_0$  — волновое число в свободном пространстве;

$Q_1$  — коэффициент, включающий свойства нижних слоев —  $\tilde{\epsilon}_{0n}$ ,  $\Delta z_n$ .

Информативность датчика, в котором резонансный измерительный преобразователь (РИП) нагружен на данный вид КИА, не уступает информативности волноводных измерителей [5]. Поэтому РИП с КИА позволяют

Снизить требуемый объем биологического материала и расширить диапазон частот, в котором проводятся измерения, можно путем применения ближнеполевых сенсоров [4]. Такие сенсоры применяются в микроволновой микроскопии. Сенсор представляет собой открытую коаксиальную измерительную

существенно снизить необходимый объем биологического материала, что уменьшит стрессовую нагрузку при диагностике и оперативном определении необходимых доз лекарственных препаратов с учетом особенностей конкретного пациента.

#### **Литература**

1. Введение в биомембранологию / Под ред. А. А. Болдырева. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 208с.
2. Стрюк Р. И. Адренореактивность и сердечно-сосудистая система. / Р. И. Стрюк, И. Г. Длусская. — М. : Медицина, 2003. — 160 с.
3. Krasov P. S. Sensitization of waveguide measuring cuvette for biological objects permittivity investigation / P. S. Krasov // Telecommunication and Radio Engineering. — 2011. — Vol.70. — № 6. — P. 491—496.
4. Гордиенко Ю. Е. Оценка численно-аналитических моделей СВЧ резонаторных датчиков с коаксиальной измерительной апертурой / Гордиенко Ю. Е., Петров В. В., Фади Мохамад Хаммуд. // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. — 2005. — № 140. — С. 156—162.
5. Гордиенко Ю. Е. Свойства четвертьволнового коаксиального СВЧ измерительного преобразователя для диагностики материалов / Гордиенко Ю. Е., Петров В. В., Полетаев Д. А. // Радиотехника: Всеукр. межвед. научн.-техн. сб. — 2008. — № 154. — С. 61—66.

#### **Анотація**

Представлений метод НВЧ діагностики, основою якого є вимірювання комплексної діелектричної проникності при патології і впливі лікарських препаратів. Розглянуто використання коаксіальних апертурних ближньопольових сенсорів, які дозволяють при збереженні інформативності, зменшити об'єм біологічного матеріалу, і відповідно, стресове навантаження пацієнтів.

Ключові слова: аденилатциклазна система, гідратне оточення макромолекул, коаксіальний апертурний ближньопольовий сенсор.

#### **Аннотация**

Представлен метод СВЧ диагностики, в основе которого лежит измерение комплексной диэлектрической проницаемости при патологиях и воздействии лекарственных препаратов. Рассмотрено использование коаксиальных апертурных ближнепольовых сенсоров, которые позволяют при сохранении информативности измерений уменьшить объем биологического материала, и соответственно, стрессовую нагрузку пациентов.

Ключевые слова: аденилатциклазная система, гидратное окружение макромолекул, коаксиальный апертурный ближнепольовой сенсор.

#### **Abstract**

The basis of presented microwave diagnostics method is measuring of complex inductivity with pathologies and influence of drugs. The usage of coaxial aperture near field sensors is considered. It allows to decrease the volume of biological material and accordingly, stress loading of patients with maintenance of measuring informing.

Keywords: adenylatecyclase system, hydrate surroundings of macromolecules, coaxial aperture near field sensor.