

57
А-71

ОРДЕНА ЛЕНИНА АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

НЯНИШКЕНЕ ВИЛИГАЙЛЕ-МАРИЯ БРОНИСЛАВО

**РОЛЬ КАЛЬЦИЯ В ПОГЛОЩЕНИИ
СТРОНЦИЯ-90 ПРЕСНОВОДНЫМИ
МОЛЛЮСКАМИ-ФИТОФАГАМИ ИЗ РАСТЕНИЙ
И ВОДНОЙ СРЕДЫ**

(экспериментальное и радиоэкологическое исследование с

Limnaea stagnalis L. и *Elodea canadensis* Rich

На русском языке

(03.00.01 радиобиология)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

СЕВАСТОПОЛЬ

1973

ОРДЕНА ЛЕНИНА АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ БИОЛОГИИ ЮЖНЫХ МОРЕЙ

НЯНИШКЕНЕ ВИЛИГАЙЛЕ-МАРИЯ БРОНИСЛАВО

РОЛЬ КАЛЬЦИЯ В ПОГЛОЩЕНИИ
СТРОНЦИЯ-90 ПРЕСНОВОДНЫМИ
МОЛЛЮСКАМИ-ФИТОФАГАМИ ИЗ РАСТЕНИЙ
И ВОДНОЙ СРЕДЫ

(экспериментальное и радиоэкологическое исследование с
Limnaea stagnalis L. и *Elodea canadensis* Rich

(03.00.01 радиобиология)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель член-корреспондент АН УССР
доктор биологических наук, профессор Г. Г. ПОЛИКАРПОВ

СЕВАСТОПОЛЬ
1973

57:539.16

А 71

Работа выполнена в отделе Споровых растений Института ботаники АН Лит. ССР и секторе Радиоактивности атмосферы Института физики и математики АН Лит. ССР

Официальные оппоненты:

1. Доктор биологических наук Г. Е. ШУЛЬМАН
2. Кандидат медицинских наук В. С. ЗЛОБИН

Оппонирующее учреждение — Институт биологии Коми филиала АН СССР г. Сыктывкар

Автореферат разослан «28» мая 1973 г.

Защита диссертации состоится «29» июня 1973 г. на заседании Ученого Совета Института биологии южных морей Академии Наук Украинской ССР — г. Севастополь, пр. Нахимова, 2.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института.

Отзывы на автореферат просим направлять по адресу: 335000 Севастополь, пр. Нахимова, 2, ИнБИОМ

Секретарь Ученого Совета, канд. биол. наук
Т. М. КОНДРАТЬЕВА



ВВЕДЕНИЕ

Защита от ионизирующих излучений в настоящее время является одной из центральных проблем современной радиобиологии. Это обусловлено возрастающей ролью атомной энергии в жизни человечества и высокой биологической активностью ионизирующей радиации. Развитие атомной энергетики; широкое использование радиоактивных изотопов, а также испытания ядерного оружия приводят к постоянному загрязнению окружающей среды радиоактивными нуклидами.

Долгоживущие радиоактивные изотопы активно включаются в природные биологические циклы и по пищевым экологическим цепям проникают в организм человека и животных, накапливаются в них, оказывая постоянное воздействие. В связи с этим перед радиационной экологией возникает ответственная задача дать научный прогноз биологических последствий радиоактивного загрязнения природы, а также разработать мероприятия по их предотвращению (И. Н. Верховская, 1972; Н. В. Куликов; В. И. Маслов, 1972; Э. И. Попова, И. Н. Верховская, А. И. Нефедова, Н. И. Опешева, 1971).

Радионуклиды в растворе или сорбированные на взвешьях могут поглощаться микроорганизмами и растениями и далее перемещаться до высших трофических уровней. Отмирая, организмы переносят радионуклиды в донные отложения, тем самым, давая начало новым биологическим цепям. Несомненно, что среди радиоактивных веществ, попадающих в водную среду, наиболее серьезную биологическую опасность представляют те, которые могут накапливаться организмами до высоких уровней и обладают большими периодами полураспада. В связи с этим особый интерес продолжает представлять способность живых организмов накапливать в себе стронций-90. Свойство же стронция-90 аккумулироваться в звеньях экологических цепей зависит в значительной мере, наряду с другими факторами, от содержания кальция в водной среде. Несмотря на большое количество работ, посвящен-

ных изучению этого вопроса, поглощение стронция-90 пресноводными животными в процессе питания в зависимости от содержания кальция в среде еще не изучалось.

Поэтому возникла задача исследовать радиоэкологические процессы поступления и выведения стронция-90 на примере пресноводного брюхоногого моллюска *Limnaea stagnalis* L. с учетом концентрации стабильного кальция в окружающей водной среде. Для ее решения нами были проведены эксперименты в лабораторных условиях в течение 1967—1972 годов (В. Б. Нянишкене, Г. Г. Поликарпов, 1970; Д. П. Марчиоленене, Р. Ф. Душаускене-Дуж, В. Б. Нянишкене, Г. Г. Поликарпов, 1971; Р. Ф. Душаускене-Дуж, Д. П. Марчиоленене, В. Б. Нянишкене, Р. И. Шуллиене, Г. Г. Поликарпов, 1972; Д. П. Марчиоленене, В. Б. Нянишкене, 1972; Р. Ф. Душаускене-Дуж, Д. П. Марчиоленене, В. Б. Нянишкене, Г. Янкавичюте, И. Янкавичюс, 1973).

Диссертационная работа состоит из следующих основных разделов: I. Введение. II. Литературный обзор «Соотношение стронция и кальция в воде и гидробионтах». III. Материал и методика. 1. Характеристика материала. 2. Методика содержания гидробионтов и постановки радиоэкологических опытов. 3. Измерение проб со стронцием-90. 4. Определение химических элементов в гидробионтах и воде. 5. Метод пламенной фотометрии. 6. Статистическая обработка данных. IV. Результаты исследований. 1. Обмен стронция-90 между элодеей и водной средой при различных концентрациях кальция. 2. Поглощение стронция-90 прудовиками из элодеи при разных концентрациях кальция в водной среде. 3. Обмен стронция-90 между прудовиками и водной средой с разным содержанием в ней кальция. V. Сравнение интенсивности поступления стронция-90 через пищевой и «водный» каналы в организм прудовика в условиях различного содержания кальция в водной среде». VI. Выводы. VII. Литература.

Объем диссертации — 136 страниц. Работа иллюстрирована 27 рисунками и 25 таблицами. Список литературы содержит 170 работ (советских и иностранных).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал для наших исследований собирался в озерах Антавилай, Эжереляй I и Эжереляй II, расположенных в окрестностях города Вильнюса. Эти озера сильно заросли элодеей (*Eloдея canadensis* Rich. и населены прудовиками *Limnaea stagnalis* L. Элодею и прудовиков добывали из прибрежной

полосы озер. Для опыта отбирали прудовиков весом от 2 до 3 г. (взрослые) и от 0,7 до 1,1 г. (молодые).

Эксперименты были проведены в изотопной лаборатории сектора Радиоактивности атмосферы института Физики и математики АН Литовской ССР. Опыты (каждый в двухкратной повторности) ставили в разные сезоны года. Всего проведено 38 опытов, приготовлено и измерено 12.800 проб воды и гидробионтов. Исследования с прудовиками выполнены в следующих вариантах: в первом варианте (I) прудовиков содержали в воде без стронция-90 и кормили элодеей, предварительно накопившей стронций-90; во втором варианте (II) прудовиков содержали в воде со стронцием-90 и кормили элодеей, накопившей стронций-90; в варианте третьем (III) прудовиков содержали в воде со стронцием-90 и кормили элодеей, не содержащей стронций-90, в варианте четвертом (IV) — в воде со стронцием-90 без кормления. Кроме того, изучалось накопление стронция-90 элодеей.

Перед началом опыта определяли содержание стабильных элементов в воде и гидробионтах методом племенной фотометрии (Н. С. Полуэктов, 1959). Продолжительность опытов составляла около месяца. В аквариумы с 3 литрами профильтрованной озерной воды помещали по 16—20 экземпляров прудовиков. В опытах по изучению накопления радиостронция растениями и моллюсками при разном содержании в воде стабильного кальция, последний вносили в нее в виде раствора хлористого кальция. Количество его при изучении накопления стронция-90 элодеей было в 1,4; 1,8; 2,5; 6,5; 12,0; 19,0; 25,0 и 50 раз, а при изучении накопления стронция-90 прудовиками в 2,0; 2,5; 4,6; 6,7; 10,5; 12,2; 19,0 раз больше естественной концентрации кальция в воде. Пробы организмов и воды отбирали через 3 часа, 1, 2, 4, 8, 16, 24 и в ряде случаев 27 суток после начала опыта. Пробы воды по 1 мл переносили на планшеты и высушивали. Прудовиков и элодею (по одному-двум экземплярам из каждого аквариума в каждый срок) ополаскивали в чистой (без стронция-90) воде, обсушивали фильтровальной бумагой, взвешивали и высушивали до постоянного веса в сушильном шкафу при 110—120°. Затем из порошка гидробионтов готовили навески каждая не более 16 мг. Радиометрические измерения выполнены на установке ДП-100 со счетчиком типа МСТ-17 после достижения равновесия стронция-90 — иттрия-90.

Результаты исследований выражали в имп/мин/г сухого веса гидробионтов; воды — имп/мин/на один мл. Все измерения проведены в идентичных геометрических условиях и с периодической проверкой стандартным излучателем. Поэтому

Коэффициенты накопления стронция-90 элодеей при разных концентрациях кальция в воде

| Время проведения опытов | Концентрация Са мг/л | Кoeff. накопления стронция-90 элодеей | | Статистические параметры коэфф. накопления на сухой вес | | | | |
|-------------------------|----------------------|---------------------------------------|--------------|---|-----|------------|------------|------|
| | | на сырой вес | на сухой вес | n | s | σ_x | σ_s | v, % |
| 1970.VI | 48 (оз. VIII) | 121 | 1448 ± 134 | 12 | 213 | 62 | 44 | 14,8 |
| " | 68 | 70 | 837 ± 71 | 12 | 113 | 33 | 23 | 14 |
| " | 84 | 35 | 415 ± 50 | 12 | 80 | 23 | 16 | 19 |
| " | 119 | 25 | 304 ± 29 | 12 | 46 | 13 | 9 | 16 |
| " | 312 | 13 | 150 ± 17 | 12 | 27 | 8 | 5 | 21 |
| 1972.XII | 610 | 7 | 79 ± 16 | 15 | 29 | 7 | 5 | 48 |
| 1970.VI | 909 | 6 | 76 ± 8 | 12 | 13 | 4 | 3 | 16 |
| 1972.XII | 1220 | 4 | 43 ± 4 | 15 | 8 | 2 | 1 | 17 |
| " | 2450 | 2 | 24 ± 3 | 15 | 5 | 1 | 1 | 21 |

* Доверительные интервалы $t_{0,05} \sqrt{\frac{s}{n}}$

n — число повторностей

s — стандартное отклонение

σ_x — основная ошибка среднего значения

σ_s — основная ошибка стандартного отклонения

V% — коэффициент вариации

ция в водной среде. Выведение стронция-90 усиливается с ростом концентрации кальция в воде до определенной величины (313 мг/л), при дальнейшем увеличении концентрации кальция в воде от 84 — 313 мг/л до 2450 мг/л количество выведенного стронция-90 остается примерно постоянным (табл. 2). Если при концентрации кальция в воде 49 мг/л в элодее остается через 8 суток 35% стронция-90, то через тот же период времени при концентрации 2450 мг/л — только 5% стронция-90.

Сравнение полученных нами величин коэффициентов накопления стабильного и радиоактивного стронция и стабильного кальция в элодее показывает, что они являются величинами

не было необходимости переходить к абсолютным единицам (расп/мин).

Полученные данные по концентрациям (на сырой или сухой вес) и коэффициентам накопления стронция-90 в организмах подвергались статистической обработке (В. Урбах, 1963; Ю. В. Линник, 1958; Д. С. Парчевская, 1969). Каждая выборка характеризовалась статистическими показателями. Для средних величин находили доверительные интервалы ($t_{0,05} \sqrt{\frac{s}{n}}$). При сравнении отдельных выборок между собой использовали критерий Фишера.

Для описания экспериментальных данных функциями выбран многочлен Лагранжа, так как он дает наиболее точное описание табличных значений равномерными функциями.

ПОЛУЧЕННЫЙ МАТЕРИАЛ И ЕГО ОБСУЖДЕНИЕ

При изучении нами накопления стронция-90 элодеей как донатора пищевых и сопутствующих им материалов для прудовиков, от концентрации кальция в воде оказалось, что значительное уменьшение коэффициентов накопления стронция-90 происходит при увеличении концентрации кальция в воде вплоть до 2450 мг/л (табл. 1). Эта зависимость описывается следующим уравнением:

$$КН = \begin{cases} 0,477 \cdot 10^{-2}x^2 - 0,839x^2 + 0,181 \cdot 10^2x + 0,198 \cdot 10^4 & (1) \\ 0,333 \cdot 10^{-2}x^2 - 0,161 \cdot 10^{-2}x^3 + 0,255 \cdot 10^{-2}x^2 - 0,167 \cdot 10x + 0,47 \cdot 10^3 & (2) \\ -0,154 \cdot 10^{-1}x + 0,6184 & (3) \end{cases}$$

когда (1) — $48 \leq x \leq 119$; (2) — $119 \leq x \leq 1220$; (3) — $1220 \leq x \leq 2450$

где КН — коэффициенты накопления стронция-90 элодеей (на сухое вещество), x — концентрация кальция в воде (мг/л). Полученная степенная зависимость коэффициентов накопления от концентрации кальция в воде дает возможность теоретически вычислить значения КН по свободно выбранным значениям концентраций кальция, не требуя новых экспериментальных данных в промежуточных значениях концентраций кальция. При этом, теоретически подсчитанные значения КН при соответственной концентрации кальция почти не отличаются от значений, полученных при проведении эксперимента (при прочих равных условиях).

Наряду с процессами накопления радиоактивного стронция элодеей нами проводились исследования выведения ею накопленного стронция-90 в окружающую среду. Эти опыты ставили с элодеей также при различных концентрациях каль-

нами одного и того же порядка (табл. 3). Это, возможно, связано с участием стронция в процессах жизнедеятельности растений.

Второй этап нашей работы посвящен изучению количественного влияния кальция на поглощение стронция-90 из растений и водной среды моллюском *Limnaea stagnalis* L.

Таблица 2

Количество стронция-90, выделенное из элодеи (в % от исходного количества) при разных концентрациях кальция в воде

| Концентрация Са в воде мг/л | Время выведения (в сутках)* | | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 49 | 71 | 57 | 56 | 65 | 72 |
| 69 | 71 | 71 | 74 | 81 | 83 |
| 84 | 81 | 83 | 84 | 89 | 91 |
| 120 | 83 | 87 | 87 | 90 | 92 |
| 313 | 85 | 89 | 89 | 92 | 93 |
| 610 | — | 88 | 84 | 85 | — |
| 910 | 93 | 96 | 96 | 97 | 97 |
| 1220 | — | 92 | 92 | 92 | — |
| 2450 | — | 93 | 95 | 96 | — |

*Время выведения было равным времени накопления

При изучении поглощения стронция-90 прудовиками из пищевого материала, которым служила *Elodea canadensis* Rich., ее выдерживали в отдельных аквариумах такого же размера, как и аквариумы, в которых находились прудовики. Концентрация стронция-90 в аквариумах с прудовиками и элодеей была одинакова. Концентрация кальция в аквариумах с элодеей, предназначенной в качестве корма, была минимальной (49 мг/л), чтобы обеспечить наибольшее накопление ею стронция-90. Элодею после выдерживания ее 4—5 суток в воде со стронцием-90 скармливали прудовикам. Прудовиков помещали в аквариумы за несколько часов до начала эксперимента для того, чтобы избежать фекального загрязнения аквариумов. Кормление производили ежедневно в течение 3—4 часов. Методика учета кормления была двойкой. В первой серии экспериментов учет вели следующим образом: взвешивали элодею, предназначенную в качестве корма, а затем ту часть элодеи, которая оставалась после кормле-

Таблица 3

Коэффициенты накопления и дискриминации элодеей и прудовиками (телом и раковинной отделкой) для кальция, стронция и стронция-90

| Объект | Коэффициенты накопления (на сырой вес) | | | Коэффициенты дискриминации $D_{Sr/Ca}$ | |
|-----------|--|-----------|----------------|--|------|
| | KH_{Ca} | KH_{Sr} | $KH_{Sr^{90}}$ | | |
| Элодея | 160±59 | 130±26 | 121±48 | 1,2 | |
| Прудовики | тело | 32±11 | 28±9 | 17±5,1 | 1,1 |
| | раковина | 886±79 | 890±83 | 667±148,4 | 0,99 |

ния прудовиков в каждом аквариуме. По разности веса судили о количестве съеденной прудовиками элодеи. В другой серии опытов взвешивали самих моллюсков (каждого из них) до и после кормления. Разность их веса показывает количество потребляемой в пищу элодеи. Обе эти методики дают сходные результаты. При отборе проб изымались и экскременты.

Исследования поглощения стронция-90 прудовиками из пищи, т. е. из радиоактивной элодеи, показали, что приближение к равновесному состоянию накопления стронция-90 на-

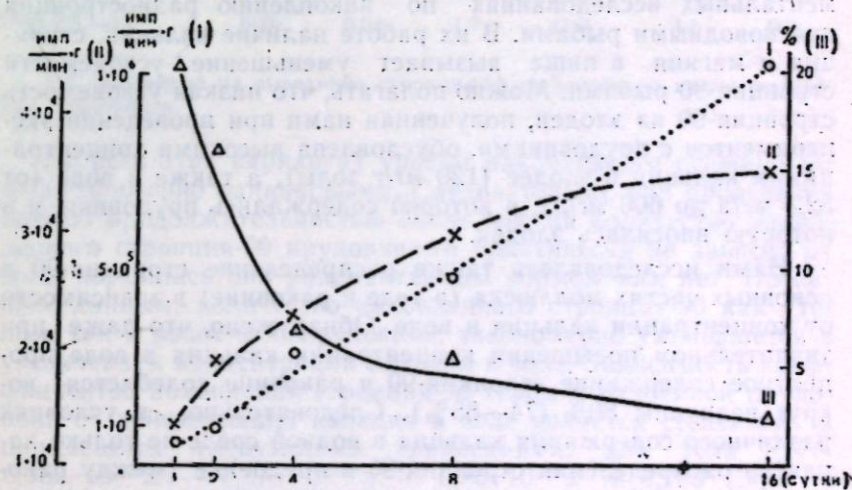


Рис. 1. Сравнение величин количества стронция-90, поступившего с элодеи (I) и накопившегося (II) в прудовиках, а также % усвояемости (III) стронция-90 прудовиками во времени при естественной концентрации кальция в воде (на сырой вес)

чинается на восьмые сутки. Количество поглощенного при этом стронция-90 уменьшается с увеличением концентрации кальция в воде. Полученные нами данные показывают, что после однократного кормления остается относительно больше стронция-90 в организме прудовиков, чем после ежедневного кормления в течение 16 суток. Расчеты показывают, что за 16 суток прудовик поглощает с пищей около $1,3 \cdot 10^6$ имп/мин стронция-90, а содержание стронция-90 в прудовике в чистой воде при кормлении радиоактивной элодеей при любой концентрации кальция не превышает $3,4 \cdot 10^4$ имп/мин, т. е. прудовик усваивает не более 3% от всего количества стронция-90, который прошел через его пищеварительный тракт (табл. 4).

Как показывает рис. 1, количество прошедшего через прудовика стронция-90 возрастает быстрее, чем количество стронция-90, усвоенного им. Поэтому усвояемость стронция-90 падает с 1 к 16 суткам.

Анализ удаления стронция-90 из прудовиков с экскрементами показал, что значительная часть поступившего в организм стронция-90 (около 80%) удаляется с экскрементами. Эта величина практически постоянна при разном времени потребления элодеи прудовиками и любых концентрациях кальция в воде. Полученные нами результаты о низкой усвояемости стронция-90 из пищи согласуются с результатами И. Л. Офеля и И. М. Джада (1966), полученными в экспериментальных исследованиях по накоплению радиостронция пресноводными рыбами. В их работе наличие кальция, стронция и магния в пище вызывает уменьшение усвояемости стронция-90 рыбами. Можно полагать, что низкая усвояемость стронция-90 из элодеи, полученная нами при проведении экспериментов с прудовиками, обусловлена высокими концентрациями кальция в элодее (120 мг/г зола), а также в воде (от 52,3 мг/л до 600 мг/л), в которой содержались прудовики, и в которую вносилась элодея.

Нами исследовалось также распределение стронция-90 в основных частях моллюска (в теле и раковине) в зависимости от концентрации кальция в воде. Обнаружено, что даже при значительном повышении концентрации кальция в воде процентное содержание стронция-90 в раковине колеблется вокруг величины 80% (74—85%). Следовательно, в условиях различного содержания кальция в водной среде не только характер распределения стронция-90 в прудовике (между раковиной и телом), но и количественное его выражение сохраняются практически постоянными (рис. 2).

При изучении обмена стронция-90 между прудовиком и водной средой были проведены эксперименты в трех вариан-

тах при разных концентрациях кальция в воде: прудовиков выдерживали в воде со стронцием-90 и кормили элодеей, предварительно накопившей стронций-90 (вариант II); прудовиков выдерживали в воде со стронцием-90 и кормили элодеей, не содержащей стронция-90 (вариант III); прудовиков выдерживали в воде со стронцием-90 без кормления (вариант IV).

Таблица 4

Усвоение стронция-90 из элодеи взрослыми особями прудовиков при разных концентрациях кальция в воде за 16 суток (на сырой вес)

| Время проведен. опытов | Концентрац. Са в окруж. среде (мг/л) | Потреблен. элодеи в г за 1 сутки | Концентра. Sr 90 в элодее (10^6 имп/мин/г)* | Количество Sr 90 | | Усвояемость Sr 90 из пищи |
|------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--|---|---|---------------------------|
| | | | | поступившего с элодеи (10^5 имп/мин за 16 суток) | накопившегося в прудовике (10^5 имп/мин за 16 суток) | |
| 1967.IV.—IX. | 52 | 0,05 | 1,6 | 13,0 | 34,0 | 2,5 |
| 1967.X.—XI. | 97 | 0,02 | 1,7 | 5,4 | 7,0 | 1,4 |
| 1968.V.—VI. | 249 | 0,05 | 1,6 | 13,0 | 22,0 | 1,6 |
| 1968.VII.—IX. | 312 | 0,04 | 1,6 | 10,0 | 13,0 | 1,2 |
| 1968.V.—XI. | 509 | 0,05 | 1,6 | 13,0 | 10,0 | 0,9 |
| 1968.VII.—IX. | 600 | 0,04 | 1,7 | 11,0 | 4,1 | 0,4 |

* С поправкой на выведение стронция-90 из элодеи во время кормления прудовиков.

Во всех этих вариантах уровни накопленного стронция-90 были примерно одинаковыми. Следовательно, при проведении опытов продолжительностью около месяца количество накопленного стронция-90 прудовиками практически не зависит от того, кормились они радиоактивным кормом или нет. По нашим данным, количество накопленного стронция-90 как телом, так и раковиной прудовика, закономерно уменьшается с увеличением концентрации кальция в воде. Зависимость коэффициентов накопления стронция-90 телом и раковиной прудовика от концентрации кальция в воде является степенной и описывается следующими уравнениями: для тела $KH = 0,355 \cdot 10^{-16}x^7 - 0,579 \cdot 10^{-13}x^6 - 0,85 \cdot 10^{-11}x^5 + 0,703 \cdot 10^{-7}x^4 - 0,539 \cdot 10^{-4}x^3 + 0,175 \cdot 10^{-1}x^2 - 0,257 \cdot 10^1x + 0,1514 \cdot 10^3$; для раковины $KH = -0,179 \cdot 10^{-13}x^7 + 0,501 \cdot 10^{-10}x^6 - 0,553 \cdot 10^{-7}x^5 + 0,312 \cdot 10^{-4}x^4 - 0,97 \cdot 10^{-2}x^3 + 0,164 \cdot 10^1x^2 - 0,14 \cdot 10^3x^1 + 0,475 \cdot 10^4$ где

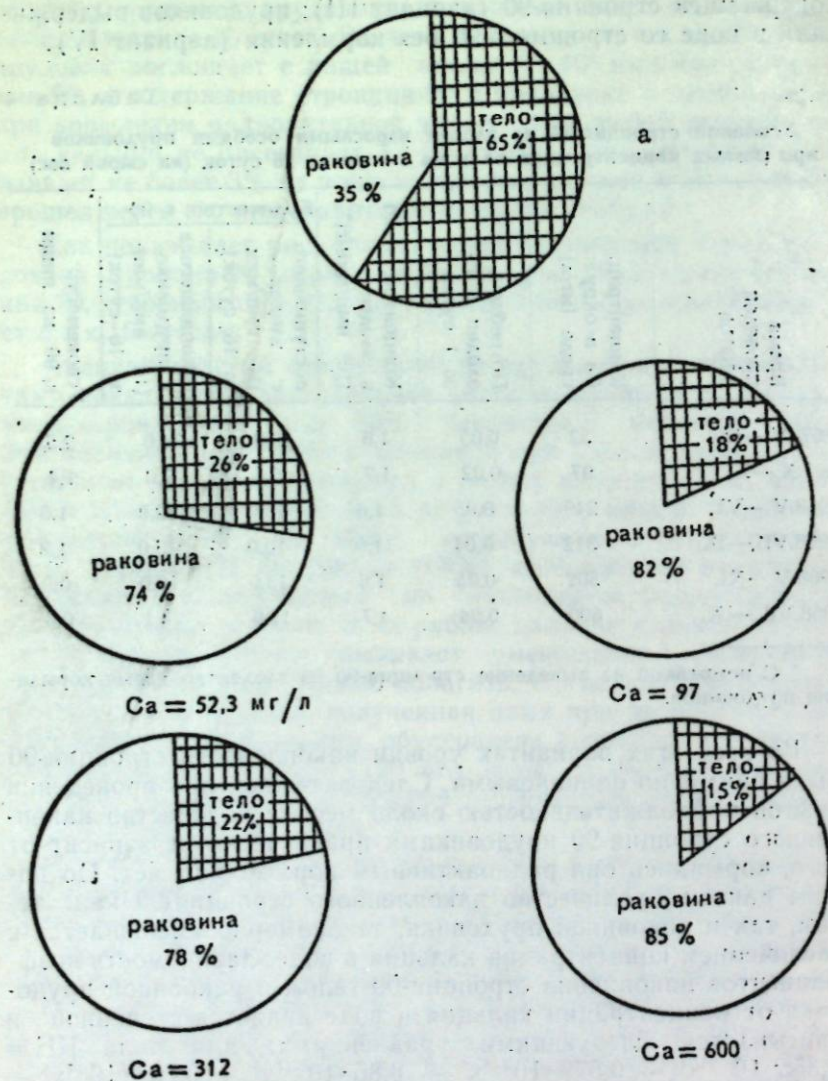


Рис. 2. Весовое соотношение отдельных частей (а) прудовика и распределение стронция-90 в них (в % от общего количества) при разных концентрациях кальция в воде (на 8—16 суток)

КН — коэффициент накопления стронция-90 в теле или раковине прудовика, x — концентрация кальция в воде, выраженная в мг/л.

Изучение выведения стронция-90 из прудовиков во внешнюю среду по методу Г. В. Барнинова показало, что после пребывания прудовиков одинаковое время в радиоактивной и чистой воде с концентрацией кальция 49 мг/л в теле прудовика остается в среднем 28% стронция-90, а в раковине — 75%. Обнаружено, что время предварительного пребывания прудовиков в радиоактивной воде заметно не влияет на процесс выведения (табл. 5). При концентрации кальция в воде равной 910 мг/л в теле прудовика остается в среднем 38% накопленного стронция-90, а в раковине — 83%. Следовательно, выведение стронция-90 при низких концентрациях кальция в воде происходит несколько интенсивнее, чем при высоких его концентрациях.

Анализ данных об обмене стронция-90 между прудовиками и водной средой с учетом его поступления из пищи подтвердило преимущественность прямого поступления стронция-90 из воды, по сравнению с трофическим путем, установленную на других гидробионтах (Д. П. Марчиолене, Г. Г. Поликарпов 1969; Д. П. Марчиолене, Н. Штрюпкунене, Г. Г. Поликарпов, 1973).

Сравнение коэффициентов накопления стабильного стронция, кальция и радиоактивного стронция показывает, что они являются сходными, а коэффициент дискриминации близок к единице (табл. 3). Это обстоятельство облегчает интерпретацию материала на основе предположения о постоянном обмене элементов между моллюсками и водной средой.

Таблица 5

Количество стронция-90, оставшееся в прудовиках после выведения (в % от исходного количества)

| Концентрация Ca в воде мг/л | Части прудовика | Время выведения (в сутках) | | | | Средний % выведения за (2—16) суток |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------|------|------|------|-------------------------------------|
| | | 2 | 4 | 8 | 16 | |
| 49 | тело | 26,5 | 30,2 | 26,4 | 29,6 | 28,0 |
| | раковина | 76 | 75,0 | 80,0 | 69,6 | 75,0 |
| 910 | тело | 39,9 | 39,9 | 45,0 | 29,0 | 38,0 |
| | раковина | 88,0 | 86,8 | 78,4 | 78,4 | 83,0 |

Полученные нами результаты дают возможность судить о количественной стороне накопления и выведения стронция-90 прудовиками — представителями большой группы брюхоногих моллюсков — фитофагов в пресноводных водоемах.

ВЫВОДЫ

В настоящей работе впервые выяснено влияние концентраций кальция на поступление стронция-90 в организм моллюсков (на примере прудовика *Limnaea stagnalis* L.) пищевым и непищевым путем. Изучавшийся нами широкий диапазон концентраций кальция (49—2450 мг/л) при накоплении стронция-90 элодеей не охвачен в других радиоэкологических исследованиях. В результате нами получены следующие выводы:

1. Определены коэффициенты накопления стронция-90 элодеей при разных концентрациях кальция в воде от 49 — 2450 мг/л. Установлена и выражена уравнением степенная зависимость коэффициентов накопления стронция-90 элодеей от концентрации кальция в воде. Изучение фиксации стронция-90 элодеей показало, что ею прочно связывается незначительное количество стронция-90: количество выведенного стронция-90 за время эксперимента (от 1 до 16 суток) составляет 56—97% от накопленного (в зависимости от концентрации кальция).

2. При изучении аккумуляции прудовиками стронция-90 из элодеи найдено, что с 8—24 суток наступает равновесие в накоплении стронция-90 телом прудовиков, а в раковине заметна тенденция дальнейшего увеличения концентрации стронция-90. Установлено, что прудовики усваивают не более 3% от всего количества стронция-90, прошедшего через их пищеварительный тракт с пищей. Это количество уменьшается с увеличением концентрации кальция в воде.

3. Распределение стронция-90 между раковиной и телом прудовиков практически не зависит от концентрации кальция в воде в изученном диапазоне как при поступлении стронция-90 из пищи, так и из воды.

4. Накопление прудовиками стронция-90 из элодеи и непосредственно из водной среды уменьшается с увеличением концентрации кальция в воде.

5. Изучение выведения стронция-90 показало, что наиболее прочно стронций-90 удерживается раковинами прудовиков. В них задерживается до 80% исходного количества стронция-90, в то время как в теле прудовиков — до 30%. Даже значительное увеличение концентрации кальция в растворе мало меняет эти величины. Обнаружено, что время предвари-

тельного пребывания прудовиков в среде со стронцием-90 не влияет на процесс и уровни выведения стронция-90.

6. Сравнение интенсивности поступления стронция-90 через пищевую и «водный» каналы в организм прудовика показало, что, по крайней мере, в пределах месяца основным источником поступления стронция-90 в организм брюхоногих моллюсков служит водная среда, а не пища.

7. Коэффициенты дискриминации $D_{Sr/Ca}$ как у элодеи, так и прудовика (тела и раковины) близки к единице.

8. Изученная регулирующая роль концентрации кальция в широком их диапазоне на процессы поглощения стронция-90 организмом брюхоногих моллюсков из пищевого материала и окружающего раствора имеет, на наш взгляд, не только научное, но и практическое значение: а) при прогнозировании уровней содержания стронция-90 в моллюсках, б) для мероприятий по ослаблению поступления в них этого радионуклида или, напротив, по созданию условий наиболее интенсивного поглощения ими стронция-90 из водной среды.

ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. В.-М. Б. Нянишке, Г. Г. Поликарпов. Количественная характеристика путей поступления стронция-90 в организм брюхоногих моллюсков. — Радиобиология, 10, 6, 1970, стр. 928.

2. Д. П. Марчиолене, Р. Ф. Душаускене-Дуж, В. Б. Нянишке, Г. Г. Поликарпов. Пути поступления радионуклидов в организмы водных животных. — Материалы XVI конференции по изучению внутренних водоемов Прибалтики, Петрозаводск, 1971, стр. 251.

3. Д. П. Марчиолене, В. Б. Нянишке. Накопление и распределение стронция-90, цезия-137, церия-144, рутения-106 в дрейссенах и прудовиках. — Труды АН Лит. ССР, серия В, 2(58), 1972, стр. 141.

4. Р. Ф. Душаускене-Дуж, Д. П. Марчиолене, В. Б. Нянишке, Р. И. Шулине, Г. Г. Поликарпов. Поступление радионуклидов и некоторые пресноводные гидробионты. — Труды АН Лит. ССР, серия В, 3(59), 1972, стр. 201.

