

Multi-energy radiography, physical principles, applications.

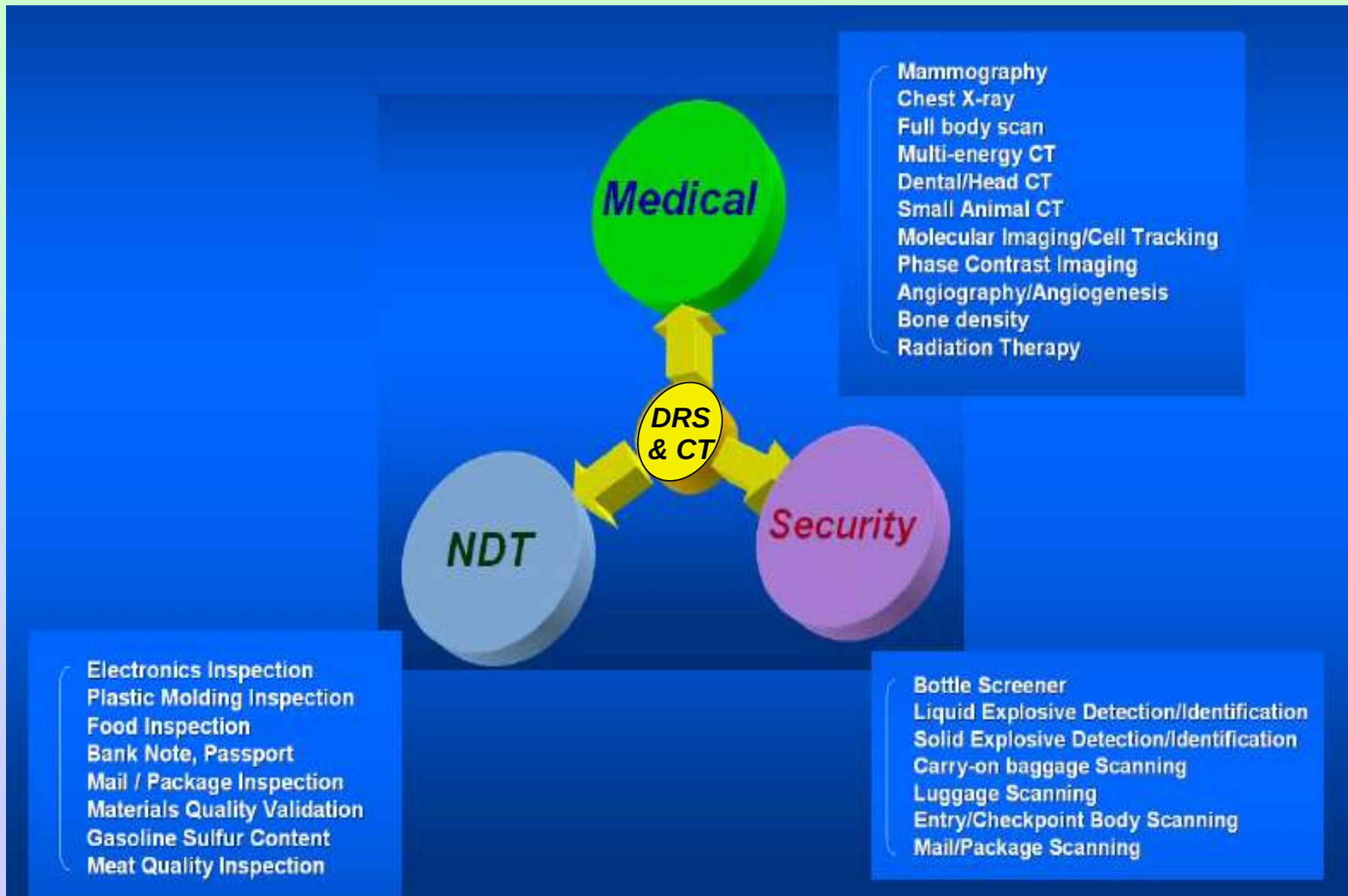
V. Ryzhikov, O. Opolonin

Institute for Scintillation Materials, Kharkov

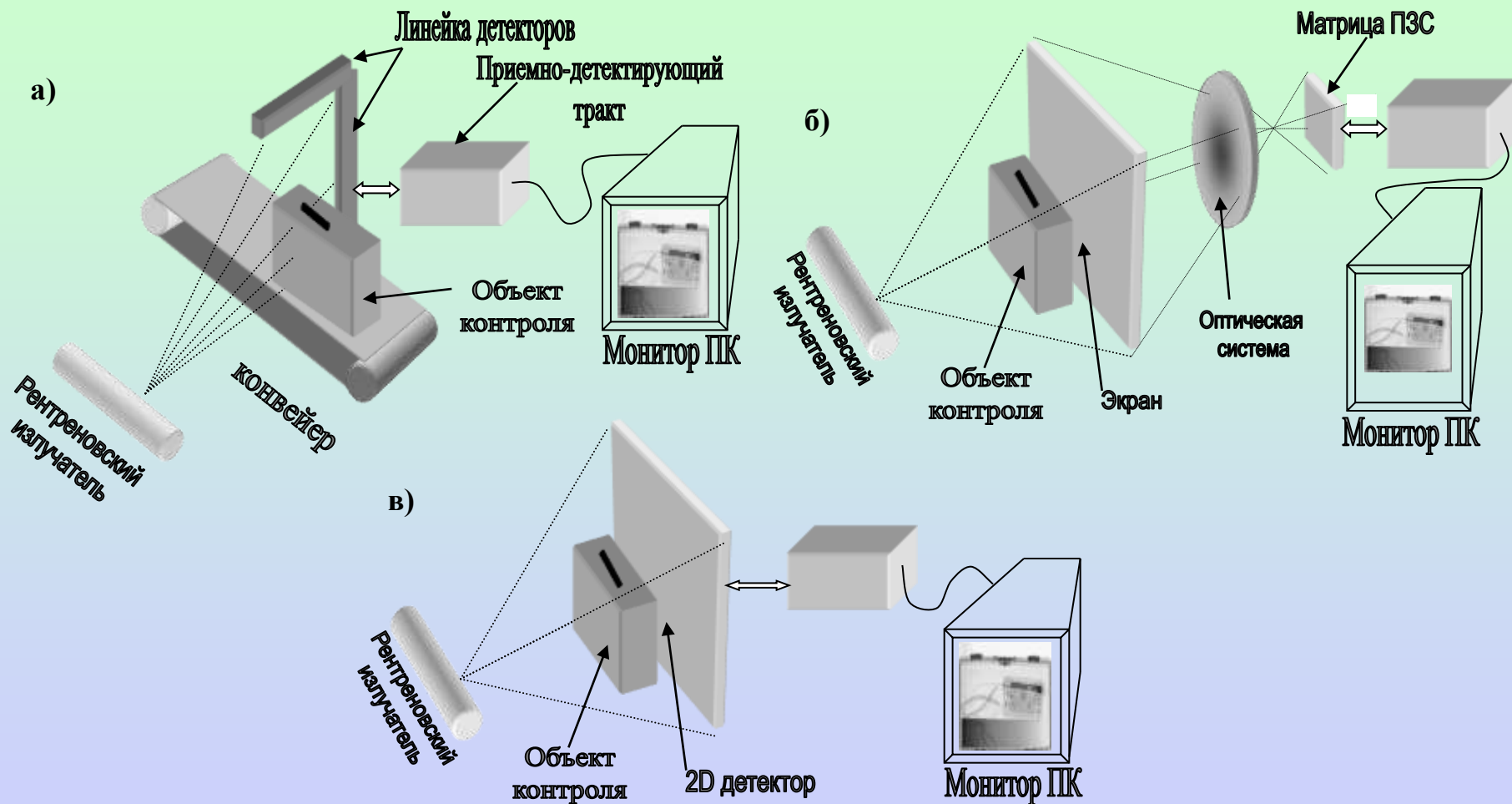
План доклада

1. Примеры существующих цифровых радиографических систем (ЦРС) для различных областей применения
2. Мультиэнергетическая радиография (физические основы).
3. Пример получения радиографических изображений в трех энергетических диапазонах.

Области применения ЦРС & КТ

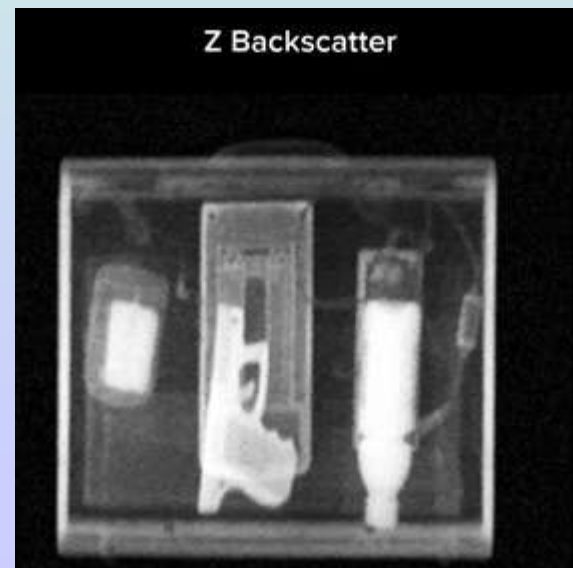
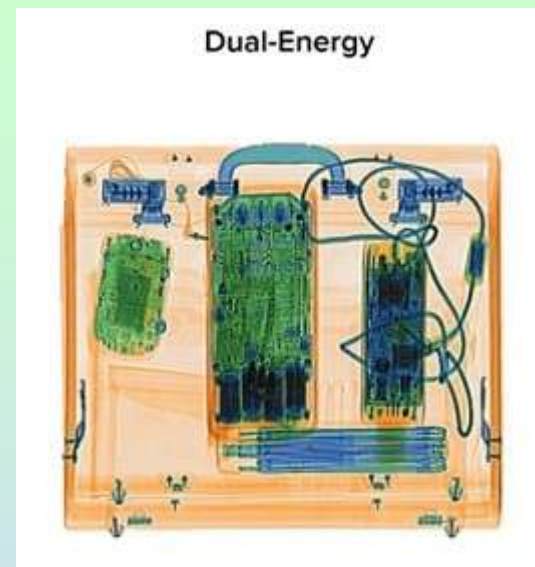
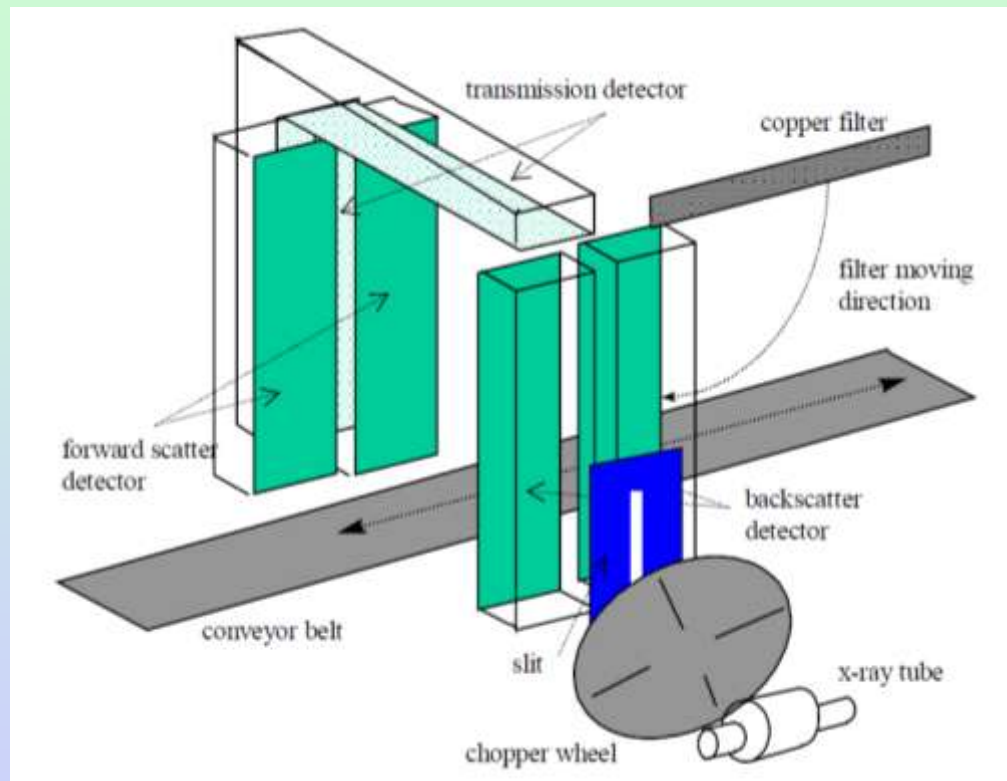


Цифровые радиографические системы (ЦРС) (варианты реализации)



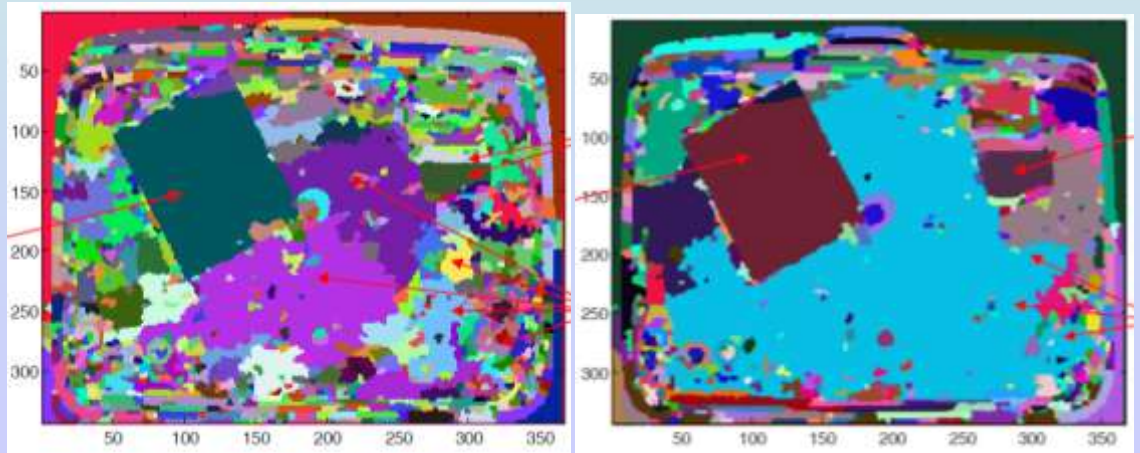
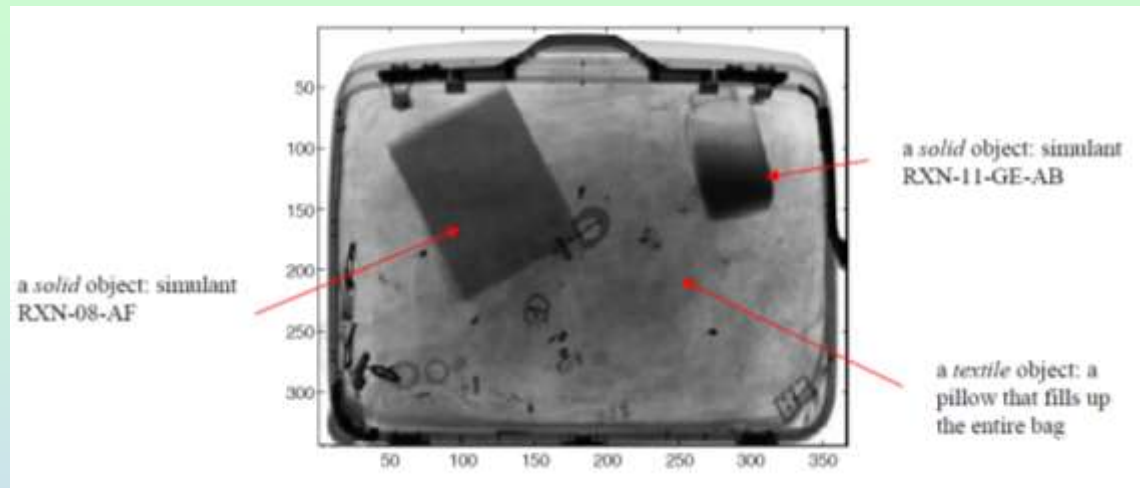
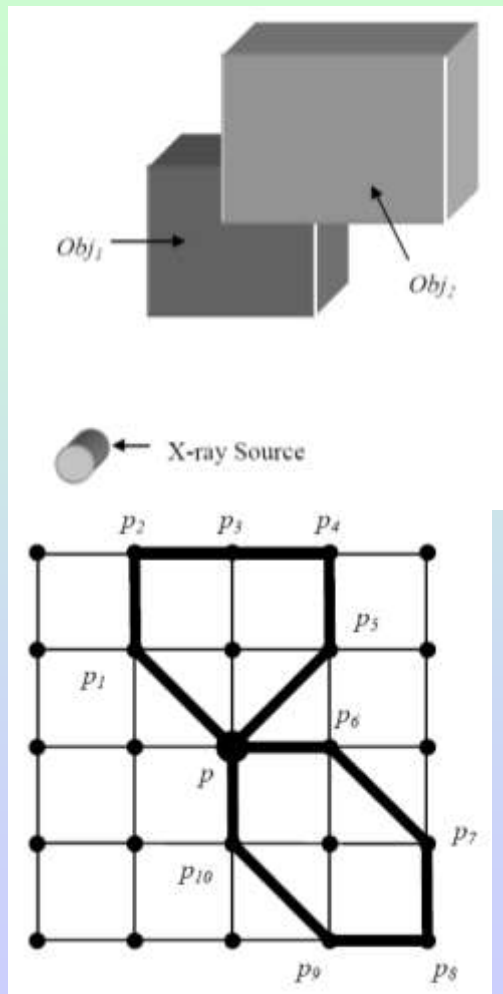
Принцип работы ЦРС с линейкой детекторов (а), люминесцентным экраном (б),
матричным детектором (в)

ЦРС для таможенного контроля



ЦРС для таможенного контроля

использование математических методов, для анализа
перекрывающихся объектов

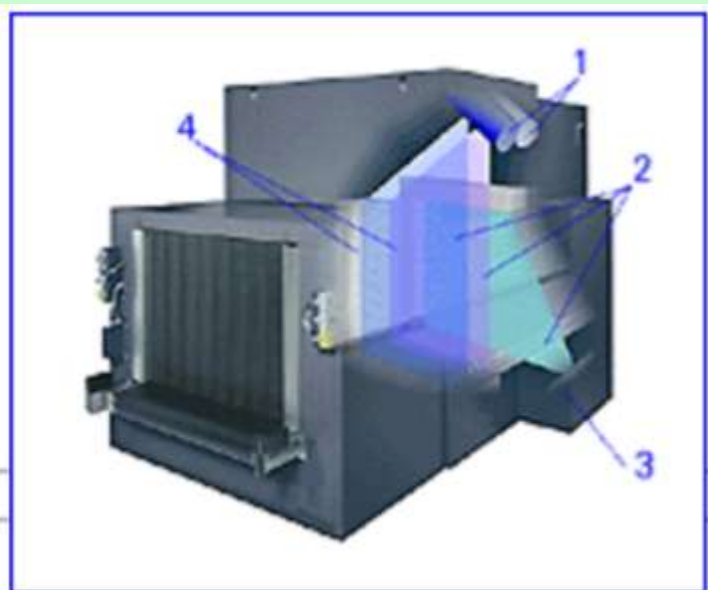


(Qiang Lu Aug 1999, Blacksburg, Virginia)

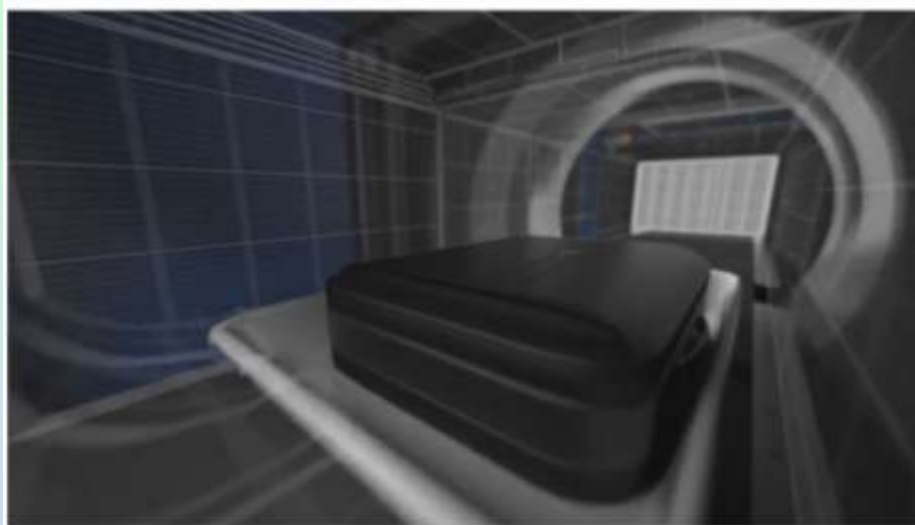
ЦРС для таможенного контроля

эволюция от одноракурсных систем к томографическим

CTiX



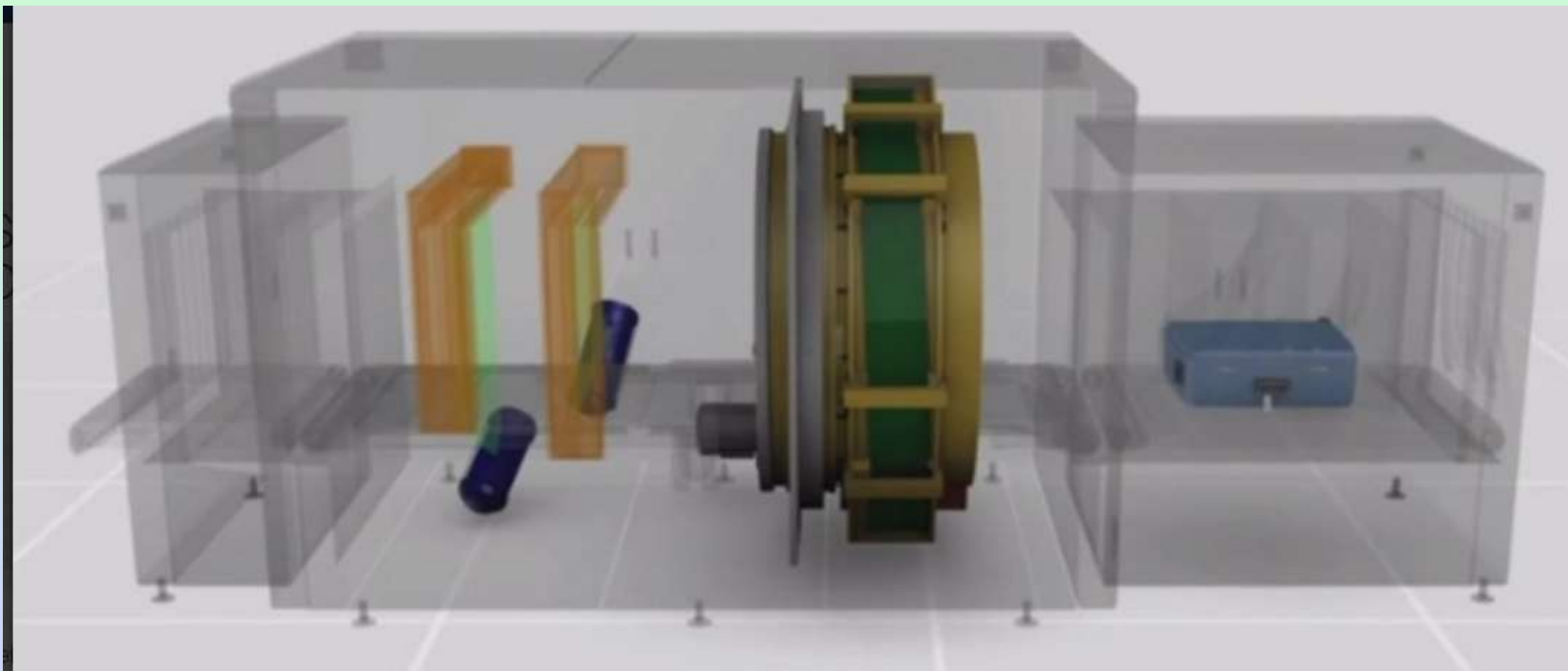
- 1 - vertical X-ray generators
- 2 - fan shaped X-ray beams
- 3 - horizontal X-ray generator
- 4 - vertical detector lines



www.smithsdetection.com

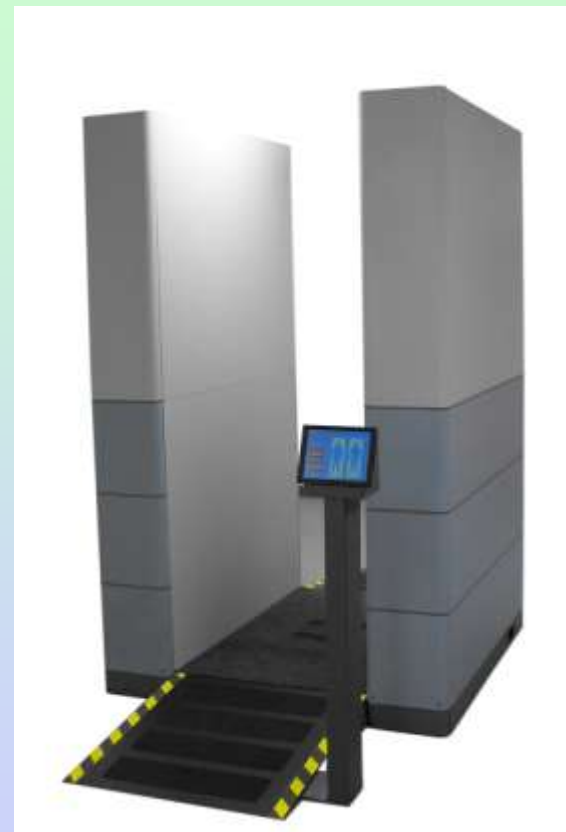
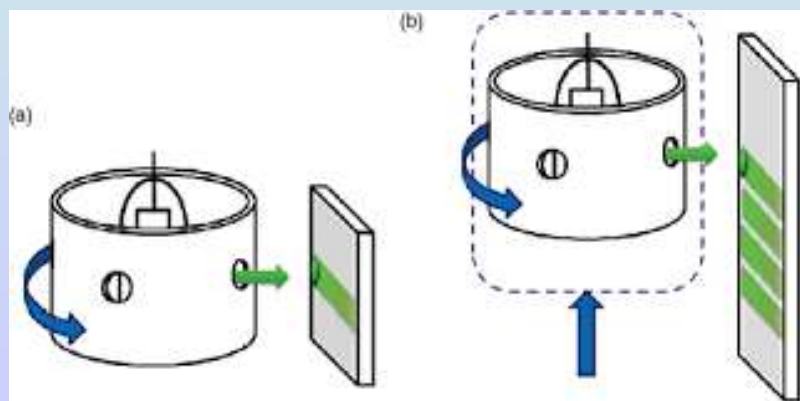
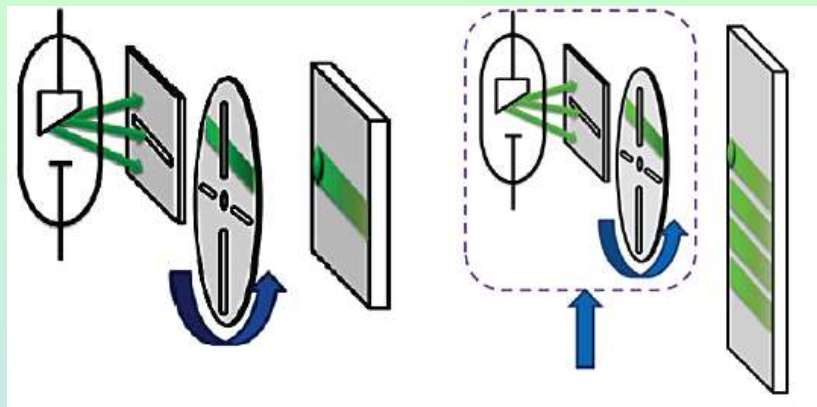
ЦРС для систем безопасности

комбинированная система



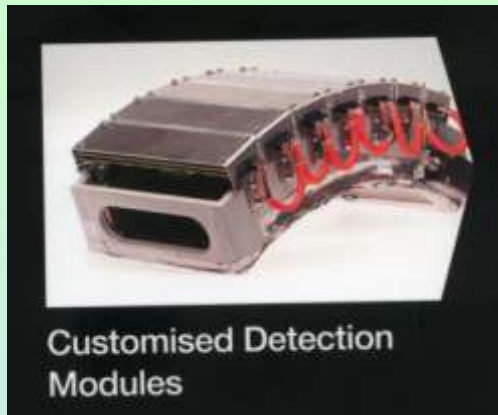
HI-SCAN 10080 XCT

ЦРС для систем безопасности (обратное рассеяние)

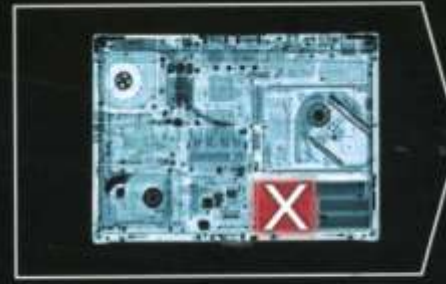
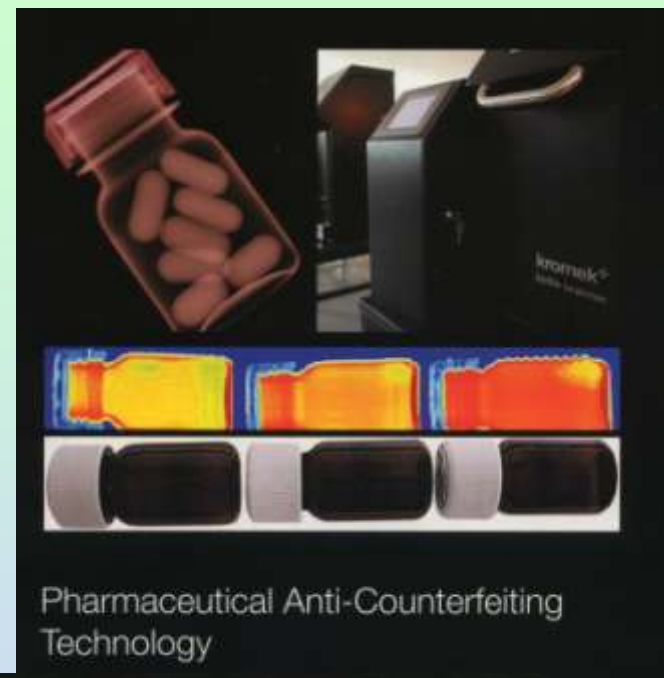


ЦРС для систем безопасности

идентификация жидкостей

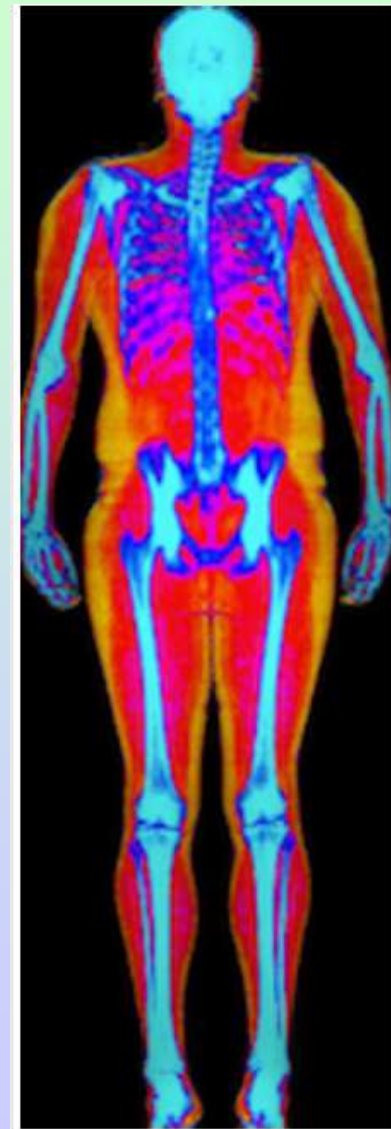
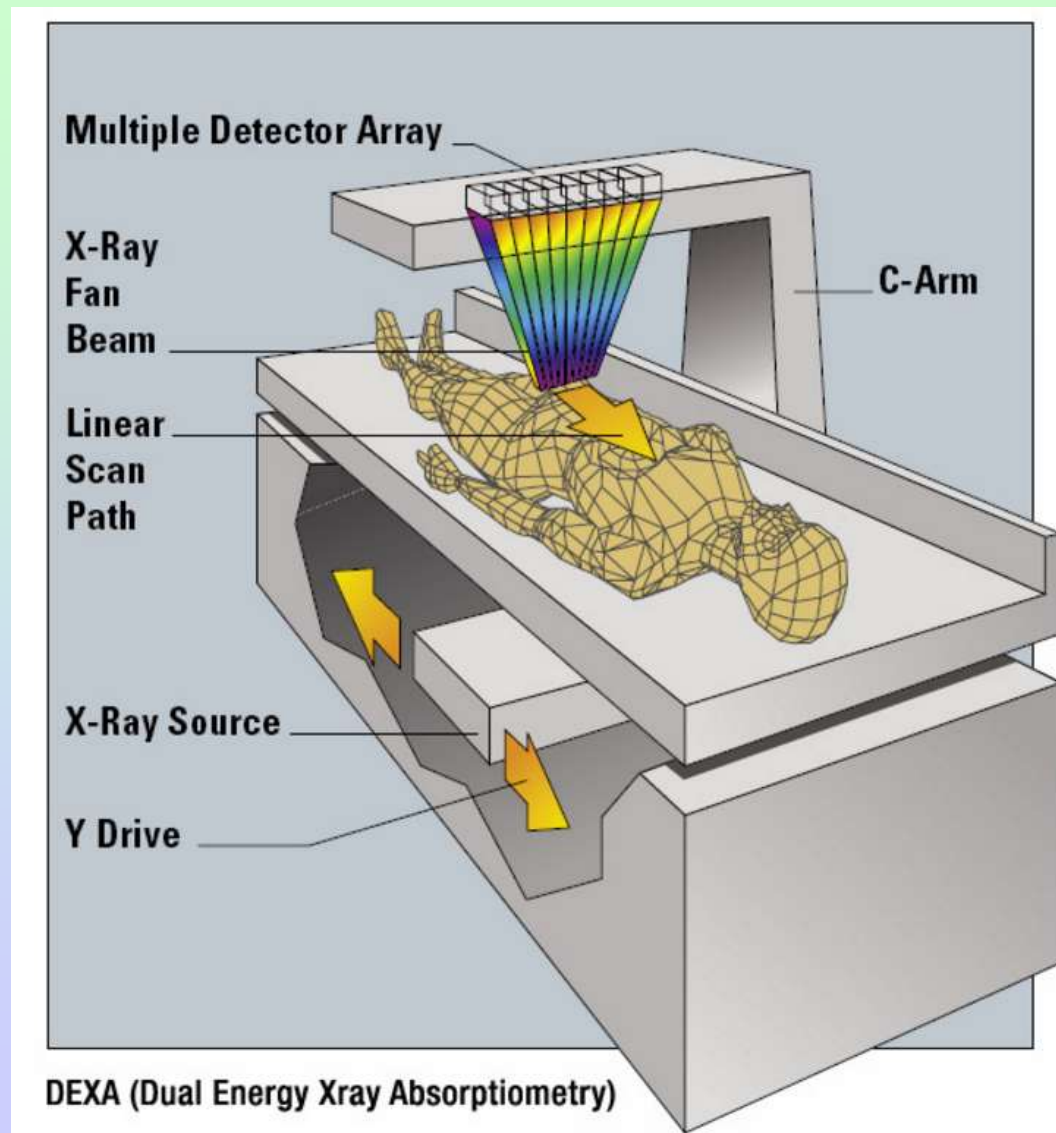


kromek



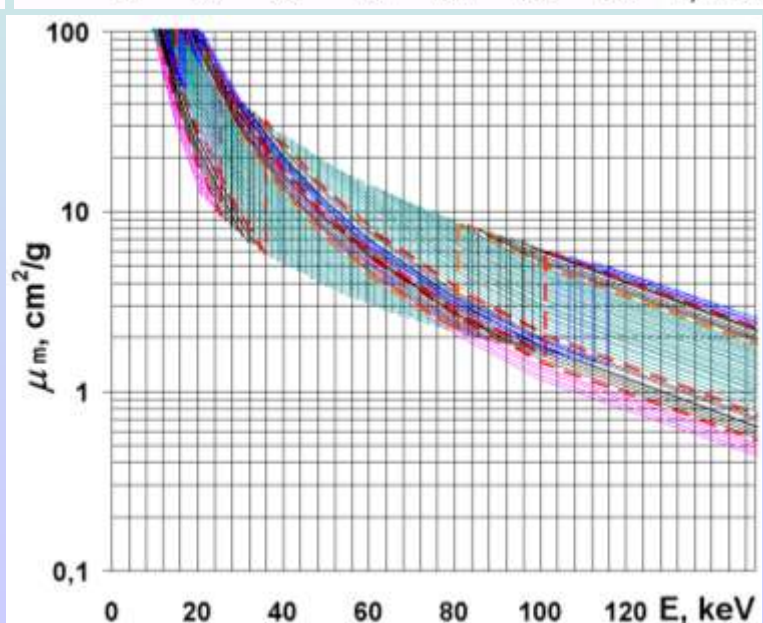
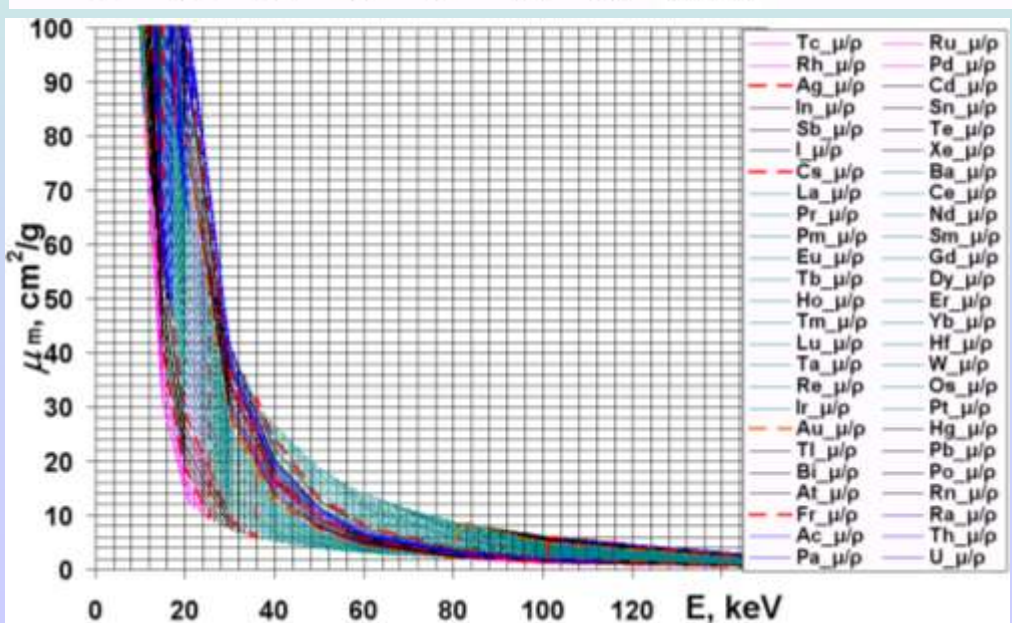
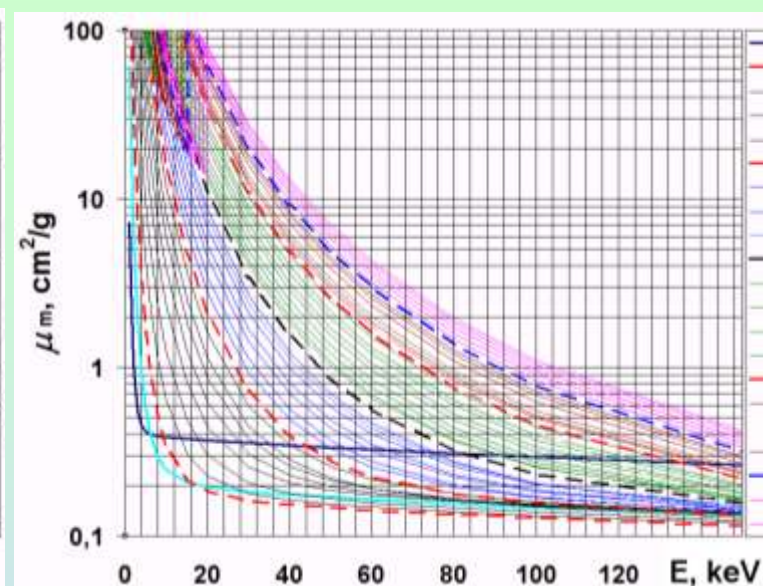
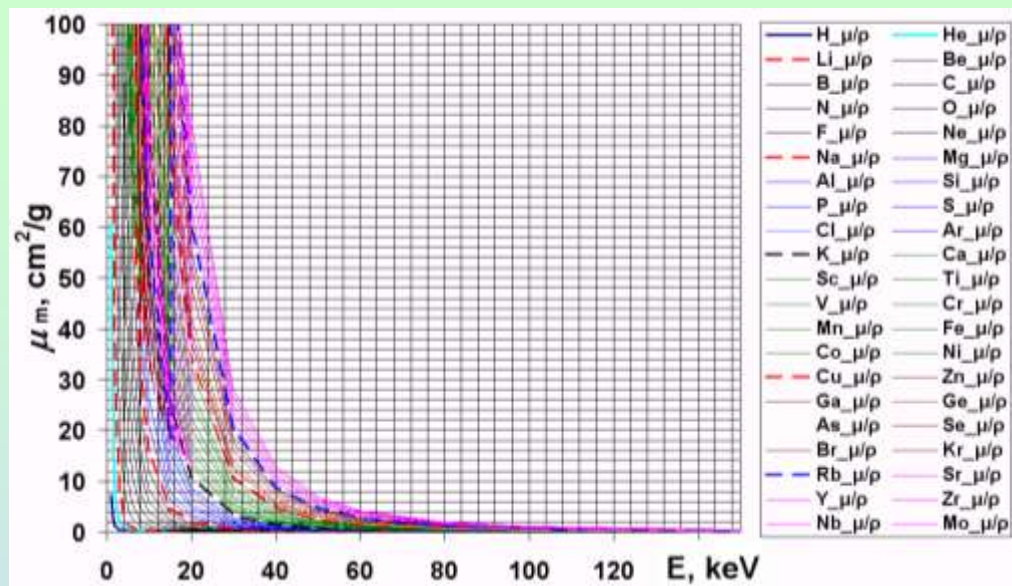
Detect liquid explosives fast and accurately

Двухэнергетическая ЦРС для медицины

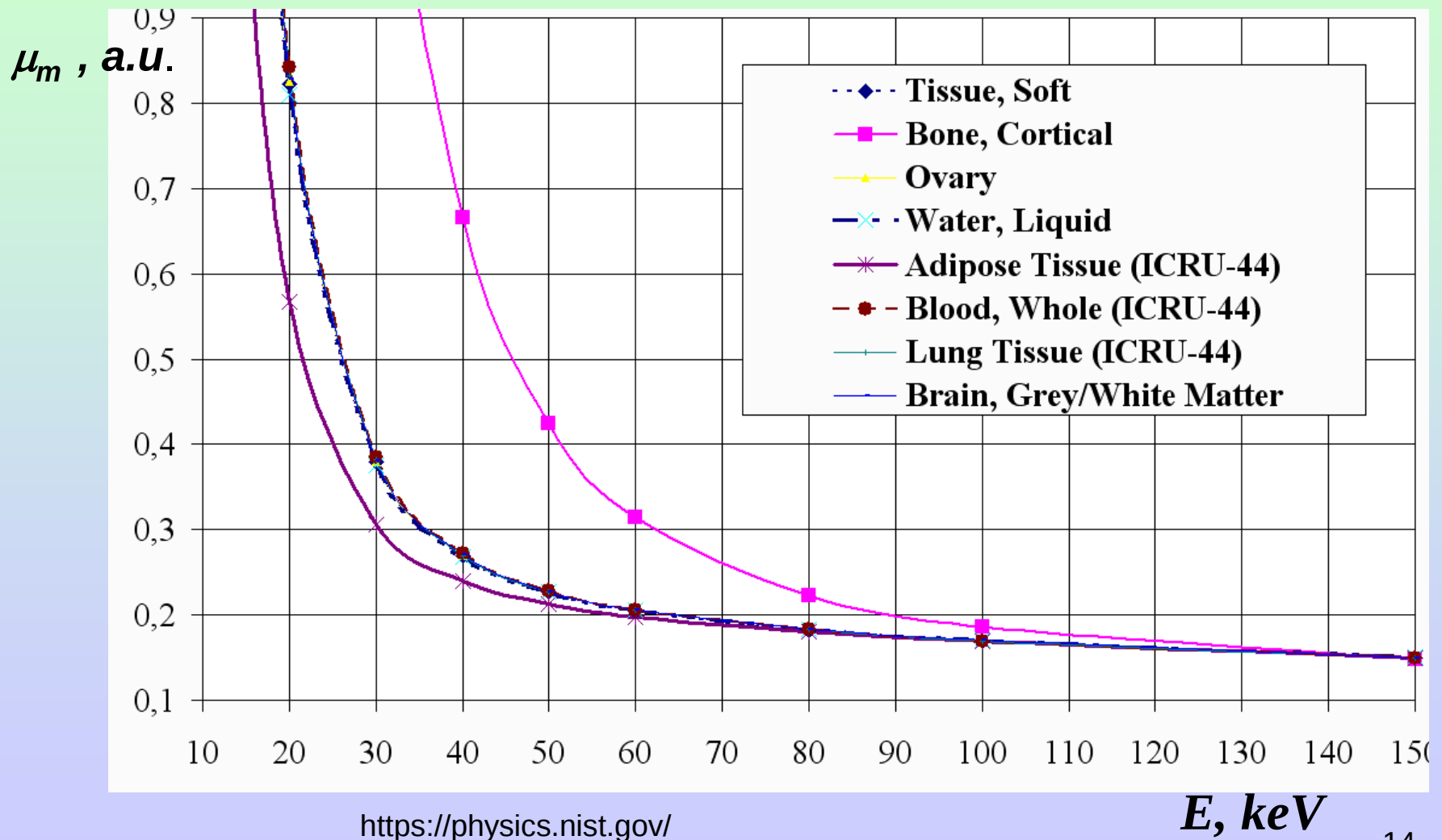


Мультиэнергетическая радиография (физические основы).

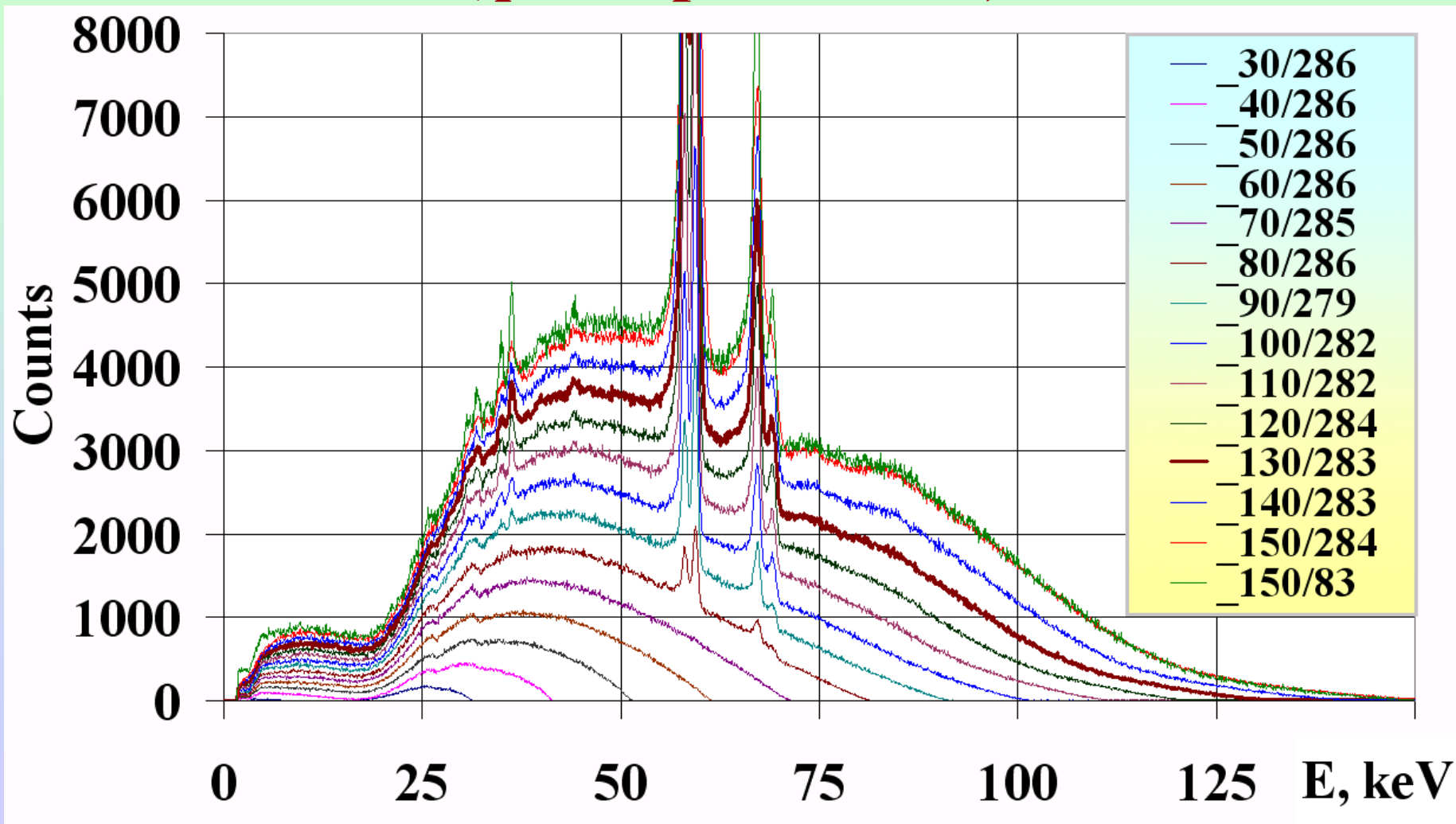
Массовый коэффициент ослабления (элементы таблицы Д.И.Менделеева)



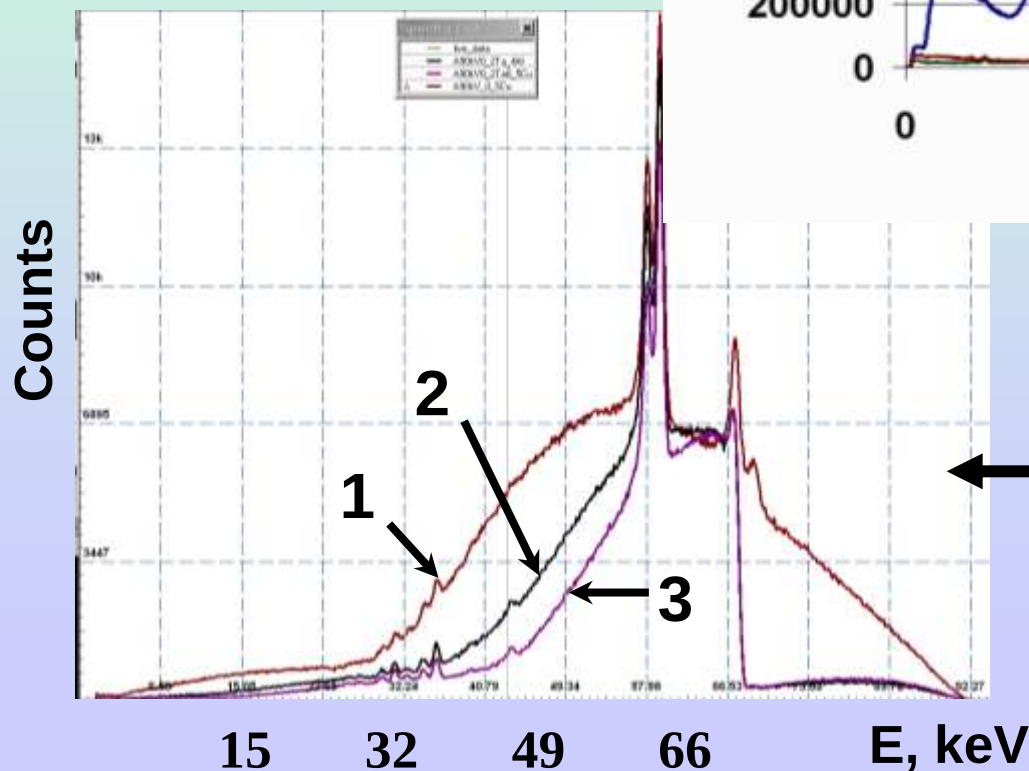
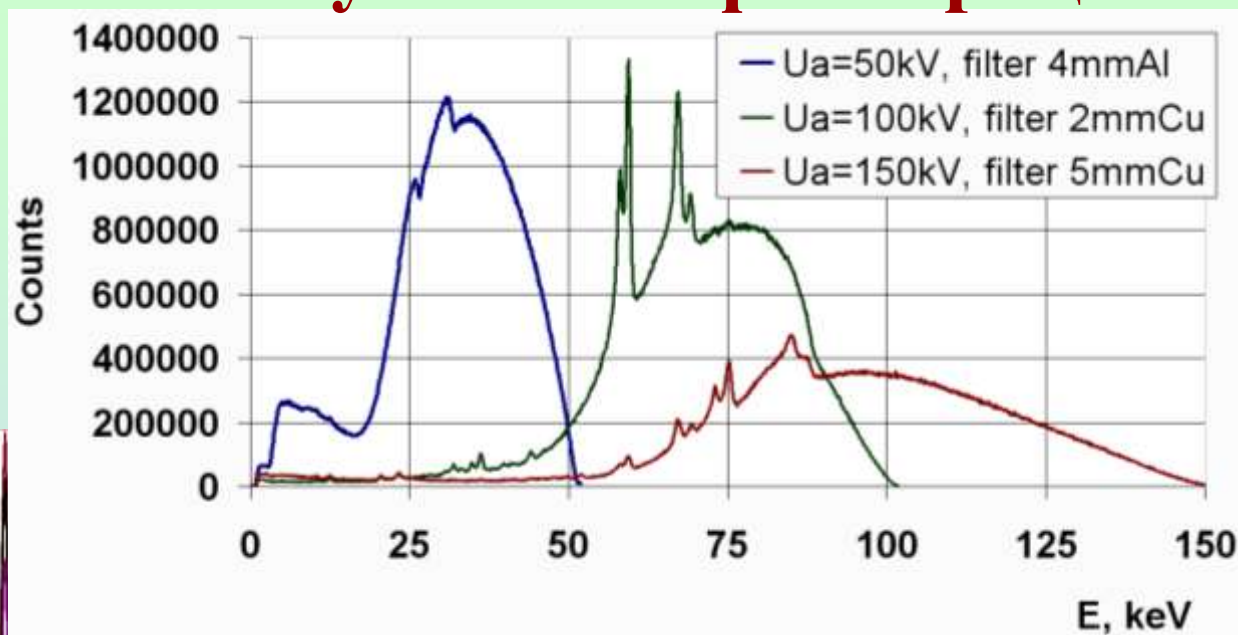
Массовый коэффициент ослабления (различные ткани и органы человека)



Спектры рентгеновской трубки с вольфрамовым анодом при различных U_a (фильтр – 4мм Al)

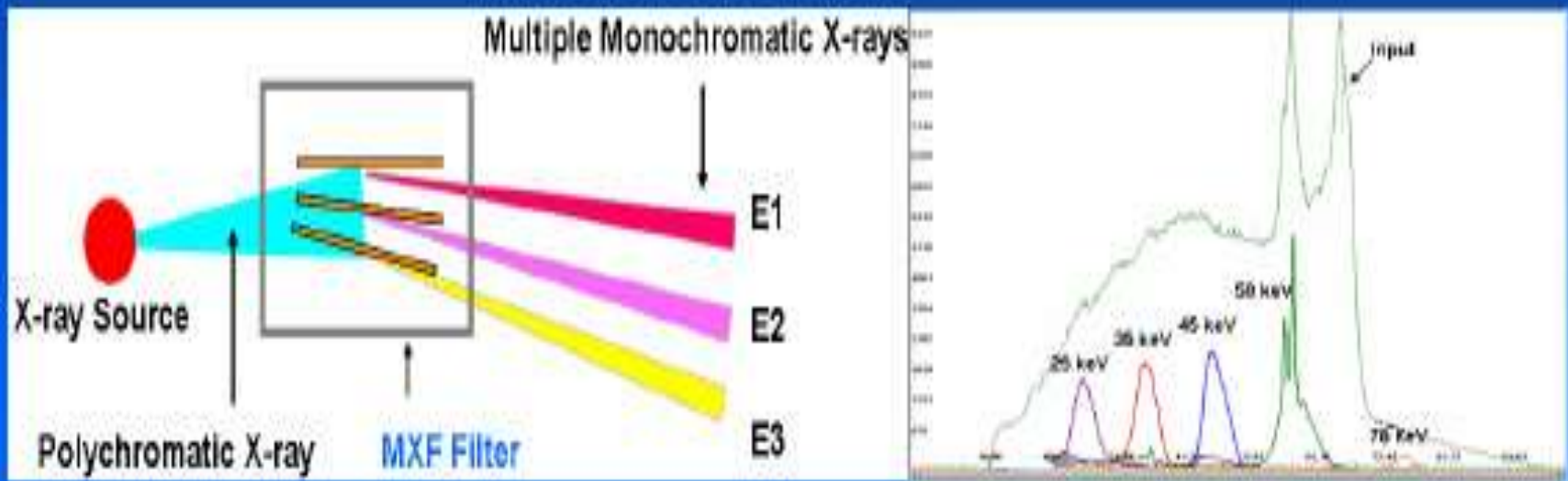


Спектр излучения рентгеновской трубки с W анодом при различных условиях фильтрации

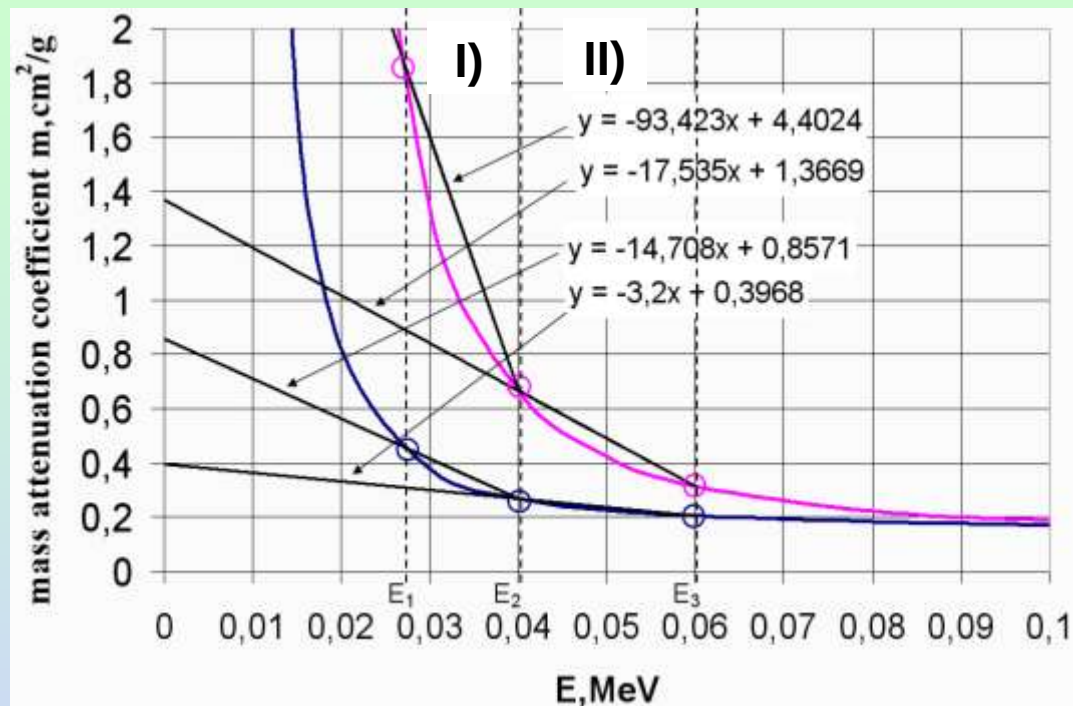


$U_a = 90\text{ kV}$,
1. filter 0,5 mm Cu
2. filter 0,2 mm Ta
3. filter 0,2 mm Ta
and 0.5 mm Cu

Concept of Monochromatic X-ray



Методика восстановления зависимости $\mu_m(E)$



$$L = I_0 \cdot e^{-\mu_m(E_1) \cdot \rho \cdot x}$$

$$M = I_0 \cdot e^{-\mu_m(E_2) \cdot \rho \cdot x}$$

$$H = I_0 \cdot e^{-\mu_m(E_3) \cdot \rho \cdot x}$$

$$\mu_{H/M} = \frac{\mu_m(E_3)}{\mu_m(E_2)} = \frac{\ln(I_0/H)}{\ln(I_0/M)}$$

$$\mu_{M/L} = \frac{\mu_m(E_2)}{\mu_m(E_1)} = \frac{\ln(I_0/M)}{\ln(I_0/L)}$$

$$\mu_m(E) = a \cdot E + b$$

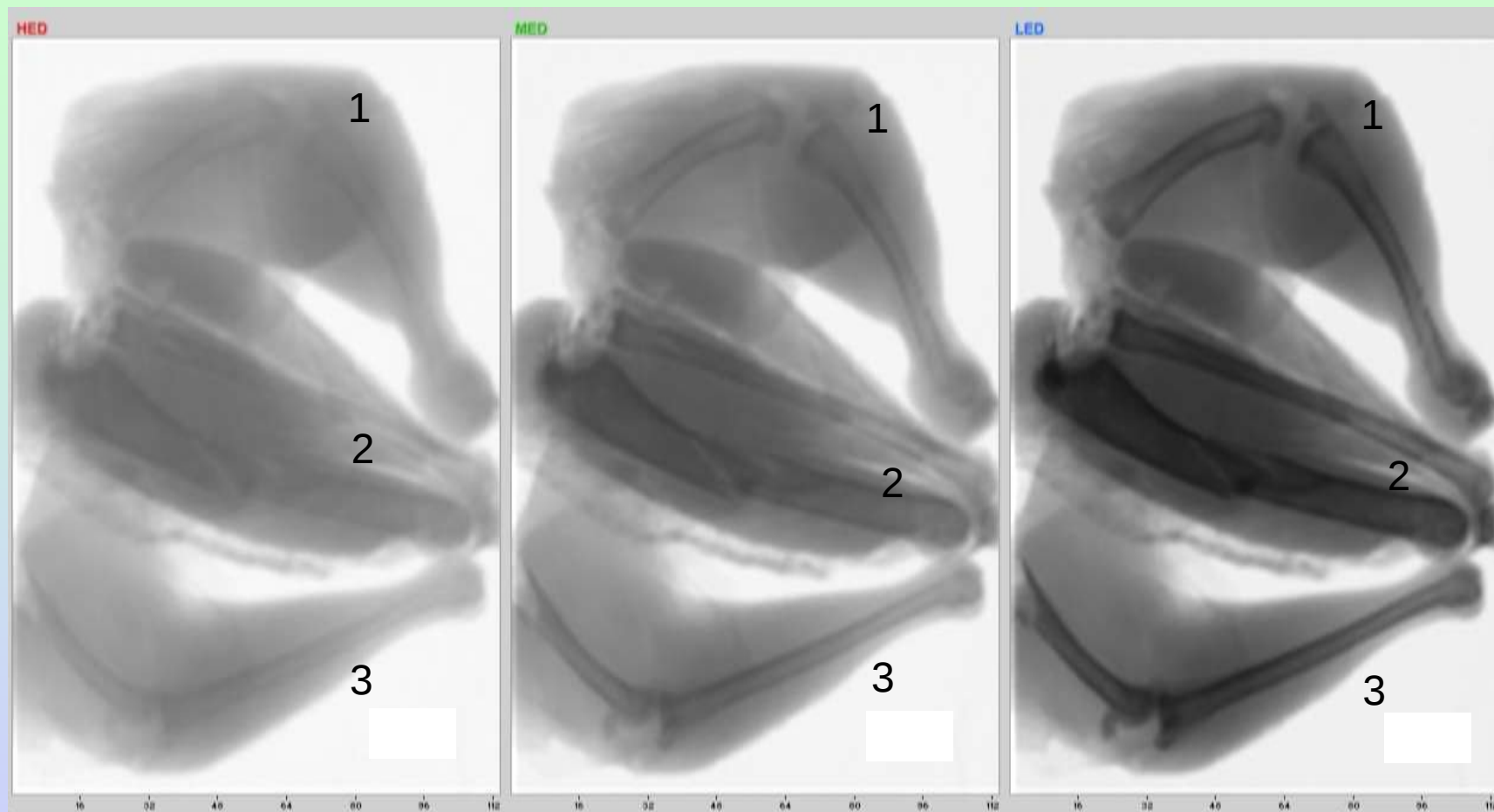
$$a_I = \frac{(\ln(I_0/M) / \ln(I_0/L)) - 1}{E_2 - E_1 \cdot (\ln(I_0/M) / \ln(I_0/L))} \cdot b_I$$

$$\mu_m(E_3)_{II} = a_{II} \cdot E_3 + b_{II} = C$$

$$a_{II} = \frac{C \cdot (\ln(I_0/M) - \ln(I_0/H))}{(E_2 - E_3) \cdot \ln(I_0/H)}$$

**Пример получения радиографических
изображений в трех энергетических
диапазонах.**

Радиографические изображения биологических объектов в трех энергетических диапазонах



$U_a=150\text{kV}$, Cu-5mm, Al-2mm

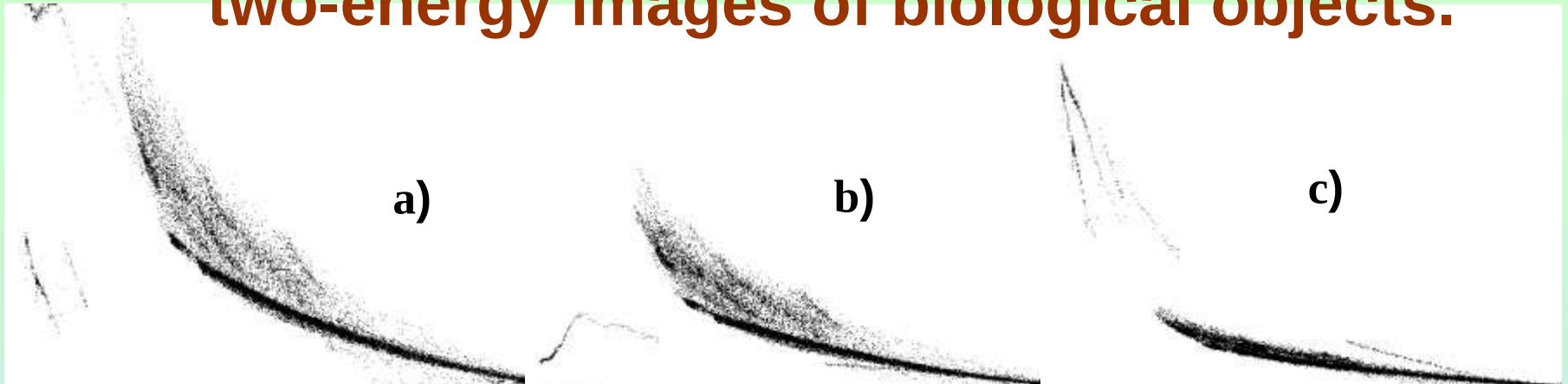
$U_a=90\text{kB}$, Ta-0.2mm, Al-2mm

$U_a=50\text{kB}$, Al-6mm

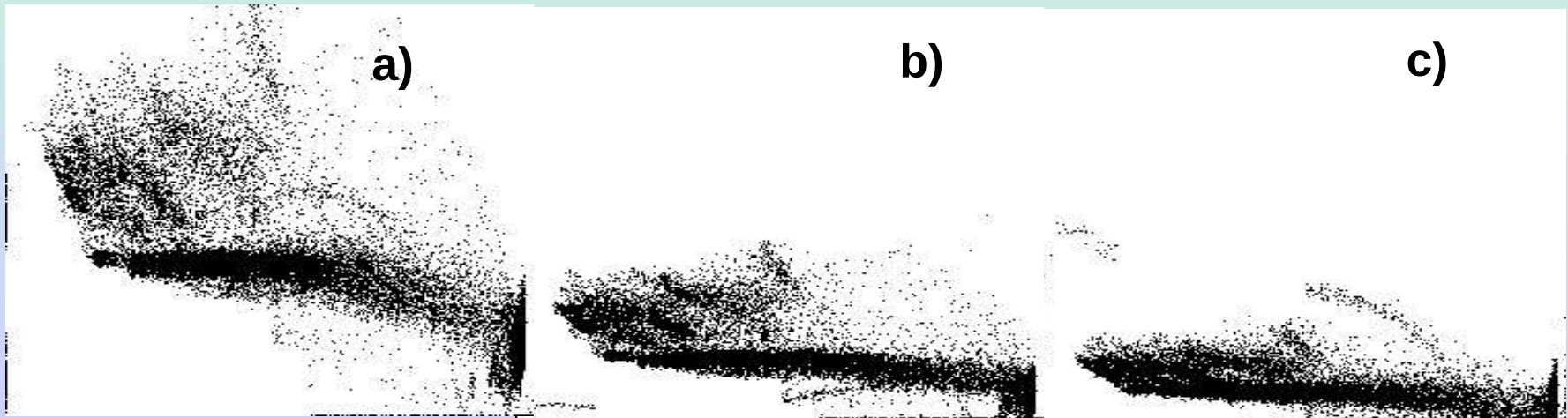
1- broiler hen thigh; 2 – turtle wing; 3 – home-grown hen thigh.

Calcium content in bones with calcium mass fraction 1.6 – 4.4%.

2D maps of points corresponding to two-energy images of biological objects.

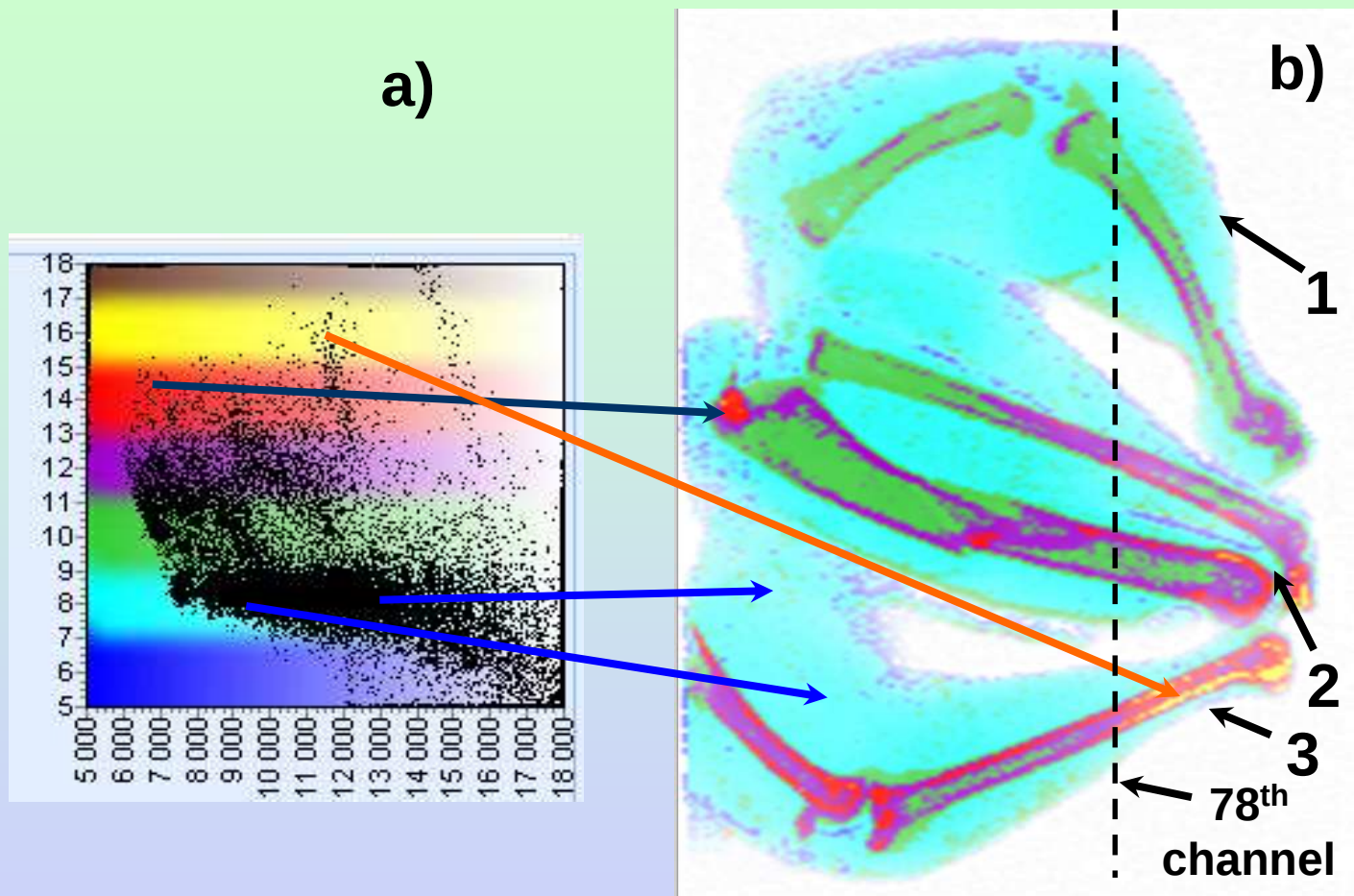


Abscissa axis: $(H+M+L)/3$. Ordinate axis: signal ratios H/L (a), M/L (b), H/M (c).



Abscissa axis: $(H+M+L)/3$. Ordinate axis: values Z_{eff}^* calculated using improved algorithm: a) for signals H and L ; b) for signals M and L ; c) for signals H and M .

Радиографические изображения биологических объектов с применением 2D палитры

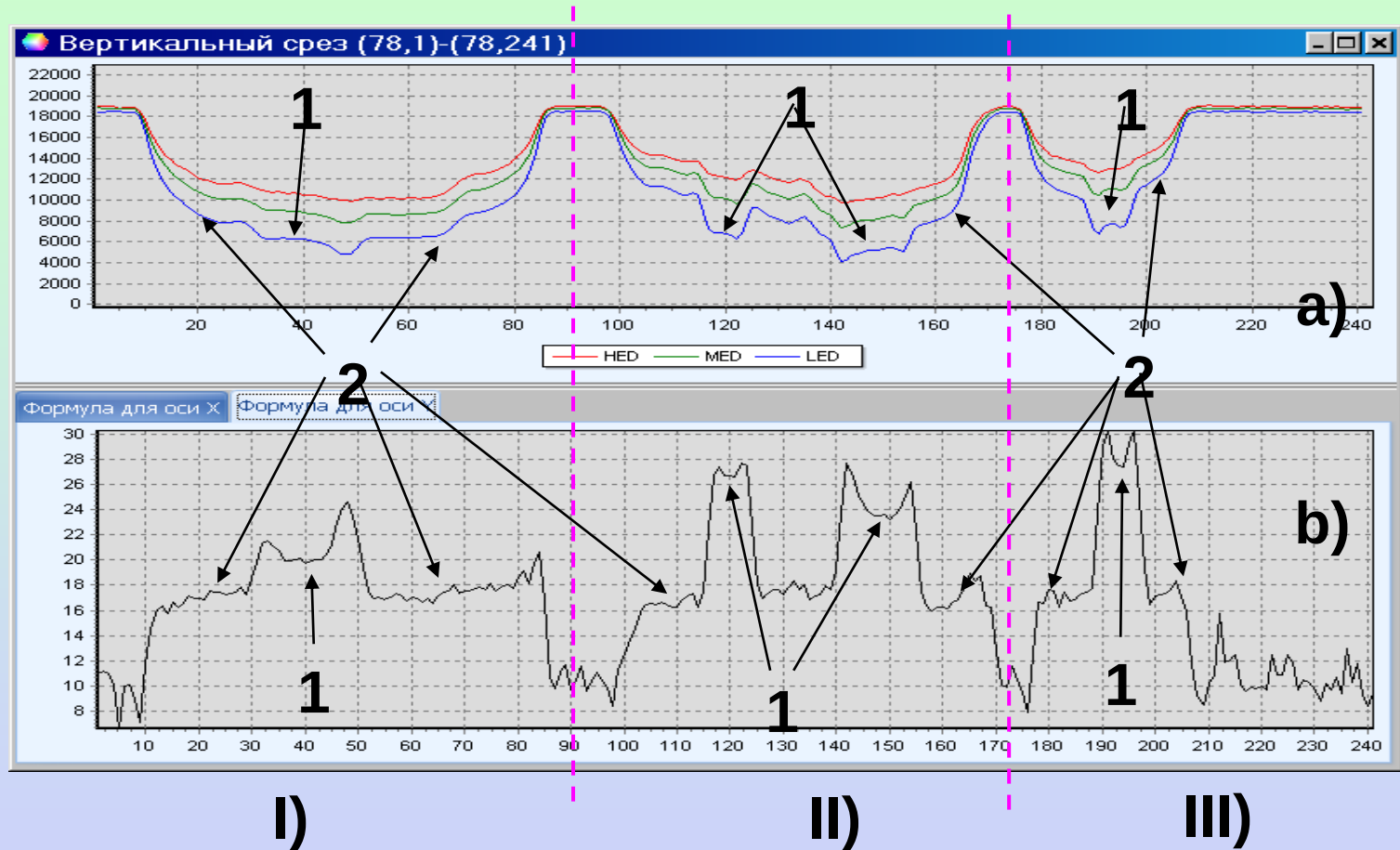


Two-energy image of three biological objects for high and medium energies using 2D palette:

a) 2D palette; b) object images:

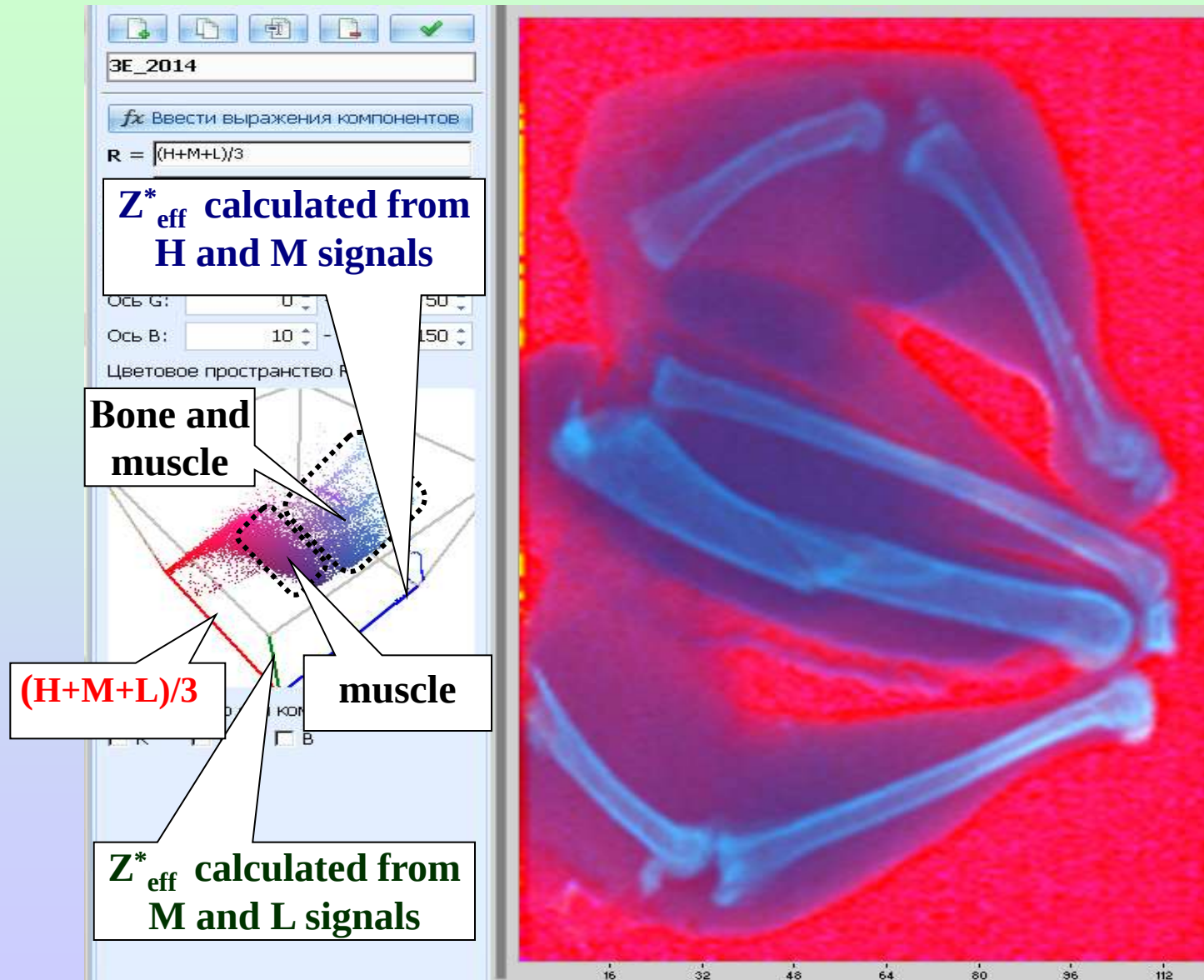
1- broiler hen thigh; 2 – turtle wing; 3 – home-grown hen thigh.

Vertical cross-section of the radiographic images (78th channel).

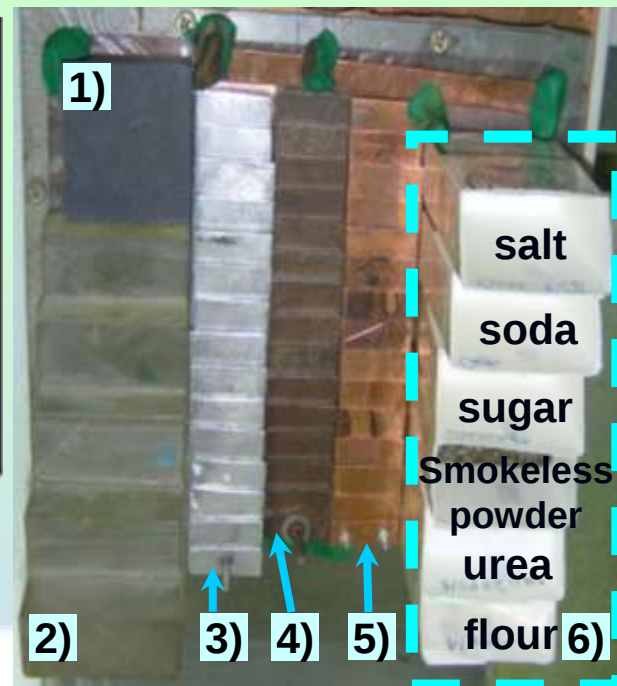
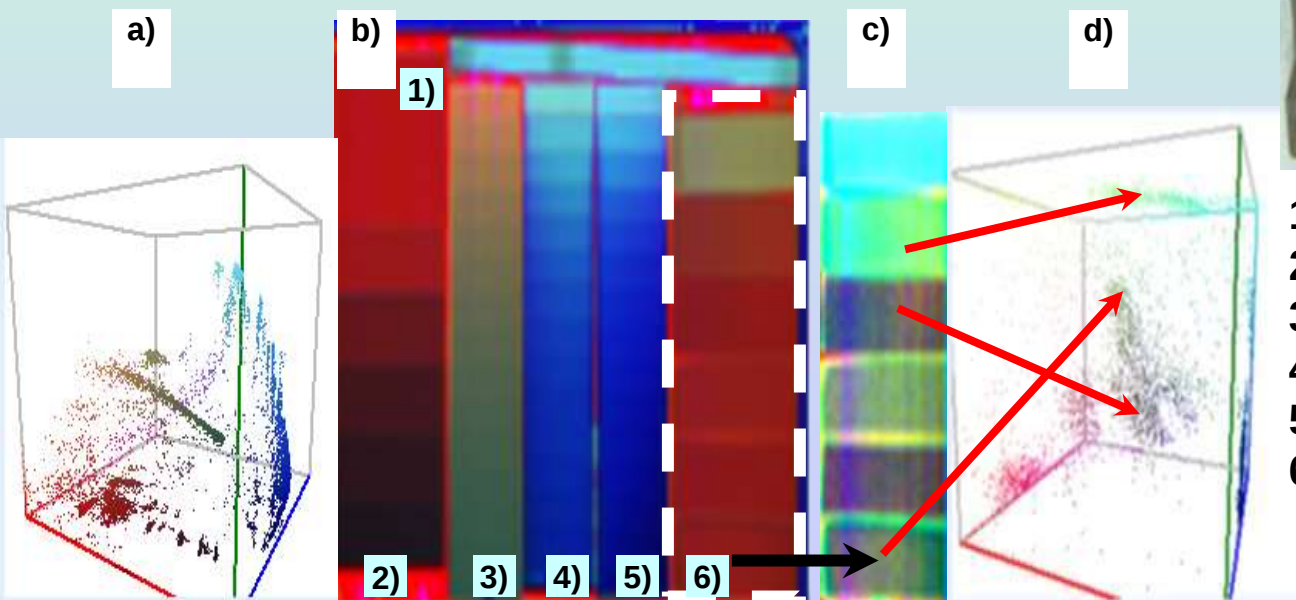
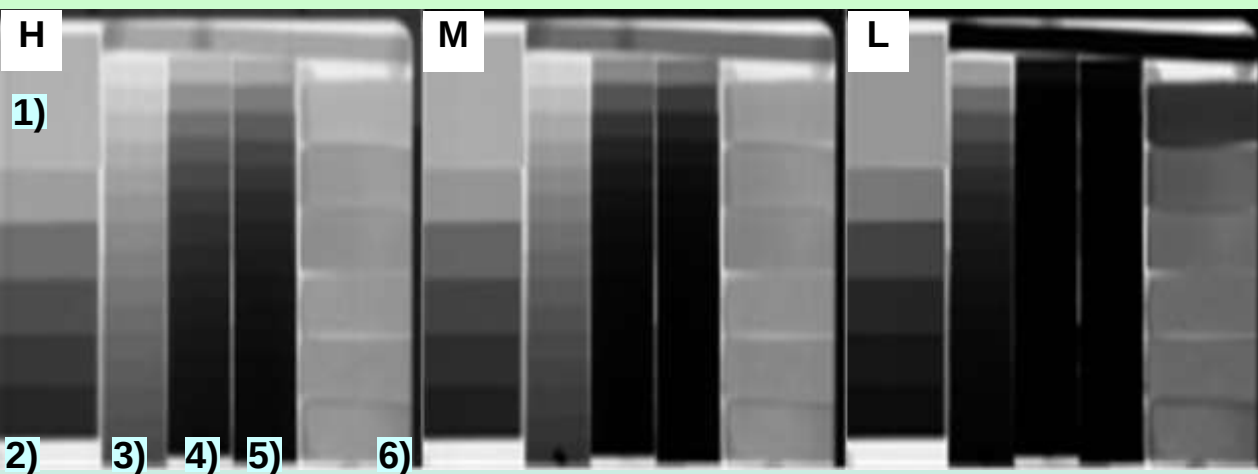


a) signals H , M , L ; b) Z^*_{eff} , calculated using the improved algorithm.
 1- bone tissue on the background of muscular tissue; 2 – muscular tissue.
 I) – broiler hen thigh; II) – turkey wing; III) – home-grown hen thigh.

Радиографические изображения биологических объектов с применением 3D палитры

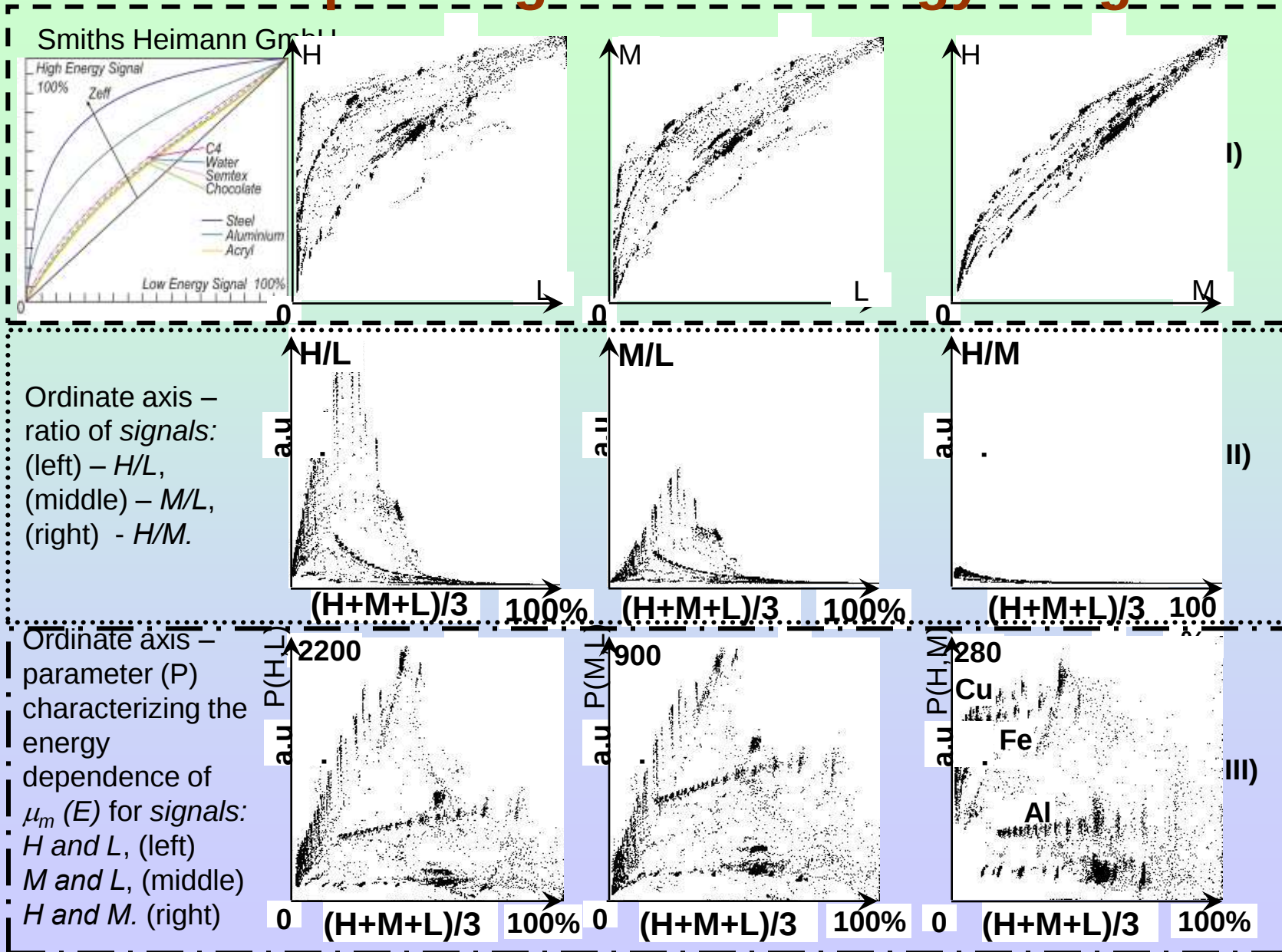


3E радиографическое изображение набора тестовых объектов

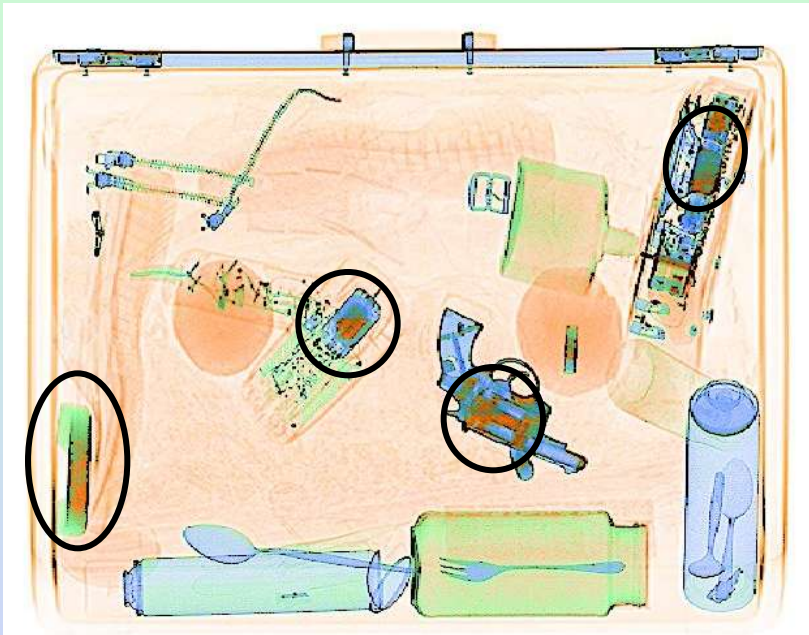


- 1) Carbon ($Z=6$)
- 2) Organic glass wedge
- 3) Aluminum wedge ($Z = 13$);
- 4) Steel wedge ($Z = 26$)
- 5) Copper wedge ($Z=29$);
- 6) Salt ($Z_{\text{eff}} = 15.9$);
Soda ($Z_{\text{eff}} = 8.76$);
Sugar ($Z_{\text{eff}} = 6.93$);
Urea ($Z_{\text{eff}} = 6.83$).

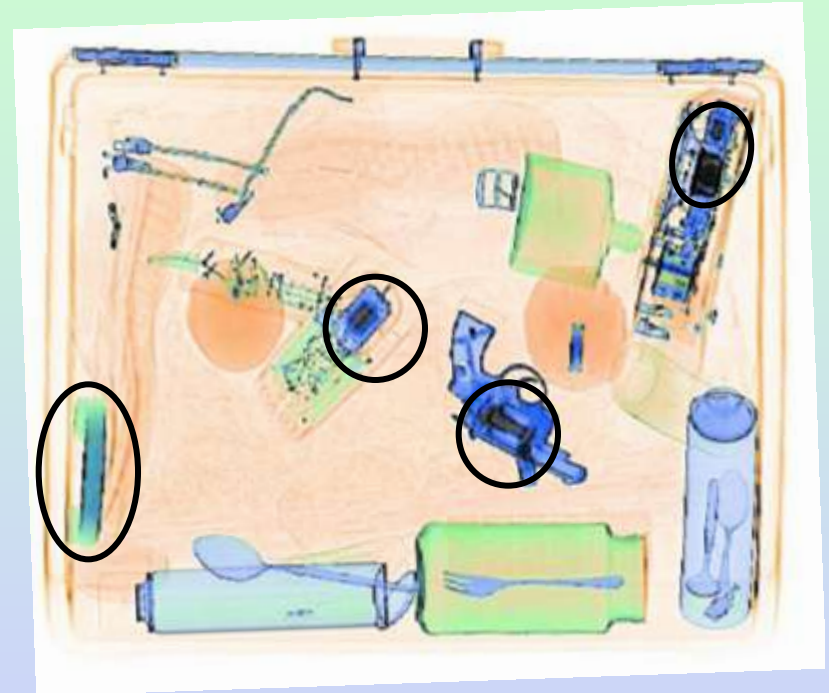
Different 2D maps of points corresponding to three-energy images



X-ray scanner for custom security control Hi-Scan EDtS10080



A x-ray image of a suitcase made with CsI scintillator.



A x-ray image of the same suitcase made with ZnSe(Te) scintillator.

Выводы

1. Как основные направления развития ЦРС, на сегодняшний день можно выделить следующие:
 - Двухэнергетическая радиография
 - Построение изображения с использованием рассеянного излучения
 - Спектрометрический детектирующий тракт (мультиэнергетическая радиография)
2. В медицинском применении двухэнергетическая радиография используется для анализа костной и жировой тканей биологических объектов.
3. Экспериментально подтверждено, что по двум радиографическим изображениям, полученным в разных энергетических диапазонах, можно рассчитать параметр, пропорциональный массовому коэффициенту ослабления, слабо зависящий от толщины и плотности объекта контроля.
4. Сочетание принципов мультиэнергетической радиографии и КТ позволяет восстанавливать Z_{eff}^* для каждого вокселя объемного изображения и может рассматриваться как наиболее информативный рентгеновский метод исследования.

Благодарю

за

внимание