

# Тема: Радиоактивность. Элементы дозиметрии.

## лекция № 9

для студентов 1 курса, обучающихся по специальности  
31.05.01 – Лечебное дело

**К.п.н., доцент Шилина Н.Г.**  
Красноярск, 2020

# Цель лекции:

Ознакомить обучающихся с:

- понятием радиоактивности, видами радиоактивности;
- основами дозиметрии ионизирующего излучения
- способами защиты от проникающей радиации



# План лекции:

1. Радиоактивность. Виды радиоактивности.
2. Элементы дозиметрии.

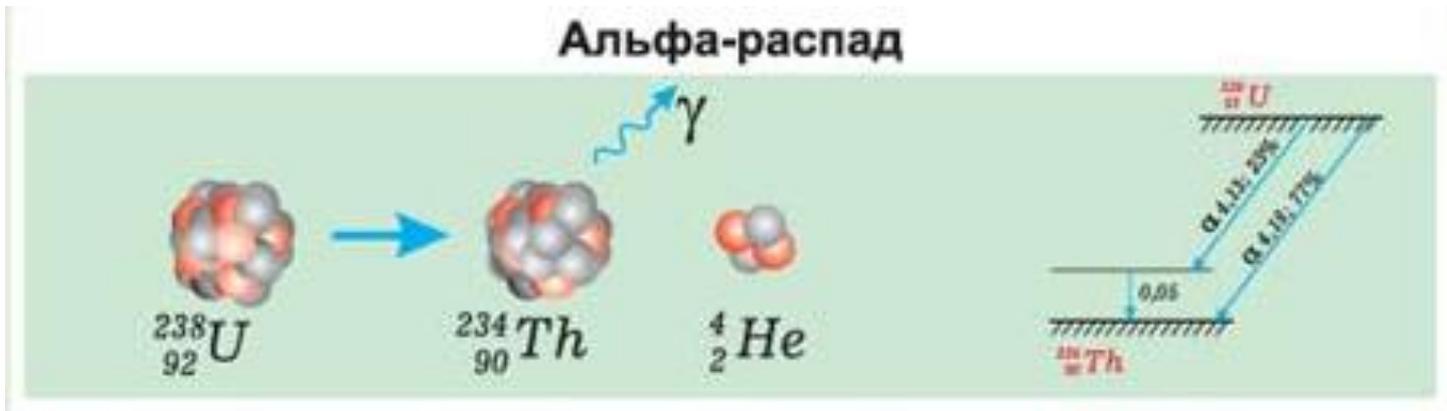
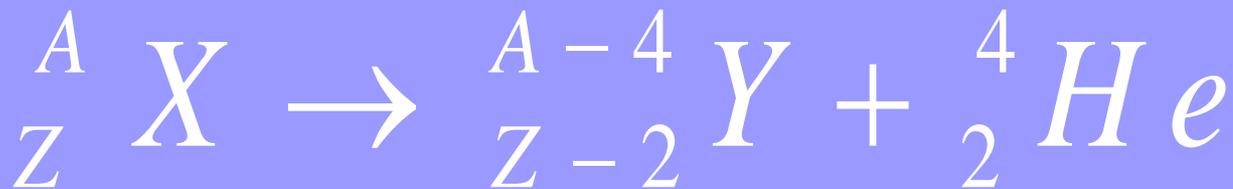
# Радиоактивность

– это самопроизвольный распад неустойчивых ядер с испусканием других ядер и элементарных частиц



# Виды радиоактивного распада:

## ■ Альфа – распад



# Бета – распад

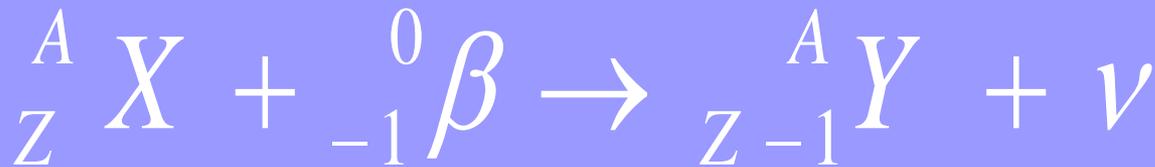
а) бета «-»



б) бета «+»

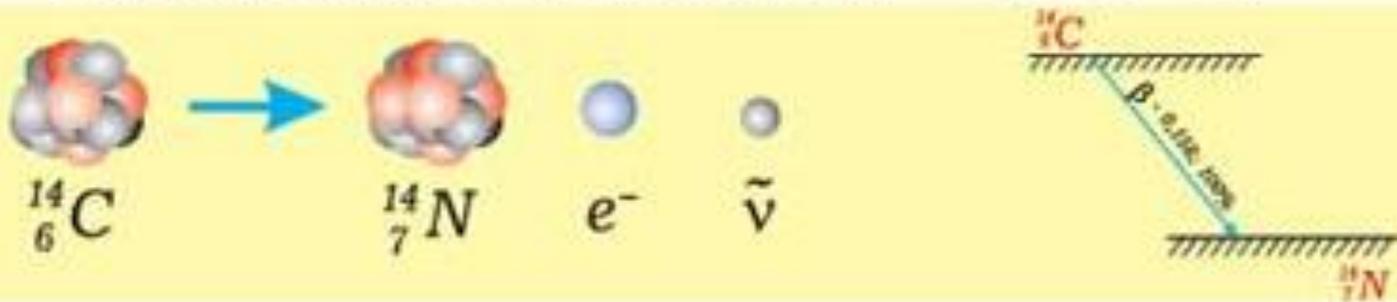


в) е – захват



# Бета – распад

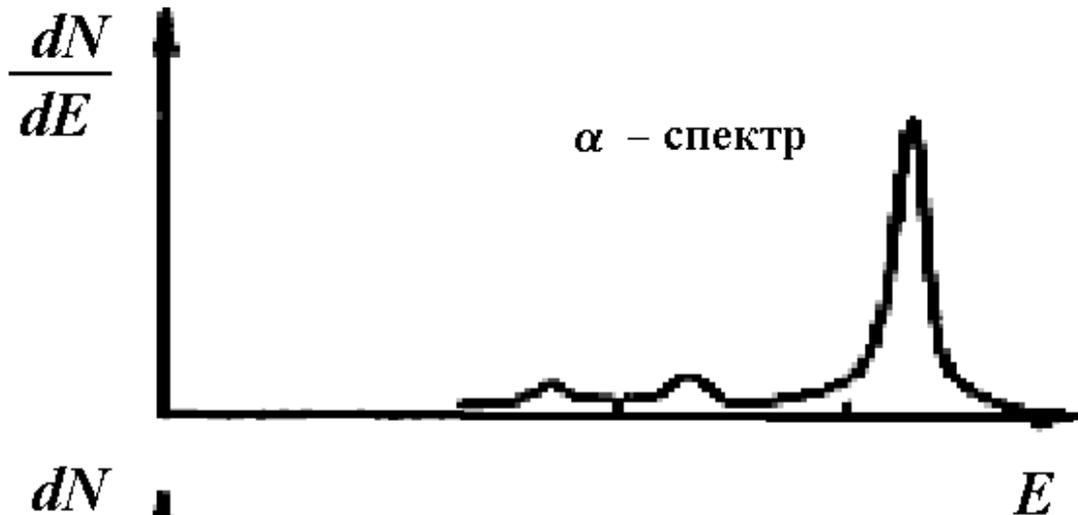
Электронный бета-распад ( $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$ )



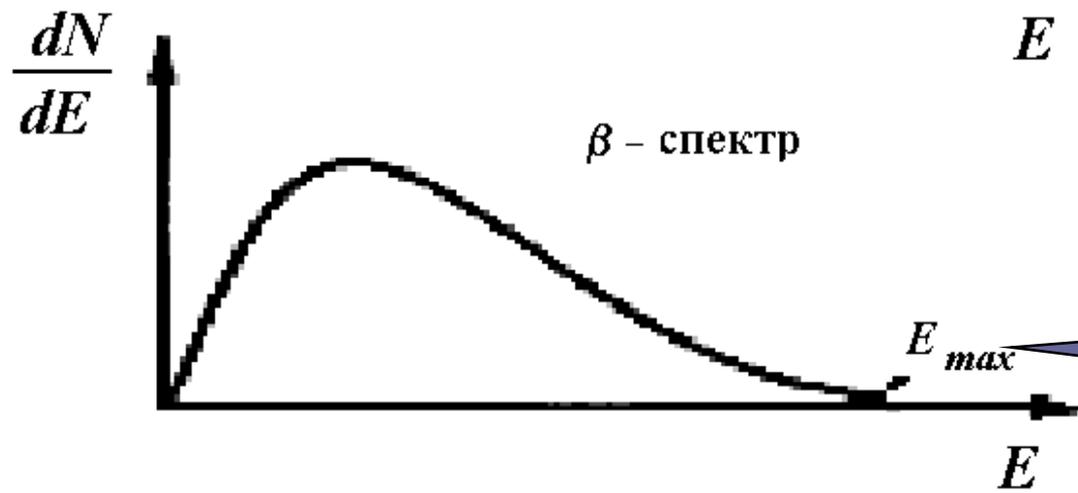
Позитронный бета-распад ( $p \rightarrow n + e^+ + \nu$ )



# Спектры альфа и бета распада



ДИСКРЕТНЫЙ



СПЛОШНОЙ

# ОСНОВНОЙ ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

Радиоактивный распад – статистическое явление.

$$dN = -\lambda \cdot N \cdot dt;$$

$N$  - общее число радиоактивных ядер

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda t$$

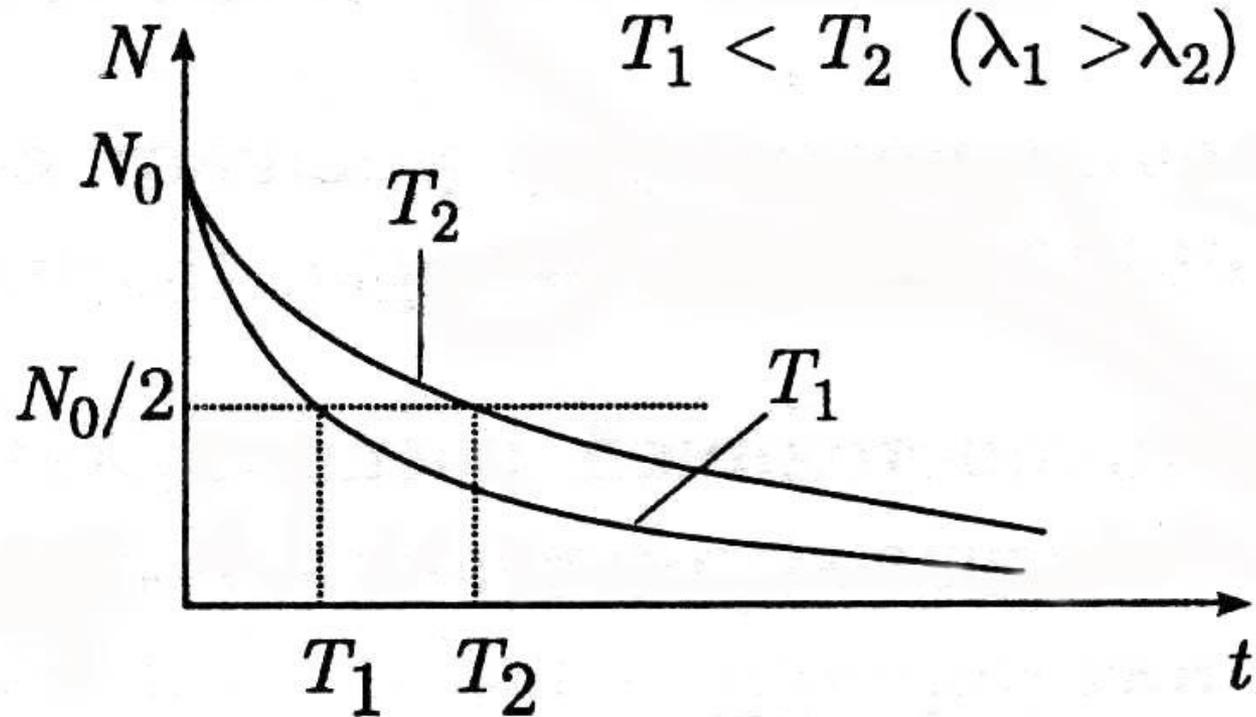
# ОСНОВНОЙ ЗАКОН РАДИОАКТИВНОГО РАСПАДА

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

Число **нераспавшихся** радиоактивных ядер убывает со временем по экспоненциальному закону

$\lambda$  - постоянная распада

# График закона радиоактивного распада



$$T = \ln 2 / \lambda = 0,69 / \lambda$$

$T$  – период полураспада

# АКТИВНОСТЬ

характеризует скорость распада.

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = \frac{N}{T} \ln 2$$

[A]= беккерель (Бк) = 1 распад/секунду

[A]= кюри (Ки)

$$1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ с}^{-1}$$

[A]= резерфорд (Рд); 1 Рд =  $10^6$  Бк

# Взаимодействие с веществом

<b>Характеристики</b>	<b><i><math>\alpha</math>- излучение</i></b>	<b><i><math>\beta</math>- излучение</i></b>
Скорость, см/с	$2 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{10}$
Энергия, МэВ	7	0,01 — 3
Пробег (воздух)	2 — 9 см	10 — 1000 см
Пробег (ткань)	0,01 см	1 — 1,5 см
Плотность ионизации (пар ионов/см )	$50 \cdot 10^3$	40-50

# Элементы дозиметрии

- Доза излучения (поглощенная доза) – отношение энергии, переданной веществу, к его массе.

$$D = \frac{E}{m}$$

$$[D] = \frac{\text{Дж}}{\text{кг}} = 1 \text{ Грей (Гр)}$$

$$1 \text{ рад} = 10^{-2} \text{ Гр}$$

$$\left[ \frac{D}{t} \right] = \frac{\text{Гр}}{\text{с}}$$

# Элементы дозиметрии

- **Экспозиционная доза  $X$**  – мера ионизации воздуха рентгеновским или гамма-излучением

$$[X] = \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$$

$$\left[ \frac{X}{t} \right] = \frac{\text{А}}{\text{кг}}$$

**1 рентген** – экспозиционная доза рентгеновского или гамма-излучения, при которой в результате полной ионизации  $1\text{см}^3$  сухого воздуха при н.у. образуются ионы, несущие заряд, равный 1 ед.СГС каждого знака.

$$1\text{Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}; \quad D = fX$$

# Эквивалентная доза

Позволяет сравнивать биологические эффекты, вызванные различными радиоактивными излучениями

## **К – коэффициент качества (ОБЭ)**

показывает во сколько раз эффективность биологического действия данного вида излучения больше, чем рентгеновского или гамма-излучения.

$$H = KD [H] = \text{Зиверт (Зв)} \quad 1\text{бэр} = 0,01 \text{ Зв}$$

## Единицы измерения мощности доз:

$$\frac{\text{Гр}}{\text{с}} ; \frac{\text{Рад}}{\text{с}} ;$$

$$\frac{\text{А}}{\text{с}} ; \frac{\text{Р}}{\text{с}} ; \frac{\text{Зв}}{\text{с}} ; \frac{\text{Бэр}}{\text{с}}$$

ДЗ составляет **5 Бэр в год**

Минимальная летальная доза  
гамма–излучения **600 Бэр**

# ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ

$$P = \frac{k_{\gamma} A}{R^2}$$

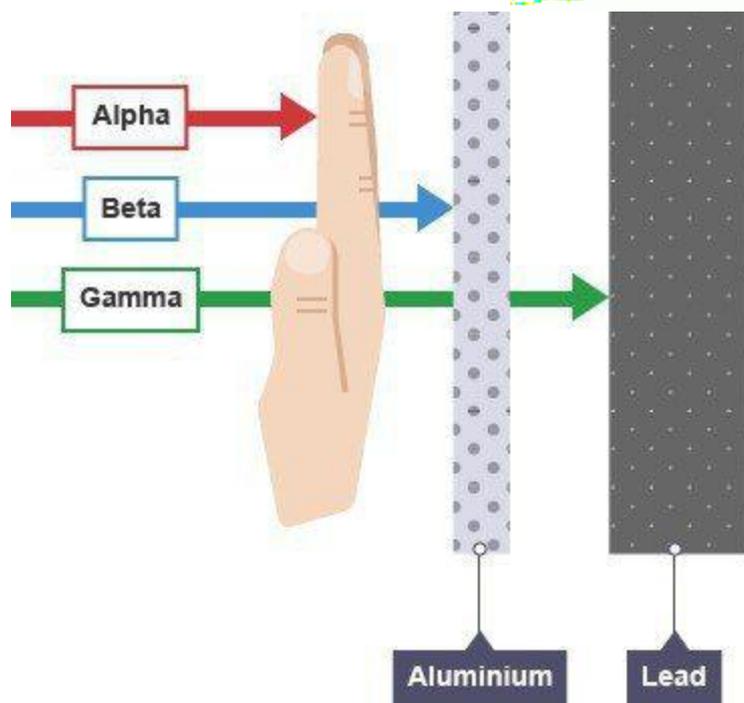
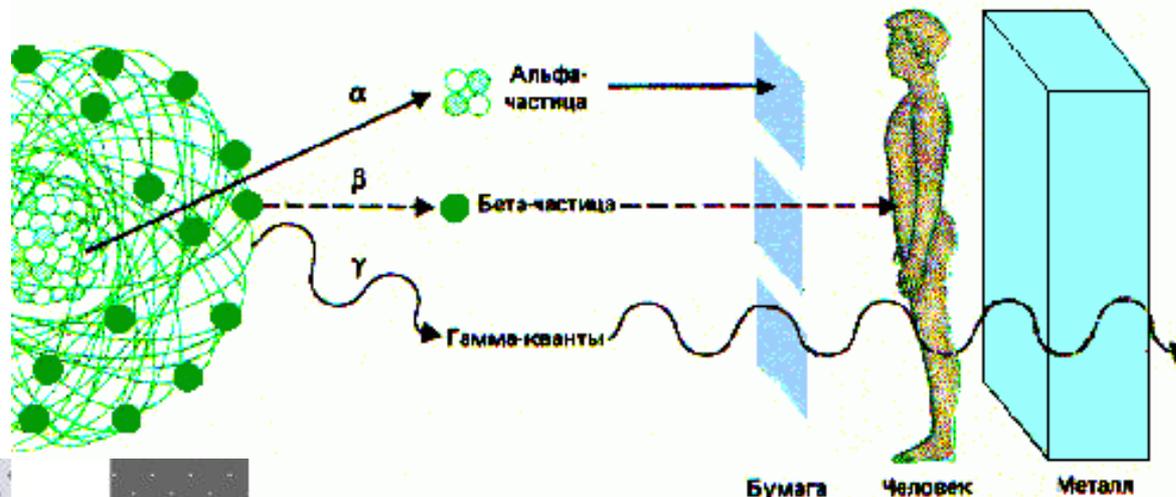
где  $P$  – мощность дозы;

$A$  – активность препарата;

$R$  – расстояние от источника излучения  
до места воздействия;

$k_{\gamma}$  – постоянная радиоактивного изотопа.

# Проникающая способность



# Зависимость коэффициента качества от вида радиоактивного излучения

<b>Вид излучения</b>	<b>K</b>
Рентгеновское, $\gamma$ – , $\beta$ – излучения	<b>1</b>
Тепловые нейтроны (до 0,01эВ)	<b>3</b>
Нейтроны (5 МэВ)	<b>7</b>
Нейтроны (0,5 МэВ), протоны	<b>10</b>
$\alpha$ – излучение	<b>20</b>

# Соотношения между единицами доз

Доза	СИ	Внесистемные
Поглощенная	Дж/кг=Гр 1Гр = 100 рад	рад 1 рад = 0,01 Гр
Мощность поглощенной	Вт/кг=Гр/с	рад/с
Экспозиционная	Кл/кг Кл/кг=3876 Р	Р(рентген) 1 Р=2,58 · 10 <sup>-4</sup> Кл/кг
Мощность экспозиционной	Кл/(кг·с) = А/кг (ампер на кг)	Р/с
Эквивалентная	Дж/кг=Зв 1Зв = 100 бэр	бэр 1 бэр = 0,01 Зв
Мощность эквивалентной	Зв/с=Дж/(кг·с)	бэр/с

# Предельно допустимая доза (ПДД)

Предельно допустимая эквивалентная  
доза за год:

*для взрослого населения*

$$0,5 \text{ бэр/год} = 5 \text{ мЗв/год};$$

*для детей, беременных женщин*

$$0,17 \text{ бэр/год} = 1,7 \text{ мЗв/год};$$

*для профессионалов*

$$5,0 \text{ бэр/год} = 50 \text{ мЗв/год}.$$

## Естественные источники радиации



Внутреннее облучение, обусловленное естественными изотопами в тканях организма

Средняя общая эквивалентная доза облучения человека от естественных источников радиации равна **2 мЗв/год** или **0,2 бэр/год**

## Предельно допустимые эквивалентные дозы облучения

Для профессионалов	за год	→ 50 мЗв (5 бэр)
Для ограниченной части населения	за год	→ 5 мЗв (0,5 бэр)
	за 70 лет	→ 350 мЗв (35 бэр)

## Предельно допустимая мощность экспозиционной дозы

Для профессионалов (1700 рабочих часов в год): 30 мкЗв/час (3 мбэр/час)\*

\* Мощности экспозиционной дозы 3 мбэр/час для рентгеновского и гамма-излучения соответствует экспозиционная доза 3 мР/час

## Опасные дозы однократного общего облучения

Гибель отдельных клеток крови и половых клеток:	0,1-0,5 Зв (10-50 бэр)
Нарушения в работе кроветворной системы:	0,5-1,0 Зв (50-100 бэр)
Острая лучевая болезнь (≈50% смертельных исходов):	3-5 Зв (300-500 бэр)

# Дозиметрические приборы

радиометр — прибор для измерения активности или концентрации радиоактивных изотопов.



# ***Рентгенометр***

***рентгенометр*** — прибор для измерения экспозиционной дозы рентгеновского и гамма-излучения; детектором является ионизационная камера; заряд, протекающий в цепи камеры, пропорционален экспозиционной дозе, а сила тока — ее мощности.



# Заключение:

В лекции рассмотрены:

- понятие радиоактивности, виды радиоактивности;
- дозиметрия ионизирующего излучения
- способы защиты от проникающей радиации

# Тест-контроль

**Установите правильную последовательность**

Альфа-распад имеет \_\_\_\_ спектр, а бета-распад \_\_\_\_ спектр.

1. сплошной
2. линейчатый.

# РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

## Обязательная:

- Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика: учебник. -М.: ГЭОТАР-Медиа, 2012..-

## Дополнительная:

- Федорова В.Н., Е. В. Фаустов. Краткий курс медицинской и биологической физики с элементами реабилитологии: учебное пособие. -М.:ГЭОТАР-Медиа,2010 .-
- Антонов В.Ф., А. М. Черныш, Е. К. Козлова [и др.] Физика и биофизика. Курс лекций: учебное пособие.-М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008.-
- Ремизов А.Н., Максина А.Г. Сборник задач по медицинской и биологической физике: учеб. пособие для вузов. М. : Дрофа, 2010.
- Руководство к лабораторным работам по медицинской и биологической физике для самост. работы студентов /сост. О.Д. Барцева и др. Красноярск: Литера-принт, 2009.-
- Сборник задач по медицинской и биологической физике: учебное пособие для самост. работы студентов / сост. О.П.Квашнина и др. -Красноярск: тип.КрасГМА, 2007.-
- Физика. Физические методы исследования в биологии и медицине: метод. указания к внеаудит. работе студентов по спец. – педиатрия / сост. О.П.Квашнина и др. -Красноярск: тип.КрасГМУ, 2009.-

## Электронные ресурсы:

- ЭБС КрасГМУ
- Ресурсы интернет
- Эдельман Е.Д. Физика с элементами биофизики. [Электронный ресурс] : учебник. - Режим доступа: <http://www.studmedlib.ru/ru/book/ISBN9785970425244.h>



Красноярский  
Государственный  
Медицинский  
Университет  
им. проф.  
В.Ф.Войно-Ясенецкого



**БЛАГОДАРЮ  
ЗА ВНИМАНИЕ**