

УДК 621.317.08; 57.032

ОЦЕНКА ЭМИССИОННЫХ СВОЙСТВ ЖИВОГО БЕЛКА В КВЧ-ДИАПАЗОНЕ

К. т. н. А. В. Алексахин¹, В. В. Горкун², к. т. н. К.Л. Шевченко²

¹Одесская национальная академия пищевых технологий, г. Одесса;
²Киевский национальный университет технологий и дизайна, г. Киев
Украина
autom1@meta.ua

Показана возможность измерения биоинформационной составляющей излучения белковых структур независимо от температуры и массы анализируемого материала, что позволяет с более высокой достоверностью оценивать эмиссионные свойства живого белка и анализировать характеристики объектов животного и растительного происхождения.

Ключевые слова: радиотепловое излучение, живой белок, электромагнитная эмиссия, КВЧ диапазон.

Объекты биологического и растительного происхождения, содержащие живой белок, обладают электромагнитной эмиссией нетеплового характера в диапазоне крайне высоких частот (КВЧ) (30...500 ГГц) [1]. Источником электромагнитной эмиссии являются акустоэлектрические процессы в мембранах клеток, которые отражают взаимодействие белковых молекул и структур внутри клеток. Уровень этого излучения весьма мал ($10^{-15} \dots 10^{-14}$ Вт), и оно соизмеримо с уровнем радиотеплового излучения тел в диапазоне КВЧ.

Оценка эмиссионных свойств живого белка позволяет оценить спелость и сохранность пищевых продуктов с большим сроком биологического созревания (твердые сыры, копчености, фрукты), способность развития растений из косточковых семян и др.

Малые размеры клеток, в частности, их мембран, по сравнению с длиной излучаемой волны (миллиметры), приводит к тому, что плотность излучаемых клетками когерентных электромагнитных волн уже на малом расстоянии от их поверхности снижается во много раз, причем это снижение сопровождается стохастизацией излучения. В результате когерентное электромагнитное излучение (ЭМИ) отдельных клеток превращается в шумовое, которое добавляется к радиотепловому ЭМИ, также имеющему шумовой характер. Поэтому для анализа эмиссионных свойств живого белка необходимо измерять биоинформационную составляющую ЭМИ в диапазоне КВЧ на фоне более мощного радиотеплового излучения. При этом суммарная мощность теплового и биоинформационного излучения меньше мощности собственных шумов электронной измерительной аппаратуры.

Устройства, используемые для измерения низкоинтенсивных шумовых ЭМИ [2, 3], предполагают необходимость предварительной подготовки пробы, невозможность анализа цельных биологических объектов. Кроме того, результат измерения зависит также от массы исследуемого материала, поскольку мощность ЭМИ определяется не только интенсивностью биохимических процессов в клетках живых структур, но и количеством последних.

Разработанное авторами устройство для оценки эмиссионных свойств живого белка содержит рабочий и опорный волноводные датчики, подключенные ко входам циркулятора, причем рабочий датчик подключен через ключ, управляемый прямоугольным модулирующим напряжением. В полупериод модулирующего напряжения, когда ключ открыт, на выходе циркулятора формируется шумовой сигнал с дисперсией

$$\bar{U}_{11}^2 = K_1 (\bar{U}_{21}^2 + \bar{U}_3^2 + \bar{U}_4^2), \quad (1)$$

где \bar{U}_{21}^2 — дисперсия радиотеплового излучения анализируемого образца; \bar{U}_3^2 — дисперсия биоинформационного излучения живого белка; \bar{U}_4^2 — дисперсия собственных шумов смесителя, приведенных к его входу; K_1 — коэффициент передачи волноводного тракта.

В следующий полупериод модулирующего напряжения, когда ключ закрыт, т. е. полностью от-

ражает излучение, дисперсия сигнала на выходе циркулятора принимает значение

$$\bar{U}_{12}^2 = K_1(\bar{U}_{22}^2 + U_4^2), \quad (2)$$

где \bar{U}_{22}^2 — дисперсия радиотеплового излучения имитационного образца.

При периодической работе ключа с частотой модуляции Ω на выходе циркулятора формируется модулированный по амплитуде сигнал, состоящий из пакетов шумовых сигналов с дисперсиями (1) и (2). С учетом реального соотношения составляющих сигналов (1) и (2), когда $\bar{U}_4^2 \gg \bar{U}_{21}^2 = \bar{U}_{22}^2 > \bar{U}_3^2$, глубина модуляции входного сигнала смесителя мала и представляется выражением

$$M_1 = \frac{\bar{U}_{11}^2 - \bar{U}_{12}^2}{\bar{U}_{11}^2 + \bar{U}_{12}^2} = \frac{\bar{U}_3^2}{2(\bar{U}_4^2 + \bar{U}_{21}^2)}. \quad (3)$$

С помощью смесителя и КВЧ-гетеродина спектр микроволнового излучения переносится на промежуточную разностную частоту ω_0 , на которую настроен избирательный усилитель промежуточной частоты. Ширина переносимого спектра $\Delta\omega$ определяется полосой пропускания $\Delta\omega_0$ усилителя промежуточной частоты с центральной частотой $\omega_0 \gg \Omega$. В разные полупериоды работы ключа дисперсия шумового сигнала на выходе усилителя промежуточной частоты будет иметь вид:

$$\bar{U}_{51}^2 = K_1 S_1 K_2 [\bar{U}_{21}^2(\omega_0) + \bar{U}_3^2(\omega_0) + \bar{U}_4^2(\omega_0)], \quad (4)$$

$$\bar{U}_{52}^2 = K_1 S_2 K_2 [\bar{U}_{22}^2(\omega_0) + \bar{U}_4^2(\omega_0)], \quad (5)$$

где S_1 — крутизна гетеродинного преобразования частоты; K_2 — коэффициент усиления усилителя промежуточной частоты.

После амплитудного детектирования, функционального преобразования в логарифматоре и усиления низкочастотным усилителем из последовательности сигналов промежуточной частоты ω_0 с дисперсиями (4) и (5) выделяется переменная составляющая частоты Ω с амплитудой

$$U_7 = \frac{1}{2} S_3 K_4 \frac{\bar{U}_3^2(\omega_0)}{\bar{U}_{21}^2(\omega_0)}. \quad (6)$$

где S_3 — крутизна логарифмического преобразования, K_4 — коэффициент усиления усилителя.

Из выражения (6) следует, что измеряемое напряжение пропорционально отношению мощностей биоинформационного и радиотеплового излучения, которое и является мерой эмиссионных свойств живого белка, так как это отношение не зависит от массы исследуемого образца, а определяется интенсивностью биохимических процессов в живых организмах и растительных тканях.

Независимость эмиссионного коэффициента от массы объясняется тем, что мощность как биоинформационного, так и радиотеплового излучения пропорциональна количеству анализируемого материала. Кроме того, измеряемое отношение мощностей не зависит от передаточных свойств волноводных датчиков и соединительных волноводов, непостоянства крутизны гетеродинного преобразования спектра сравниваемых сигналов, нестабильности коэффициента усиления избирательного усилителя промежуточной частоты и чувствительности амплитудного детектора.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности. — Москва: Радио и связь, 1991.
2. Саватеев А. В. Шумовая термометрия. — Ленинград: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1987.
3. Авторское свидетельство СССР № 1396020. Способ исследования биологических систем / Искин В. Л., Медведовский А. В., Степула Е. В., Райс Б. Г. — 1988. — Бюл. № 18.

A.V. Aleksashin, K. L. Shevchenko, V. V. Gorkun

Assessment of emission properties of live protein in microwave range.

The paper shows the possibility of measuring bioinformatics component of radiation of protein structures, regardless of the temperature and mass of the analyzed material. This allows a higher reliability of evaluation of emission properties of a live protein and analysis of the characteristics of objects of animal and plant origin.

Keywords: *radio thermal radiation, live protein, electromagnetic issue, microwave range.*