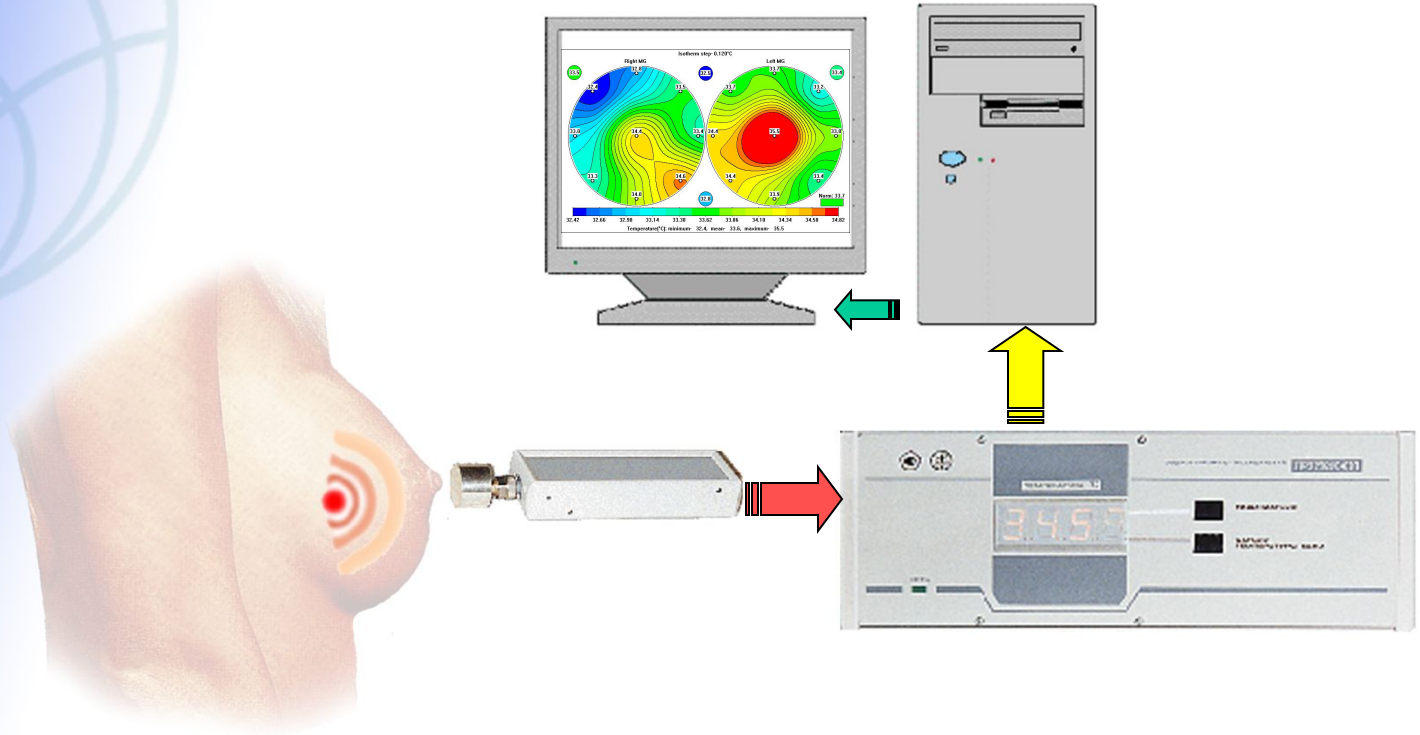
Миниатюрные антенны-аппликаторы для микроволновых радиотермометров медицинского назначения

Веснин С.Г., Седанкин М.К.

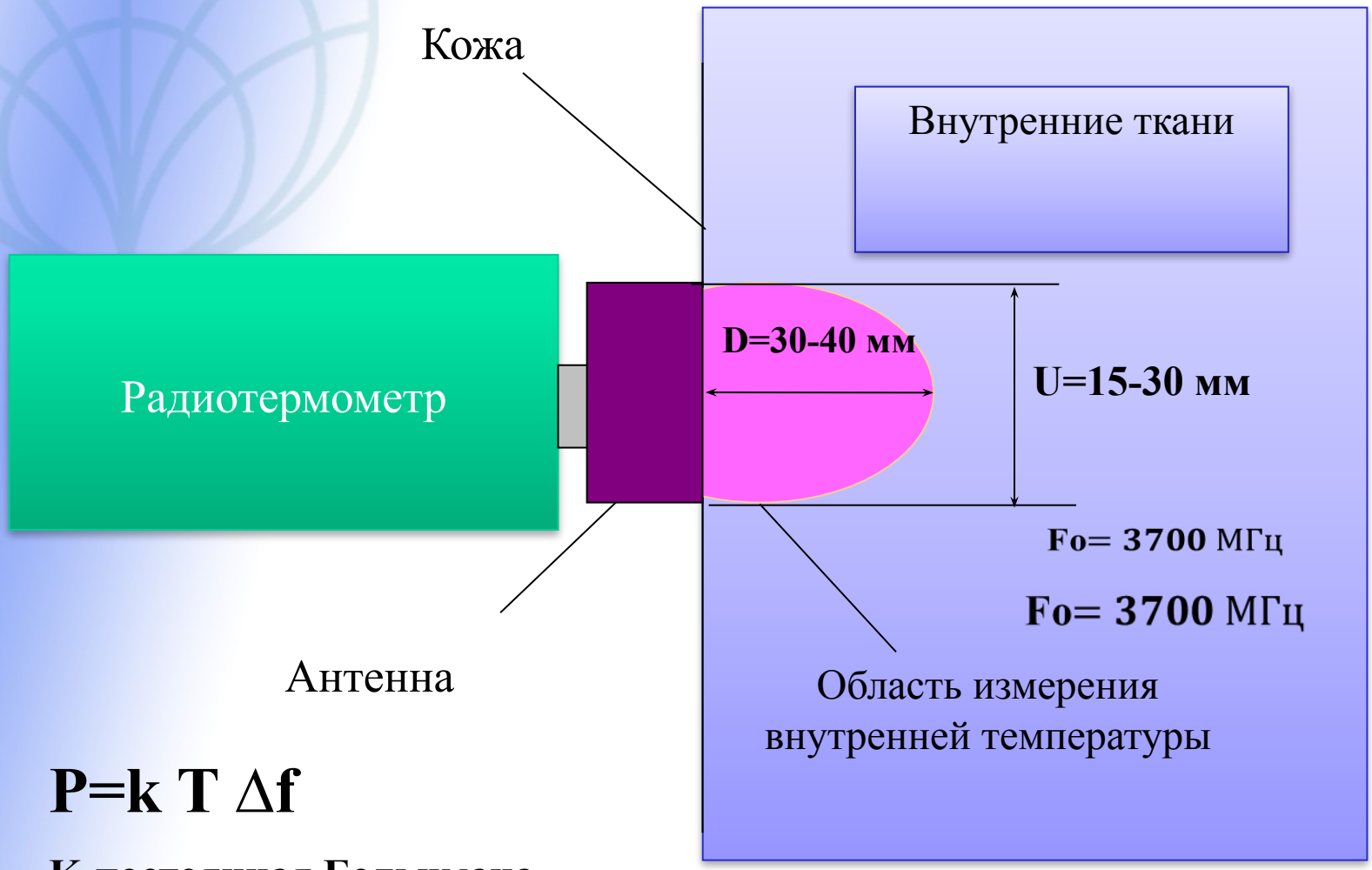
Фирма РЭС, МГТУ им. Н.Э. Баумана г.Москва

Принцип действия микроволнового радиотермометра



Микроволновый радиотермометр измеряет интенсивность собственного электромагнитного излучение тканей в микроволновом диапазоне

Область измерения внутренней температуры



$$P = k\,T\,\Delta f$$

K-постоянная Больцмана

Основоположники микроволновой радиотермометрии в России

Академик

Гуляев Ю.В.

др. ф-м. н.

Годик Э.Э.

Член корреспондент

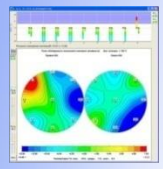
Троицкий В.С.

Преимущества микроволновой радиотермометрии

Отсутствие лучевой нагрузки , возможность проведения многократных измерений

Высокая чувствительность метода

Выявление патологий на ранней стадии



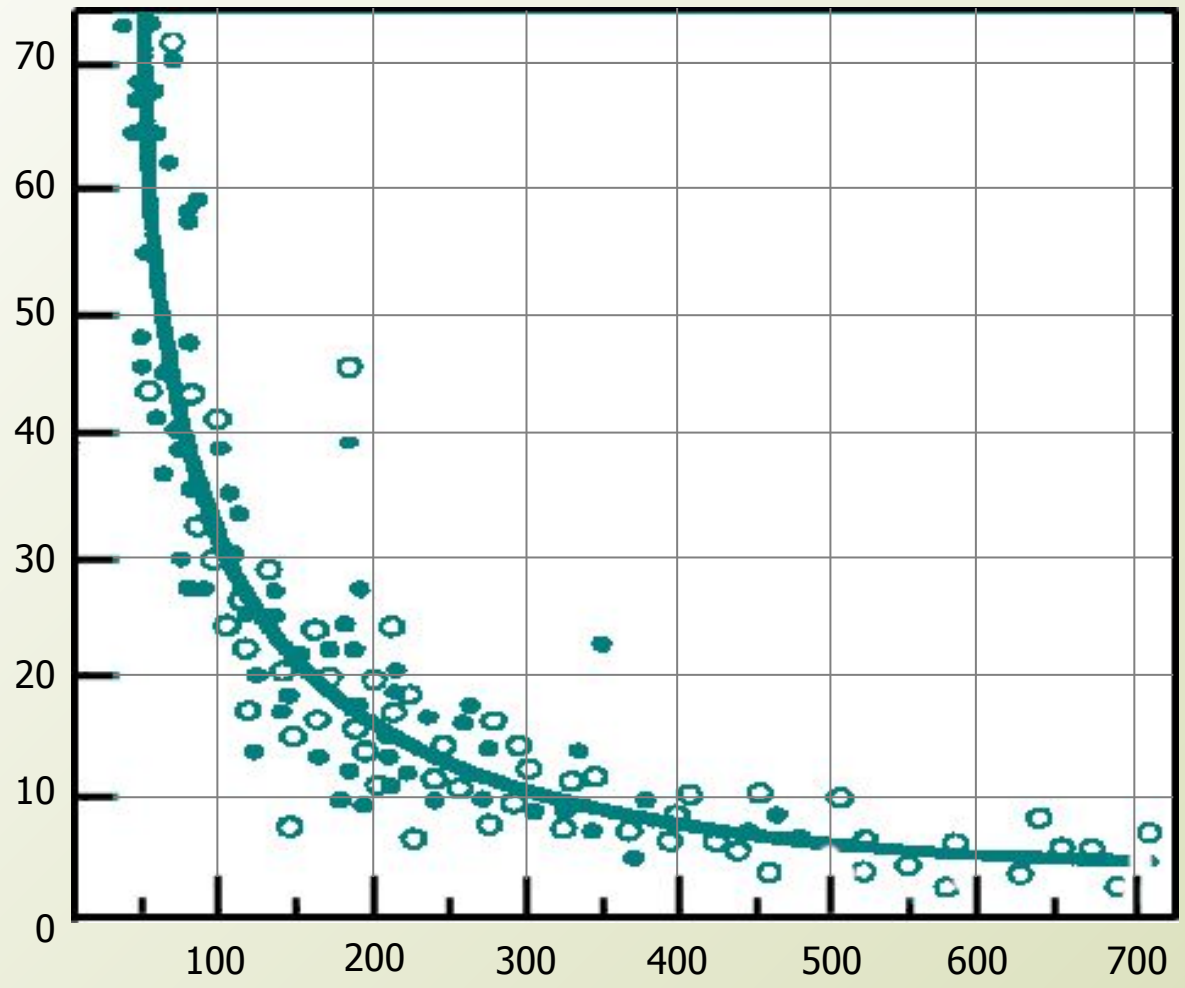
Наглядность представления результатов

Простота и компактность аппаратуры

Зависимость тепловыделения опухоли от времени удвоения

Тепловыделение опухоли молочной железы,

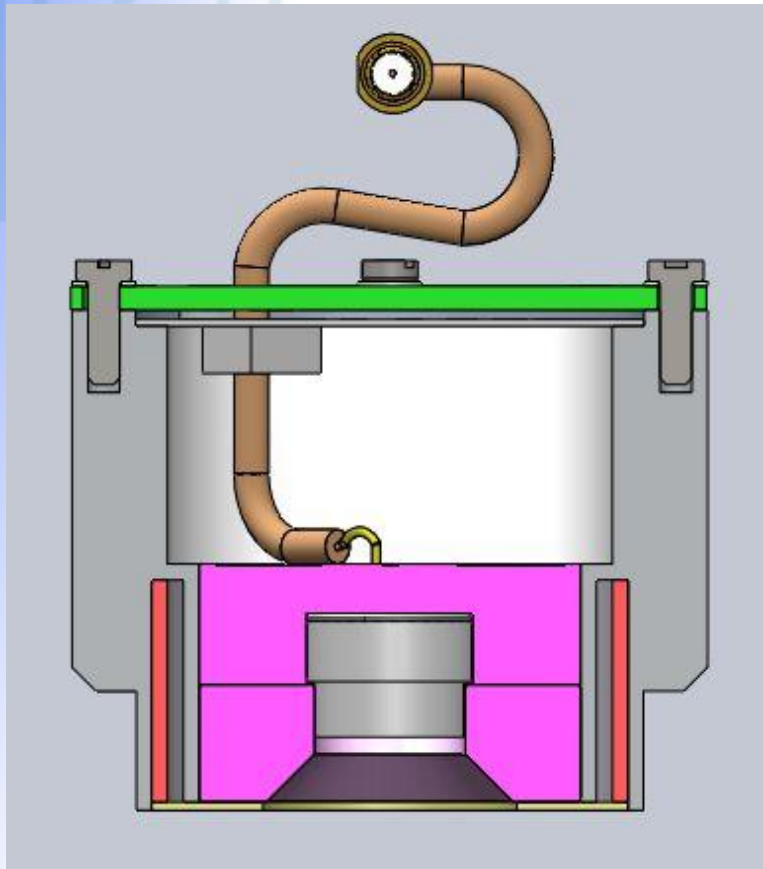
(мВт/см^3)



Время удвоения опухоли (дни)

○	БЕЗ метастазов в лимфоузлах
●	С метастазами в лимфоузлах

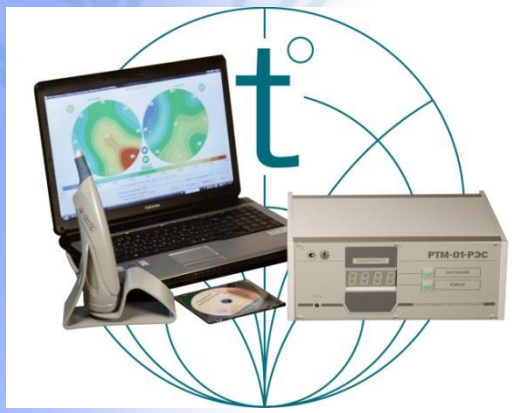
Конструкция двухдиапазонной помехозащищенной антенны



Описание прибора

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

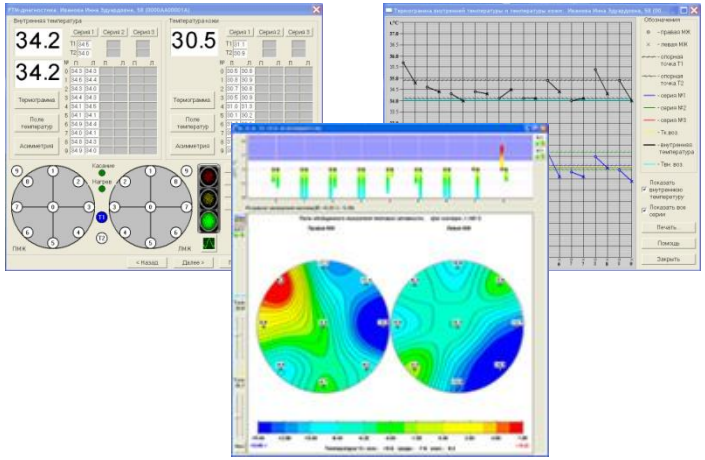
1. Внешний вид радиотермометра РТМ-01-РЭС



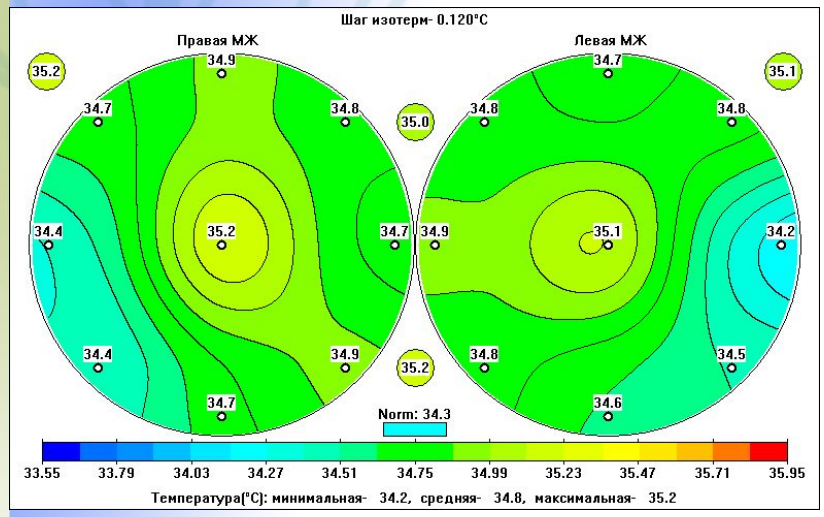
2. Дизайн проектируемого ПММ

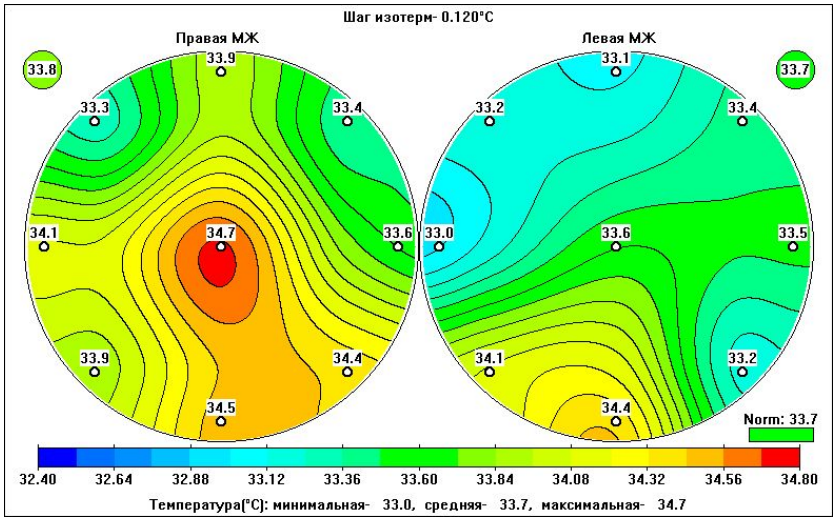
3. Современное состояние

- ✔ 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

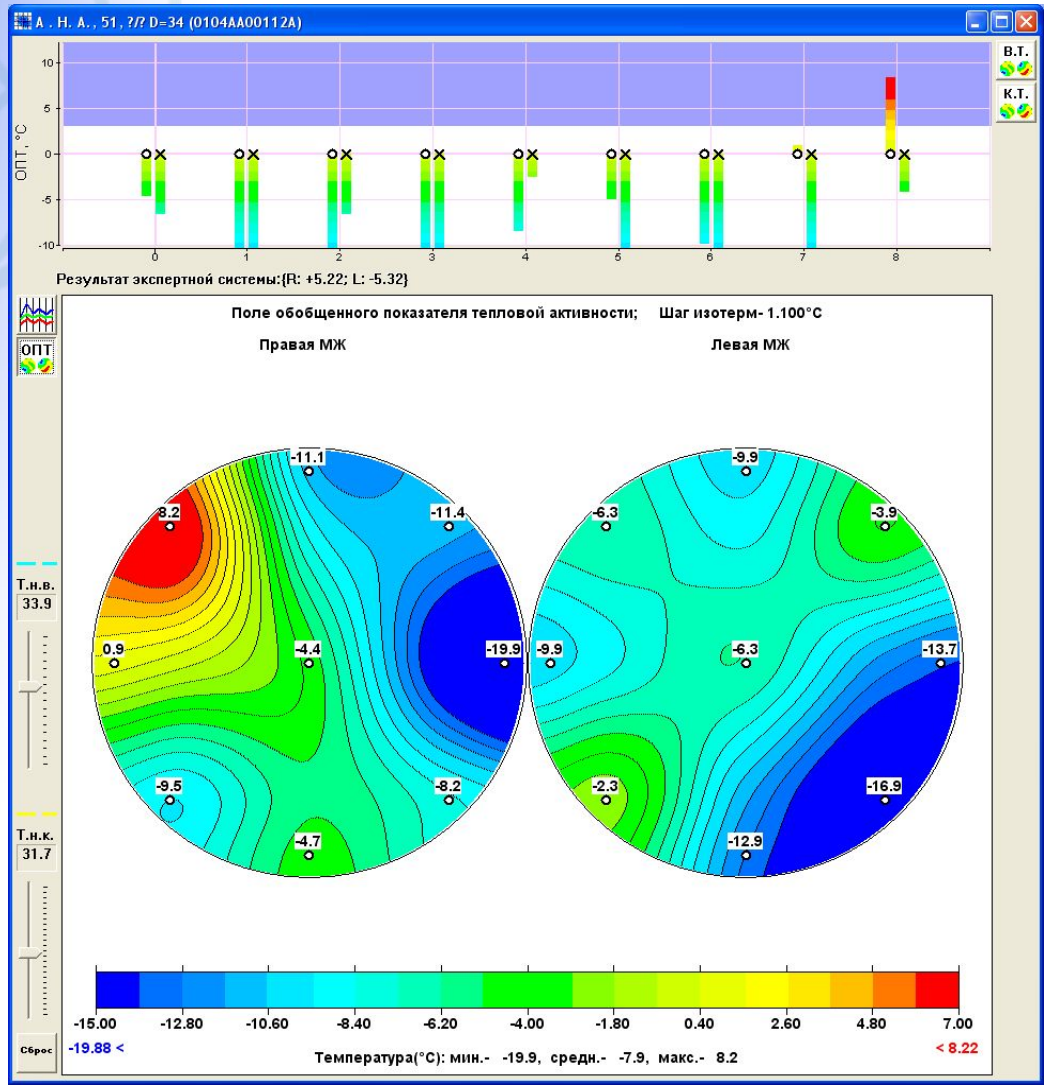




Поле пациентки Л. 35 лет.
Без патологий

Поле пациентки А. 37 лет.
Рак молочной железы

Экспертная система для выявления пациентов группы риска РМЖ



Основы микроволновой радиотермометрии

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

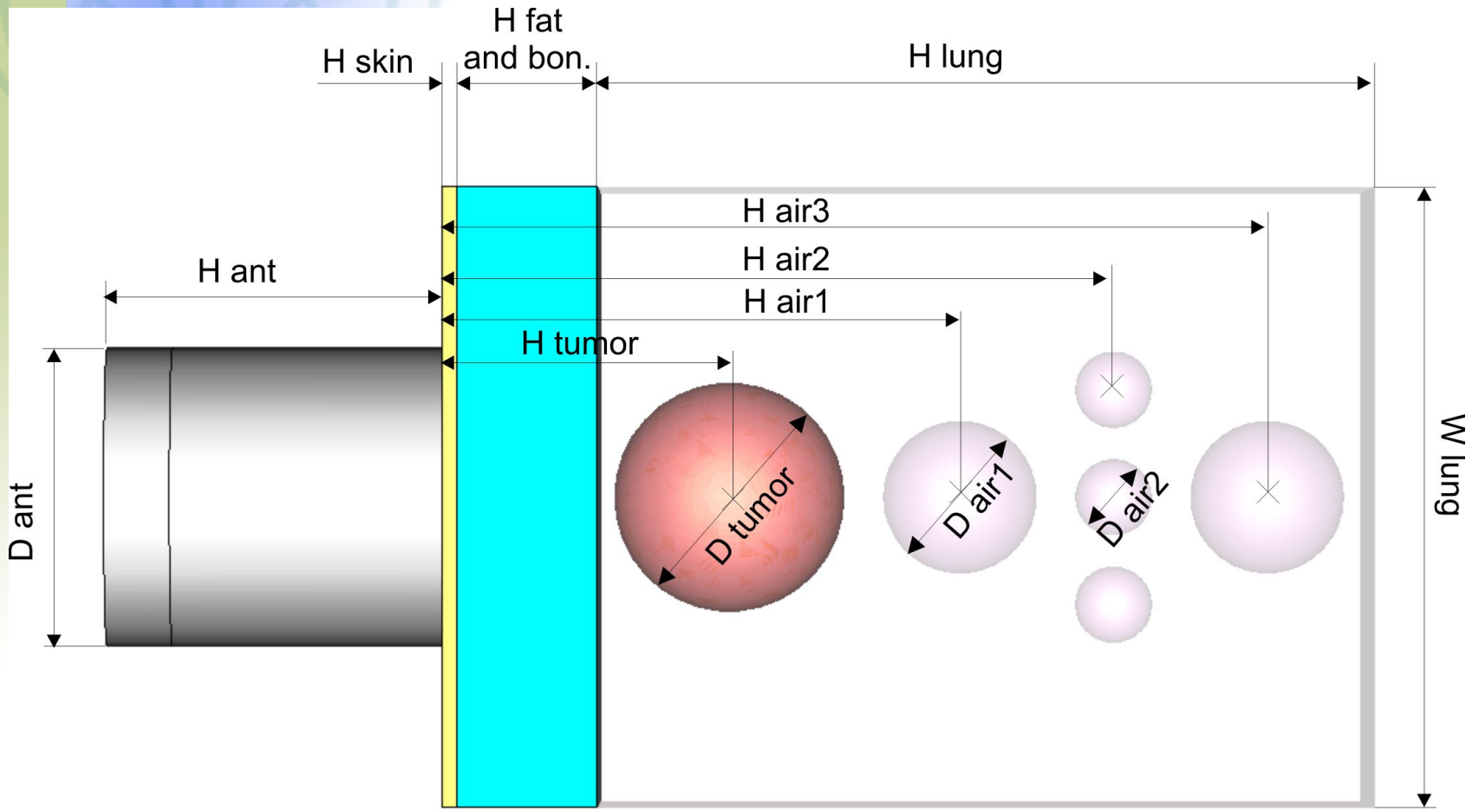
T(r)-Термодинамическая температура,
r-текущая координата
P(r)- Весовая радиометрическая функция

Fo= 3700 МГц

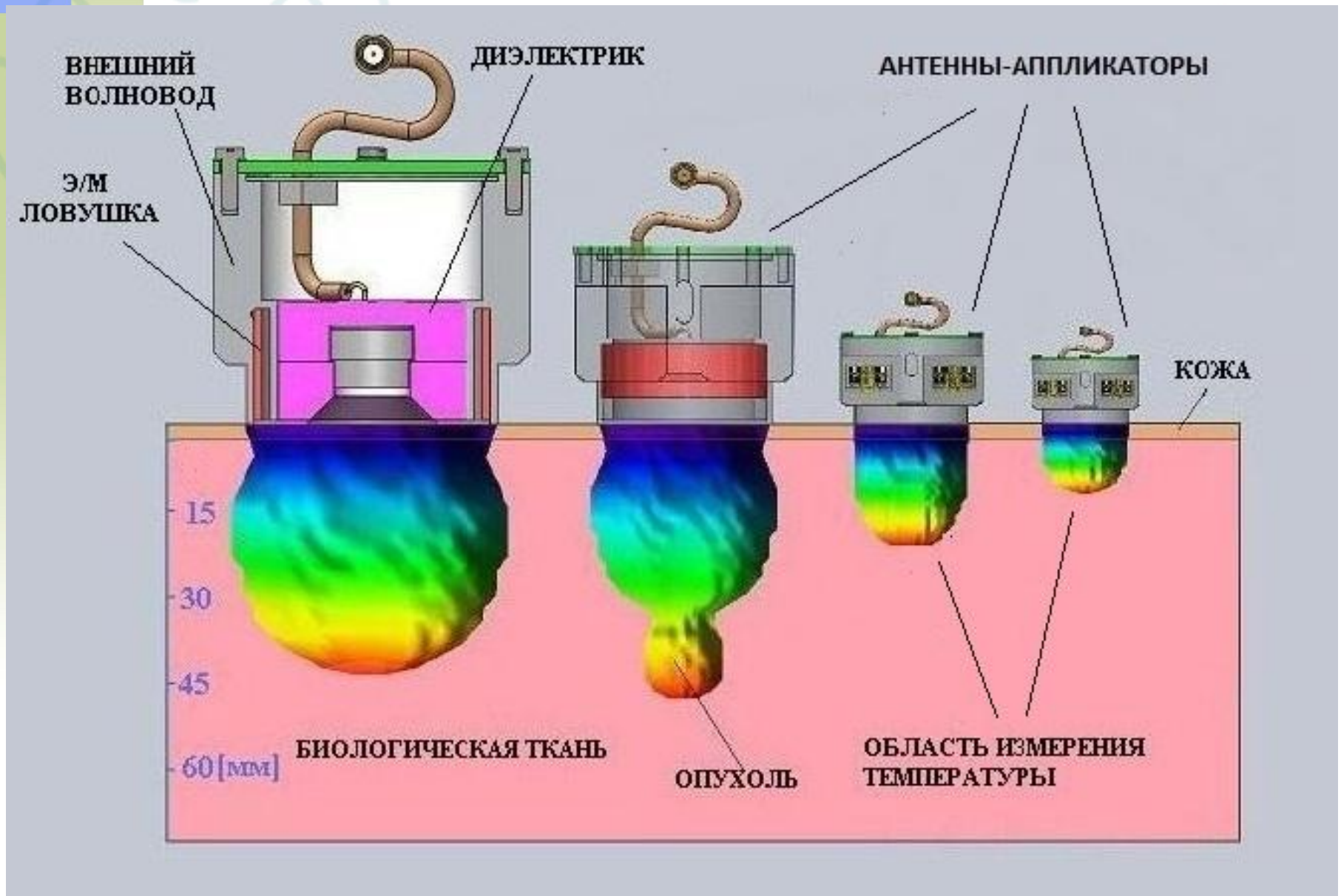
$\vec{E}(r)$ -Нормированный вектор электромагнитного поля антенны в режиме передачи

σ -Электропроводность тканей

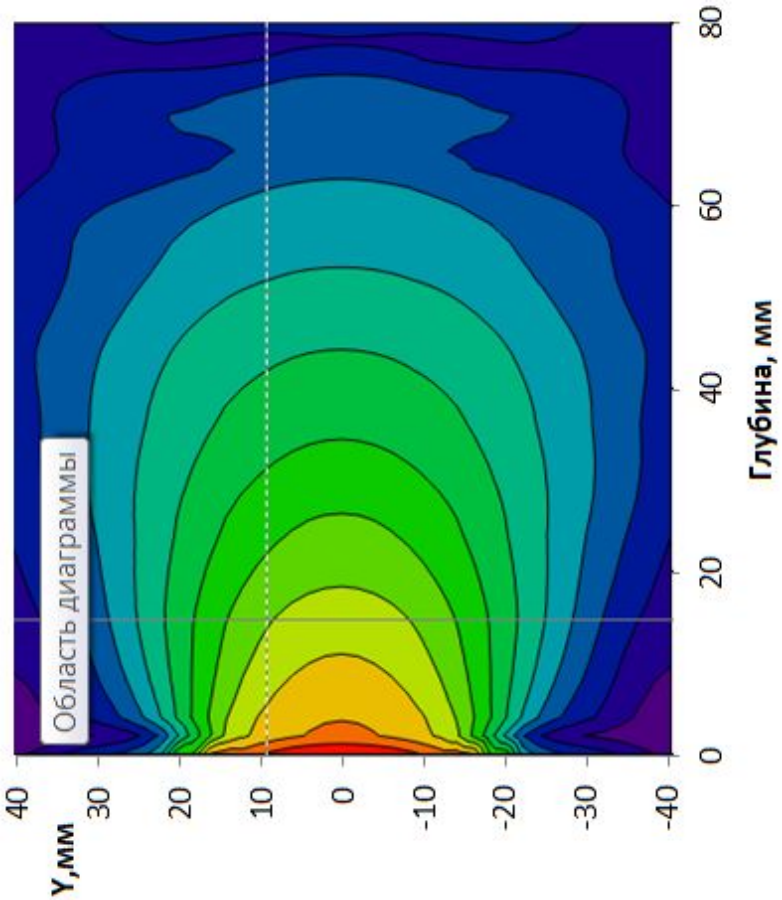
3D- электродинамическая модель

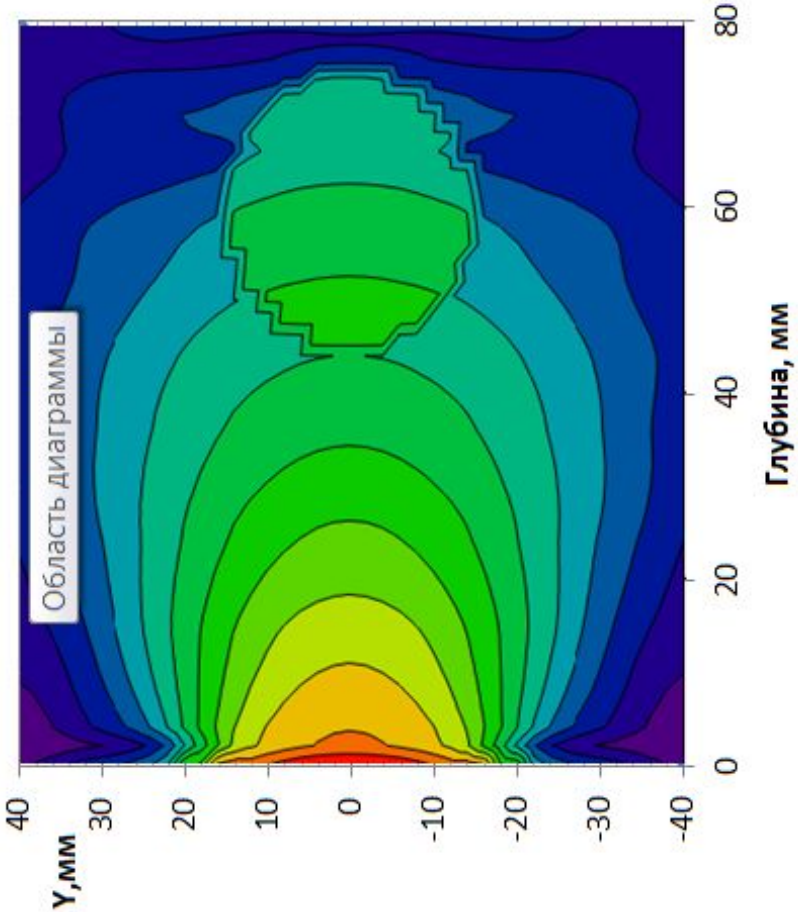


Область измерения внутренней температуры

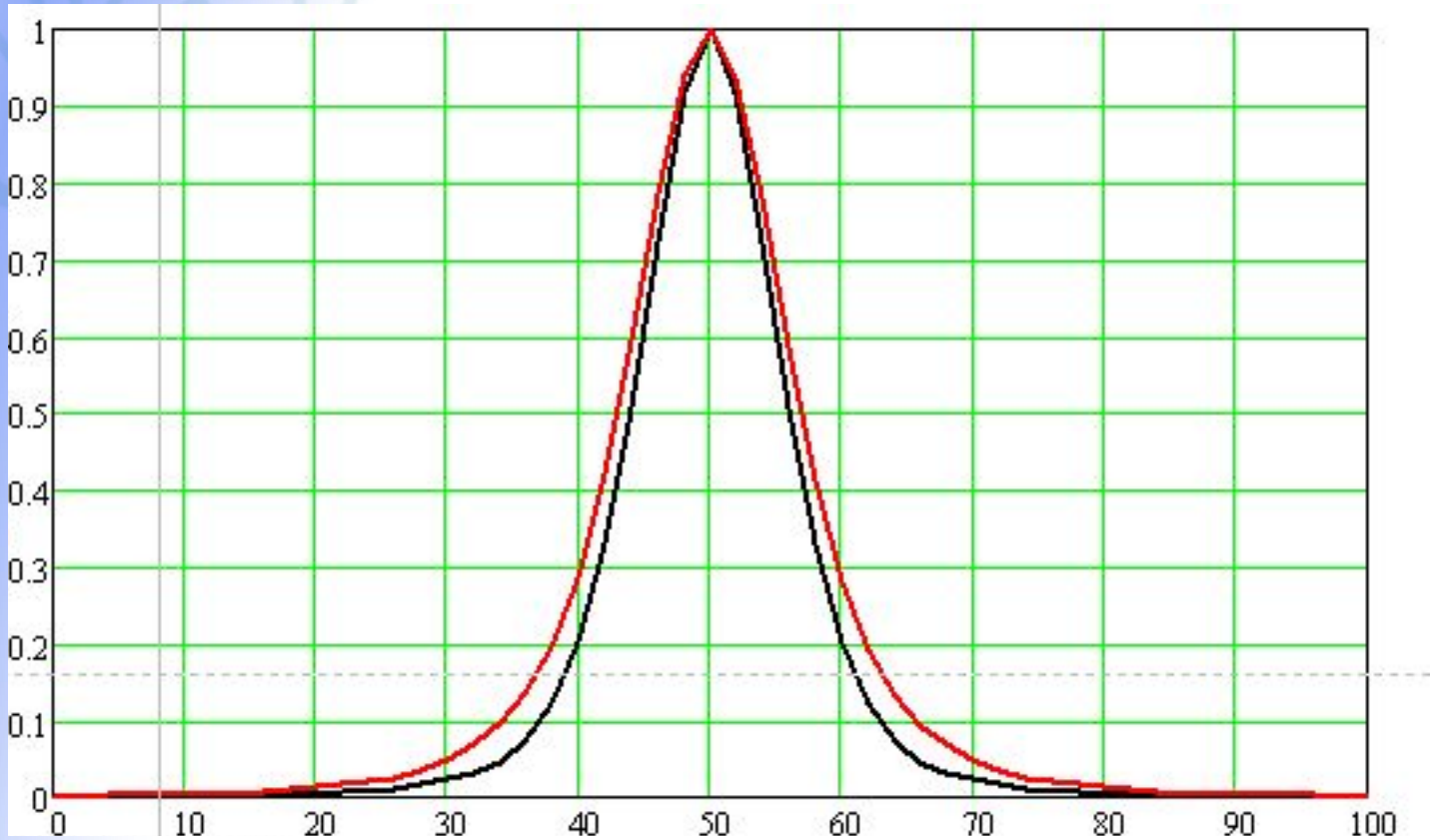


Весовая радиометрическая функция

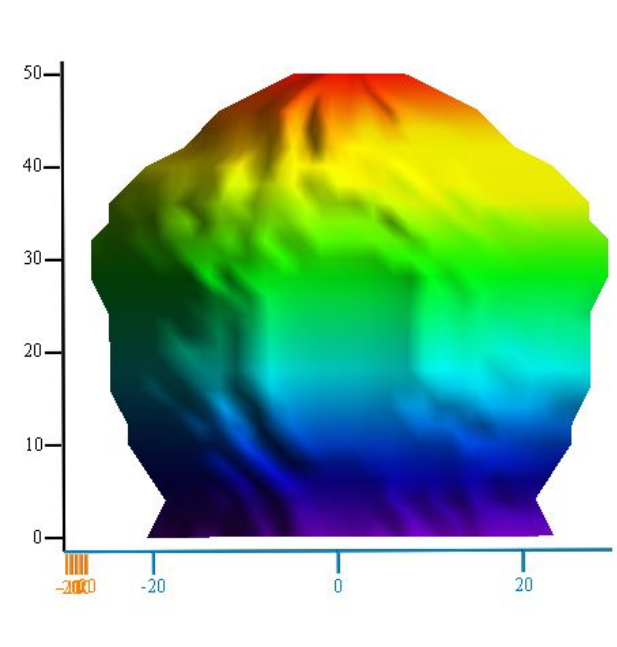




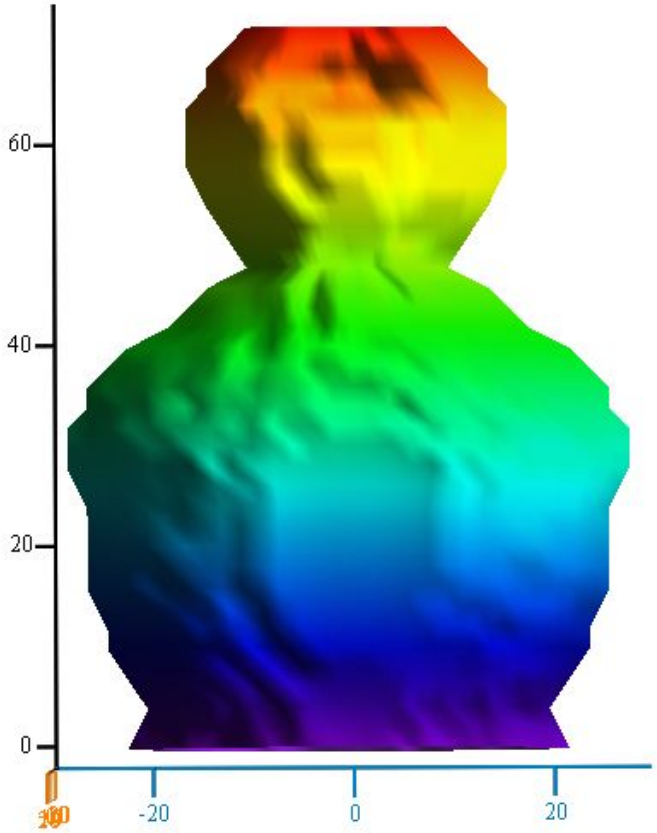
Распределение весовой радиометрической функции в плоскости E и H на глубине 10 мм



Область измерения внутренней температуры

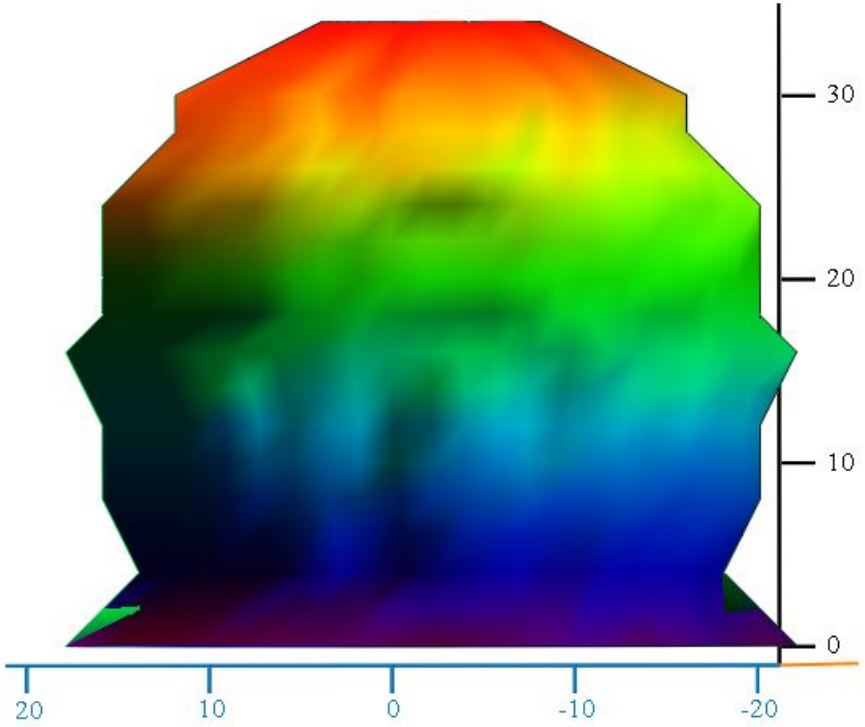


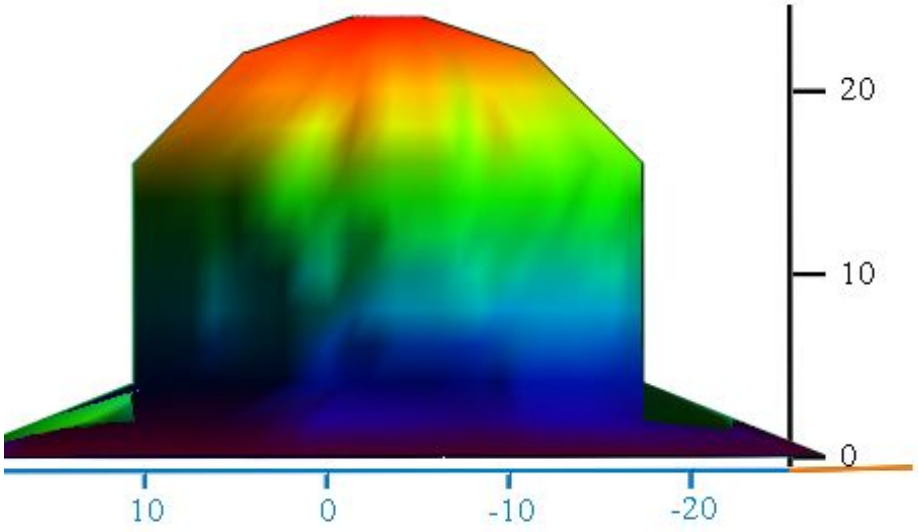
Без опухоли



Опухоль на расстоянии 6 см

Область измерения температуры для разных антенн



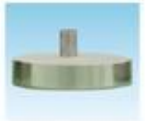


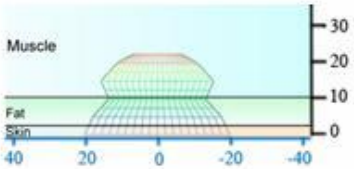
Диаграммы различных антенн

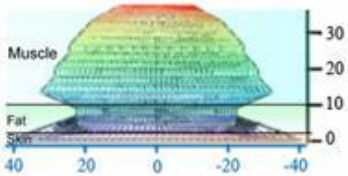
F=3.8GHz; D=38mm; H=45mm

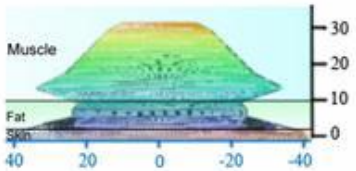
F=1.15Ghz; D=44mm; H=67mm

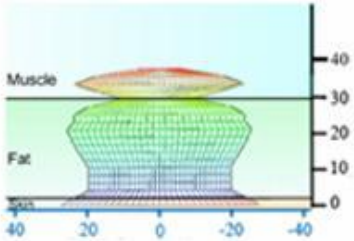
F=1.15Ghz; D=38mm; H=7.0mm

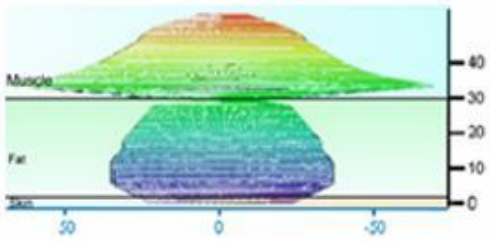


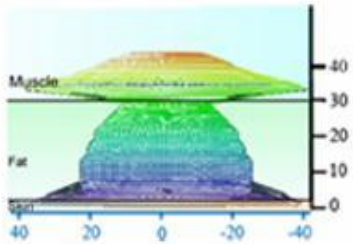


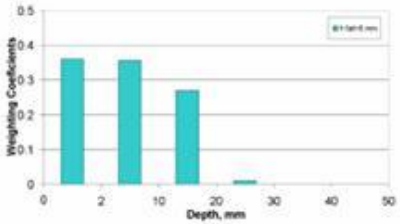


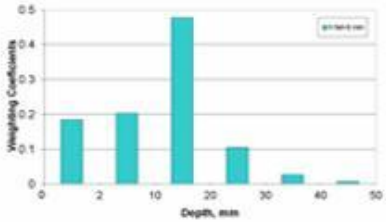


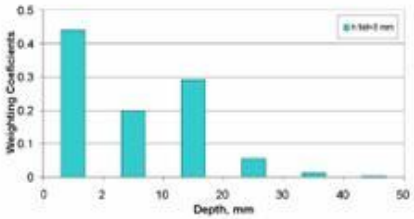




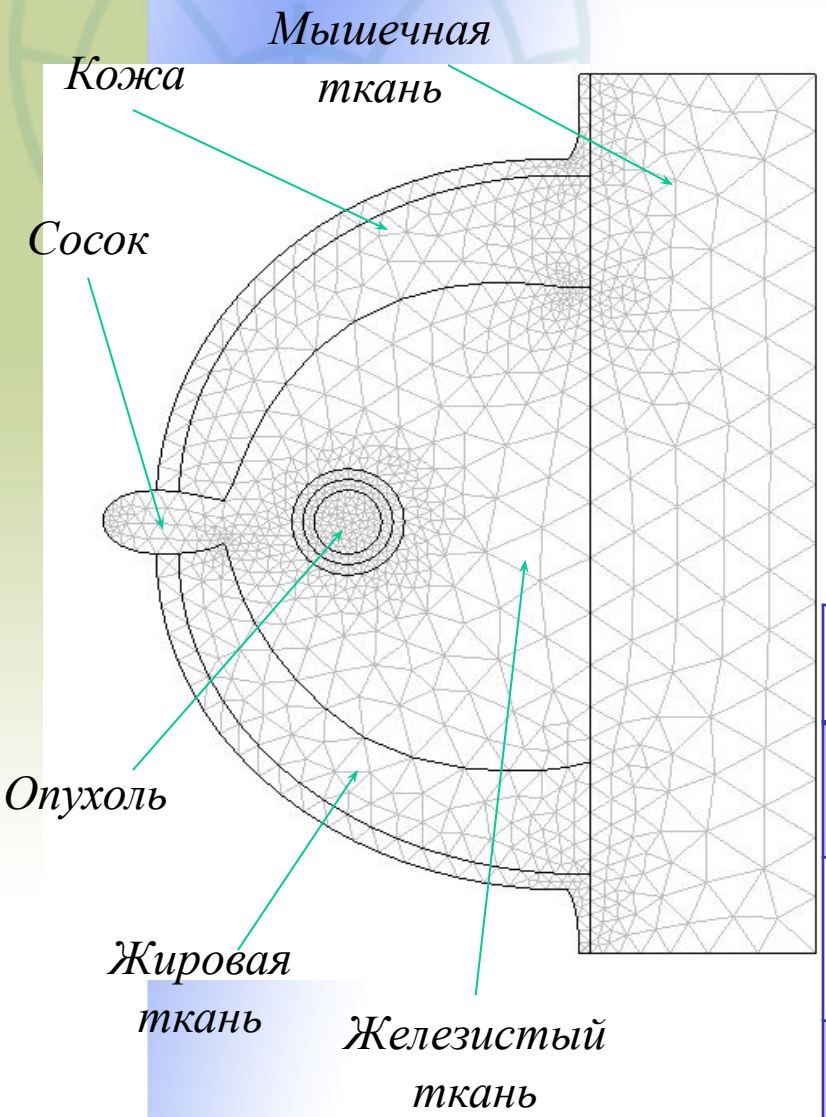








Математическое моделирование распределения температурного поля на основе решения уравнения теплопроводности биообъекта



Решение уравнений теплопроводности:

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

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

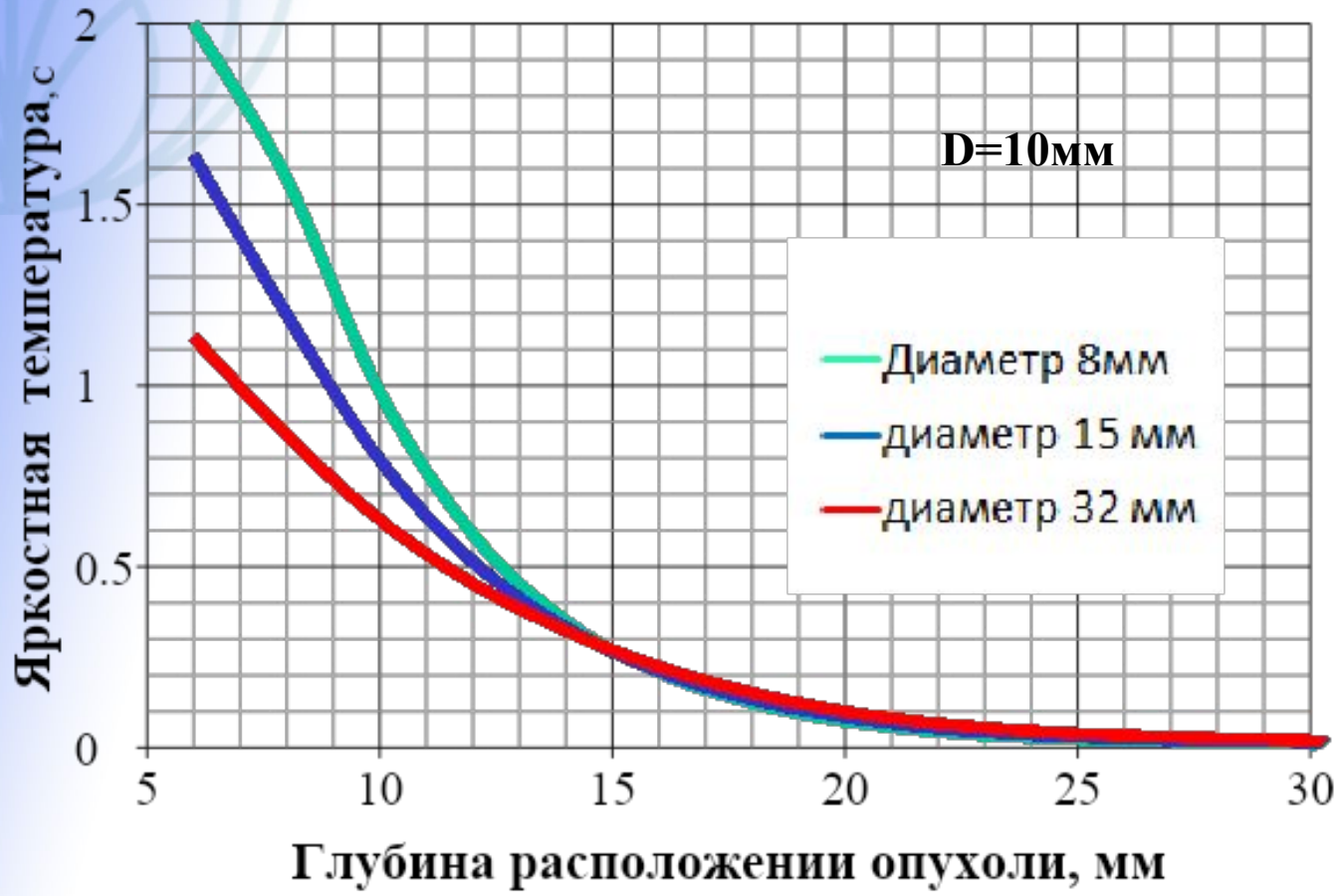
k – теплопроводность ткани [Вт/м*°С],
Q_{met} – удельное тепловыделение [Вт/м^2],
$\rho_b c_b \omega_b$ – параметры кровотока [Вт/м^3*°С],
T_b – температура артериальной крови [°С],
h_a – коэффициент теплообмена [Вт/м^2*°С],
T_a – температура окружающей среды [°С].

Таблица тепловых параметров биоткани

	Опухоль	Железистая ткань	Кожа	Жировая ткань	Мышцы
Удельное тепловыделение (*Qmet*, [Вт/м^2])	65400	700	1620	400	700
Параметры кровотока (*ρbcbώb*, [Вт/м^3*°С])	48000	2400	9100	800	2400
Теплопроводность (*k*,[Вт/м*°С])	0.511	0.3	0.376	0.21	0.55

Проанализировано около 30 различных моделей

Повышение яркостной температуры в зависимости от глубины расположения опухоли



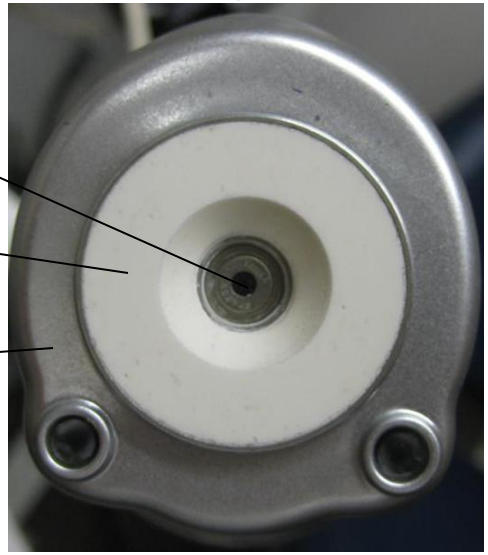
Различные типы антенн-аппликаторов

Миниатюрная антенна

Ректальный аппликатор

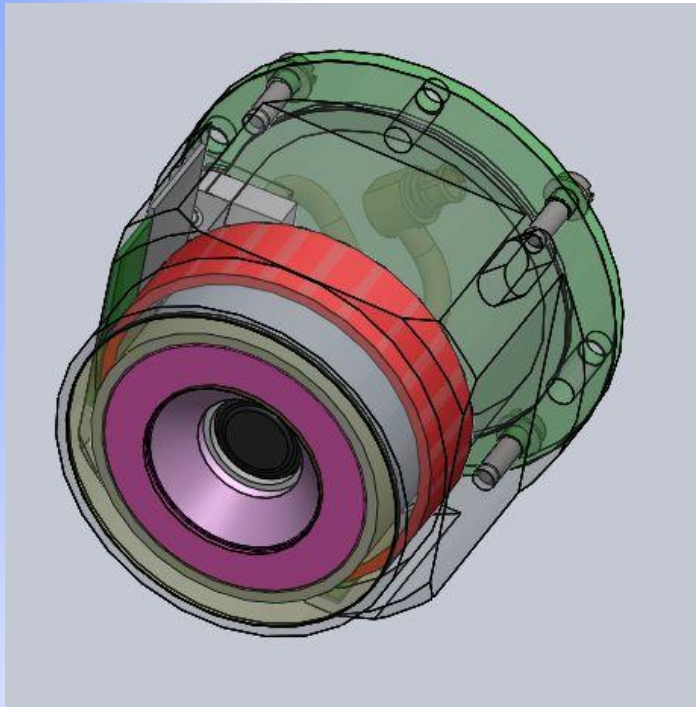
Вагинальный аппликатор

Двухдиапазонная антенна



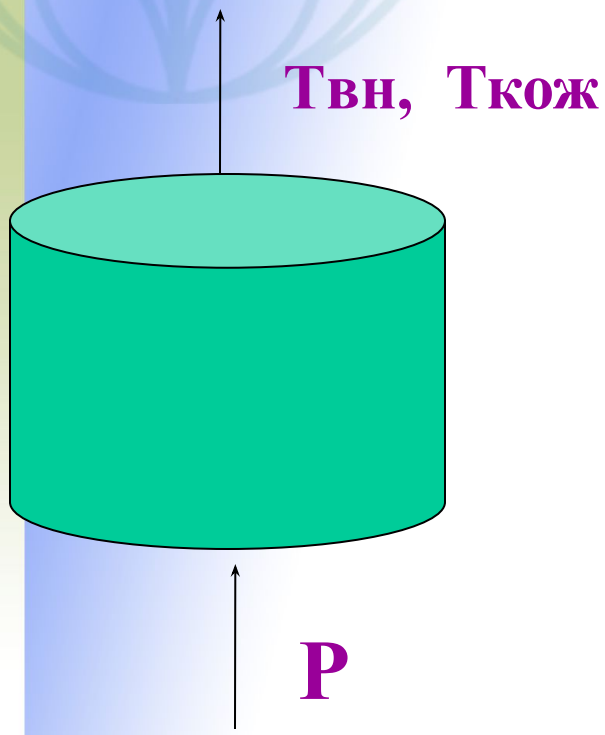
Полостной аппликатор

Двухдиапазонная антенна



Антенна диаметром 8 мм

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

Веснин Сергей Георгиевич

Спасибо за внимание