

ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ ПРЕСНОВОДНЫМИ МОЛЛЮСКАМИ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС

Д. И. Гудков¹, А. Б. Назаров², В. В. Деревец², М. И. Кузьменко¹

¹ Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

² Государственное научно-производственное предприятие "РАДЭК"
МЧС Украины, Чернобыль

Анализируются результаты исследований содержания радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в тканях моллюсков зоны отчуждения Чернобыльской АЭС. Изучена возрастная динамика содержания радионуклидов для некоторых видов брюхоногих моллюсков.

Введение

Пресноводных моллюсков зачастую рассматривают как виды-индикаторы радиоактивного загрязнения водных объектов. Благодаря способности накапливать практически все радионуклиды, регистрируемые в воде, и высокой биомассе, достигающей в отдельных биотопах до 2 – 3 кг/м² и составляющей 90 – 95 % биомассы всего зообентоса, моллюскам принадлежит доминирующая роль в процессах перераспределения и биоаккумуляции радионуклидов в пресных водоемах. При этом основным дозобразующим радионуклидом для моллюсков зоны отчуждения Чернобыльской АЭС (ЧАЭС) в настоящее время является ^{90}Sr – химический аналог кальция, накапливающийся в раковинах и в значительных количествах присутствующий в донных отложениях водоемов. Кальций составляет около 52 – 53 % массы раковины двусторчатых моллюсков, которая на 98 % состоит из CaCO_3 , остальное приходится на фосфорнокислый кальций, магний, полисиликат кальция, кремниевокислый магний и азотсодержащие органические вещества [1, 2]. Большинство мелких и молодь крупных моллюсков входят как постоянный компонент в рацион многих видов рыб, в том числе имеющих важное промысловое значение, охотно поедаются водоплавающими птицами и другими водными животными.

Материалы и методы исследований

Сбор моллюсков проводили в весенний, летний и осенний периоды 1997 – 1999 гг. в литоральной зоне пойменных озер р. Припять – Азбучин, Глубокое и Далекое-1, а также Яновском (Припятском) затоне, пруду-охладителе ЧАЭС, реках Уж и Припять на участках, входящих в 30-километровую зону отчуждения. Наиболее массовыми и доступными видами в Яновском затоне, оз. Далекое-1, рек Припять (с. Довляды) и Уж являются прудовик обыкновенный (*Lymnaea stagnalis* L.). В оз. Глубоком наряду с прудовиком встречается также катушка роговидная (*Planorbis/rivus corneus* L.). В пруду-охладителе ЧАЭС наиболее массовым является дрейссена (*Dreissena polymorpha* Pall.), а в р. Припять у Чернобыля – живородка (*Viviparus viviparus* L.) и перловица (*Unio pictorum* L.). Наиболее благоприятным водоемом в отношении сбора моллюсков является оз. Азбучин, в прибрежной зоне которого встречаются, в достаточном для измерений количестве, три вида моллюсков: прудовики обыкновенный и болотный, а также катушка роговидная.

Измерение содержания ^{137}Cs в пробах проводили при помощи γ -спектрометрического комплекса, в состав которого входили детектор PGT IGC-25, анализатор "Nokia LP 4900 B", источник низковольтного питания крейт NIM BIN, усилитель NU 8210 и свинцовая защита толщиной 100 мм. Энергетическое разрешение по линии 661 кэВ ^{137}Cs составляло 1,5 кэВ,

фоновая скорость счета в области пика ^{137}Cs – $4,0 \cdot 10^{-2}$ имп./с, минимальная детектируемая активность (МДА) для стакана диаметром 44 мм, высотой 10 см при экспозиции 5000 с составляла 0,33 Бк. Для определения содержания ^{90}Sr использовали низкофоновый β -радиометр NRR-610. МДА прибора составляет 0,04 Бк при экспозиции препарата 1000 с.

Радиохимическое выделение ^{90}Sr со стабильным носителем из проб проводили селективным осаждением его сульфида из раствора трилона Б. Доочистка стронция от примесей макрокомпонентов и других радионуклидов проводили ионным обменом за счет сорбции на катионите КУ-2 в Na-форме в среде комплексообразователя трилона Б. Радиометрические препараты для измерений готовили в виде сульфата стронция, нанесенного на подложку из алюминиевой фольги.

Определение концентрации радионуклидов в тканях моллюсков осуществляли без отделения раковины от тела. Результаты измерений содержания радионуклидов приведены в Бк/кг массы естественной влажности. Способность водных организмов аккумулировать радионуклиды, традиционно выражаемая в единицах коэффициента концентрирования (КК) или накопления, определяли отношением удельной активности радионуклидов в тканях моллюсков к их среднегодовому содержанию в воде мест обитания.

Результаты исследований и их обсуждение

Средние концентрации радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в воде полигонных водоемов в период исследований были, соответственно, следующими: оз. Азбучин – 15,4 и 122,3; оз. Глубокое – 13,5 и 110,7; оз. Далекое-1 – 11,8 и 82,5; Яновский (Припятский) затон – 5,6 и 75,2; пруд-охладитель ЧАЭС – 2,8 и 1,9; р. Уж – 0,31 и 0,11; р. Припять (с. Довляды) – 0,13 и 0,10; р. Припять (Чернобыль) – 0,15 и 0,30 Бк/л. Полученные количественные данные о содержании ^{137}Cs и ^{90}Sr в моллюсках достаточно точно отражают характер радиоактивного загрязнения этими радионуклидами исследуемых водных объектов – мест обитания беспозвоночных. Максимальное содержание ^{137}Cs отмечено в моллюсках оз. Глубокое – в среднем 3868 Бк/кг, несколько меньшие значения зарегистрированы для оз. Азбучин – в среднем 2168 Бк/кг. Моллюски оз. Далекое-1 и Яновского затона характеризовались сходной активностью ^{137}Cs – 352 и 430 Бк/кг соответственно. Среднее содержание ^{137}Cs в моллюсках пруда-охладителя ЧАЭС составило 867 Бк/кг, однако эти данные были получены для дрейссены, которая отбиралась только в этом водоеме. Концентрация радионуклида в моллюсках рек Уж и Припять регистрировалась в диапазоне 35 – 47 Бк/кг.

Максимальное содержание ^{90}Sr в моллюсках было отмечено для оз. Азбучин – в среднем 49300 Бк/кг. Более чем в 1,5 раза меньшими концентрациями характеризовались моллюски из оз. Глубокое – 23180 Бк/кг, а для оз. Далекое-1 были зарегистрированы активности около 26050 Бк/кг. Для моллюсков из Яновского затона средний уровень содержания ^{90}Sr составил около 7700 Бк/кг, наименьшими активностями для непроточных и слабопроточных водоемов характеризовалась дрейссена из пруда-охладителя ЧАЭС – около 2000 Бк/кг. Содержание ^{90}Sr в моллюсках рек Уж и Припять регистрировалось в диапазоне 40 – 745 Бк/кг. Усредненные данные о КК ^{90}Sr и ^{137}Cs различными видами моллюсков, обитающих в водоемах зоны отчуждения ЧАЭС, представлены на рис. 1.

Двустворчатые моллюски, как облигатные фильтраторы, выступают в водоемах в роли природных биофильтров, активно участвуя в процессах самоочищения вод. Полученные данные свидетельствуют, что максимальными КК как по ^{90}Sr , так и по ^{137}Cs характеризуются представители именно этой группы – дрейссена и перловица, являющиеся наиболее активными фильтраторами среди представителей пресноводного макрозообентоса. Максимальные КК ^{90}Sr отмечены для дрейссены – более 1100, для ^{137}Cs наибольшие КК зарегистрированы в тканях перловицы – около 500. Униониды и дрейссены фильтруют в среднем одинаковое количество воды – около 85,5 мл/ч на 1 г сырой массы [3], поэтому если предположить, что накопление радионуклидов идет у них с приблизительно одинаковой

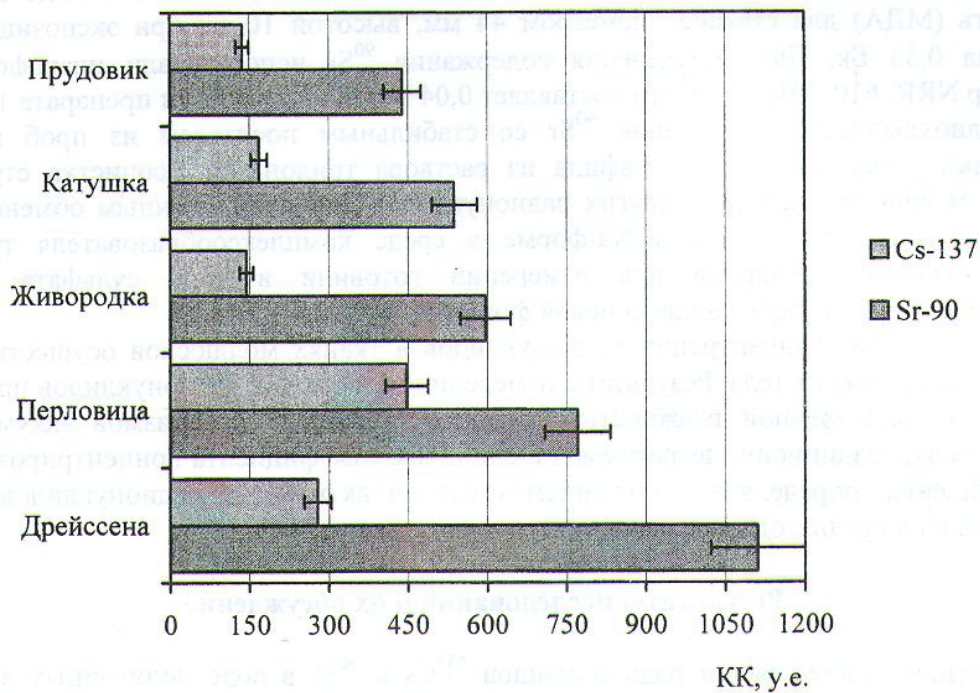


Рис. 1. КК ^{137}Cs и ^{90}Sr у различных видов моллюсков из водоемов зоны отчуждения ЧАЭС.

интенсивностью, то существенные различия в КК ^{90}Sr и ^{137}Cs у этих видов двустворчатых моллюсков легко объясняются различиями в отношениях массы раковины и тела к сырой массе моллюска. Так, если у дрейссен, по данным А. Ф. Каревич (1964), на раковину приходится 63 %, на тело 35 % и на мантийную жидкость 2 %, то у перловицы эти величины составляют 31,2, 60,0 и 8,8 % соответственно [3]. Характерно, что КК ^{90}Sr у дрейссены также в среднем на 30 % выше, чем у перловицы. Аналогичная, но обратная закономерность прослеживается для ^{137}Cs , что подтверждает сходную эффективность концентрирования радионуклидов этими видами.

Значительно меньшие КК радионуклидов отмечены для брюхоногих моллюсков: прудовика обыкновенного, катушки роговидной и живородки. Несмотря на то, что основными объектами питания этих беспозвоночных являются растительные организмы и их остатки, характеризующиеся высокими КК, процесс концентрирования радионуклидов происходит не так эффективно, как у фильтраторов. Минимальный КК как по ^{90}Sr , так и по ^{137}Cs отмечен для прудовика обыкновенного – 440 и 137 соответственно. При этом если различия КК ^{90}Sr для брюхоногих моллюсков можно объяснить особенностями морфологического строения раковины и соотношением ее массы и общей массы моллюска, то различия КК ^{137}Cs связаны с особенностями функциональной экологии и типом питания этих беспозвоночных. Так, радула и так называемые челюсти (местные утолщения кутикулы) представителей рода катушек имеют достаточно примитивное строение. Радулярный аппарат прудовиков устроен значительно совершенней. Этим, по-видимому, и объясняется то обстоятельство, что прудовики способны потреблять живую высшую водную растительность, объедая листья урути или соскабливая радулой обрастания с нижней поверхности плавающих листьев. Катушки же, обладая более слабой радулой, предпочитают держаться у дна, где легче найти мягкую пищу – ил, отмершие растения и мелких донных беспозвоночных. Однако известно, что эти объекты обладают как значительно большими КК радионуклидов, так и более высокой эффективностью усвоения, чем объекты питания прудовика. Очевидно, этим и можно объяснить повышенные КК ^{137}Cs у катушки роговидной

(при наличии более массивной раковины) в сравнении с прудовиком. Что касается живородки, то незначительные КК ^{137}Cs у этого моллюска могут быть обусловлены как достаточно высоким соотношением массы метаболически малоактивной раковины и общей массы животного, так и самой низкой среди брюхоногих моллюсков интенсивностью питания [5], отдающих предпочтение растительной пище.

Изучение индивидуальных возрастных особенностей содержания ^{137}Cs у половозрелых особей прудовика обыкновенного из оз. Глубокого и катушки роговидной из оз. Азбучин показало, что с увеличением линейных размеров и массы тела беспозвоночных удельная активность радионуклида снижается (рис. 2 и 3), что позволяет сделать вывод об обратной размерно-возрастной закономерности содержания ^{137}Cs в тканях исследованных брюхоногих моллюсков.

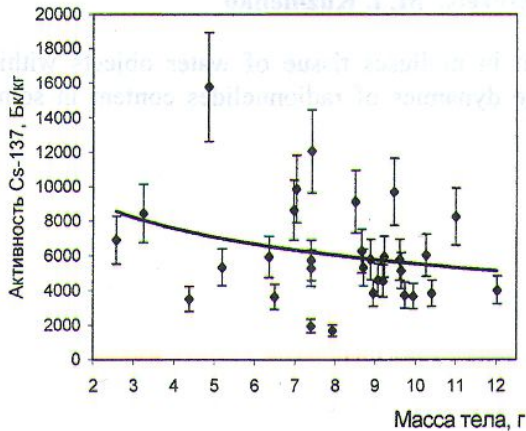


Рис. 2. Размерно-возрастные особенности содержания ^{137}Cs у катушки роговидной.

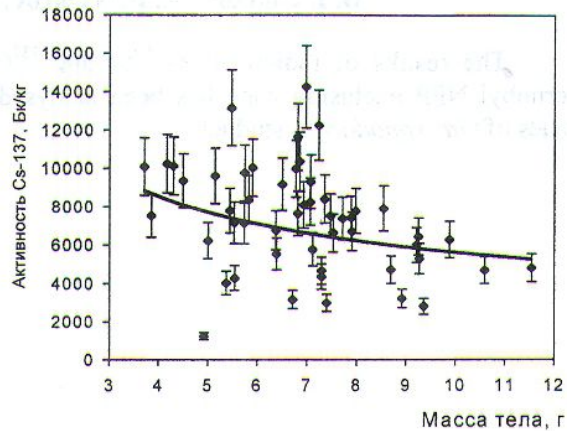


Рис. 3. Размерно-возрастные особенности содержания ^{137}Cs у прудовика обыкновенного.

Предполагается, что одним из наиболее вероятных факторов, обуславливающих описанную закономерность, является вступление половозрелых гермафродитных особей прудовика обыкновенного и катушки роговидной в стадию размножения. При этом откладка яиц у большинства брюхоногих моллюсков начинается весной и заканчивается поздней осенью, и протекает достаточно интенсивно. Яйца окружены сложными питательными и защитными оболочками, а кладки прудовика обыкновенного нередко насчитывают до 270 яиц. Таким образом, снижение удельной активности ^{137}Cs в тканях исследуемых видов скорее всего связано с процессами выведения органических и минеральных веществ в ходе размножения, а также изменением их соотношения в организме моллюсков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчинников И. Ф. // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. – Л., 1932. – Т. 1. – С. 1.
2. Овчинников И. Ф. // Тр. Севан. озер. ст. Ереван. - 1933. – Т. 4, вып. 1 – 2. – С. 10.
3. Алимов А. Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков. – Л.: Наука, 1981.
4. Каревич А. Ф. Особенности размножения и роста двустворчатых моллюсков солонатоводных морей СССР // Экология беспозвоночных южных морей СССР. – М., 1964. – С. 3.
5. Луканина Е. А. Питание некоторых пресноводных Gastropoda: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1958.

**ОСОБЛИВОСТІ КОНЦЕНТРУВАННЯ РАДІОНУКЛІДІВ ПРІСНОВОДНИМИ МОЛЮСКАМИ
ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС**

Д. І. Гудков, О. Б. Назаров, В. В. Деревець, М. І. Кузьменко

Аналізуються результати досліджень вмісту радіонуклідів ^{90}Sr і ^{137}Cs у тканинах молюсків зони відчуження Чорнобильської АЕС. Вивчено вікову динаміку вмісту радіонуклідів для деяких видів червононогих молюсків.

**CONCENTRATION PECULIARITIES OF RADIONUCLIDES BY FRESHWATER
MOLLUSCS OF CHERNOBYL NPP EXCLUSION ZONE**

D. I. Gudkov, A. B. Nazarov, V. V. Derevets, M. I. Kuzmenko

The results of radionuclides ^{90}Sr and ^{137}Cs content in molluscs tissue of water objects within Chernobyl NPP exclusion zone has been analysed. The age dynamics of radionuclides content in some species of *Gastropoda* was studied.