

Симпозиум по биологическому действию радиоизотопов

Биологическое действие радиоактивных изотопов, инкорпорированных в живых существах, является одной из наиболее сложных проблем современной радиобиологии. Это связано с тем, что в дополнение к радиационному фактору здесь сказывается также распределение вещества по организму, форма химического соединения излучателя, скорость его выведения из организма, путь попадания в организм и другие факторы. В то же время исследование таких процессов особо необходимо для обеспечения безопасности при использовании радиоактивных изотопов, поскольку их предельно допустимые концентрации в теле человека не могут быть рассчитаны без знания соответствующих радиобиологических констант. Большое количество новых данных в этой области было сообщено на состоявшемся в июне 1964 г. в Москве симпозиуме по биологическому действию радиоактивных веществ. Из 83 докладов, представленных на это совещание, было заслушано и обсуждено 60, посвященных наиболее важным излучателям (Sr^{90} , Pu^{239} , Po^{210} , I^{131} , H^3 и др.).

Большое число работ было посвящено крайне опасному долгоживущему β -излучателю — Sr^{90} , содержащемуся в составе радиоактивных выпадений. Л. Н. Бурькина, изучая кинетику накопления этого изотопа у собак при хроническом поступлении с пищей, обнаружила, что скорость отложения изотопа в скелете значительно замедлялась по мере увеличения длительности наблюдения, а распределение (как в отдельных костях, так и в различных участках одной и той же кости) становилось более равномерным. Установлено также, что при затравке $0,2-2 \cdot 10^{-4}$ мкюри/кг веса тела в сутки на протяжении 3—3,5 лет кратность накопления Sr^{90} в скелете, определяемая отношением содержания изотопа во всем теле к ежедневно вводимой активности, составляла 75 для молодых животных и снижалась по мере увеличения возраста до 8. После прекращения опыта с затравкой скорость выведения найдена равной 2300 ± 300 суток.

В докладе Л. А. Булдакова и Р. А. Ерохина было сообщено, что величина отложения Sr^{90} в скелете крыс после однократного введения различных количеств (от 0,1 до 74 мкюри) и скорость его выведения из скелета не зависят от дозы. 76% депонированного Sr^{90} выводится с периодом полувыведения ($T_{эфф}$) 3 суток и 24% — 537 суток. В то же время при хроническом поступлении доля быстро обменяемого стронция уменьшается, а трудно обменяемой фракции — растет с одновременным увеличением $T_{эфф}$. Поэтому надо с особой осторожностью переносить радиобиологические данные, полученные на подопытных животных в остром эксперименте, в расчеты ПДК для человека.

А. А. Мирзоян в длительном эксперименте на 500 крысах, которым ежедневно вводили через рот по

$9 \cdot 10^{-2}$ мкюри Sr^{90} в форме $SrNO_3$, достоверно выявил увеличенное накопление этого изотопа в скелете крыс, подвергавшихся дополнительному ультрафиолетовому облучению (420 мкэрг/см^2) или такому облучению в комбинации с введением витамина D_2 (200 ед.). На 60-е сутки наблюдений в скелете животных с комбинированным β - и ультрафиолетовым облучением содержание Sr^{90} почти в два раза превышало аналогичные данные у животных с чистым β -облучением (рис. 1).

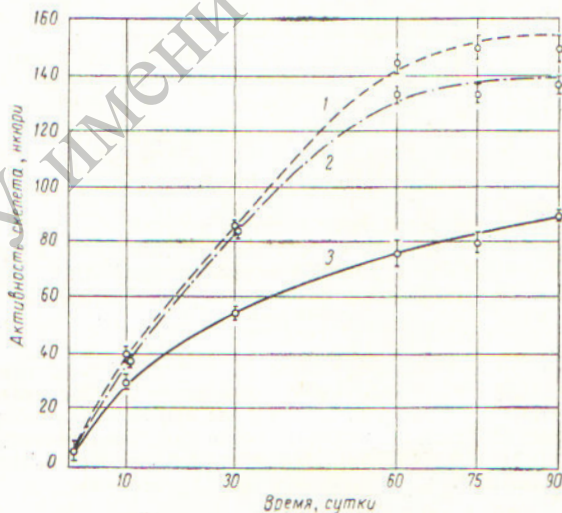


Рис. 1. Влияние ультрафиолетового облучения и введения витамина D_2 на кинетику накопления Sr^{90} в скелете крыс:

1 — введение Sr^{90} и ультрафиолетовое облучение; 2 — то же, но с дополнительным введением витамина D_2 ; 3 — введение Sr^{90} .

И. К. Дибобес и др. представили уникальные данные по содержанию стабильного стронция в рационе и скелете человека. Как известно, такие сведения позволяют наиболее точно оценить кратность накопления радиоактивного стронция и на этой основе рассчитать предельно допустимое содержание этого изотопа в рационе человека. Опираясь на спектроскопическое определение содержания стабильного стронция в 180 пробах костей, авторы выявили динамику изменения количества этого элемента в скелете человека (рис. 2). Установлено, что среднее содержание стабильного стронция в костях новорожденных составляет 240 мкг на 1 г Са, а у людей старше 20 лет — 450 мкг. Таким образом, плацентарная дискриминация может быть

охарактеризована величиной коэффициента $\sim 0,5$. Найдено также, что отложение кальция в скелете непостоянно (рис. 3) и достигает максимума на 14–16-й годы. Кратность накопления стронция была оценена этими авторами равной ~ 200 в скелете взрослых людей, коэффициент дискриминации стронция по отношению к кальцию при переходе этих элементов из пищи в кость — порядка 0,2.

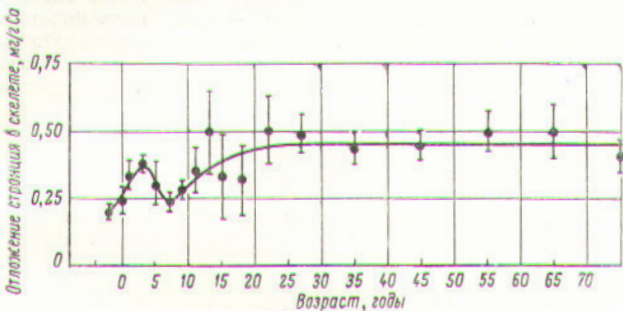


Рис. 2. Динамика накопления стабильного стронция в скелете человека.

Одной из наиболее практически важных задач радиобиологии является изучение комбинированного действия радиационных факторов, однако число работ в этой области исключительно мало. Поэтому особое внимание вызвал доклад Ю. И. Москалева и др., содержащий основные результаты работ по комбинированному действию инкорпорированных Sr^{90} , Ce^{144} и Pu^{239} на организм крысы в остром, подостром и хроническом периодах поражения. Помимо биологических и эффективных периодов полувыведения указанных изотопов авторам удалось выявить явление синергизма

в изученных случаях: при совместном введении пары изотопов с одинаковым и различным типом распределения большинство вызываемых повреждений не только суммируется ($Ce^{144} + Pu^{239}$), но выявляется раньше

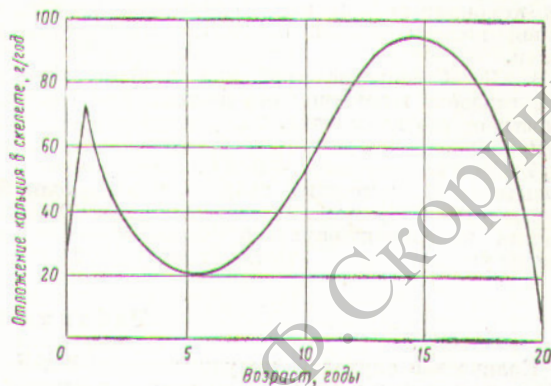


Рис. 3. Динамика отложения кальция в скелете человека.

или в большем проценте случаев ($Sr^{90} + Ce^{144}$ и $Sr^{90} + Pu^{239}$) при равных или меньших поглощенных дозах в скелете (табл. 1).

Т. Мухамедов, анализируя комбинированное действие J^{131} и шума на группе подопытных собак, вводил одной группе J^{131} в количестве 4 мкюри/кг веса, а другую группу аналогично затравленных животных подвергал дополнительно воздействию шума интенсивностью 100–105 дб (на 20–25 дб выше ПДУ) со спектром 280–1300 гц. Сопоставление критических органов (щитовидная железа) на 247-е сутки показало,

Таблица 1

Частота возникновения остеогенных сарком (у животных, проживших более 200 суток) при различных уровнях воздействия чистых радиоактивных изотопов и их смесей

Количество оптимальных саркомогенных доз	Изотопы									
	Sr^{90}	Ce^{144}	Pu^{239}	$Sr^{90} + Ce^{144}$	$Sr^{90} + Pu^{239}$	$Ce^{144} + Pu^{239}$	Sr/Ce	Pu/Sr	Pu/Ce	
2	a	33	100	23	—	100	76	—	—	3,9
	b	419	210	402	—	178	285	—	—	
	e	76,5	104	4,26	—	25+1,2	60+1,7	—	—	
1	a	48,6	54,5	24,3	47	59,5	67,2	—	7,5	7,4
	b	274	275	460	256	261	349	—	—	
	e	32	59	2,26	15,2+28,6	15,3+0,8	32+0,97	—	—	
0,5	a	34,8	46,2	15,7	80	36,7	14,1	1	8,5	—
	b	335	335	552	268	393	522	—	—	
	e	17	32	1,27	7,8+14,6	9,1+0,5	17,8+0,6	—	—	
0,25	a	15	27,3	4,3	—	—	—	—	—	—
	b	609	391	670	—	—	—	—	—	
	e	10,8	16,7	0,70	—	—	—	—	—	

a — Доля животных с саркомами, %.
b — Продолжительность жизни крыс, умерших от остеосарком, сутки.
e — Поглощенная доза в скелете, крэд.

что из-за изменений динамики накопления пода поглощенные дозы у собак, подвергнутых комбинированному воздействию вредных факторов, составляли в среднем 75 000 рад в сравнении с 47 000 рад у животных, получавших только J^{131} . Установлено также, что при комбинированном воздействии изменения щитовидной железой носили более злокачественный характер.

В. Н. Стрельцова сообщила о бластоогенной эффективности гетатогенного изотопа Pm^{147} в зависимости от его количества, поступившего в организм. В случаях однократного интраперитонеального введения Pm^{147} в количестве 1,1—0,011 мкюри/г веса крысы в опыте на 120 животных найдено, что опухоли возникают у 63—26% крыс, проживших свыше 100 суток. Частота появления опухолей уменьшается соответственно уменьшению количества Pm^{147} (табл. 2). Спектр

Таблица 2

Количество опухолей, индуцированных Pm^{147} у подопытных крыс (в % от числа животных, проживших более 200 суток)

Тип опухоли	Контр-роль	Количество введенного Pm^{147} , мкюри/г				
		10-3	10-2	0,1	0,5	1,1
Остеосаркома	0	0	0	8,6	9,0	10,4
Лейкоз . . .	4,8	0	5,2	4,3	4,5	47,3
Опухоли печени и ЖКТ	4,7	6,0	5,2	4,3	27,3	21,1
Всего опухолей на крысу	$\frac{1}{21}$	$\frac{1}{15}$	0,10	0,17	0,40	0,80

опухолей изменяется в зависимости от количества инкорпорированного изотопа. Остеосаркомы, опухоли печени и желудочно-кишечного тракта (ЖКТ) возникают в случаях введения Pm^{147} в количестве 1,1—0,14 мкюри/г. При введении меньших количеств преобладают опухоли желез внутренней секреции. Поглощенные дозы, при которых наблюдается развитие опухолей, в этом случае составляют от 400—700 до 4000 рад.

В изысканном радиометрическом исследовании последствий введения фтористого Ce^{144} в легкие подопытных кроликов А. Е. Иванов и К. И. Горельчик обнаружили принципиально важный факт перераспределения радиоактивного вещества в легких. Методом приближенного скенирования грудной клетки, а также радиометрическими анализами ткани легких, автордиографическими и гисторадиографическими исследованиями установлены две фазы в процессе очищения легких — с периодами полувыведения 7 и 126 суток соответственно. Весьма наглядно показано, что вследствие особенностей органа радиоактивное вещество распределяется в нем неравномерно и сравнительно быстро концентрируется в прикорневой зоне, где и проявляется его бластоогенное действие.

Важные данные, имеющие прямое отношение к оценкам допустимого содержания Sr^{90} в организме человека, представили Н. А. Запольская и др. Установлено, что выведение Sr^{90} из одной и той же кости меняется во времени (рис. 4): первый период полувыведения составляет 1,5—3 суток, второй — 90—100 суток. Найдено также резкое различие скоростей выведения этого изотопа из различных участков скелета (показатель степени функции выведения составляет для костей конечностей — 0,33, позвоночника — 0,23 и черепа — 0,15). Это позволяет предполагать, что скорость выведения стронция из скелета в целом является суммой скоростей нескольких процессов и может быть описана степенной моделью.

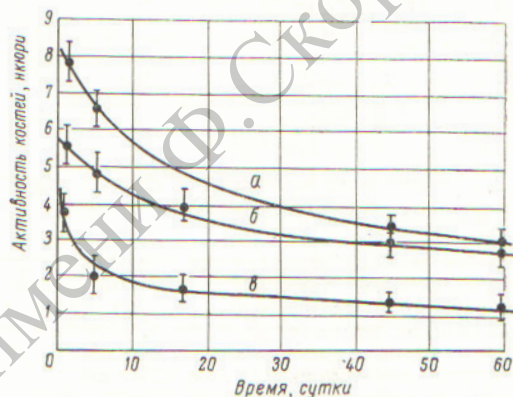


Рис. 4. Изменение концентрации Sr^{90} в костях позвоночника (а), черепа (б) и конечностей (в) после прекращения введения этого изотопа в организм подопытных животных.

В. К. Лемберг и др., изучая на крысах влияние дополнительных патологических факторов на отдаленные последствия поражения азотнокислым Pu^{239} в количествах $2 \cdot 10^{-3}$ и $6,3 \cdot 10^{-4}$ мкюри/г, обнаружили, что повторные асептические воспаления задерживают развитие опухолей скелета, в то время как повторные кровоупускания и механические травмы (переломы костей) имеют определенную тенденцию способствовать развитию опухолей скелета при действии на организм α -излучения Pu^{239} .

Весьма перспективные работы в области защиты от внутреннего облучения были представлены К. П. Крыловым и М. Г. Петровниным. Первый из них изучил эффективность 14 нонитов отечественного производства для последующего их применения в системах типа «искусственная почка». Второй практически освоил эту аппаратуру и изучил эффективность гемодиализа при поражениях инкорпорированным Sr^{90} на небольшой группе подопытных собак. Найдено, что в зависимости от длительности применения искусственной почки и от интервала времени, прошедшего с момента подкожной инъекции животным Sr^{90} до начала гемодиализа, удавалось извлечь 28—47% введенного количества этого вещества.

Государственное издательство «Медицина» намерено издать труды симпозиума в 1965 г.

Ю. В.