УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

На правах рукописи

В. Г. КУЛИКОВА

ПРОНИКНОВЕНИЕ РАДИОИЗОТОПОВ ЧЕРЕЗ ПЛАЦЕНТАРНЫЙ И МОЛОЧНЫЙ БАРЬЕРЫ ИЗ ОРГАНИЗМА МАТЕРИ В ПОТОМСТВО У МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель Н. В. ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ

СВЕРДЛОВСК 1964

УРАЛЬСКИЙ ФИЛИАЛ АКАДЕМИИ НАУК СССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ

На правах рукописи

В. Г. КУЛИКОВА

ПРОНИКНОВЕНИЕ РАДИОИЗОТОПОВ ЧЕРЕЗ ПЛАЦЕНТАРНЫЙ И МОЛОЧНЫЙ БАРЬЕРЫ ИЗ ОРГАНИЗМА МАТЕРИ В ПОТОМСТВО У МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук

Научный руководитель Н. В. ТИМОФЕЕВ-РЕСОВСКИЙ

СВЕРДЛОВСК 1964

Работа выполнена в лаборатории биофизики Института биологии Уральского филиала АН СССР.

О дне и времени защиты за 10 дней будет объявлено в газете «Уральский рабочий» или «Вечерний Свердловск».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института биологии Уральского филиала АН СССР (г. Свердловск, ул. 8 марта, 202).

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: г. Свердловск, ул. 8 марта 202, ученому секретарю Объединенного ученого совета кандидату биологических наук Г. С. Хреновой.

Автореферат разослан
Защита назначена 19. VI 64 г.

ВВЕДЕНИЕ

Несмотря на большой фактический материал, накопленный за последние десятилетия в области изучения действия ионизирующих излучений и излучателей на различные виды живых организмов, последствия радиоактивных загрязнений для окружающей нас живой природы остаются далеко еще недостаточно изученными. С точек зрения радиационной биогеоценологии и радиационной гигиены в настоящее время приобретает большое значение изучение вопросов миграции радиоактивных веществ по различным биологическим цепям. В связи с этим значительный интерес представляет вопрос о поступлении инкорпорированных радиоизотопов из организма беременных животных в плод через плаценту и с молоком кормящих матерей детенышам. Такая передача радиоактивных изотопов от матери потомству, с одной стороны, является одним из путей выведения излучателей из организма самки. С другой стороны, это способ передачи «заражения» потомству, а также дополнительный механизм миграции радиоизотопов из мест первичного загрязнения.

Используя различные методы, в том числе и метод меченых атомов, школа академика Л. С. Штерна ведет широкие исследования по изучению барьерных функций в организме. Среди многочисленных барьеров плацентарный и молочный барьеры в организме млекопитающих занимают особое положение, так как через них любые инкорпорированные матерями вещества могут в той или иной степени проникать в потомство, а отсюда через продукты животного происхождения и в организм человека.

В настоящей работе не ставилась задача изучения физиологических или других механизмов, определяющих поведение различных радиоизотопов в организме беременных и лактирующих животных, а с самого начала имелось в виду в опы-

тах с единой методикой получить сравнительную феноменологическую картину проникновения возможно большего числа наиболее распространенных радиоизотопов через плацентарный и молочный барьеры. При этом особое внимание было уделено изучению перехода от матери к потомству радиостронция (стронция-90).

Диссертационная работа состоит из следующих основных разделов:

I. Введение.

II. Материал и методика.

III. Экспериментальная часть. В этом разделе вначале описываются опыты по изучению действия инкорпорированного церия-144 на репродуктивную способность родителей и их потомства; эти опыты имеют подсобное значение и проведены с целью определения возможного радиотоксического действия излучателя, что позволило в дальнейшем для основных опытов избрать дозу вводимых радиоизотопов, не вызывающую заметных физиологических нарушений. Затем излагаются результаты основных опытов, которые посвящены изучению проникновения 12 различных радиоизотопов через плацентарный и молочный барьеры в потомство крыс при введении их в организм самок в разные сроки беременности и лактации. Опыты со стронцием-90 были проведены по расширенной схеме, включающей изучение передачи этого радиоизотопа от матерей потомству в течение трех поколений.

IV. Заключение.

V. Выводы.

VI. Литература.

Работа изложена на 86 страницах машинописи, иллюстрирована 31 таблицей, 12 графиками и 1 ауторадиограммой. В библиографическом указателе приводится 120 источников.

Материал и методика

В качестве подопытных животных в работе были использованы белые мыши и белые крысы. Мыши были обоего пола в возрасте от 2 до 2,5 месяцев со средним исходным весом 20 г. Исследования на крысах проводились только на самках со средним весом 200 г.

На мышах было проведено два опыта с церием-144, который вводился животным однократно внутрибрюшинно в форме хлорида без добавления стабильного носителя, радиоактивностью в первом опыте 10 микрокюри и во втором — 25 микрокюри на мышь. В опытах на крысах были использо-

ваны: фосфор-32, кальций-45, железо-59, кобальт-60, цинк-65, рубидий-86, стронций-90, иттрий-91, рутений-106, йод-131, цезий-137 и церий-144. Все эти радиоизотопы, кроме фосфора-32 и йода-131 (Na_2HPO_4 и KJ), вводились в организм однократно внутрибрюшинно в форме хлоридов радиоактивностью 3—5 микрокюри на крысу.

Во всех опытах, как на мышах, так и на крысах, радиоактивность определялась в тушках матерей и их потомства. Для этого производилось тотальное озоление тушек, брались две параллельные пробы и измерялись торцовым счетчиком типа Т-25-БФЛ на радиометре типа Б или Б-2. Результаты измерений пересчитывались на вес одного крысенка (в импульсах в минуту) и выражались в процентах от величины радиоактивности, первоначально введенной матери. В том случае, когда работы велись с изотопом стронцием-90, все препараты измерялись после установления радиоактивного равновесия с дочерним продуктом иттрием-90.

Опыты по влиянию церия-144 на общее состояние и репродуктивную способность животных, проведенные, как уже указывалось, на мышах, имели восемь вариантов. В каждом опыте первые четыре варианта представляли «размножаемую группу» животных, в которой производились скрещивания по следующей схеме: 1) контрольная самка × контрольный самец (в этом варианте животным радиоцерий не вводился), 2) контрольная самка × подопытный самец, 3) подопытная самка × контрольный самец и 4) подопытная самка × подопытный самец. Каждое гнездо в этих вариантах опыта состояло из 4 самок и 1 самца. Последние четыре варианта опыта составляли «неразмножаемую группу» и служили в качестве контроля. Испытание мышей на плодовитость в первом опыте производилось трижды: на 14-й, 110-й и 150-й дни после введения радиоцерия, а во втором опыте мыши испытывались на плодовитость только один раз на 21-й день после введения. В течение опыта велись наблюдения за изменением веса подопытных мышей, высчитывался процент окотившихся мышей, подсчитывалось среднее число мышей в помете, определялся их вес в разном возрасте и измерялось количество радиоцерия, перешедшего к потомству из организма матери. Взрослое потомство исследовалось на плодовитость, и в качестве дополнительной характеристики состояния потомства от подопытных родителей исследовалась его резистентность против внешнего облучения от гамма источника кобальта-60 (дозы 600 р и 700 р).

В опытах на крысах было проведено две серии исследований.

В первой серии изучалось проникновение вышеуказанных 12 радиоизотопов через плацентарный и молочный барьеры при введении их в организм в разные сроки беременности (от 1 до 22 дней). Сразу после родов от каждой подопытной самки отбирали не менее двух крысят и исследовали их на радиоактивность. Оставшиеся крысята забивались в 10-дневном возрасте и тоже исследовались на радиоактивность; по разности в содержании радиоактивности между 10-дневными и новорожденными крысятами определялось количество излучателя, поступившего с молоком матери.

Во второй серии опытов изучалось поступление 6 радиоизотопов (фосфора-32, кальция-45, цинка-65, стронция-90, йода-131 и церия-144) с молоком из организма лактирующих животных в потомство. Радиоизотопы вводились на 5—8-й день лактации. В каждом опыте фиксировалось время начала поступления радиоизотопов в молоко и изучался их переход через молоко в потомство. Молоко для анализа на радиоактивность извлекалось из желудка крысят-сосунков.

Со стронцием-90 был проведен ряд специальных исследований, методика которых излагается при описании результатов опытов.

Все полученные в экспериментах данные подвергались статистической обработке с вычислением ошибок и достоверности разниц (величина P).

Результаты опытов и их обсуждение

Экспериментальная часть работы состоит из двух разделов, по которым и описаны все полученные результаты.

А. Влияние инкорпорированного церия-144 на состояние животных, их плодовитость и переход его от матери к потомству

Основным показателем общего состояния животных служило изменение их веса в течение опыта. Установлено, что введенные количества радиоцерия вызвали отставание в весе лишь у мышей-родителей (которым церий вводился в организм непосредственно), не оказывая подобного влияния на развитие их потомков.

Результаты проверок подопытных самок и самцов на репродуктивную способность приведены в таблице 1 (см. табл. 1,

стр. 17). Из этой таблицы видно, что репродуктивная способность поражается при введении излучателя в значительно большей степени у самок, чем у самцов. Показателем этого служит снижение рождаемости в тех вариантах опыта, в которых участвовали подопытные самки, независимо от того, подсаживали к ним контрольного или подопытного самца; рождаемость же в вариантах, в которых участвовали подопытные самцы, снижалась лишь только в том случае, когда их спаривали с подопытными самками. Несмотря на то, что репродуктивная способность самцов, на первый взгляд, не страдала от меньшей «дозы» церия, тем не менее, как это видно из таблицы, небольшое снижение рождаемости наблюдается, когда оба партнера были подопытными. Из этого можно заключить, что данное количество церия все же вызвало некоторое поражение репродуктивной способности самцов, резко проявившееся лишь при большой «дозе» радиоцерия.

Измерение радиоактивности потомства подопытных мышей показало, что каждый новорожденный детеныш в обоих опытах выносит из организма матери радиоцерия около 0,03%, от первоначально введенного матерям количества. Это количество радиоцерия в организме мышат в течение длительного времени (до пяти месяцев) остается постоянным.

При облучении потомства, полученного от подопытных животных, было отмечено, что к 30-му дню после облучения смертность самок от подопытных матерей была в два раза ниже, чем от контрольных; при облучении самцов разница между потомками подопытных и контрольных животных была меньше. Следует заметить, что выбранная доза 600 р соответствует для взятого штамма мышей ЛД 50/30, а для самцов ЛД 90/30.

Таким образом, введение радиоцерия в количествах 10 и 25 микрокюри на одну мышь приводит к ряду нарушений в организме, затрагивая такие жизненно важные показатели, как репродуктивная способность и нормальное наращивание привеса. Однако эти нарушения отмечались лишь у животных, которым излучатель вводился в организм непосредственно.

Учитывая возможное влияние инкорпорированных излучателей на организм подопытных животных, в дальнейших опытах, связанных с изучением проникновения различных радиоизотопов из организма матери в потомство, все радиоизотопы инъецировались животным в индикаторных количествах, примерно в 50—80 раз меньших, чем в вышеописанных опытах с радиоцерием.

Б. Проникновение радиоизотопов через плацентарный и молочный барьеры

Результаты исследований по изучению проникновения радиоизотопов из организма матери в потомство через молочный и плацентарный барьеры изложены в трех главах. В первой главе описываются опыты с фосфором-32, кальцием-45, железом-59, цинком-65 и рубидием-86. Вторая глава целиком посвящена описанию результатов исследований с радиоактивным стронцием (стронцием-90) и, наконец, в третьей главе подробно излагаются опыты с иттрием-91, рутением-106, йодом-131, цезием-137 и церием-144.

1. Опыты с фосфором-32, кальцием-45, железом-59, кобальтом-60, цинком-65 и рубидием-86. Основные результаты этих опытов представлены в таблице 2 (см. табл. 2, стр. 18). Данные таблицы показывают, что все шесть изученных радиоизотопов переходят от матери к детенышам как через плаценту во время беременности, так и с молоком в период лактации самок. Суммарно через оба эти барьера переходят в относительно большем количестве фосфор-32 и кальций-45 (от 3,5 до 3,8% на одного детеныша от введенной матери «дозы»); железо-59, цинк-65 и рубидий-86 переходят в несколько меньших количествах (1,5—2,5%) и еще в меньшем — кобальт-60 (около 0,15%). Все изученные радиоизотопы поступают в детенышей особенно через плаценту в значительно больших количествах в том случае, если они вводились самкам во вторую половину или в конце беременности. Вероятно, это связано с протеканием в это время большинства органогенезов зародышей, началом функционирования их кровеносной системы и увеличением их массы, а кроме того, с более интенсивным выделением радиоизотопов из организма матери в первые дни после введения.

Через плаценту в плод относительно много переходит кальция-45, в меньших количествах проникают фосфор-32 и железо-59, затем цинк-65, рубидий-86 и на порядок величин в меньшем количестве — кобальт-60. С молоком же за десять дней кормления в организм крысят больше всего поступает фосфор-32, за ним в порядке уменьшения поступления следуют цинк-65, рубидий-86, кальций-45 и кобальт-60.

2. Опыты с радиоизотопом — стронцием-90. Как уже упоминалось, с радиостронцием были проведены более широкие исследования, ибо этот излучатель представляет

особый интерес с точки зрения его опасности для организма животных и человека.

Наряду с изучением передачи стронция-90 детенышам при введении его в организм самок в разные сроки беременности, была проведена серия опытов по изучению перехода этого излучателя в потомство при введении его задолго до начала беременности, в разные сроки лактации и при повторной беременности. Кроме того, на этом же материале были получены данные о переходе радиостронция от поколения в поколение.

В таблице 3 приведены основные результаты опытов со стронцием (см. табл. 3, стр. 19). Видно, что максимальное количество стронция поступает в организм детенышей в тех случаях, когда матерям он вводился в последние сроки беременности. При этом каждый новорожденный крысенок выносит из материнского организма от 2 до 4% стронция от первоначально введенного количества, причем около 30% поступившего стронция через плаценту и в период вскармливания через молоко на длительное время фиксируется в теле крысят и не выделяется из них. При введении матерям радиостронция до или в начале беременности в новорожденных переходит от 0,04 до 0,3%, а с молоком за десять дней кормления еще около 0,5% от введенной «дозы». Следовательно, если к моменту интенсивного формирования зародыша введенный в материнский организм стронций успел достаточно прочно зафиксироваться в соответствующих тканях, то поступление его к новорожденным через плаценту и с молоком сильно снижается. Опыты показали, что при повторной беременности самок передача радиостронция через плаценту и молоко идет в тех же количествах, как и у самок, которым стронций вводился задолго до начала беременности. Во всех описанных опытах общий вынос стронция из организма беременной самки зависел от срока его введения и количества крысят в помете. Следует также отметить, что при введении во время беременности стронций выделяется в значительно большем проценте через плаценту, чем через молоко. Специально проведенные обменные опыты с введением стронция крысам за двое суток до родов показали, что четвертая часть (25,2%) введенного стронция выносится из организма матери новорожденными; при этом содержание стронция в скелете матерей в два раза уменьшается по сравнению с контролем.

Исходным материалом для изучения передачи стронция-90 из поколения к поколению служили крысята (F_1), полученные

от самок (P), которым стронций вводился за 1—3 дня до родов. Было прослежено, что радиостронций способен передаваться от самок потомству в течение нескольких поколений. При этом в организм отдельного детеныша каждого последующего поколения попадает около 1% стронция, содержавшегося в самке предыдущего поколения. Объясняется это, по-видимому, тем, что интенсивное выделение радиостронция из организма протекает сравнительно быстро и заканчивается уже через несколько дней после введения излучателя; в дальнейшем выделение стронция протекает крайне медленно и несколько повышается лишь при беременности и лактации (что, по-видимому, характерно для всего минерального обмена), когда известная его доля поступает через плаценту и молоко в потомство. На ауторадиограмме, снятой с костной ткани 20-дневного крысенка из третьего поколения (F_3), четко видна локализация радиостронция в местах роста и формирования костной ткани.

Наиболее мобилен стронций в организме лактирующих животных. Поступление стронция в молоко начинается раньше, чем у других изученных в этом отношении радиоизотопов (фосфор-32, кальций-45, цинк-65 и церий-144), у которых появление в молоке наблюдалось через 4—6 часов, в то время, как стронций обнаруживается в молоке после введения уже через час. В таблице 4 даны результаты опытов с введением стронция в разные дни лактации (см. табл. 4, стр. 20). Кратко результаты сводятся к следующему. Стронций, введенный в любой день лактации, буквально «перекачивается» из материнского организма в детенышей. Количество вынесенной радиоактивности зависит от численности помета, от продолжительности кормления и в отдельных случаях достигало 45% от введенной матери «дозы». К этому следует добавить, что в скелете лактирующих крыс содержание стронция через два дня после его введения в среднем составляло 64,4% от контроля, а через двадцать дней — 39,1% от контроля; у отдельных кормящих самок содержание радиостронция в скелете снижалось до 16% от контроля.

Эти результаты, как нам представляется, необходимо учитывать при различных прогнозах возможных последствий радиоактивных загрязнений земной поверхности.

3. Опыты с иттрием-91, рутением-106, йодом-131, цезием-137 и церием-144. Вся эта группа радиоизотопов относится к числу излучателей, входящих в состав осколочных продуктов деления, что в значительной степени и

определило интерес, проявленный к ней при проведении опытов.

Так же как и с большинством ранее описанных радиоизотопов, изучалось проникновение этих излучателей от матери к потомству в период беременности и лактации при введении их самкам в разные сроки беременности.

Основные результаты исследований представлены в таблице 5 (см. табл. 5, стр. 21). Данные в таблице показывают, что через плаценту больше проникает цезий-137; затем следуют иттрий-91, рутений-106, йод-131 и, наконец, церий-144. С молоком же, как и через плаценту, больше всего переходят цезий-137, иттрий-91, но за иттрием следуют уже церий-144 и йод-131. Рутений-106 с молоком лактирующих животных в этих условиях опыта практически не выделяется.

В таблице 6 представлены данные опытов по изучению выделения некоторых радиоизотопов с молоком при введении их самкам во время лактации (см. табл. 6, стр. 22). Из этих данных видно, что стронций-90 и йод-131 в заметном количестве появляются в молоке уже через час после их введения, а к четвертому часу появляются в молоке и все остальные радиоизотопы. Примерно через шесть часов после введения концентрация радиоизотопов в молоке достигала максимального значения, через 24 часа она уменьшилась по фосфору-32, кальцию-45 и стронцию-90 в 2—3 раза, а в более поздние сроки (120 часов) концентрация радиоизотопов снизилась в 15—100 раз по сравнению с их максимальной концентрацией. Параллельно с изменением концентрации радиоизотопов в молоке изменяется их концентрация и в тушках крысят с той лишь разницей, что максимум ее почти для всех радиоизотопов в тушках наступает не через шесть, а через 24 часа после введения. Максимальное значение концентрации радиоизотопов в тушках удерживается примерно на одном уровне довольно значительное время. Это свидетельствует о наступлении равновесного состояния между поступлением радиоизотопа с молоком и потерей его из организма с выделениями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Несмотря на ряд выявленных количественных различий в проникновении разных радиоизотопов из организма матери в потомство, для всех излучателей в качестве общей закономерности нужно отметить то обстоятельство, что почти все они в большем количестве поступают в плод через плаценту

и выделяются с молоком в том случае, если вводятся в организм матери на поздних стадиях беременности. Особенно резко это проявляется на поведении стронция-90. Так, если при введении его самкам в первые 16 дней беременности каждый новорожденный детеныш выносит из организма матери в среднем только лишь 0,3% от введенной «дозы», то при введении на последних стадиях беременности вынос стронция в пересчете на одного крысенка составляет почти 4%. Такая резкая зависимость перехода радиоизотопов в плод от сроков их введения в организм беременных самок объясняется, по-видимому, тем, что именно во второй половине беременности у крыс происходит наиболее интенсивное развитие эмбрионов, сопровождающееся закладкой и формированием основных органов и тканей, а также тем, что почти сформировавшиеся и относительно крупные эмбрионы попадают в период интенсивного клиренса крови от радиоизотопов в организме матерей.

В таблице 7 в пересчете на средний помет из шести детенышей приведены сводные данные по поступлению всех двенадцати радиоизотопов из организма матери в потомство при введении их самкам во второй половине беременности (см. табл. 7, стр. 22). Эти данные показывают, что разные радиоизотопы очень резко (крайние случаи более чем в 100 раз) отличаются друг от друга по общему выделению из организма матери в детенышей. Больше всего выделяется (от 21 до 28%) фосфор, кальций и стронций, затем следуют (от 14,0 до 14,5%) железо и цинк, далее (от 6,5 до 9,5%) рубидий и цезий, в значительно меньших количествах (от 0,8 до 1,2%) выделяются кобальт, иттрий и йод и, наконец, в совершенно ничтожных количествах (от 0,2 до 0,3%) рутений и церий. Из этой же таблицы видно, что кальций, железо, кобальт и стронций в значительно больших относительных количествах выделяются через плаценту (отношение процентов выделения через плаценту к процентам выделения через молоко равны 3,8—5,4); фосфор, цинк, рубидий и йод выделяются через плаценту также в несколько большем относительном количестве, чем через молоко (отношение 1,2—1,8), а иттрий, цезий и церий, наоборот, выделяются с молоком в заметно большем проценте, чем через плаценту (отношение 0,1—0,3); наконец, рутений практически совершенно не выделяется с молоком. Если все изученные радиоизотопы сгруппировать в соответствии с их местом в периодической системе элементов, то можно заметить, что сходные по химическим свойствам радиоизотопы, принадлежащие к одной и той же группе, ведут себя

в организме беременных и лактирующих животных более или менее сходно. Так, например, оба элемента I группы (рубидий-86 и цезий-137) выделяются в заметных количествах как через плаценту, так и через молоко, правда, рубидия при этом выделяется через плаценту несколько больше, чем цезия. Три представителя II группы (кальций-45, цинк-65 и стронций-90) можно отнести к числу интенсивно выделяющихся через молочный и плацентарный барьеры; все они (особенно кальций и стронций) в относительно большем количестве выделяются через плаценту. Следует отметить, что как по общему выделению, так и по относительному выделению через плаценту и молоко кальций и стронций весьма сходны, а цинк, принадлежащий к другой подгруппе этой группы, от них несколько отличается (более низким общим уровнем выделения за счет относительно низкого выделения через плаценту). Оба представителя III группы (иттрий-91 и церий-144) относятся к элементам, относительно слабо выделяющимся из организма матери в детенышей, и оба элемента через молоко выделяются примерно в 10 раз больше, чем через плаценту. В этой связи следует отметить, что из редкоземельных элементов церий оказался менее подвижным, чем иттрий. Наконец, три представителя VIII группы (железо-59, кобальт-60 и рутений-106) дают резкое падение выделения с повышением атомного веса (железа выделяется 14,2%, кобальта 1,2%, а рутения 0,2%), но все три элемента очень слабо выделяются с молоком (железо и кобальт через плаценту выделяются в пять с лишним раз интенсивнее, чем через молоко, а рутений с молоком совсем не выделяется). Эти результаты хорошо совпадают с данными, полученными Wilkinson, Hoecker (1953), которые показали, что проникновение элементов II группы через плаценту снижается с повышением атомного веса. Единственный представитель V группы (фосфор-32) ведет себя сходно с представителями II группы, отличаясь лишь несколько большим относительным выделением с молоком; йод, представитель VII группы, по общему проценту выделения близок к кобальту и иттрию, но по соотношению выделения через плаценту и молоко занимает промежуточное между ними положение.

Следовательно, на основании полученных данных можно утверждать, что поступление различных радиоизотопов из материнского организма в потомство через плаценту в период беременности и с молоком в период лактации зависит как от физиологических факторов, так и от физико-химиче-

ских свойств элементов, связанных с их местом в периодической системе.

Передачу радиоизотопов из организма матери потомству иногда даже на протяжении нескольких поколений надлежит учитывать в связи с возможными путями миграции и распространения радиоизотопов из мест загрязнения. Наряду с транспортом радиоизотопов непосредственно теми индивидами, которые его инкорпорировали, такой же транспорт на известные расстояния (определяемый мобильностью индивидов данного вида и степенью пространственной дисперсии потомства) в заметном, хотя, конечно, и сильно сниженном проценте может осуществляться и потомством самок, первично инкорпорировавших изотоп. Естественно, что такой дополнительный механизм миграции радиоизотопов имеет количественно большее значение в отношении живородящих форм; хотя, в какой-то мере передача радиоизотопов из организма матери потомству возможна и у яйцекладущих форм с крупными, богатыми запасными пищевыми веществами яйцеклетками (например, некоторые рыбы, амфибии, рептилии и, особенно, птицы), а также виды растений с крупными плодами и семенами. С точек зрения радиационной биогеоценологии и радиационной гигиены было бы желательно и весьма интересно распространить точное количественное изучение передачи инкорпорированных материнским организмом радиоизотопов потомству через крупные яйцеклетки, плоды и семена.

ВЫВОДЫ

1. Церий-144, введенный в количестве 10 и 25 микрокюри на одну мышь за 2—3 недели до наступления беременности, снижает прирост живого веса мышей и их репродуктивную способность; у самок репродуктивная способность поражается сильнее, чем у самцов, и степень поражения зависит от «дозы» введенного радиоцерия.

2. Потомство этих мышей (особенно самки) оказалось более радиорезистентным к внешнему гамма-облучению. Развитие этого потомства и его репродуктивная способность ничем не отличались от контроля.

3. В опытах по изучению проникновения различных радиоизотопов через плацентарный и молочный барьеры у крыс установлено, что все изученные радиоизотопы (фосфор-32, кальций-45, железо-59, кобальт-60, цинк-65, рубидий-86,

стронций-90, иттрий-91, рутений-106, йод-131, цезий-137 и церий-144) в большем количестве переходят из организма матери в потомство в том случае, если они вводятся самкам во вторую половину и, особенно, в последние дни беременности.

4. По величине общего выделения из организма самок (через плаценту во время беременности и с молоком за первые десять дней лактации) все радиоизотопы располагаются в следующем порядке: стронций>кальций>фосфор>цинк, железо>рубидий>цезий>кобальт, иттрий, йод>церий>рутений. В таком же порядке радиоизотопы располагаются по степени их поступления в плод в период второй половины беременности, а порядок расположения радиоизотопов по степени их выделения с молоком в первые десять дней лактации выглядит следующим образом: фосфор>кальций, цинк, стронций, цезий>рубидий>железо>иттрий>йод, церий>кобальт; рутений с молоком практически не выделяется.

5. Выделение большинства изученных радиоизотопов из организма самок через плаценту в период беременности выше, чем через молоко — в период лактации. Исключение составляют иттрий-91, цезий-137 и церий-144, которые в отличие от других радиоизотопов интенсивнее выделяются с молоком.

6. Радиоизотопы, введенные в организм самок в период лактации, сравнительно быстро обнаруживаются в молоке животных (одни — через 1 час: стронций-90, йод-131; другие — через 4 часа: фосфор-32, кальций-45, цинк-65, церий-144). В соответствии с динамикой поступления радиоизотопов в молоко идет их накопление в тушках кормящихся этим молоком детенышей.

7. Сходные по химическим свойствам радиоизотопы поступают через плацентарный и молочный барьеры млекопитающих более или менее одинаково.

8. Результаты опытов со стронцием-90 указывают на довольно высокую подвижность его в организме беременных и особенно лактирующих животных. Однако радиостронций, полученный потомством во время внутриутробного развития через плаценту и в период вскармливания через молоко, весьма медленно выделяется из растущего организма и передается из поколения в поколение.

9. Переход радиоизотопов из организма родителей в потомство, а также от поколения к поколению можно рассматривать в качестве одного из путей миграции их от мест первичного загрязнения.

Список
работ, опубликованных по материалам диссертации

1. Влияние предварительного облучения мышей на их последующую радиорезистентность. ДАН СССР, 110, 6, 1956 (совместно с Лучником Н. В.).

2. Распределение церия-144 и цезия-137 в организме беременных и кормящих мышей, проникновение этих элементов в плод и выделение их с молоком. ДАН СССР 114, 1, 1957.

3. О проникновении стронция, цезия, рутения и железа через плацентарный и молочный барьеры. Мед. радиология, 4, 5, 1959.

4. О передаче стронция-90 самками крыс детенышам. ДАН СССР, 131, 6, 1960.

5. Влияние инкорпорированного церия-144 на плодовитость мышей и развитие их потомства. Сборн. работ лаб. биофизики УФАН СССР, вып. 12, 2, 1960.

6. Распределение церия-144 в организме животных. В кн. «Распределение, биологическое действие и миграция радиоизотопов», М., Медгиз, 53—78, 1961 (совместно с Москалевым Ю. И.).

7. О переходе радиоизотопов от матери к потомству крыс. Мед. радиология, 9, 1, 1964.

8. О передаче радиостронция самками крыс детенышам (совместно с Н. В. Тимофеевым-Ресовским; в печати).

Таблица 1

Плодовитость подопытных и контрольных мышей

Доза церия на мышь (микрокюри)	Время скрещивания после введения церия (в дн.)	Окот	Показатели	Вариант			
				контрольная самка × контрольный самец	контрольная самка × подопытный самец	подопытная самка × контрольный самец	подопытная самка × подопытный самец
10	14	1	Число беременных / Число исследованных	28/32	31/32	32/32	32/32
			% беременных	87,5	96,8	100	100
			% контроля	100	110,5	114,2	114,2
			Среднее число мышат в помете	7,6	7,2	7,2	7,4
	110	2	Число беременных / Число исследованных	9/10	9/10	7/10	6/10
			% беременных	90	90	70	60
			% контроля	100	100	77,7	66,7
			Среднее число мышат в помете	8,2	9,8	8,4	6,0
	150		Число беременных / Число исследованных	10/13	11/13	6/12	5/13
			% беременных	77	84,5	50	38,4
			% контроля	100	110	64,9	49,9
			Среднее число мышат в помете	6,8	7,1	8,0	5,4
25	21	1	Число беременных / Число исследованных	44/48	22/48	10/48	3/48
			% беременных	91,6	52,1	20,6	6,2
			% контроля	100	56,9	22,5	6,7
			Среднее число мышат в помете	6,9	4,0	6,8	5*

* Из трех беременных самок окотилась лишь одна.

Таблица 2

Содержание радиоактивных изотопов в тушках крысят при внутрибрюшинном их введении беременным самкам
(в процентах от введенного количества)

Радиоактивный изотоп	Срок беременности крыс при введении радиоактивных изотопов (в днях)	Новорожденные крысята		Крысята 10-дневного возраста		Разница	P
		общее число	среднее содержание изотопа в крысенке (в %)	общее число	среднее содержание изотопа в крысенке (в %)		
Фосфор-32	11	3	0,80±0,013				
	16—22	13	2,09±0,07	43	3,58±0,132	1,49	<0,0002
Кальций-45	10—16	17	0,74±0,044	13	1,94±0,121	1,20	0,0001
	17—22	14	3,31±0,450	41	3,81±0,109	0,50	0,1210
Железо-59	15	12	1,10±0,067	4	1,52±0,095	0,42	0,0014
	19—22	10	2,00±0,102	20	2,37±0,090	0,37	0,0120
Кобальт-60	8—18	23	0,023±0,004	34	0,067±0,020	0,044	0,0891
	19—22	14	0,168±0,033	20	0,153±0,015	—	1,0000
Цинк-65	5—7	3	0,41±0,022	9	1,05±0,032	0,64	0,0001
	11—22	18	1,55±0,129	48	2,41±0,147	0,86	0,001
Рубидий-86	10—22	28	0,84±0,089	36	1,56±0,027	0,72	<0,0001

Таблица 3

Содержание Sr^{90} у потомства самок после внутрибрюшинного введения
(в процентах от введенного количества)

Время введения Sr самкам	Новорожденные крысята		10-дневные крысята		Разница	P
	число	%	число	%		
За 50 дней до начала беременности	10	0,040±0,0038	51	0,144±0,0078	0,104	0,0001
В разные сроки беременности:						
1—16	25	0,29±0,019	77	0,88±0,025	0,59	0,0001
17—19	16	2,04±0,187	21	2,63±0,192	0,59	0,035
20—22	14	3,86±0,217	19	4,69±0,260	0,83	0,021
Во время 1-й беременности*	28	0,054±0,004	106	0,227±0,008	0,174	0,0001

* Приведены результаты второй беременности.

Таблица 4

Содержание стронция-90 в тушках крысят, в скелете лактирующих и контрольных самок через 2 и 20 суток после внутрибрюшинного введения в разные сроки лактации

(в процентах от введенного количества)

Время введения, дни лактации	Численность помета	Среднее содержание изотопа в крысенке	Всего поступило стронция в крысят с молоком	Скелет	
				контрольных и лактирующих самок	% контроля
		Через 2 дня			
Контроль	—	—	—	31,3±1,24	100
1	9	2,10±0,147	18,9	17,8±0,00	56,8
3	7	2,48±0,072	17,3	16,0±2,65	51,0
5	2	2,18±0,265	4,3	29,2±0,70	93,3
7	5	5,34±0,277	26,7	17,2±0,00	54,9
9	7	3,91±0,190	27,3	21,6±0,55	69,0
15	2	3,14±0,377	6,2	32,8±0,63	104,7
16	10	3,70±0,202	37,0	13,1±0,09	41,8
17	9	4,69±0,274	42,2	12,9±0,02	41,2
19	6	4,05±0,254	24,3	18,7±0,11	59,7
21	12	2,16±0,133	25,9	22,4±0,48	71,5
Среднее без контроля	6,9	3,38	23,3	20,1	64,4
		Через 20 дней			
Контроль	—	—	—	23,0±0,65	100
1	4	3,46±0,252	13,8	10,4±0,05	45,2
2	10	2,94±0,335	29,4	10,5±0,07	45,6
3	3	6,18±0,674	18,5	6,8±0,00	29,5
3	8	3,53±0,108	28,2	6,5±1,19	28,2
9	3	9,40±0,817	28,2	6,7±0,28	29,1
10	9	4,89±0,665	44,0	3,7±0,54	16,0
11	7	5,75±0,376	40,2	11,2±0,42	48,7
12	5	8,92±0,259	44,6	9,4±0,19	40,8
15	3	10,60±0,234	31,8	15,8±0,98	68,7
Среднее без контроля	5,7	6,18	30,9	9,0	39,1

Таблица 5

Содержание радиоактивных изотопов в тушках крысят при внутрибрюшинном введении самкам
(в процентах введенного количества)

Радиоактивный изотоп	Срок беременности крыс при введении радиоактивных изотопов (в днях)	Новорожденные крысята		Крысята 10-дневного возраста		Разница	P
		общее число	среднее содержание изотопа в крысенке (в %)	общее число	среднее содержание изотопа в крысенке (в %)		
Иттрий-91	10—22	38	0,018±0,0030	58	0,164±0,0139	0,146	<0,0001
Рутений-106	1—10	19	0,003±0,0008	37	0,009±0,0008	0,006	0,0001
	11—22	35	0,033±0,0043	81	0,032±0,0027	—	0,8020
Йод-131	6—22	12	0,082±0,017	32	0,142±0,03	0,060	0,320
Цезий-137	1—8	9	0,12±0,007	40	0,53±0,176	0,41	0,0007
	9—22	28	0,28±0,010	38	1,11±0,053	0,83	<0,0001
Церий-144	6—22	56	0,006±0,0009	63	0,056±0,003	0,050	0,0455

Таблица 6

Концентрация фосфора-32, кальция-45, цинка-65, стронция-90, йода-131 и церия-144 в молоке и тушке крысят в разное время после внутрибрюшинного введения лактирующим самкам

(импульсы в минуту на 1 грамм сухого веса)

Время после введения изотопа, часы	Молоко						Тушка без содержимого желудка					
	P	Ca	Zn	Sr	J	Ce	P	Ca	Zn	Sr	J	Ce
0,5	0	0	0	—	0	0	0	0	0	—	0	0
1	0	0	0	112	274	0	0	0	0	11	0	0
4	735	2416	705	1955	322	92	11	96	7	52	21	0
6	1222	1885	801	1633	446	108	68	158	10	56	135	2
24	562	607	720	585	394	84	242	463	206	234	308	3
72	67	43	123	69	84	13	266	521	288	277	249	14
120	54	22	63	29	21	8	245	263	255	228	161	14

Таблица 7

Поступление радиоизотопов из материнского организма в потомство через плацентарный и молочный барьеры при введении их самкам во второй половине беременности

(в % от введенной дозы на средний помет из шести крысят)

	Радиоизотопы	P^{32}	Ca^{45}	Fe^{59}	Co^{60}	Zn^{65}	Rb^{86}	Sr^{90}	Y^{91}	Ru^{106}	J^{131}	Cs^{137}	Ce^{144}
1	Через плаценту	12,5	19,8	12,0	1,0	9,3	5,0	23,1	0,10	0,20	0,49	1,68	0,036
2	За 10 дней с молоком .	8,9	5,1	2,2	0,2	5,1	4,3	4,9	0,88	—	0,36	4,9	0,30
3	Всего	21,4	24,9	14,2	1,2	14,4	9,3	28,0	0,98	0,20	0,85	6,58	0,33
4	Отношение 1:2	1,4	3,8	5,4	5,0	1,8	1,2	4,7	0,1	—	1,4	0,3	0,1

НС 23081 16/IV 1964 г. Тираж 200 Заказ 308.

Типография изд-ва «Уральский рабочий»,
г. Свердловск, проспект Ленина, 49.