

НАКОПЛЕНИЕ РАДИОНУКЛИДОВ РАКОВИНАМИ ОТМЕРШИХ
ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВД. В. Лукашев¹, О. Л. Зарубин¹Чернобыльский научно-технический центр международных исследований

В ходе полевых экспериментов было установлено, что раковины отмерших моллюсков могут дополнительно поглощать ^{137}Cs и ^{90}Sr из воды. Установлено, что преимущественно накапливается ^{90}Sr . Интенсивность накопления радионуклидов раковинами связана с удельной площадью поверхности раковин. Предполагается, что данное явление связано с процессами адсорбции данных радионуклидов на внутренней поверхности арагонитовых створок.

Радиоактивный стронций, являющийся аналогом кальция, накапливается в растущих кальцийсодержащих органах и тканях гидробионтов (костной ткани позвоночных, чешуе рыб, покровах ракообразных, раковинах моллюсков). Раковины большинства моллюсков растут на протяжении всей жизни особи. Считается, что содержание ^{90}Sr в раковинах отражает степень загрязнения среды, в которой обитает моллюск. Неоднократно данную особенность использовали при радиоэкологическом мониторинге как водоемов, так и суши [1, 2]. Однако при отборе проб исследователи часто имеют дело не с живыми моллюсками, а лишь с их мертвыми раковинами, собранными в исследуемых водоемах [3]. Полученные данные на основе таких материалов обычно не ставятся под сомнение. Можно предположить, что раковины отмерших моллюсков могут продолжать накапливать ^{90}Sr из водных растворов. В подтверждение этому отмечалось, что содержание стабильного стронция в арагонитовых фоссилизированных раковинах увеличивается с геологическим возрастом [4, 5].

Целью данной работы было установление факта дополнительного накопления радионуклидов раковинами отмерших моллюсков и количественное описание данного процесса.

Материал и методика

В работе были использованы раковины пресноводных двустворчатых моллюсков семейства *Unionidae* (*Unio conus*, *Colletopterum piscinale*). Моллюсков вскрывали, отделяли мягкие части от раковин, раковины тщательно промывали водой и сушили. В начале экспериментов радиохимическими и спектрометрическими методами определяли количество ^{137}Cs и ^{90}Sr , накопленных в раковинах при жизни особей.

Исследование состояло из двух частей. На первом этапе ставилась задача показать наличие факта и количественно оценить интенсивность накопления радионуклидов раковинами после отмирания моллюсков. Для этой цели использовали створки живых моллюсков, собранные в 1998 г. в верховьях Кременчугского водохранилища (р. Днепр) – относительно “чистой” в радиационном отношении территории. В качестве экспериментального водоема был выбран изолированный канал с бетонной облицовкой, находящийся в ближней зоне ЧАЭС. Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде канала летом 1999 г. составляло 442 и 915 Бк/л соответственно. Концентрация ионов Ca^{2+} находилась на уровне 21,1 мг/л, Mg^{2+} – 3,53 мг/л, общая жесткость составляла 1,34 мг-экв./л. Таким образом, химический состав воды является характерным для природных водоемов Полесья.

Задачей второй серии экспериментов было установление возможности дополнительного накопления радионуклидов раковинами моллюсков, обитающих в загрязненных водоемах, после их отмирания. Для этих целей был выбран водоем-охладитель

ЧАЭС. Живых моллюсков собирали в водоеме-охладителе, отделяли створки, которые затем размещали в подвешенном состоянии в толще воды. Химический состав воды этого водоема отличается от воды природных водоемов несколько повышенной общей минерализацией (263 - 508 мг/л), концентрация ионов кальция Ca^{2+} и Mg^{2+} несколько выше, чем в канале (49,0 и 7,0 мг/л). Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде данного водоема подвержено значительным сезонным колебаниям и в среднем летом 1999 г. составляло $3,12 \pm 0,13$ и $1,59 \pm 0,07$ Бк/л соответственно.

Раковины моллюсков помещали в мешки из крупноячеистой капроновой дели, которые затем погружали на глубину 1 м от дна водоема. Створки отбирали через определенные интервалы времени. Извлеченные образцы промывали той же водой для удаления бактериальной пленки и илстых частиц. Грубую механическую очистку не применяли. Содержание ^{137}Cs определяли γ -спектрометрическими методами на германий-литиевом детекторе, ^{90}Sr после радиохимического выделения измеряли по дочернему ^{90}Y на установке "Quantulus-1220".

Результаты и их обсуждение

В обеих сериях экспериментов было отмечено значительное увеличение содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в створках по сравнению с начальными значениями. Так содержание ^{90}Sr в раковинах *Unio* и *Colletopterum* через 50 сут в канале возросло с $216,8 \pm 64,1$ и $189,2 \pm 73,3$ Бк/кг до 115993 ± 4384 и 698448 ± 63009 Бк/кг соответственно. Таким образом, содержание радиостронция в пустых раковинах *Unio conus* возросло более чем в 500 раз, а в раковинах *Colletopterum piscinale* - 3500 раз (рис. 1).

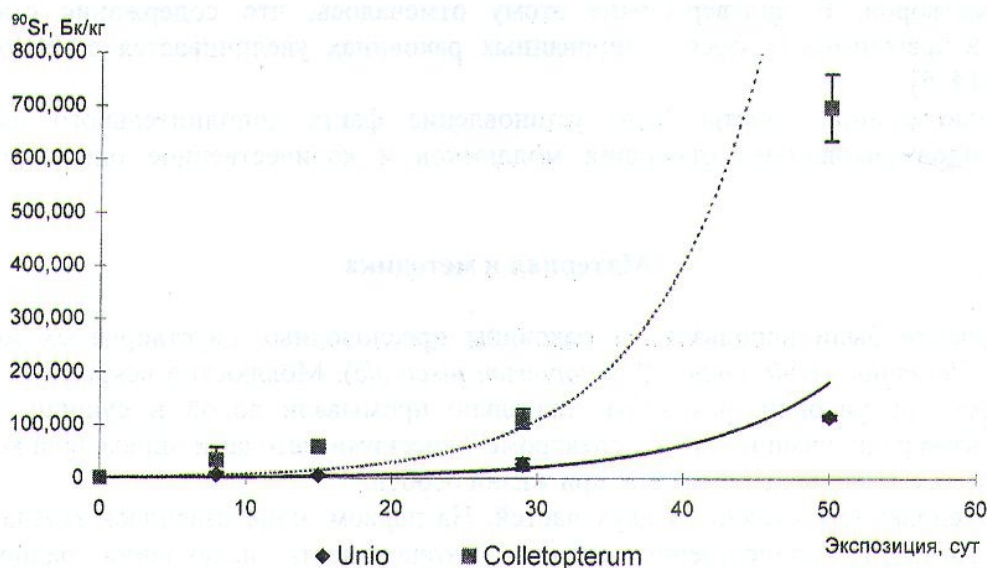


Рис. 1. Изменение содержания ^{90}Sr в раковинах отмерших моллюсков в изолированном канале.

Содержание ^{137}Cs через 35 сут эксперимента в раковинах *Unio conus* возросло с $45,0 \pm 0,55$ Бк/кг до $10310,8 \pm 643,2$ Бк/кг, т. е. в 229 раз. Коэффициенты накопления ^{90}Sr пустыми раковинами моллюсков *Unio* и *Colletopterum* по отношению к воде канала составляли 126,8 и 763,3 соответственно. Следует отметить, что раковины моллюсков рода *Colletopterum* на протяжении всего эксперимента накапливали радиостронций более интенсивно по сравнению с моллюсками рода *Unio*. Систематические отличия в морфологии раковин моллюсков этих родов заключаются в том, что створки *Colletopterum* более тонкие по

сравнению с раковинами *Unio*, т. е. для них характерна большая удельная площадь поверхности. Таким образом, можно предположить, что процесс связывания ионов ^{90}Sr из водного раствора происходит на границе раздела фаз арагонит - вода.

В воде водоема-охладителя выдерживались раковины моллюсков рода *Unio*. Среднее содержание ^{90}Sr в раковинах живых особей составляло $7052 \pm 978,6$ Бк/кг. После пятидесяти дней экспозиции в воде водоема-охладителя содержание ^{90}Sr в раковинах мертвых моллюсков возросло в 8 раз и достигло $55258,0 \pm 18761,5$ Бк/кг (рис. 2).

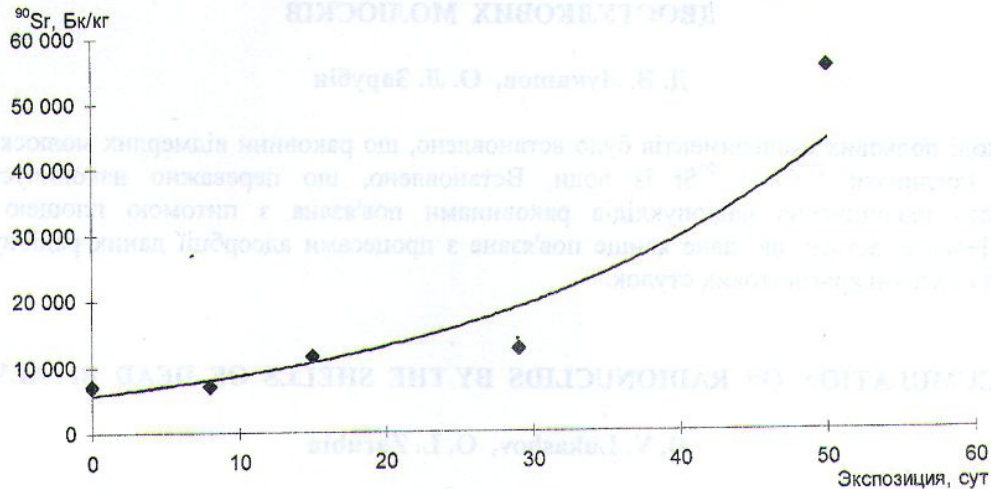


Рис. 2. Изменение содержания ^{90}Sr в раковинах отмерших моллюсков в водоеме-охладителе ЧАЭС.

Таким образом, раковины двустворчатых моллюсков способны накапливать радионуклиды из воды даже после отмирания особи, причем количество дополнительно поглощенных радионуклидов намного превышает их количество, накопленное в течение жизни моллюска. Очевидно, что раковины отмерших моллюсков более интенсивно накапливают радиоактивный стронций, хотя известно, что изотопы цезия обладают значительной способностью к адсорбции из воды [6]. Можно предположить, что наблюдаемые явления могут быть связаны с процессами адсорбции ионов ^{90}Sr на внутренних арагонитовых поверхностях створок, которые у живых моллюсков покрыты мантией и не контактируют с окружающей средой. В данном случае возможны несколько типов адсорбции — соосаждение, окклюзия, ионный обмен или изоморфное замещение [4]. Более интенсивная адсорбция ^{90}Sr по сравнению с ^{137}Cs может свидетельствовать об адсорбции по типу ионного обмена, учитывая, что стабильный стронций является обязательным компонентом кристаллической решетки арагонита. Аналогичный вывод был сделан при исследовании адсорбционной способности ряда карбонатных минералов и пород [7].

На основе проведенных исследований можно сделать вывод: раковины отмерших двустворчатых моллюсков способны дополнительно накапливать радионуклиды из водных растворов. Это необходимо учитывать при использовании моллюсков в качестве биоиндикаторов радиоактивного загрязнения водоемов.

Потенциально данное явление можно использовать для применения относительно недорогих экспресс-методов определения содержания радиоактивного стронция в природных водах, минуя трудоемкие традиционные радиохимические методы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nelson D.J. // Science. — 1962. — Vol. 137, No. 3523. — P. 38.
2. Frantsevich L., Kornishin A., Pankov I. et al. // Environ. poll. — 1996. — Vol. 94, No. 1. — P. 91.

3. Францевич Л.И., Захарчук Т.М., Климашевський О.А. та ін. // Бюл. екол. стану зони відчуження ЧАЕС. – 1998. – № 12. – С. 44.
4. Вольф К.Ф., Чилингар Д.В., Билес Ф.Ч. // Карбонатные породы: физико-химические характеристики и методы исследования. – М.: Мир, 1971. – Т. 2. – С. 9.
5. Ragland P.C., Pilkey O.H., Blackwelder B.W. // Nature. – 1969. – Vol. 224. – P. 1223.
6. Поликарпов Г.Г. Радиоэкология морских организмов. – М.: Атомиздат, 1964.
7. Синцин В.И., Громов В.В. // Почвоведение. – 1959. – № 2. – С. 45.

НАКОПИЧЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ РАКОВИНАМИ ВІДМЕРЛИХ ДВОСТУЛКОВИХ МОЛЛОСКІВ

Д. В. Лукашов, О. Л. Зарубін

У ході польових експериментів було встановлено, що раковини відмерлих моллюсків можуть додатково поглинати ^{137}Cs і ^{90}Sr із води. Встановлено, що переважно накопичується ^{90}Sr . Інтенсивність накопичення радіонуклідів раковинами пов'язана з питомою площею поверхні раковин. Передбачається, що дане явище пов'язане з процесами адсорбції даних радіонуклідів на внутрішній поверхні арагонітових стулок.

ACCUMULATION OF RADIONUCLIDS BY THE SHELLS OF DEAD BIVALVES

D. V. Lukashov, O. L. Zarubin

During the field experiments was established, that the shells of dead bivalves can additionally accumulate ^{137}Cs and ^{90}Sr from water. It was also established that ^{90}Sr is basically accumulated. Radionuclids' accumulation intensity by shells is related to specific shells surface area. It is expected, that this phenomenon is related to the adsorption processes of given radionuclids on the shells nacreous layer interior surface.