

889000164

АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР



ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Ки4

Препринт КИЯИ-88-51

АТЛАС СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОНУКЛИДОВ  
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

КНЕС

Ц.Д.Виллов, А.А.Ключников, А.Ф.Новгородов,  
Н.И.Рухадзе

АТЛАС СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОНУКЛИДОВ МЕДИЦИНСКОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ

В работе представлены основные экспериментальные данные, полученные в результате измерений 145 аппаратурных спектров альфа-, бета-, гамма- и X-излучений 73 радионуклидов, применяемых в ядерной медицине.

The main experimental data obtained as a result of measurements of 145  $\alpha$ -,  $\beta$ - and  $\gamma$ - as well as X-rays on 73 radionuclides used in nuclear medicine are presented in this paper.

The Spectrum Atlas of Radionuclides for Medical  
Purposes

Ts.D.Vilov, A.A.Klyuchnikov, A.F.Novgorodov,  
N.I.Rukhadze

Академия наук СССР

Ш.Д.Вылов, А.А.Ключников, А.Ф.Новгородов, Н.И.Рукадзе

АТЛАС СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОНУКЛИДОВ  
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Киев, Институт ядерных исследований, 1988

**Ключевые слова:**  
альфа-, бета-, гамма- и X-спектры излучений; радионуклиды;  
ядерная медицина; экспериментальные данные измерений.



## ВВЕДЕНИЕ

Проблема получения, выделения и использования в различных областях науки и техники радиоактивных источников является одной из важнейших задач ядерной физики. Для ее успешного решения необходимо осуществление комплексного развития следующих направлений:

- разработка и получение исходных материалов для наработки радионуклидов;
- создание средств облучения;
- разработка эффективных технологий переработки облученных материалов и естественно-радиоактивного сырья;
- создание различных изделий из радионуклидов;
- определение сфер их применения.

В настоящее время известно более 2200 радиоактивных нуклидов. Все они исследованы с различной степенью полноты. Наилучшим образом, как правило, изучены ядра с  $T_{1/2} > 30$  мин., что составляет менее 500 радионуклидов. Объектом наших экспериментов явились короткоживущие радиоактивные изотопы:

- а) применяемые в ядерной медицине и биологии;
- б) получаемые в реакциях глубокого расщепления X (p, xp, up)Y с помощью быстрых протонов ( $E_p = 80$  МэВ,  $E_p = 660$  МэВ) и представляющие интерес с точки зрения исследования структуры атомных ядер;
- в) получаемые в реакции ( $n, \gamma$ ) и представляющие интерес с точки зрения нейтронно-активационного анализа;

г) получаемые в реакциях ( $\alpha p$ ) и ( $\alpha n$ );

д) поставляемые В/О "Изотоп".

Перечень исследованных источников радиоактивных излучений приведен в таблице. Там же указаны: период полураспада, тип распада и исследованного излучения, значения энергий и интенсивностей испускаемых частиц либо излучений.

Общая схема получения радиоактивных источников приведена на рис. 1. В настоящей работе основное внимание уделено радионуклидам, получаемым в реакциях  $X(p, xp)Y$  с протонами в интервале энергий  $7 \div 72$  МэВ и в реакциях глубокого расщепления ядер  $X(p, xp, up)Y$  протонами с энергией 660 МэВ. Обзор экспериментальных особенностей в такой задаче имеется в работах (1, 2). Однако ряд деталей, имеющих отношение к исследуемым здесь нуклидам, мы отметим.

Как правило, все источники изготавливали на алюминиевой подложке толщиной 18 мм путем выпаривая, электролиза или с помощью масс-сепаратора (3). В некоторых случаях измерялись облученные мишени без химического разделения. В гамма-спектрометрических экспериментах лицевая сторона источника покрывалась защитной полиэтиленовой пленкой толщиной  $11 \pm 3$  мг/см<sup>2</sup>. Механические держатели источников обеспечивали геометрическую воспроизводимость условий измерения с точностью лучше 0,2%.

### Представление результатов измерений

В атласе, который в ближайшее время будет опубликован, представлены наиболее характерные аппаратные спектры, измеренные в период 1980-1987 г. г. Конечно, не все спектры получены в наилучших, с точки зрения современного состояния техники, условиях, однако сделано это отчасти преднамеренно, чтобы инженерно-технические работники и научные сотрудники, пользующиеся ими в своей повседневной работе имели реальные изображения для сравнения с результатами своих экспериментов.

Все аппаратные спектры приведены в порядке возрастания  $A$ , в каждой серии изобар - в порядке возрастания  $Z$ . Спектры каждого радионуклида разделены по типу излучения, причем приняты следующие индексы: 1 - альфа-спектры; 2 - бета-спектры; 3 - X- и гамма-спектры. В ряде случаев условия эксперимента были таковы, что регистрировались несколько излучений одновременно. Тогда индекс излучения показывает, для исследования какой характеристики распала планировался данный эксперимент. И, наконец, для каждого

излучения приводится порядковый номер спектра. Систематизированная информация об атласе спектров имеется в таблице. Следует отметить, что в ряде случаев мы старались проводить иллюстративные измерения в условиях, когда искажающие аппаратурный спектр эффекты играют существенную роль. Это позволяет учесть целый ряд факторов при планировании и проведении новых экспериментов.

На каждом рисунке аппаратурного спектра указаны условия измерения. Введены следующие обозначения:

АИ - аннигиляционное излучение;

Т1 - время, прошедшее с момента изготовления источника (или исходной активности, если применялись химические методы);

Т2 - время измерения;

Р - расстояние источник-полупроводниковый детектор (ППД);

ФП - фильтр поглощения между источником и ППД;

Ф - естественный радиоактивный фон;

С, М, Ч, Д и Г - обозначения времени: секунда, минута, час, день, год, соответственно;

ОВ - пик одиночного вылета аннигиляционных квантов;

ДВ - пик двойного вылета аннигиляционных квантов;

П - примесный нуклид (в случае нескольких примесей обозначены их порядковые номера);

Д - дочерний нуклид (в случае нескольких дочерних нуклидов обозначены их порядковые номера);

В - индукция однородного магнитного поля.

Обратим внимание на одну существенную деталь в представлении спектров - вопрос выбора масштаба по оси счет./канал. С точки зрения простоты оформления наиболее технологичным масштабом является логарифмический. Тогда, имея в распоряжении логарифмический усилитель и плоттер, вопрос представления спектра сводится лишь к техническим формальностям оформления - расположению осей, расшифровке спектральных линий и занесению условий эксперимента. Такой масштаб в целом прекрасно передает наиболее характерные черты спектра исследуемого излучения, но, к сожалению, он не очень удобен в задачах планирования изучения конкретных деталей. В случае применения линейного масштаба такие детали рассматривать легче, но графически представлять весь такой спектр практически невозможно. В предложенном атласе нами использованы оба масштаба. Кроме того, ряд аппаратурных спектров показан в двух масштабах - обычно на фоне логарифмического масштаба приводятся наиболее характерные фраг-

менты в линейном масштабе. Во всех случаях такие вставки выделены специальной рамкой.

На рис.2-5 показаны спектры нескольких исследованных радионуклидов, взятых из атласа.

#### Список использованной литературы

1. Р.Арльт, К.Я.Громов, Н.Г.Зайцева. Результаты исследования изотопов, удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности. Итоги работ по программе АПП в ЛЯП ОИЯИ. ЭЧАЯ, М., Атомиздат, 1974, т.5, вып.4, с.843-891.
2. К.Я.Громов, ХУ.Зиберт. Результаты исследования изотопов, удаленных от полосы  $\beta$ -стабильности. ЭЧАЯ, М., Атомиздат, 1974, т.6, вып.4, с.971-1039.
3. В.П.Афанасьев, А.Т.Васильев, И.И.Громов. Электромагнитный масс-сепаратор для разделения радиоактивных изотопов. Препринт ОИЯИ, I3-4763, Дубна, 1969, с.22.

Рукопись поступила в редакционную группу 6.10.88 г.

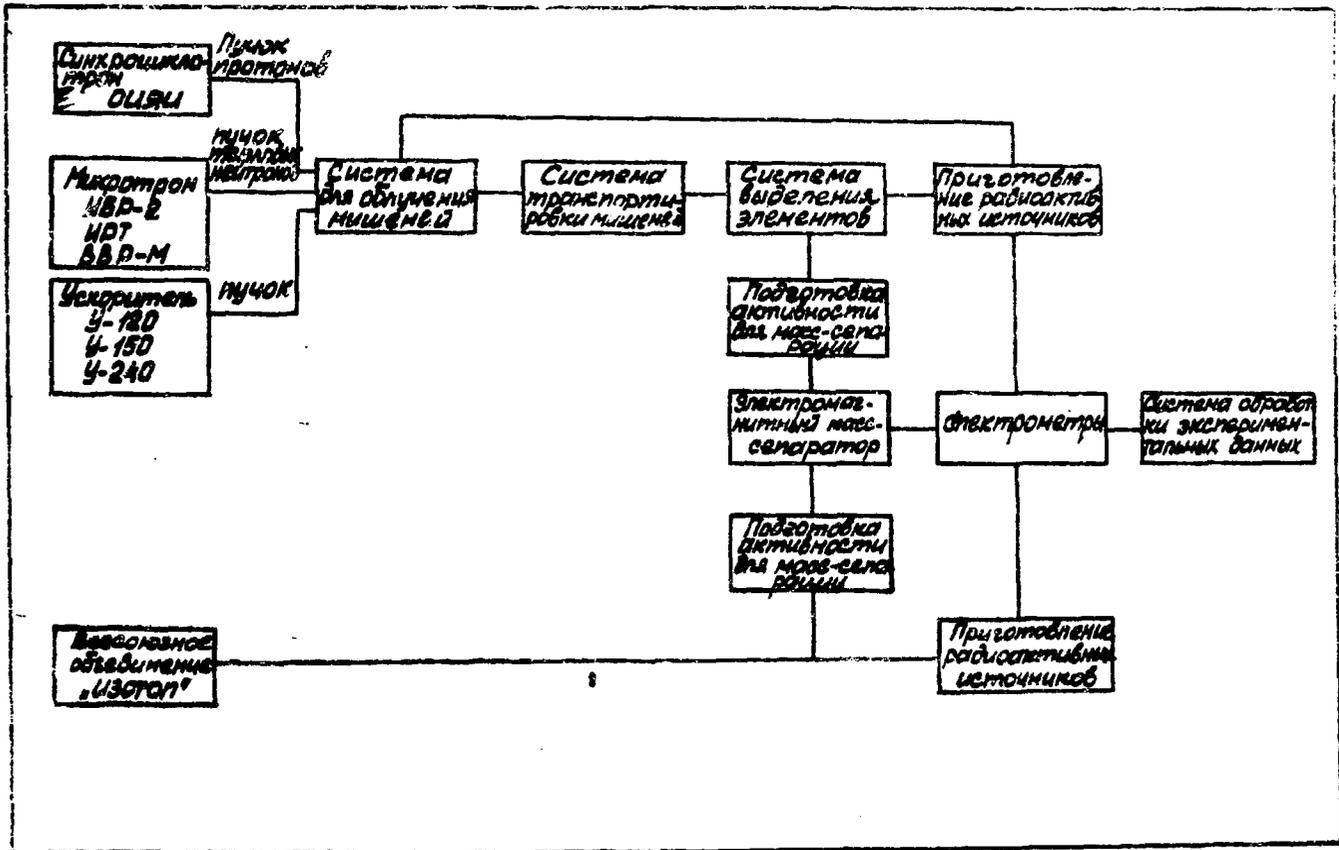


Рис. I. Структурная схема получения радиоактивных источников для измерения аппаратурных спектров

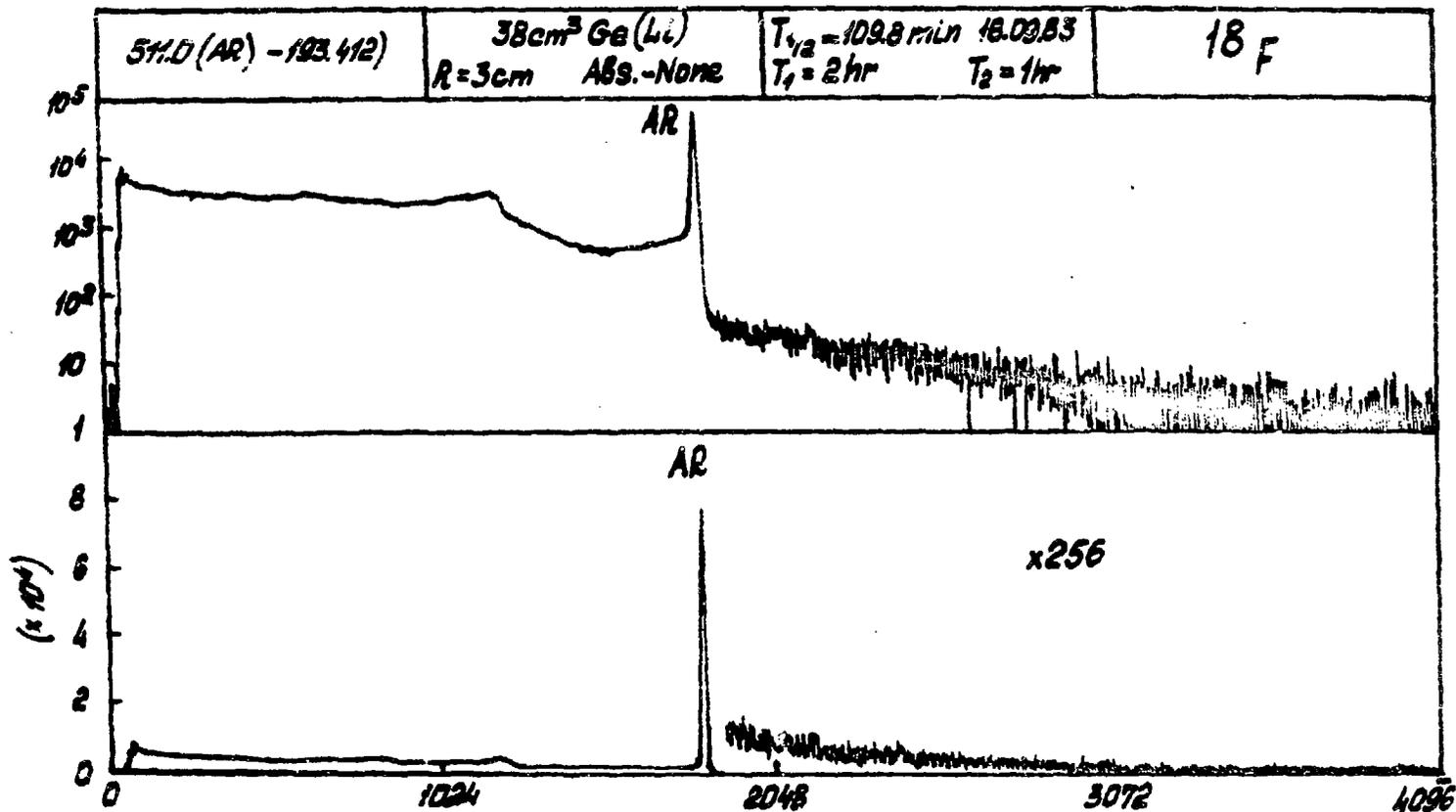


Рис.2. Аппаратурный спектр <sup>18</sup>F

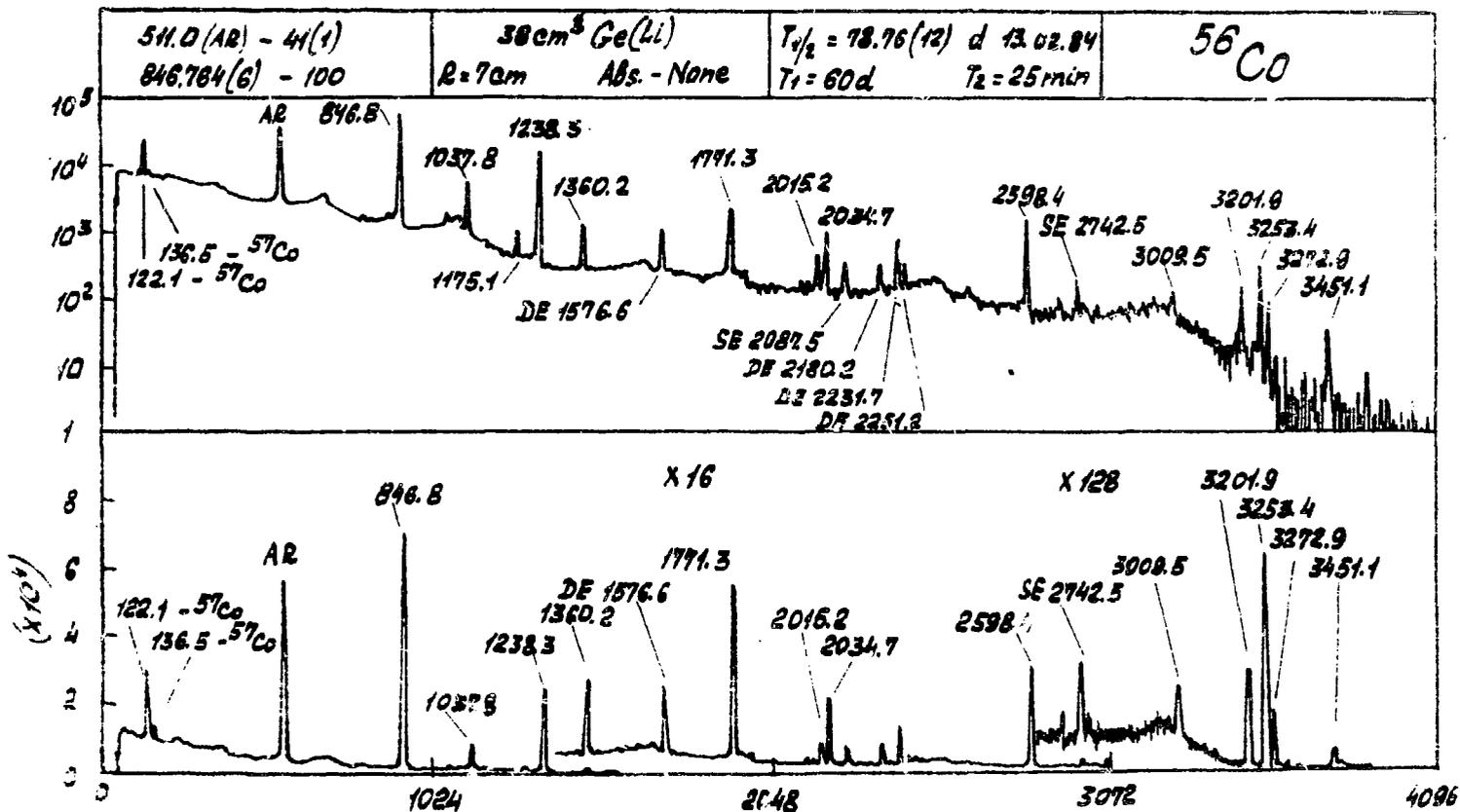


Рис.3. Аппаратурный спектр <sup>56</sup>Co

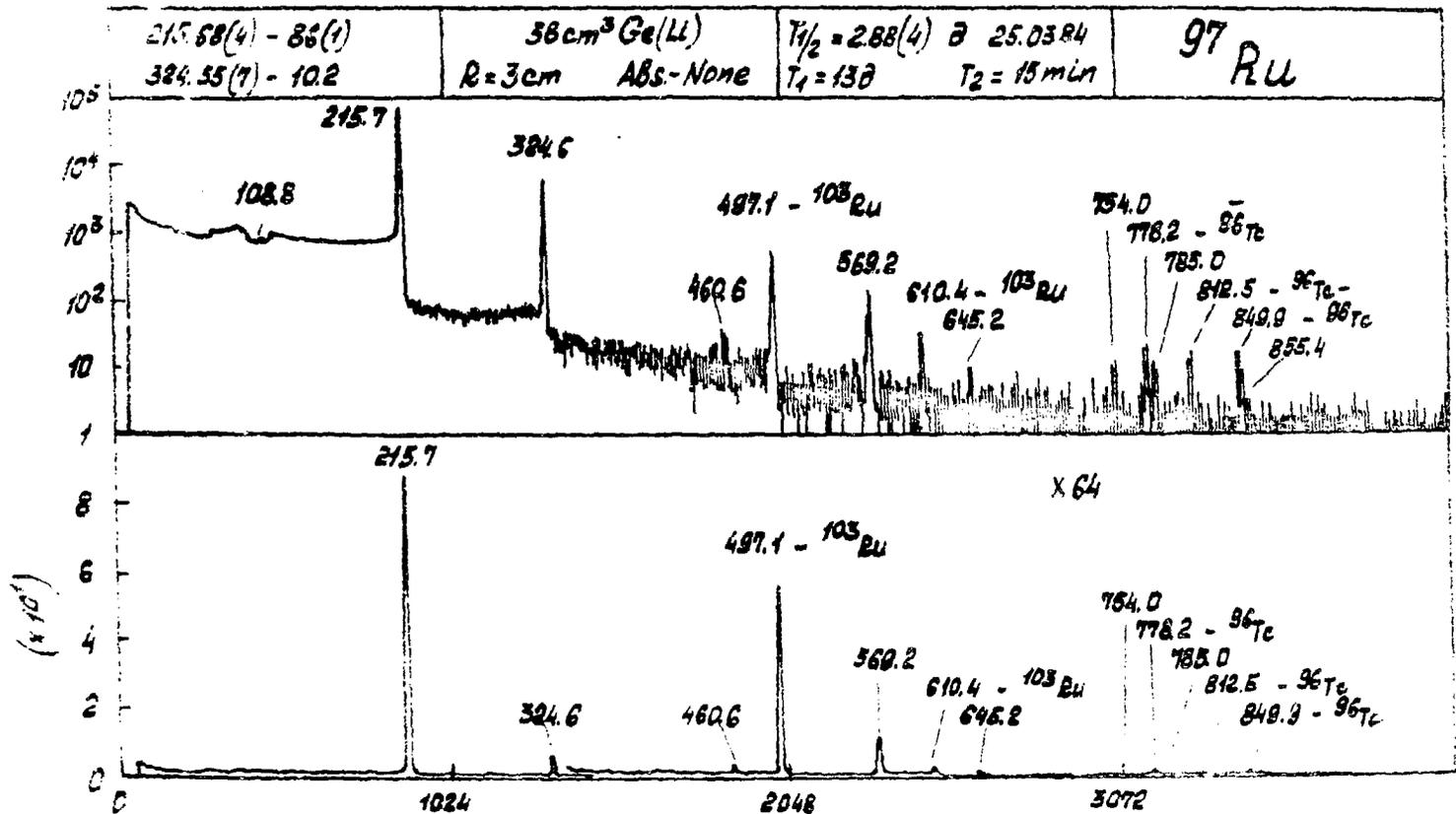


Рис. 4. Аппаратурный спектр <sup>97</sup>Ru

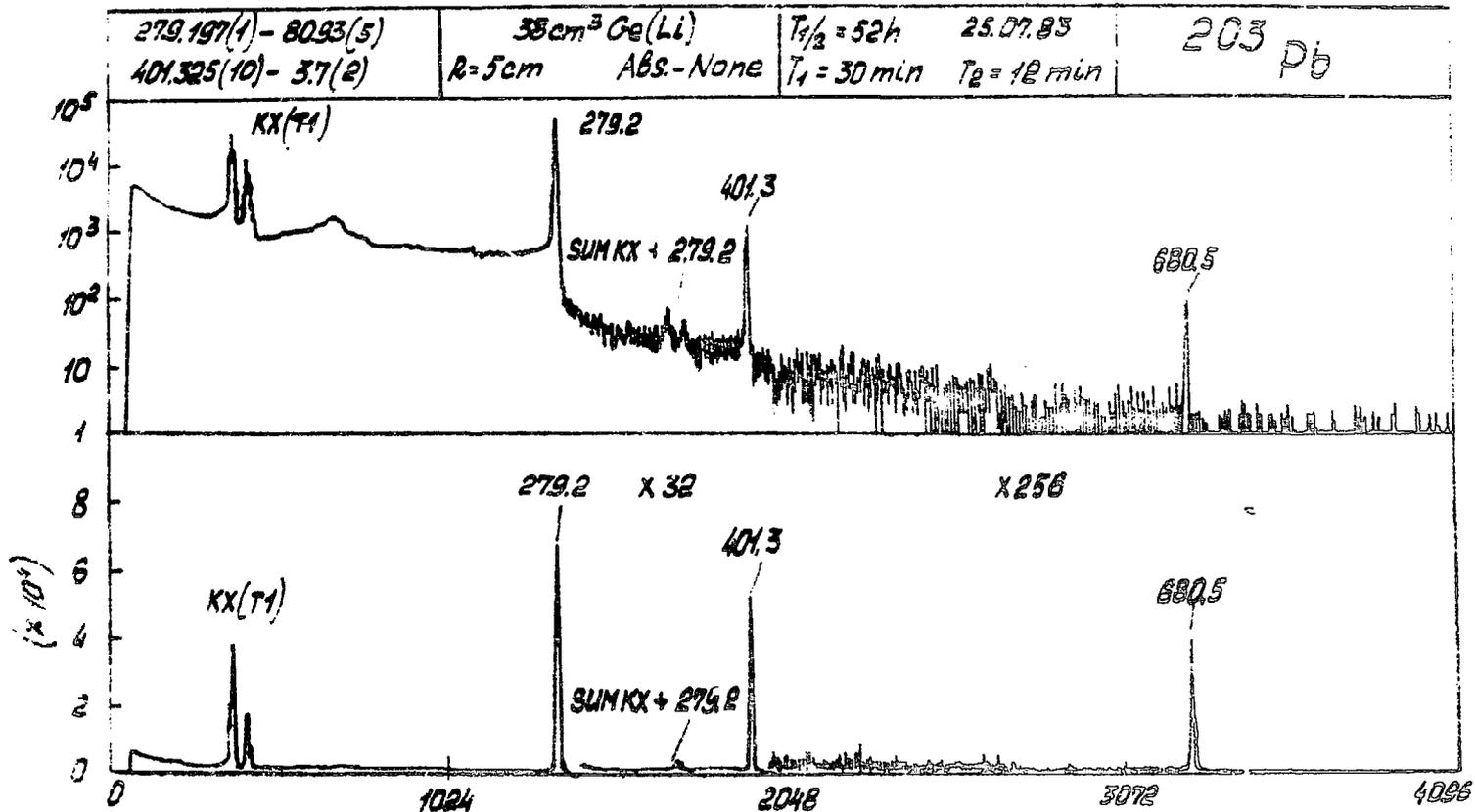


Рис. 5. Аппаратурный спектр  $^{203}\text{Pb}$

Физические характеристики изотопов, применяемых в медико-биологических исследованиях, спектры которых исследовались в данной работе

Радионуклид	Период полураспада	Тип распада и излучения	Энергия, кэВ		Интенсивность	
			$\beta^{\pm}, \epsilon_a, \epsilon_c$	-излучения	$\chi, \gamma$	- излучения
1.	2.	3.	4.		5.	
$^7\text{Be}$	53,23(8) дня	$\gamma$	-		477,605(3)/10,38(3)	
$^{13}\text{N}$	9,961(5) мин	$\beta^+, \epsilon, \gamma$	1198,5(9)/99,81(1)		511,00/199,62(2)	
$^{18}\text{F}$	109,600(5) мин	$\beta^+, \gamma$			511,00/193,4(2)	
$^{22}\text{Na}$	2,602(1) года	$\beta^+, \epsilon, \gamma$	545,8(4)/90,50(2)		511,00/181,11(4)	
$^{24}\text{Na}$	14,959(1) ч	$\epsilon^-, \gamma$	1390,4(7)/99,91(1)		1274,542(6)/99,94(1)	
$^{32}\text{P}$	14,28(2) ч	$\beta^-$	1710(1)/100		1368,633(6)/99,995(2)	
$^{34}\text{m}_{\text{Cl}}$	32,23(14) мин	$\beta^+, \text{IT}, \gamma$	1314(1)/24(1)		2754,030(14)/99,84(1)	
			2490(1)/28(1)		146,4(1)/43(2)	
					511,00/106(2)	
					1175,8(5)/13,5(6)	
					2127,6(5)/42(1)	
					3303,7(10)/10,7(4)	
$^{35}\text{S}$	87,4(2) дня	$\beta^-$	167,47(19)/100			
$^{38}\text{K}$	7,613(11) мин	$\beta^+, \gamma$	2723,5(17)/99,8(1)		511,00/199,6(2)	
					2167,5(3)/99,8(1)	
					3935,6(5)/0,20(3)	

1	2	3	4	5
42 K	12,360(4) ч	$\beta^-, \gamma^+$	1996,5(16)/18,3(9)	312,74(2)/0,35(3)
43 K	22,2(3) ч	$\beta^-, \gamma^+$	827(10)/92,2(2 ) 1224(10)/3,6(1)	372,76(2)/87,3(14) 396,87(2)/11,5(1) 593,40(2)/11,1(3) 617,49(3)/80,5(12)
44 Sc	3,927(8) ч	$\beta^+, \epsilon, \gamma^+$	1467(4)/98(1)	511,00/196(2) 1157,031(5)/99,88(1)
44 <sup>m</sup> Sc	2,442(4) дня	$\gamma^+, \epsilon, \gamma^+, \chi$		4,13/2,4 271,241(10)/86,6(2) 1001,825(31)/1,37(1) 1126,064(40)/1,37(1) 1157,002(3)/1,37(1)
45 Tl	3,08(1) ч	$\beta^+, \epsilon, \gamma^+, \chi,$ $e_A$	1040,6(24)/85,1(7)	4,13/2,45 511,00/170,2(14) 719,6(3)/0,154(12) 1408,1(3)/0,085(9) 1660,9(3)/0,041(4)
48 V	15,974(3) дня	$\beta^+, \epsilon, \gamma^+, \chi,$ $e_A$	696(4)/50,7(7)	4,505/2,84(28) 4,511/5,6(6) 4,932-4,962/1,14(15) 511,00/101(3) 944,126(8)/7,8(1) 983,526(4)/99,982(2) 1312,11(1)/97,5(3) 2240,40(2)/2,42(5)

1	2	3	4	5
49 Cz	42, I(2) МПР	$\beta^+, \epsilon, \sigma, \chi,$ $e_A$	I453(3)/48, I(6) I5I5(3)/34, 4(4) I606(3)/I0, 0(I)	4, 96/2, 6 62, 289(2)/I6, 7(2) 90, 639(2)/54, 2(7) I52, 928(2)/30, 9(4) 5II, 00/I85(3)
5I Cz	27, 697(4) ДНЯ	$\epsilon, \sigma, \chi, e_A$	4, I5-4, 38/55, I(I9) 4, 77-6, 95/II, 0(4) 5, 33-5, 46/0, 85(3)	4, 945/8, 2(6) 4, 952/I6, 2(I2) 5, 427/3, 3(3) 320, 0842(9)/9, 83(I4)
52m Mn	2I, 2(4) МНН	$\beta^+, \epsilon, \sigma$	905(3)/0, I7(I) 2633(3)/96, 4(2)	377, 74(I)/I, 7(I) 5II, 00/I93, 2(4) I434, 05(I)/98, 2(20)
52 Fe	8, 26(2) Ч	$\beta^+, \sigma, \chi, e_A$	804(3)/340(2)	5, 97/I0, I I68, 684(II)/99, 2(20) 5II, 00/II2(2)
55 Fe	99I(9) ДНЯ	$\chi, e_A$	4, 95-5, 2I/48, 5(I9) 5, 67-5, 90/II, 0(4) 6, 37-6, 53/0, 79(3)	5, 887/8, 2(2) 5, 898/I6, 2(4) 6, 490/3, 2(I)
55 Co	I7, 54(4) Ч	$\beta^+, \epsilon, \sigma, \chi,$ $e_A$	I024(I)/26, 2(I3) III6(I)/3, 0(2) I50I(I)/45(2)	6, 47/6, 5 447, 2(3)/20, 3(I0) 5II, 00/I48, 4(40) 93I, 5(3)/75(4) I408, 7(3)/I6, 5(8)

1	2	3	4	5
$^{56}\text{Co}$	77,9(13) дня	$\beta^+, \gamma, X$ $e_A$	42I(2)/I,03(4) I459(2)/I9,5(5)	6,39/7,3(2) 6,40/I4,4(7) 7,06-7,II/2,9(I) 5II,00/4I(I) 846,768(4)/99,92(I) 977,4I(5)/I,4I(2) I037,843(4)/I4,2(2) II75,I03(5)/2,27(3) I238,286(5)/66,9(II) I360,209(5)/4,28(4) I77I,349(7)/I5,6(2) 20I5,I8I(8)/0,64(2) 2034,755(7)/7,76(8) 2598,462(7)/I6,9(2) 320I,960(I2)/3,05(6) 3253,4I9(II)/7,5(2) 3272,995(II)/I,79(4)
$^{57}\text{Co}$	27I,76(7)	$\gamma, X, e_A,$ $e_C$	5,35-5,63/84,I(2) 6,I7-6,40/20,I(7) 6,92-7,I0/I,8(I) 7,303(2)/70(2) I3,69(I)/7,9(2) II4,999(2)/I,9(2) I29,362(2)/I,43(4)	I4,4I47(25)/9,57(I3) I22,06I4(3)/85,54(I4) I36,4743(5)/I0,6(I)

1	2	3	4	5
$^{57}\text{Ni}$	36,08(9) ч	$\beta^+, \epsilon, \gamma, X,$ $\epsilon_A$	716(7)/5,0(3) 843(7)/34,1(20)	7,02/18,3 127,19(3)/12,9(8) 511,00/78(4) 1377,59(4)/77,9(16) 1757,48(8)/7,1(6)
$^{58}\text{Co}$	70,91(2) дня	$\beta^+, \epsilon, \gamma, X,$ $\epsilon_A$	5,35-5,63/39,1(12) 6,17-6,40/9,3(3) 6,92-710/0,86(3) 475,0(13)/15,05(7)	6,39/7,8(3) 6,40/15,3(5) 7,06/3,1(1) 511,00/30,10(14) 810,772(14)/99,45(2) 863,96(2)/0,689(15) 1674,74(4)/0,519(15)
$^{59}\text{Fe}$	44,50(1) дня	$\beta^-, \gamma$	130,4(21)/1,24(3) 273,0(21)/45,3(3) 465,4(21)/53,2(4)	142,652(2)/0,96(4) 192,349(5)/2,8(2) 1099,251(4)/56,4(14) 1291,596(7)/43,3(11)
$^{60}\text{Co}$	5,2712(11) года	$\beta^-, \gamma$	317,88(10)/99,88(2) 1491,1(1)/0,12(2)	1173,238(4)/99,85(2) 1332,502(5)/99,982(1)
$^{61}\text{Cu}$	3,408(10) ч	$\beta^+, \gamma, X, \epsilon_A$	560,4(14)/2,7(6) 933,4(14)/5,6(11) 1149,0(14)/2,0(5) 1216,4(14)/51(5)	7,56/12,7 67,412(3)/3,9(8) 282,956(2)/12,5(23) 373,050(5)/2,2(4) 511,00/123(12) 529,169(22)/0,4(1)

	1	2	3	4	5
					588,605(9)/1,2(2) 656,008(4)/10,7(2I) 816,692(13)/0,4(1) 841,2II(17)/0,25(5) 908,63(17)/1,2(2)
$^{62}\text{Cu}$	9,74(2) мин	$\beta^+, \epsilon, \gamma, X,$ $E_A$	2927(5)/97,2(20)		7,56/0,66 511,00/194(4) 875,71(7)/0,147(7) 1173,02(10)/0,335(17)
$^{64}\text{Cu}$	12,703(2) ч	$\beta^+, \epsilon, \gamma, X,$ $E_A$	578,2(15)/37,1(6) 652,9(8)/17,9(2)		7,46/5,0(4) 7,48/9,9(7) 8,26/2,0(1) 511,00/35,8(4) 1345,80/0,48(4)
$^{65}\text{Zn}$	243,9(2) дня	$\beta^+, \epsilon, \gamma, X,$ $E_A$	329,9(11)/1,45(2)		8,028/11,3(2) 8,048/22,2(4) 8,905/4,6(1) 511,00/2,90(4) 1115,546(4)/50,75(10)
$^{67}\text{Cu}$	61,79(9) ч	$\beta^-, \gamma, X, E_A,$ $E_C$	7,35-7,56/5,3(4) 8,31-8,64/1,62(12) 83,655(5)/12,2(4) 92,2/1,49(6) 181(6)/1,139(15) 391(8)/57,3(5)		8,616/1,92(14) 8,639/3,77(27) 9,572-9,650/0,78(6) 91,270(5)/7,08(13) 93,314(5)/16,2(4) 184,579(10)/48,8(4)

1	2	3	4	5
			48I(8)/2I,6(9)	
			575(8)/20,0(9)	
67 $G_a$	78,255(23) $\pi$	$E, \sigma, X, e_A$	7,35-7,56/46(10)	8,616/16,7(17)
			8,31-8,64/14(3)	8,639/32(3)
			83,655(5)/28,0(28)	9,572-9,650/6,8(7)
			92,20(5)/3,4(4)	9I,270(5)/3,00(26)
				93,314(5)/37(3)
				184,579(10)/20,7(16)
				208,948(10)/2,34(21)
				300,221(10)/16,6(15)
				393,538(10)/4,6(4)
68 $G_a$	68,0(2) $\pi H H$	$\beta, E, \sigma, X, e_A$	82I,7(12)/I,13(6)	8,623I,4(I)
			1899,1(12)/87,52(17)	8,64/2,7(2)
				9,57/0,56(4)
				51I,00/I77,30(36)
				1077,4I(7)/3,22(17)
69 $m_{2r}$	13,9(2)	$\beta, I\Gamma, \sigma, X, e_A, e_C$	428,980(18)/4,38(13)	8,62/0,62(5)
			437,4-437,6/0,5I(2)	8,64/I,22(6)
			438,5-438,6/0,7I(1)	9,57/0,26(1)
			769,3(30)/0,033(3)	438,64I(18)/94,90(15)

1	2	3	4	5
$^{69}\text{Ge}$	39,05(10) ч	$\beta^+, \epsilon, \sigma, \chi,$ $\nu_A$	629(3)/2,3(4) 1204(3)/21(6)	9,38/21 511,00/93(12) 574,11(10)/13,3(19) 871,98(10)/11,9(17) 1106,77(10)/36(4) 1336,60(10)/4,5(6)
$^{75}\text{Se}$	119,77(9) дня	$\epsilon, \sigma, \chi, \nu_A,$ $\nu_C$	12,54(5)/4,3(3) 22,88(5)/0,86(15) 24,20(5)/0,17(3) 54,83(4)/0,263(19) 84,868(4)/2,24(18) 95,205(4)/0,33(3) 109,251(4)/0,614(3) 124,134(4)/1,47(10) 252,791(6)/0,37(2) 267,672(6)/0,18(2)	10,508/15,9(11) 10,534/30,8(21) 10,78-11,87/7,1(5) 66,060(7)/1,09(4) 96,734(1)/3,41(11) 121,115(3)/17,0(4) 136,000(1)/58,6(11) 198,598(4)/1,47(2) 264,656(2)/58,6(9) 279,539(2)/24,9(4) 303,924(3)/1,32(3) 400,657(2)/11,4(2)
$^{75}\text{Br}$	97 (2) мин	$\beta^+, \epsilon, \sigma, \chi,$ $\nu_A$	1695(20)/39(4) 1702(20)/15(4)	11,37/13,9 286,5(2)/92(1) 511,00/142(7)

В

1	2	3	4	5
76 Br	16,2(2) $\varphi$	$\beta^+, E, \beta^-, X,$ $E_A$	3375(15)/27,6(14) 3934(15)/6,0(3)	II, 37/24, 4 5II, 00 559, II(5)/72, 3(7) 657, 00(5)/15, 5(8) 1216, 10(5)/8, 7(4) 1853, 68(5)/14, 0(7) 2950, 55(5)/7, 6(4)
77 Br	2, 3765(3) $\varphi$	$\beta^+, E, \beta^-, X,$ $E_A$	343(3)/0, 74(19)	II, 20/45 12, 50/7 238, 98(7)/23, 9(12) 297, 23(8)/14, 3(7) 520, 69(6)/23, 2(12)
82 Rb	1, 25(3) MHB	$\beta^+, E, \beta^-, X,$ $E_A$	2680/II, 6(6) 3460/83, 2(40)	12, 82/3, 2 5II, 00/190(10) 776, 49(3)/13, 4(7)
81 $m_{K2}$	13(1) c	$\beta^+, \beta^-, X,$ $E_A, E_C$	175, 98(1)/26, 8(3) 188, 38(1)/5, 3(1)	12, 60/4, 9 12, 65/9, 6 14, 1/2, 3 190, 30(1)/67, 1(9)

1	2	3	4	5
85 $S_z$	64,85(1) дня	$E, \sigma, X, E_A,$ $E_c$	10,97-11,49/21,0(7) 12,81-13,40/7,4(3) 14,55-15,17/0,83(3) 498,81(2)/0,64(1)	13,34/17,2(4) 13,40/33,2(8) 14,95-15,20/8,7(2) 514,009(12)/99,28(1)
86 $R_B$	18,63(2) дня	$\beta, E, \sigma$	697,6(19)/8,8(1) 1774,4(19)/91,2(1)	1076,77(6)/8,8(1)
87 $m_{S_z}$	2,82(1) ч	$E, IT, \sigma, X,$ $E_A, E_c$	11,59-12,13/3,4(3) 13,50-14,14/1,2(1) 15,76-16,06/0,14(2) 372,30(5)/14,9(4) 386,34-386,60/2,18/4 388,08-388,29/0,34(1)	14,098/2,9(1) 14,165/5,7(1) 15,75-16,07/1,5(2) 388,40(5)/81,8(7)
89 $S_z$	50,62(6) дня	$\beta, \sigma$	1492(3)/100	909,2(1)/0,95 $\cdot 10^{-3}$
90 $V$	64,26(7) ч	$\beta^+, \sigma$	2274(2)/99,984(3)	511,00/068(7) $\cdot 10^{-2}$
91 $V$	58,51(6) дня	$\beta^-, \sigma$	339(2)/0,30(3) 1544(2)/99,70(3)	1204,7(5)/0,30(3)
97 $Ru$	2,88(4) дня	$E, \sigma, X, E_A,$ $E_c$		18,66/71 215,7(1)/87(1) 324,5(1)/11(1)

	2	3	4	5
$^{99}\text{Mo} + ^{99\text{m}}\text{Tc}$	66,02(2) ч	<i>Э, Т, X, Лд,</i>	14,59-14,87/2,4(8) 17,42-18,37/0,9(4) 119,468(4)/10,2(12) 137,469(4)/1,12(14) 436,1(20)/19,9(23) 847,6(20)/1,48(24) 1214,0(20)/80(2)	18,251/3,4(2) 18,367/6,4(12) 20,78/2,0(4) 40,585(2)/1,02(24) 140,512(4)/103(11) 181,076(8)/7,3(10) 739,61(3)/14,6(22) 777,90(4)/5,2(7)
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	6,012(4) ч	<i>IT, Э, X, Лд, Лс</i>	14,59-14,87/1,5(5) 17,42-18,37/0,6(2) 119,468(4)/10,2(12) 137,469(4)/1,12(14)	18,251/2,1(1) 18,367/3,9(2) 20,78/1,0(1) 140,512(4)/89,8(2)
$^{101}\text{mRh}$	4,34(1) дня	<i>Э, IT, Э, X, Лд, Лс</i>	157,32(3)/8,6(7)	19,64/64,1 20,55/7,1 306,86(2)/86,3(4)
$^{111}\text{In}$	2,803(3) дня	<i>Э, Э, X, Лд, Лс</i>	18,64-19,50/11(2) 21,92-23,16/4,5(9) 144,57(3)/9,4(4) 167,3-167,7/1,06(5) 318,711(6)/5,1(2)	22,984/23,6(9) 23,174/44,6(14) 23,17/14,6(5) 171,28(3)/90,3(4) 245,422(6)/93,98(3)

1	2	3	4	5
113 $m_{\Gamma n}$	99,48(2) МИН	IT, J', X, e <sub>A</sub> , e <sub>c</sub>	19,34-20,32/2,8(6)	24,00/6,8(2)
			22,88-24,21/1,2(4)	24,21/12,9(5)
			363,762(4)/28,2(3)	27,35/4,3(2)
			387,464(4)/4,0(4)	391,702(4)/64,9(2)
			390,9 / 1,25(15)	
118 $s_B$	3,6(1) МИН	B', E, J', X	2673(6)/75(4)	25,78/17
				511,00/150(8)
				1229,64(3)/2,5(4)
123 $I$	13,25(3) Ч	E, J', X, e <sub>A</sub> , e <sub>c</sub>	21,81-23,01/8,3(14)	27,202/24,6(9)
			25,80-27,28/3,5(7)	27,472/45,9(16)
			127,16(4)/13,6(2)	30,9/13,2(6)
			154,0/1,74(4)	31,7/2,7(1)
			158,0/0,40(1)	158,97(4)/83,4(5)
				440,01(5)/0,424(12)
125 $I$	59,2(1) ДНБ	E, J', X, e <sub>A</sub> , e <sub>c</sub>	3,6790(6)/80,0(11)	27,202/49,2(8)
			22 / 19,9	27,472/75,0(16)
			30,6/10,54(15)	30,9/21,6(5)
			34,5 / 2,09(3)	31,7/4,4(1)
				35,492(1)/6,67(6)
127 $x_e$	36,4(1) ДНБ	E, J' X, e <sub>A</sub> e <sub>c</sub>		26,16/79,3
				172,132(10)/25,5(8)
				202,863(10)/68,3(4)
				374,991(12)/17,2(5)

1	2	3	4	5
130 $\Delta_1$	2,62(2) мин	$\beta^+, \epsilon, \tau, \chi$	246I(6)/I4,3(I2)	30,40 / 26
131	3,02I(2) ч	$\beta^+, \delta, \chi, \epsilon_a,$ $\epsilon_c$	2904(6)/53, I(I4)	442,90I(I0)/0,268(I3)
			45,62(I)/3,48(6)	29,43/I,5I(4)
			247,9(6)/2, I3(2)	33,56-34,42/I,00(3)
			329,93(I)/I,54(2)	29,78/2,8I(8)
			333,8(6)/7,3(I)	
133 $\chi_e$	5,247(2) дня	$\beta^-, \delta, \chi, \epsilon_a,$ $\epsilon_c$	506,3(6)/89,5(8)	
			24,4-25,8/3,7(5)	30,626/I3,5(II)
			29,0-3I,0/I,7/3	30,973/25,0(20)
			45,009(24)/52,6(4I)	35, I3/9,0(7)
			75,28(3)/6,8(5)	80,997(3)/36,3(22)
			75,64(3)/I,02(9)	
			79,78(3)/I,58(I6)	
134 $\Delta_a$	6,45(I6) мин	$\beta^+, \epsilon, \delta, \chi$	346(3)/99, I(6)	
			2678(30)/6I,3(I8)	32,88/I3
137 <sup>m</sup> $\Delta_a$	2,554(2) мин	$I\tau, \delta, \chi, \epsilon_a,$ $\epsilon_c$		5II,00/I63(4)
			624,225(3)/7,68(4)	604,599(I2)/5,05(I5)
				3I,82/I,97(7)
			655,677(3)/I, I5(6)	32, I9/3,62(I3)
				36,54/I,32(5)
			66I,662(2)/84,6(2)	

1	2	3	4	5
I40 <i>La</i>	40,29(1) ч	<i>β, γ</i>	I239(2)/11,0(1) I244(2)/5,80(14) I296(2)/5,60(9) I348(2)/43,9(5) I412(2)/5,3(2) I677(2)/19,7(10) 2I64(2)/7,0(11)	328,765(12)/20,40(18) 432,52(2)/2,95(10) 487,03(2)/44,4(10) 751,68(4)/4,39(15) 815,79(3)/23,1(5) 867,87(4)/5,57(9) 919,56(4)/2,78(9) 925,22(4)/7,03(8) I596,22(2)/100
I43 <i>Pz</i> I67 <i>πm</i>	13,57(2) дня 9,25(2) дня	<i>β, γ</i> <i>ε, σ, κ, ρA</i> <i>ρc</i>	935,3(19)/100 47,323(3)/7,3(6) 47,810(3)/5,6(4) 48,717(3)/5,8(5) 55,26(1)/4,4(6) 56,62(1)/1,11(12) I50,316(3)/19,7(3) I98,051(3)/2,0(2) I98,538(3)/16,6(17) I99,444(3)/10,0(10) 206,00(1)/7,7(4) 207,36(1)/2,0(3)	742,1(3)/1,2(4) 10 <sup>-6</sup> 6,95/8,6(12) 7,54-9,58/18,2(25) 48,222/26,8(10) 49,128/47,6(16) 55,93/19,4(8) 57,074(2)/4,5(3) 207,802(3)/41,0(7) 531,55(4)/1,6(3)

1	2	3	4	5
168 Эс	2,40(2) дня	Б, Г, Ес	6,094(3)/20,5(16) 6,311(8)/6,8(5) 5,517(8)/7,5(6) 7,93(1)/4,6(1) 343,6(15)/44(2) 352,0(15)/56(2)	8,401(8)/0,168(13)
169 УВ	32,02(2) дня	Е, Г, Х, ЕА, Ес	3,7312(6)/38,8(13) 10,6-12,1/7,4(6)  34226(1)/8,0(3) 50,391(1)/35,4(9) 53,0-54,5/7,1(2) 71,134(1)/6,02(17) 99,7-101,1/5,65(14)  117,825(1)/10,4(2) 120,4-121,9/5,17(15) 138,568(1)/12,9(3)	49,77/52(3) 50,74/92(4) 57,5/38(2) 63,1208(2)/43,6(14) 93,6151(4)/2,54(7) 109,7802(3)/17,6(4) 118,1901(10)/1,90(8) 130,5239(4)/11,0(3) 177,2144(5)/21,6(5) 197,9581(6)/35,2(7) 261,0788(7)/1,72(5) 307,7382(8)/10,2(3) 48,58(2)/3,57(8) 78,67(2)/10,8(5) 181,47(2)/19,8(10) 810,05(2)/15,7(8) 900,69(5)/28,5(17) 912,05(3)/14,6(7) 1093,64(2)/63,2(15)
172 Лч	6,70(3) дня	Е, Г, Х, ЕА, Ес		

1	2	3	4	5
178 <sub>Тв</sub>	2,45(5) ч	E, P, X, eA, eC		57,05/85,4 88,83/69,7(14) 93,15/17,4(4) 213,41/80,0(16) 325,60/94,1(3) 331,66/31,8(6) 426,36/100,7(20)
186 <sub>Re</sub>	90,6(3) ч	E, B, P, X, eA, eC	63,286(8)/4,17(31) 125,34(1)/6,07(45) 134,70(2)/1,55(11) 939,4(18)/21,6(17) 1076,6(18)/71,0(17)	10/4,7 57,982/1,6(3) 59,320/2,7(5) 61,487/1,15(9) 63,001/2,00(15) 67,0/1,2(2) 71,1/0,85(7) 122,61(3)/0,61(5) 137,157(8)/9,5(7)
198 <sub>Ac</sub>	2,695(1) дня	P, P, X, eA, eC	8 / 2,1 286,6(9)/1,28(7) 328,702(2)/2,89(1)  398,56(1)/1,01(1) 408,06(1)/0,244(3) 102,429(20)/0,731(8)	12 / 1,3 68,90/0,81(2) 70,82/1,38(4) 80,0/0,61(2) 411,8044(11)/95,53(2) 675,8876(20)/1,05(5) 1087,6905(29)/0,23(2)

1	2	3	4	5
201 <i>тл</i>	72,93(2) ч	Е, Я, X, ЛА, Лс	15,84(2)/8,0(7) 17,43(3)/6,8(6) 52,24(4)/7,3(5) 84,33(7)/14,9(8)	II / 45 68,893/27,2(18) 70,819/46,4(30) 79,82/20,4(13) 135,34(4)/2,65(19) 167,43(7)/10,0(5)
202 <i>тл</i>	12,24(4) дня	Е, Я, X, ЛА, Лс	54/1,7(10) 356,47(1)/2,38(4)	9,988/8,03(25) 11,4-13,9/17,9(6) 68,895/22,9(7) 70,819/39,0(10) 80,3/17,1(6) 439,57(1)/91,4(10)
203 <i>ДВ</i>	52,0(2) ч	Е, Я, X, ЛА, Лс	193,667(1)/13,2(1) 263,850(1)/1,98(2) 264,499(1)/1,31(2)	10,297/8,6(9) 11,8-14,9/19,3(20) 70,83/26,1(3) 72,87/44,2(5) 82,99/19,6(2) 279,197(1)/80,93(5) 401,325(10)/3,7(2) 680,514(10)/0,70(8)

Г	2	3	4	5
206 ВЛ	6,243(3) дня	Е, Ж, К, Л, Р, С		76,74/105 184,02(3)/15,8(3) 343,51(3)/23,5(3) 398,00(3)/10,75(10) 497,06(4)/15,33(15) 516,18(4)/40,8(4) 537,45(4)/30,4(3) 803,10(5)/98,9(9) 881,01(5)/66,2(7) 895,12(5)/15,8(2) 1098,26(7)/13,5(2) 1719,70(7)/31,9(4)
2II АБ + 2II РВ	7,23(2) ч	Е, Ж, Ж, К	5867(2)/41,7(2)* 7450,4(16)/41,2(2)*	81,17/45 569,65(10)/0,22(1) 687,0(1)/0,25(2) 897,8(1)/0,21(1)
224 РВ	3,66(4) дни	А, Б, Ж, К, С	24,5II(4)/19,3(12) 148,106(2)/34,1(45) 158(4)/5,5(2) 334(4)/93(4) 573(4)/15(4) 1283(4)/9,7(3) 1517(4)/9,0(1) 1519(4)/5,1(1)	II,62/12,9(7) II,82/9(2) 78,78/37,5(12) 238,632(2)/50,7(10) 583,191(2)/34,6(9) 2614,533(13)/40,8(1)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

1794(4)/20,3(4)  
 2246(4)/62,8(2)  
 5448,74(16)/5,05(16)<sup>\*</sup>  
 5685,42(15)/94,93(16)<sup>\*</sup>  
 6050,83(3)/28,4(18)<sup>\*</sup>  
 6090,94(4)/11,1(4)<sup>\*</sup>  
 6288,29(10)/100<sup>\*</sup>  
 6778,3(5)/100<sup>\*</sup>  
 8784,15(7)/72,9(2)<sup>\*</sup>

30

Примечание: <sup>\*</sup> обозначены значения энергии и интенсивность  $\alpha$  -частиц.

Цветан Вылов  
Александр Александрович Ключников  
Александр Федорович Новгородов  
Николай Ильич Рухадзе

АТЛАС СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЙ РАДИОНУКЛИДОВ  
МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

(Препринт КИЯИ-88-51)

Редакторы: Н.А.Солдатенко  
Л.П.Малашкина

Подписано к печати 14.11.88 г.  
БФ 19272 Бумага офсетная Усл.-печ.л. - 1,8  
Изд. № КИЯИ-88-51 Печать офсетная Уч.-изд.л. - 0,77  
Тип. заказ 333 Формат бумаги 60х90/16  
Тираж 200 экз. Цена 5 коп

---

СНТБ с ЭП Института ядерных исследований АН УССР  
252028, Киев-28, проспект Науки, 47