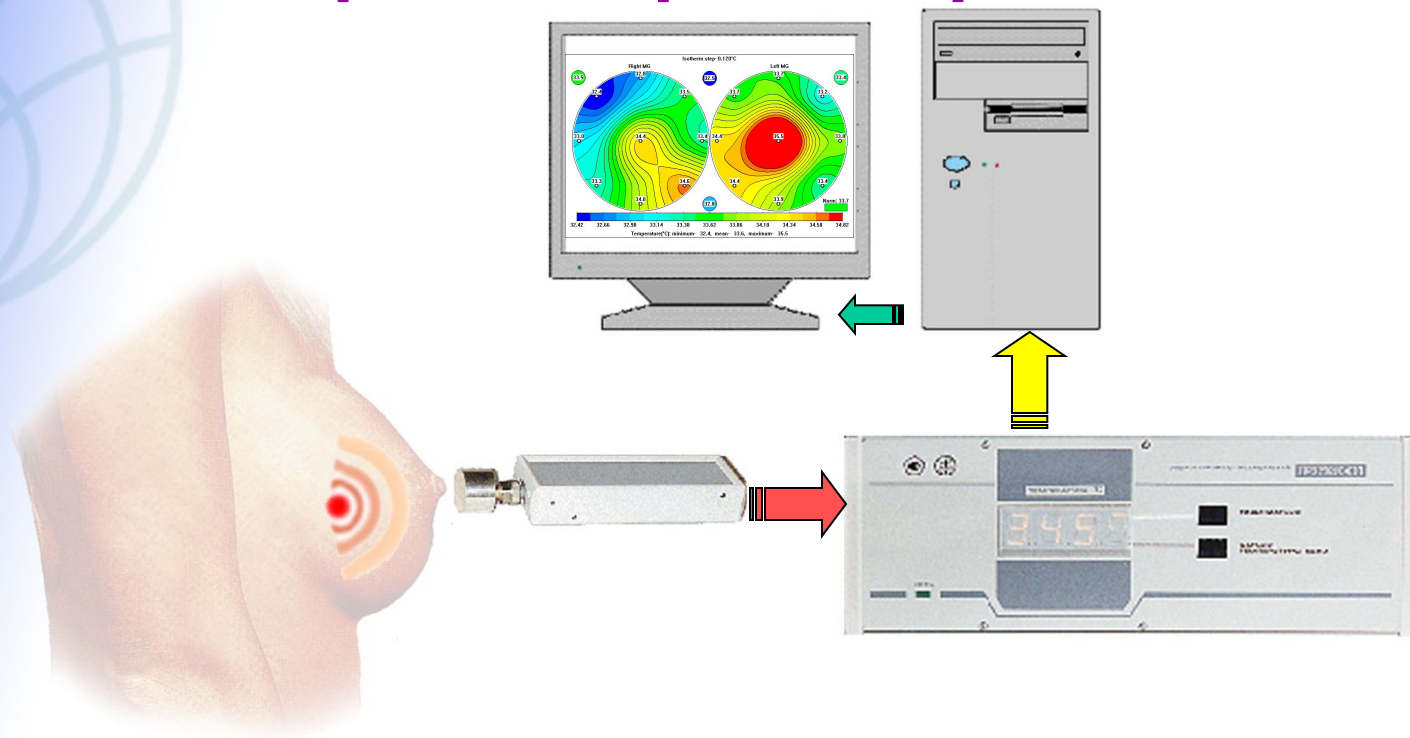


# **Миниатюрные антенны-аппликаторы для микроволновых радиотермометров медицинского назначения**

**Веснин С.Г., Седанкин М.К.**

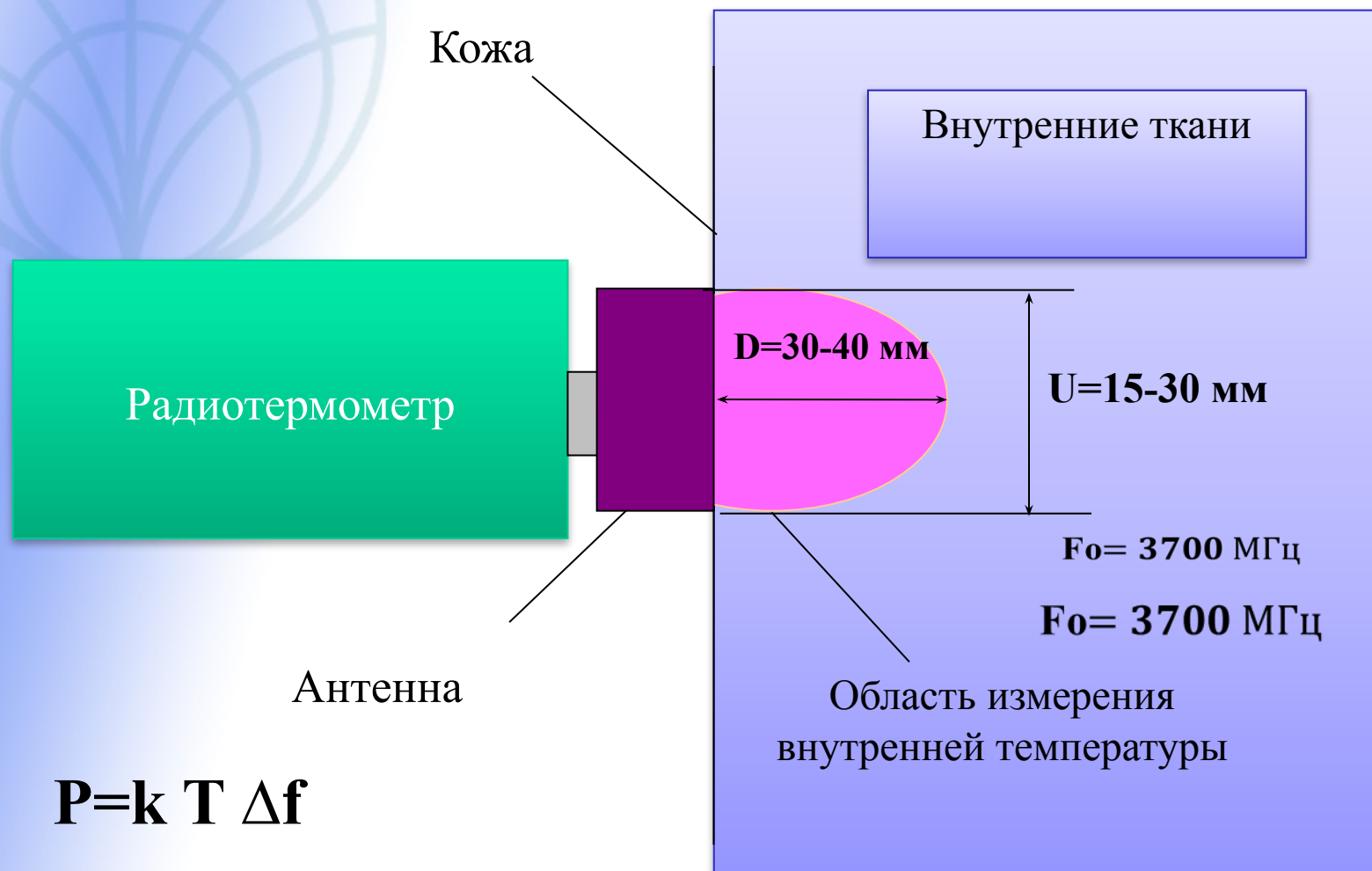
**Фирма РЭС, МГТУ им. Н.Э. Баумана г.Москва**

# Принцип действия микроволнового радиотермометра



Микроволновый радиотермометр измеряет интенсивность собственного электромагнитного излучение тканей в микроволновом диапазоне

# Область измерения внутренней температуры



$$P=k T \Delta f$$

К-постоянная Больцмана

# Основоположники микроволновой радиотермометрии в России



**Академик  
Гуляев Ю.В.**



**др. ф-м. н.  
Годик Э.Э.**



**Член корреспондент  
Троицкий В.С.**

# Преимущества микроволновой радиотермометрии



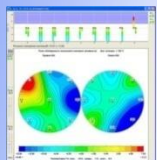
Отсутствие лучевой нагрузки , возможность проведения многократных измерений



Высокая чувствительность метода



Выявление патологий на ранней стадии



Наглядность представления результатов

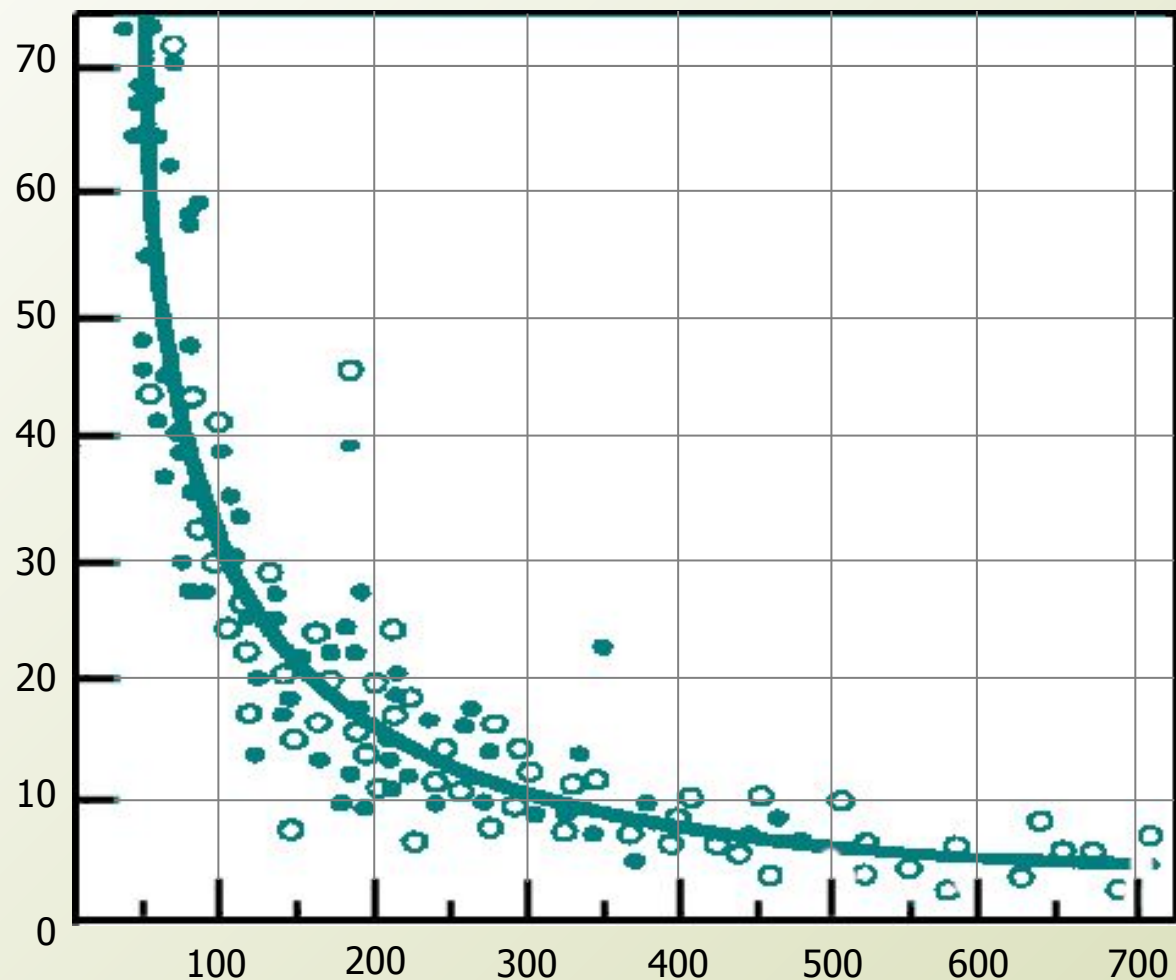


Простота и компактность аппаратуры



# Зависимость тепловыделения опухоли от времени удвоения

Тепловыделение  
опухоли  
молочной железы,  
( мВт/см<sup>3</sup> )



БЕЗ

метастазов в  
лимфоузлах

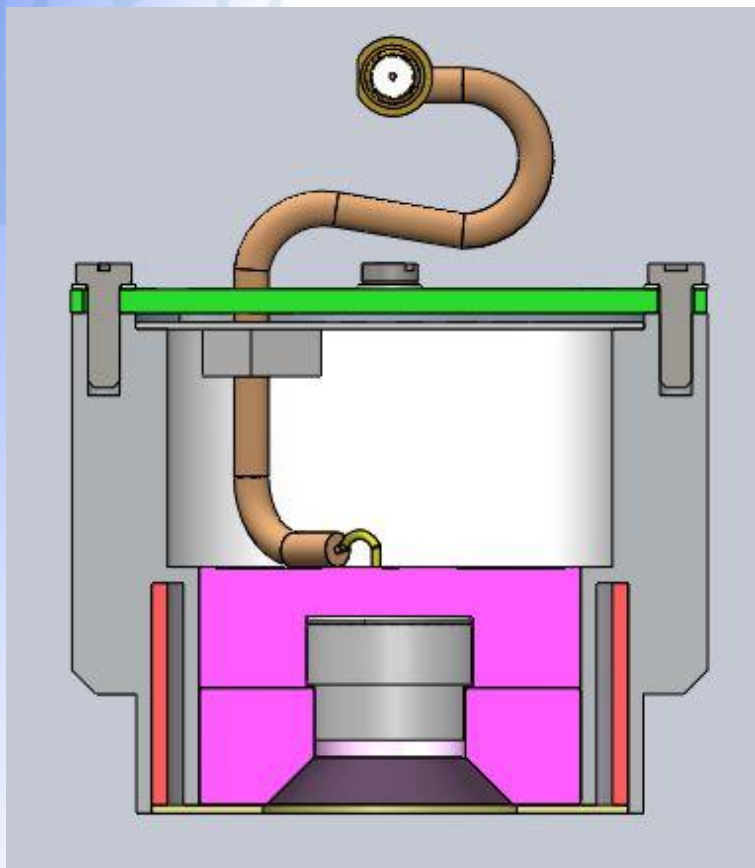


С

метастазами в  
лимфоузлах

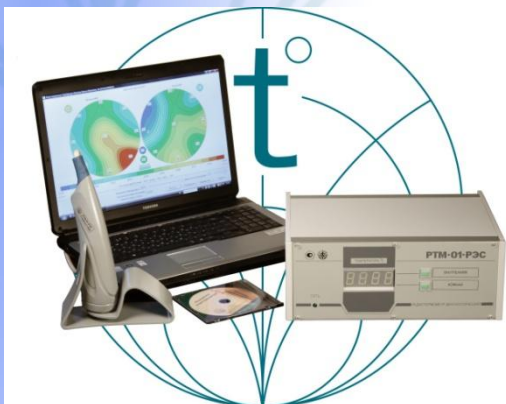
Время удвоения опухоли (дни)

# Конструкция двухдиапазонной помехозащищенной антенны



- Разработанный компанией ООО «Фирма РЭС» метод радиотермометрии молочных желез включен в стандарт медицинской помощи

## 1. Внешний вид радиотермометра РТМ-01-РЭС

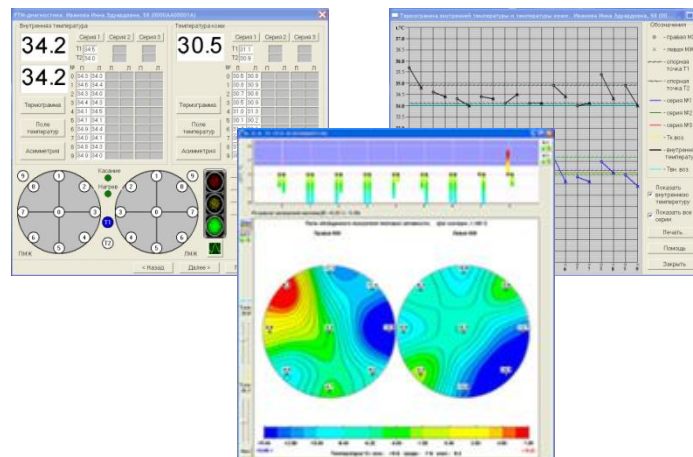


## 2. Дизайн проектируемого ПММ



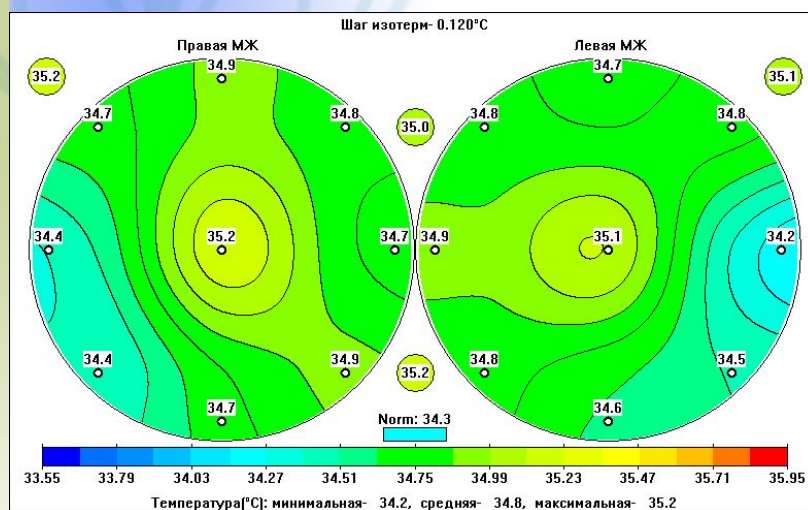
## 3. Современное состояние

- ✓ Получено положительное решение на заявку на выдачу патента № 2008151958 от 26 декабря 2008 года «Антенна-аппликатор и устройство для определения температурных изменений внутренних тканей биологического объекта и способы определения температурных изменений и выявления риска рака»;
- ✓ Налажено производство РТМ;
- ✓ Методика успешно прошла клинические испытания
- ✓ Приказом Министра здравоохранения № 744 от 1 декабря 2005 года радиотермометрия молочных желез включена в стандарт медицинской помощи больным со злокачественными новообразованиями молочной железы

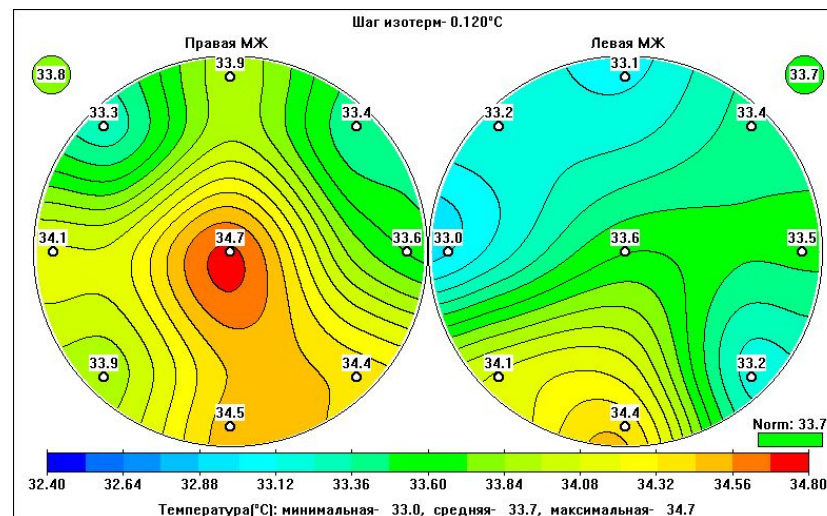




# Визуализация результатов измерений в виде полей температур

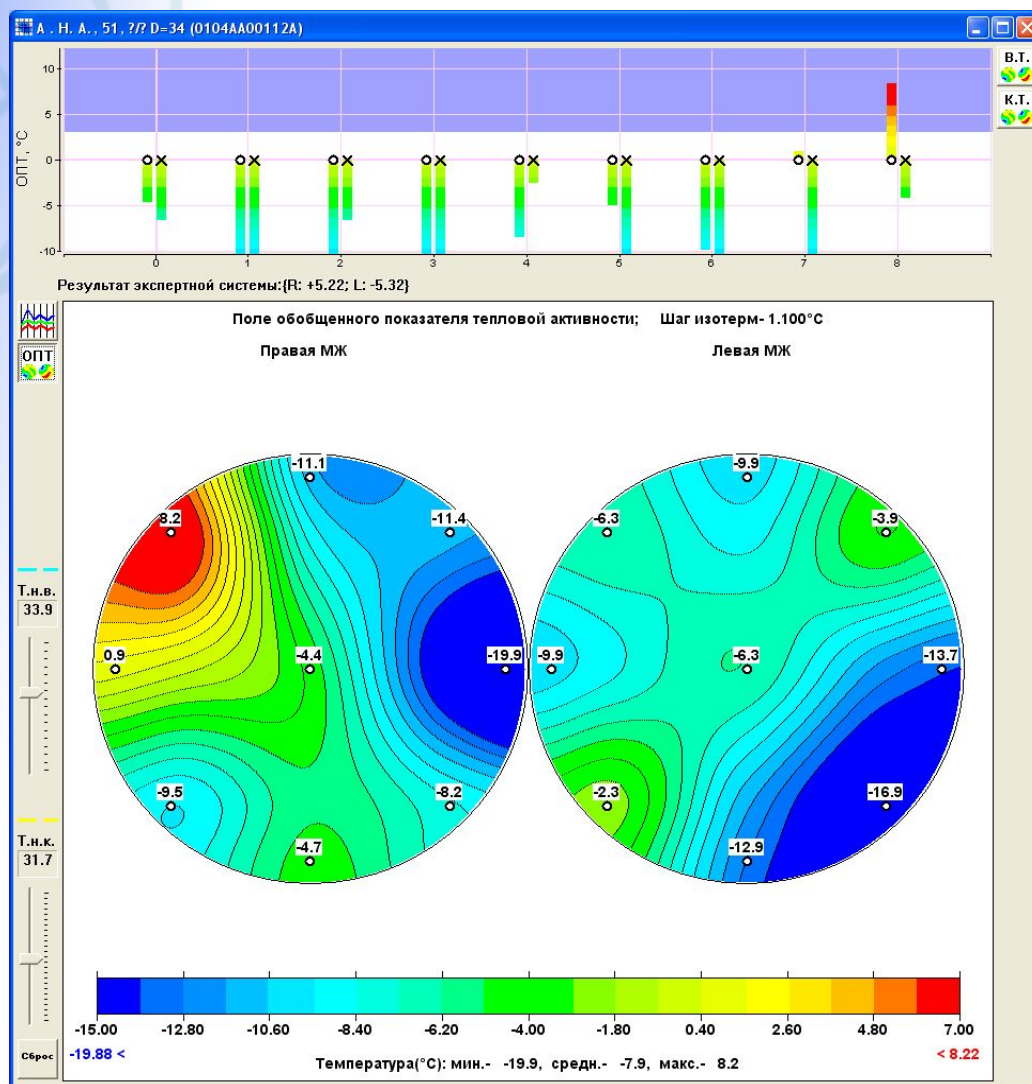


Поле пациентки Л. 35 лет.  
Без патологий



Поле пациентки А. 37 лет.  
Рак молочной железы

# Экспертная система для выявления пациентов группы риска РМЖ



# Основы микроволновой радиотермометрии

$$T_{rad} = \int_{-\infty}^{\infty} T(r) * P(r) dV$$

$T(r)$ -Термодинамическая температура,  
 $r$ -текущая координата

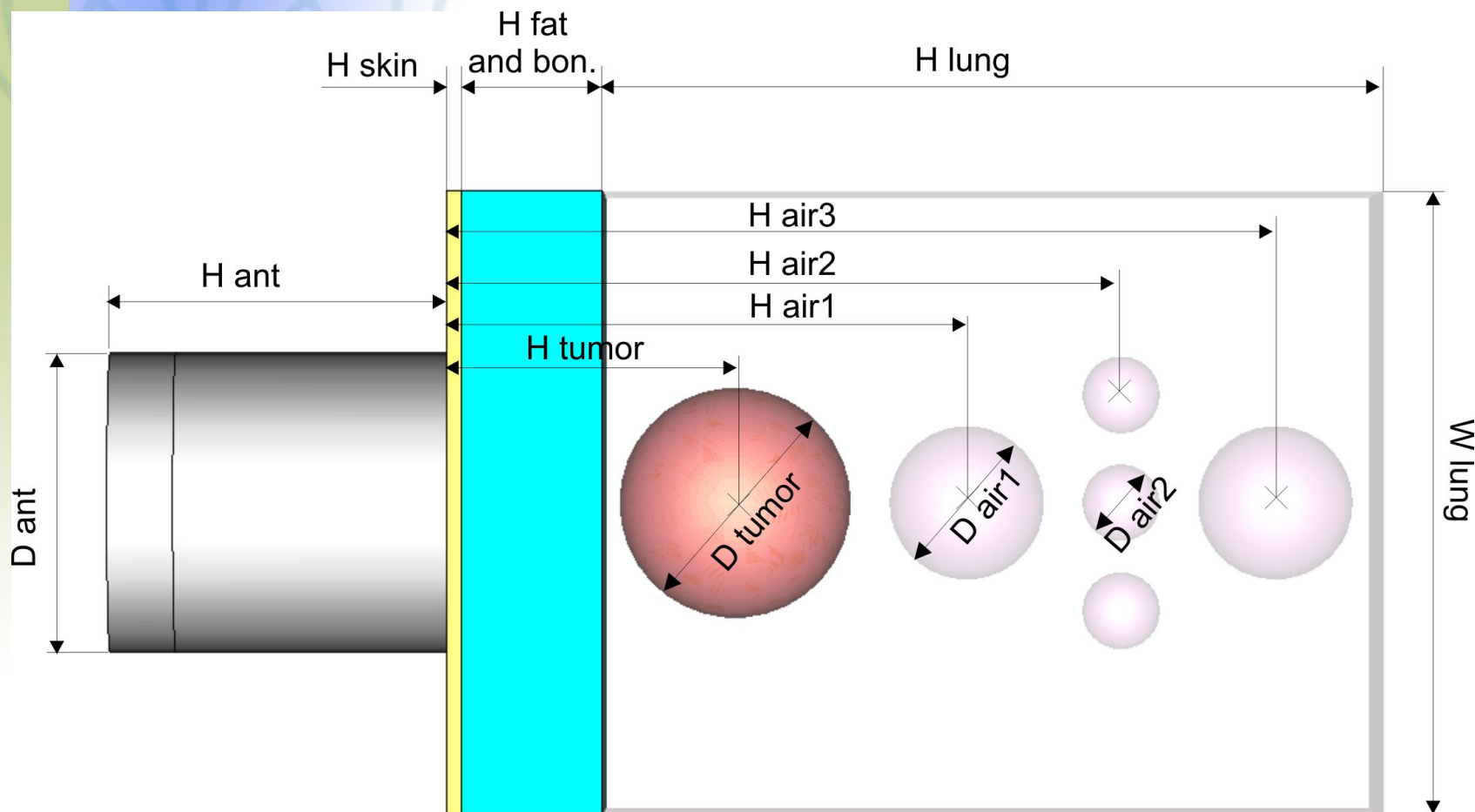
$P(r)$ - Весовая радиометрическая функция

$$F_0 = 3700 \text{ МГц}$$

$E(r)$  -Нормированный вектор электромагнитного поля антенны  
в режиме передачи

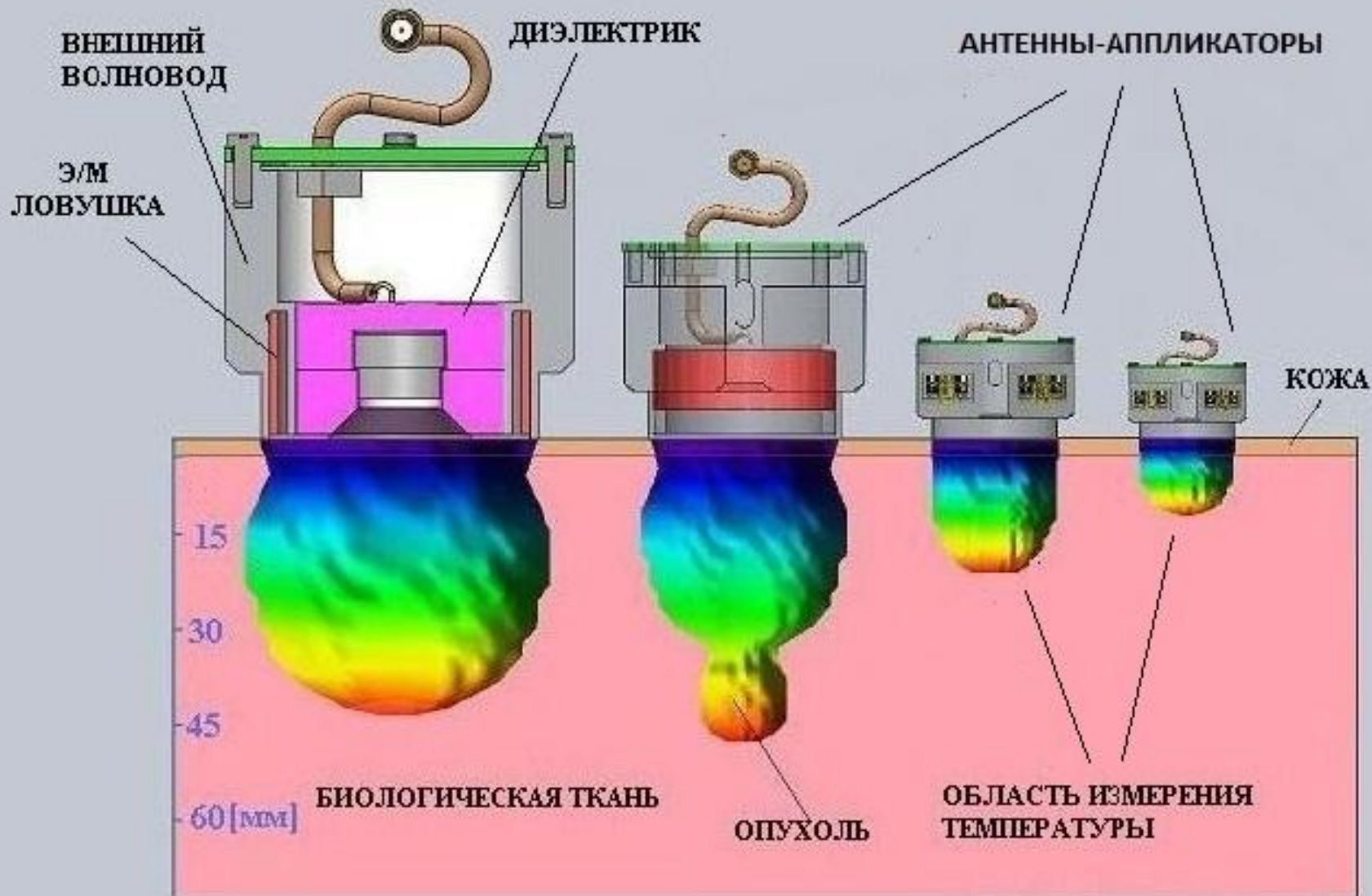
$\sigma$  -Электропроводность тканей

# 3D-электродинамическая модель



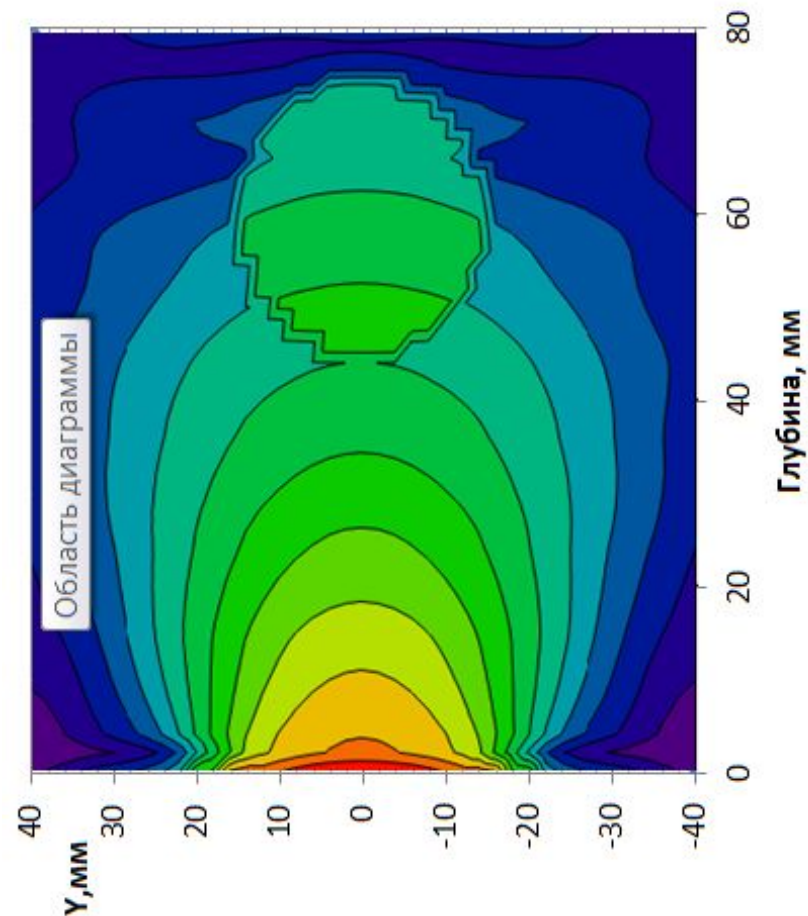
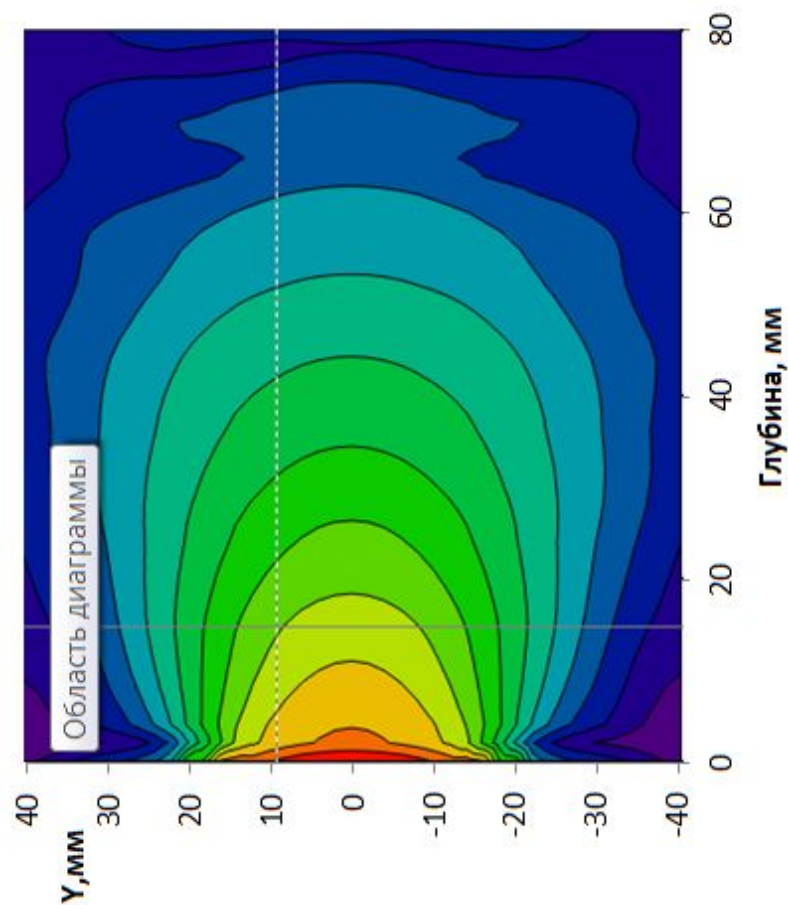


# Область измерения внутренней температуры

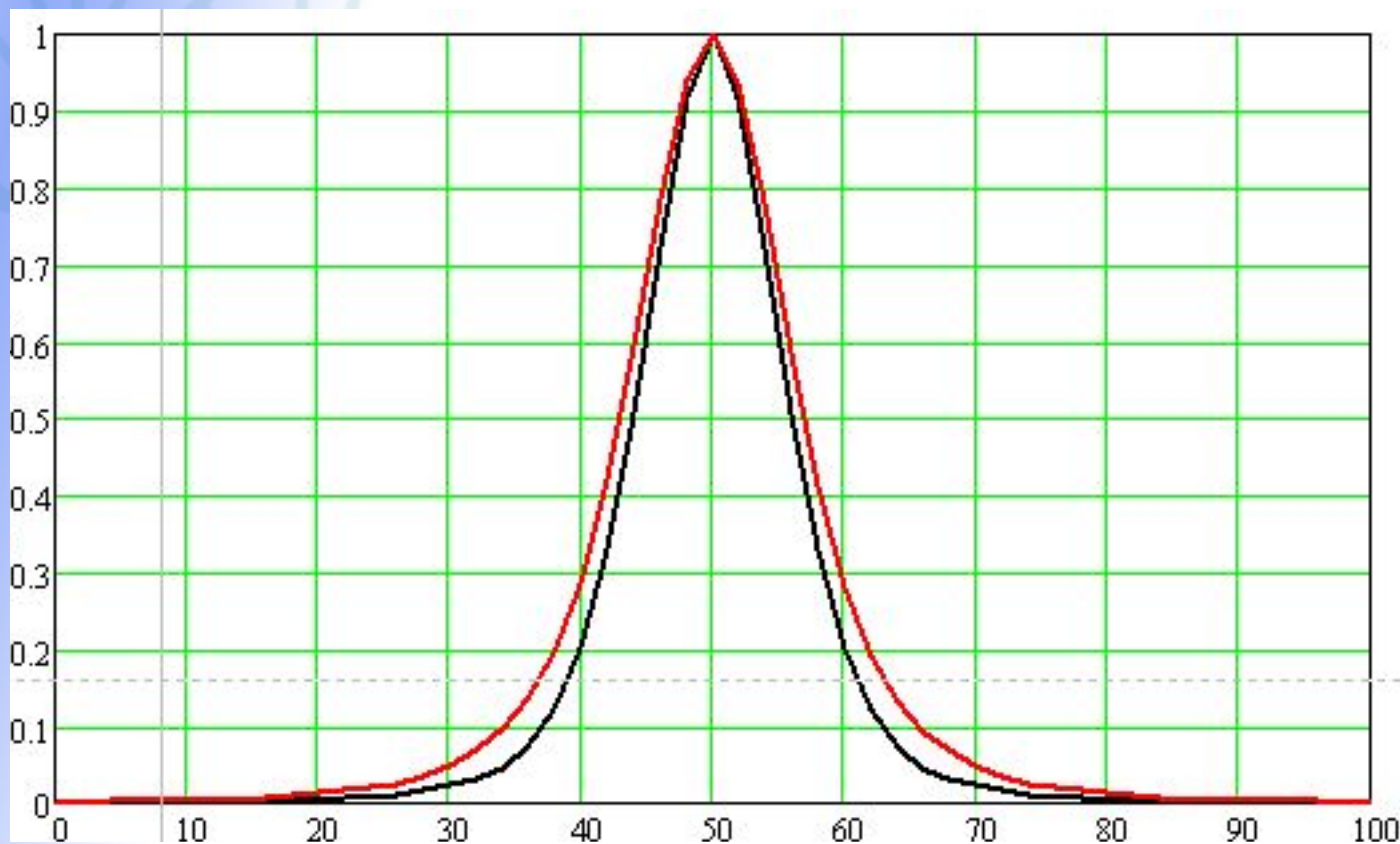




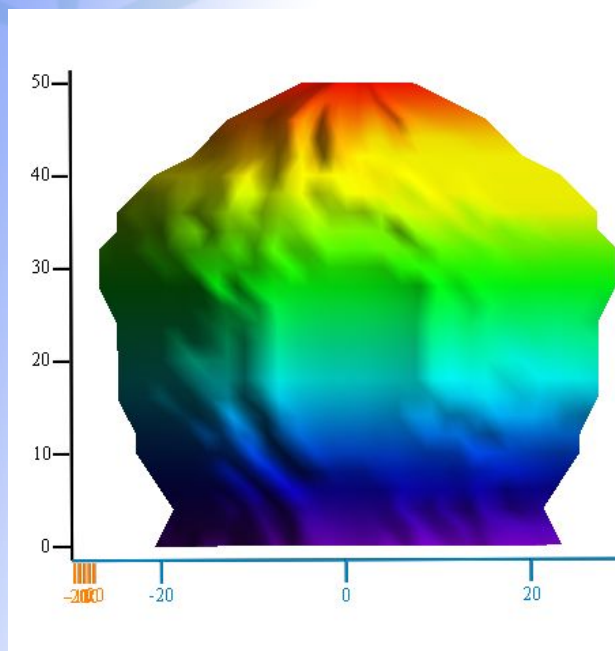
# Весовая радиометрическая функция



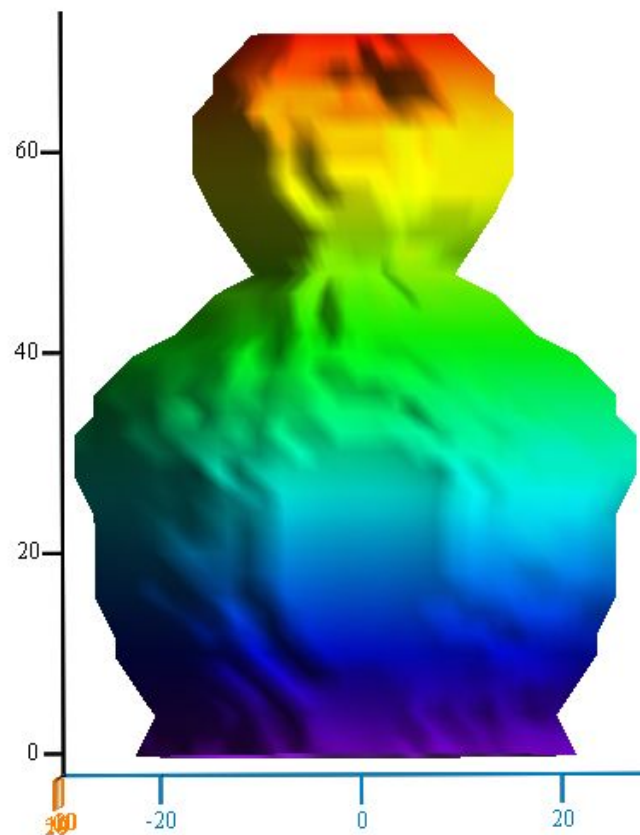
# Распределение весовой радиометрической функции в плоскости Е и Н на глубине 10 мм



# Область измерения внутренней температуры

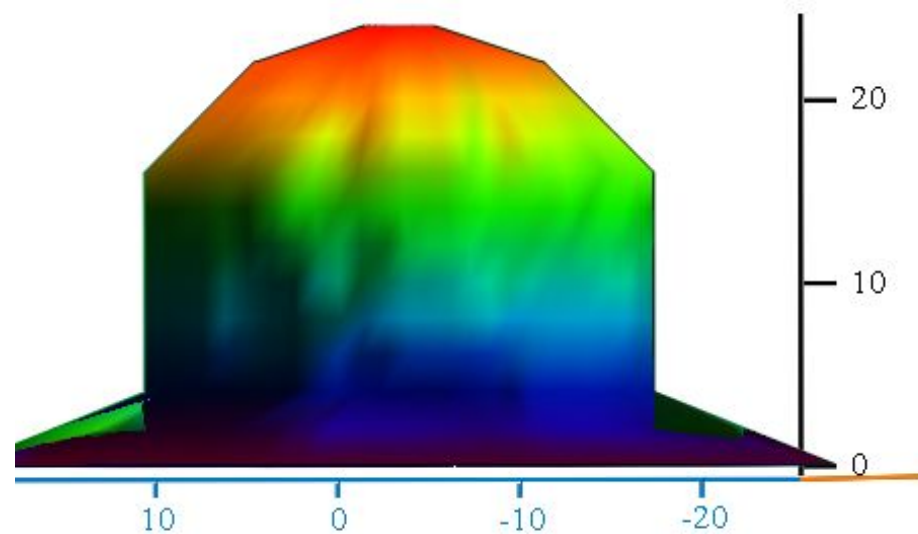
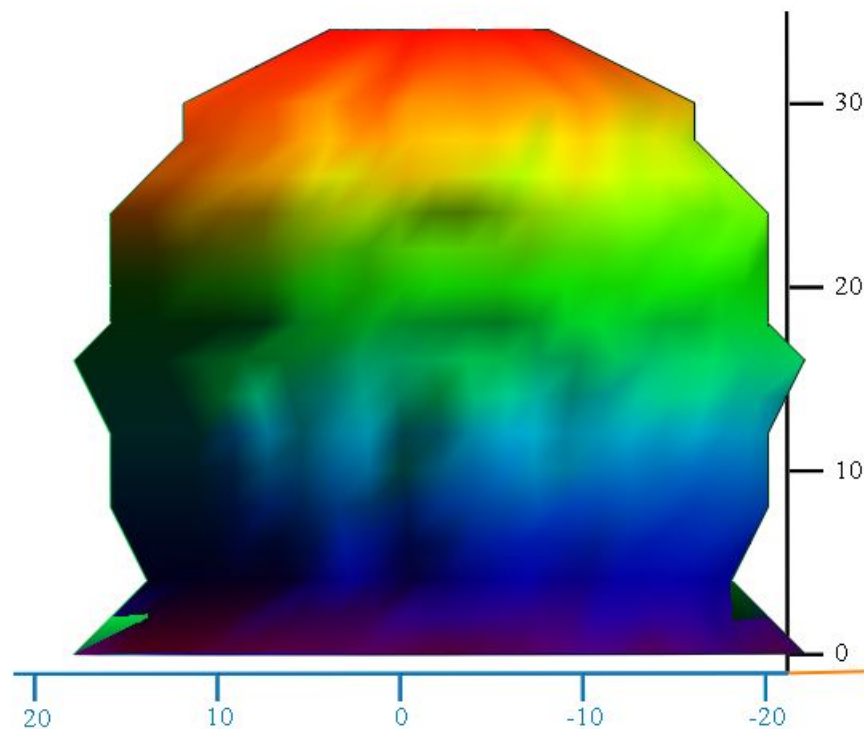


**Без опухоли**



**Опухоль на  
расстоянии 6 см**

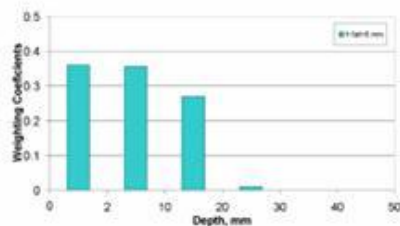
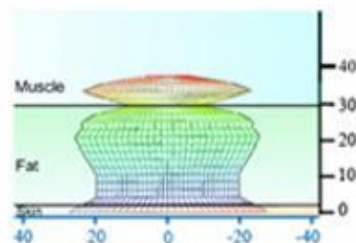
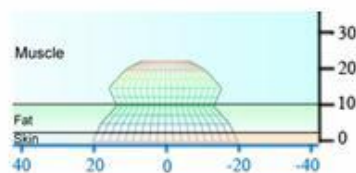
# Область измерения температуры для разных антенн



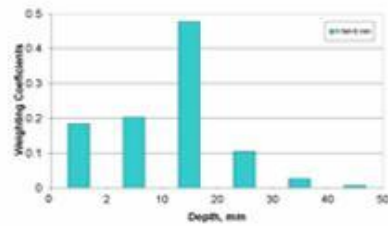
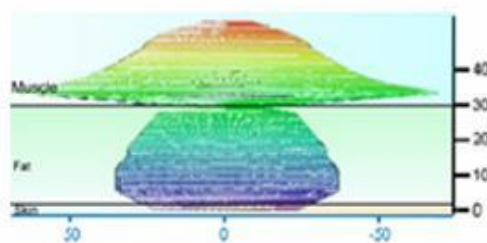
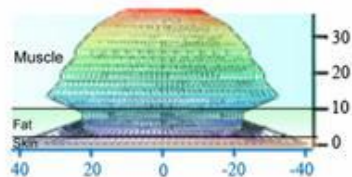


# Диаграммы различных антенн

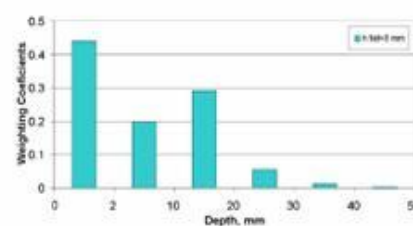
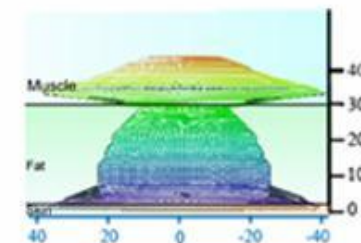
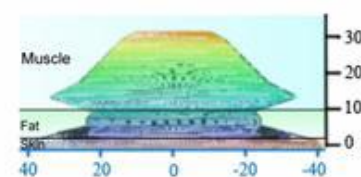
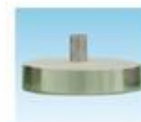
F=3.8GHz; D=38mm; H=45mm



F=1.15GHz; D=44mm; H=67mm



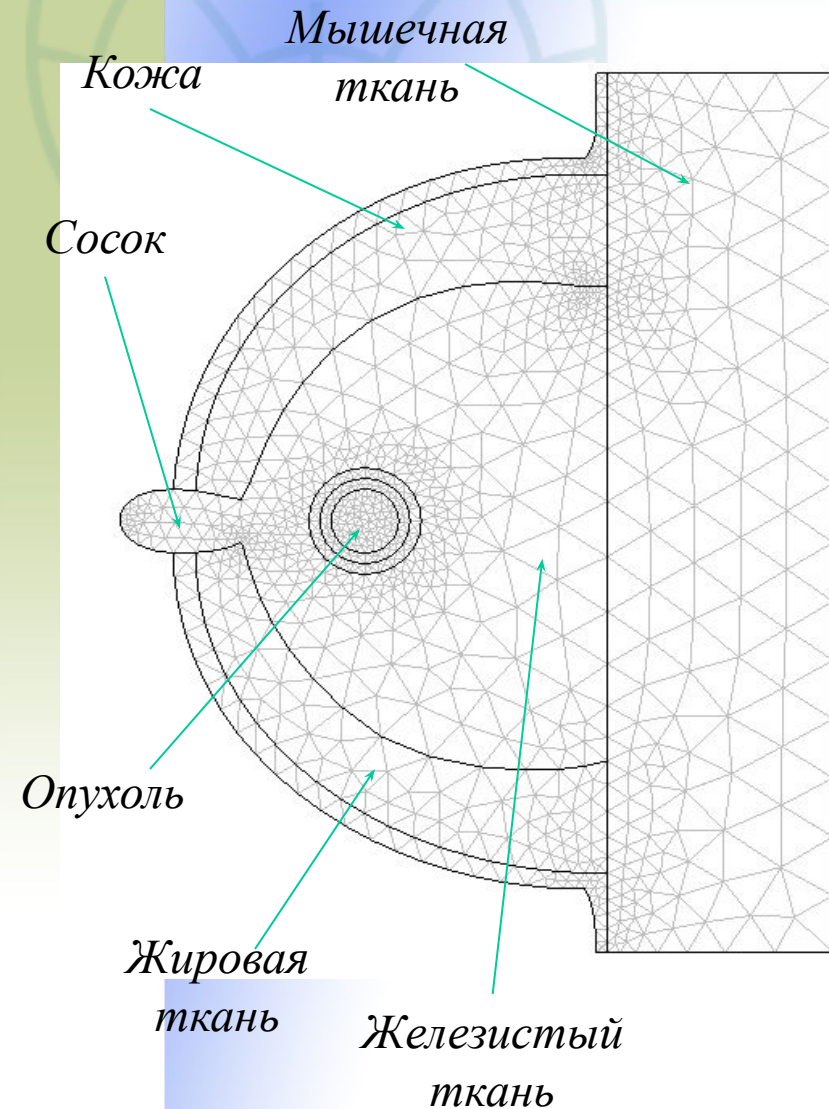
F=1.15GHz; D=38mm; H=7.0mm





# РЭС

## Математическое моделирование распределения температурного поля на основе решения уравнения теплопроводности биообъекта



### Решение уравнений теплопроводности:

$$\nabla * k \nabla T + Q_{met} - \rho_b c_b \omega_b (T - T_b) = 0$$

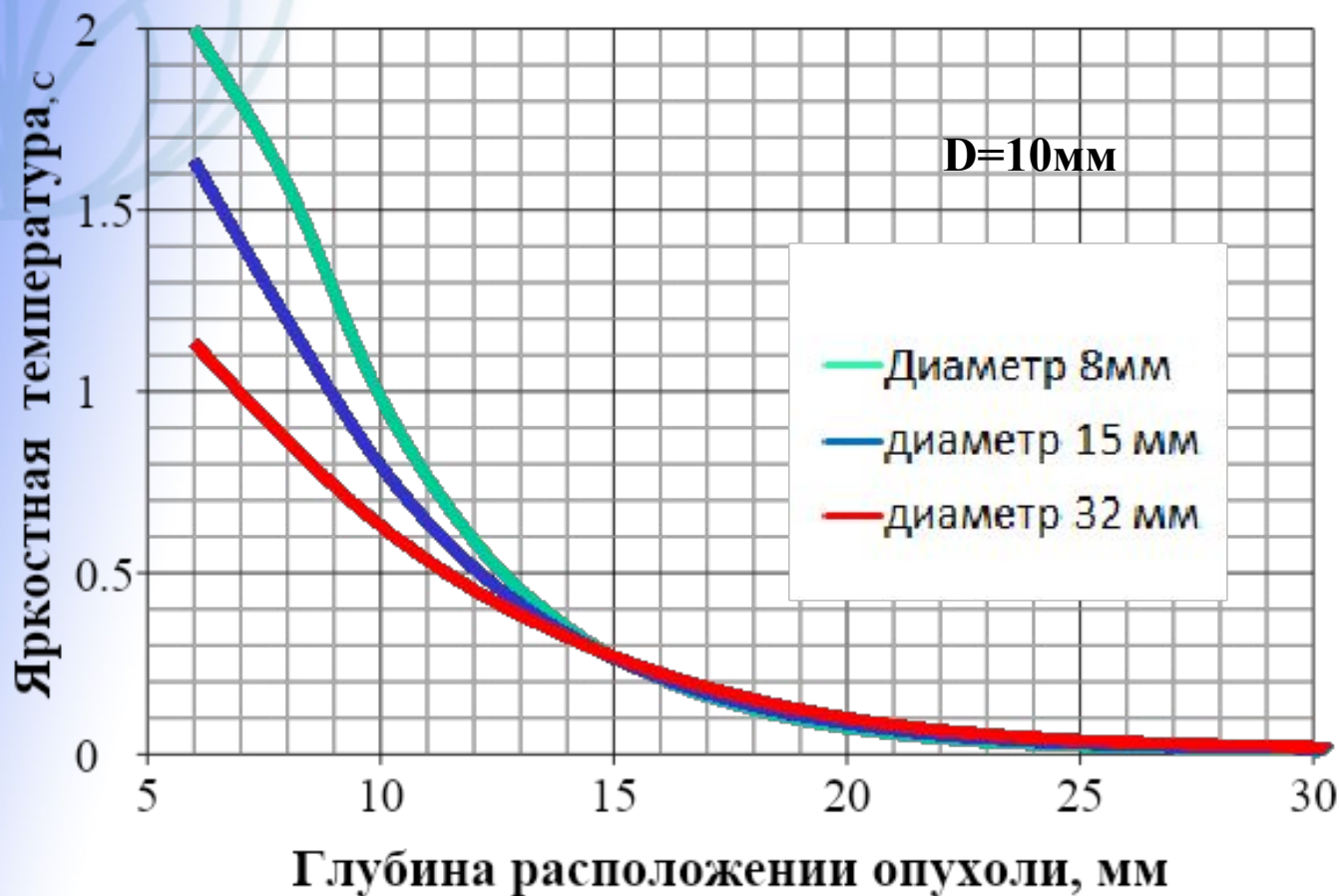
$$k \nabla T * r + h_a (T - T_a) = 0$$

$k$  – теплопроводность ткани [Вт/м\*°C],  
 $Q_{met}$  – удельное тепловыделение [Вт/м²],  
 $\rho_b c_b \omega_b$  – параметры кровотока [Вт/м³\*°C],  
 $T_b$  – температура артериальной крови [°C],  
 $h_a$  – коэффициент теплообмена [Вт/м²\*°C],  
 $T_a$  – температура окружающей среды [°C].

### Таблица тепловых параметров биоткани

|                                                           | Опухоль | Железистая ткань | Кожа  | Жировая ткань | Мышцы |
|-----------------------------------------------------------|---------|------------------|-------|---------------|-------|
| Удельное тепловыделение ( $Q_{met}$ , [Вт/м²])            | 65400   | 700              | 1620  | 400           | 700   |
| Параметры кровотока ( $\rho_b c_b \omega_b$ , [Вт/м³*°C]) | 48000   | 2400             | 9100  | 800           | 2400  |
| Теплопроводность ( $k$ , [Вт/м*°C])                       | 0.511   | 0.3              | 0.376 | 0.21          | 0.55  |

# Повышение яркостной температуры в зависимости от глубины расположения опухоли



**Миниатюрная антенна**



**Ректальный аппликатор**



**Вагинальный аппликатор**



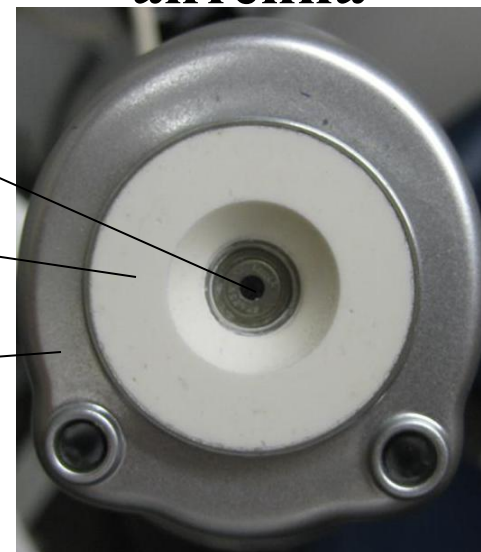
**Двухдиапазонная антенна**



**ИК-датчик**

**Антенна**

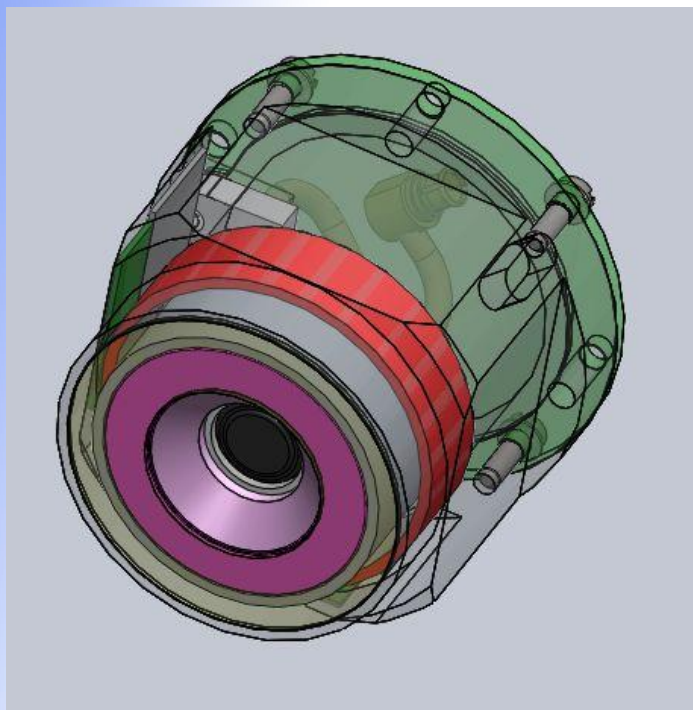
**Корпус радиотермометра РТМ-01-РЭС**



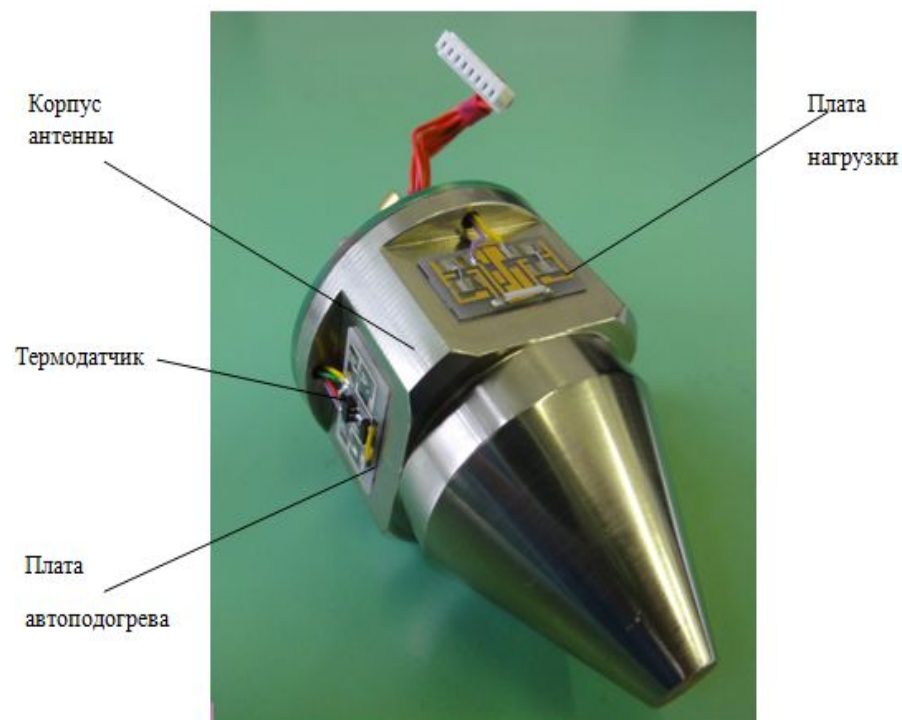


# Полостной аппликатор

## Двухдиапазонная антенна

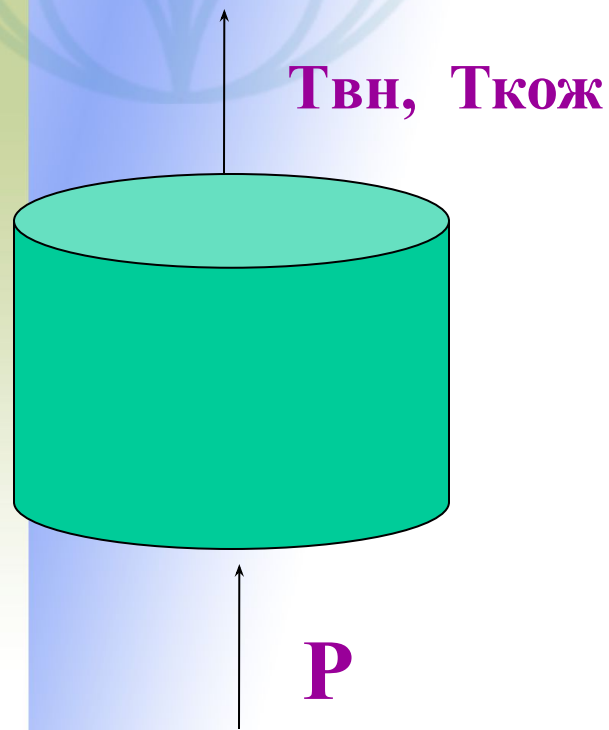


# Антенна диаметром 8 мм





# РЭС Цифровой антенный модуль



На вход модуля поступает  
мощность собственного  
излучения тканей  
биообъекта,  
на выходе модуля—  
температура внутренних  
тканей и температура  
кожи в цифровом  
формате

# География применения



США, Англия, Германия, Швейцария, Австрия, Канада, Словения, Словакия, Украина, Киргизия, Польша, Хорватия, Венгрия, Португалия, Ливан, Турция, Казахстан, Австралия, Ю. Корея и т. д.

СЕ сертификат Евросоюза, Казахстана, Австралии, Латвии, Словакии





[www.radiometry.ru](http://www.radiometry.ru)

**Веснин Сергей Георгиевич**

**Спасибо за внимание**