

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭКОЛОГИИ
КАНЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩАО. Л. Зарубин, Е. Н. Волкова¹, В. В. Беляев¹, З. О. Широкая¹, В. А. Карапыш¹¹ *Институт гидробиологии НАН Украины, Киев*

Представлены результаты исследований радиоактивного загрязнения экосистемы Каневского водохранилища. Проанализированы данные о содержании ^{90}Sr и ^{137}Cs в абиотических и биотических компонентах. Проанализирована зависимость содержания ^{137}Cs в водных растениях от площади контакта этих гидробионтов с водой. В 2000 г. содержание ^{137}Cs в рыбах Каневского водохранилища в 11 раз превышало значения, характерные для периода до Чернобыльской аварии.

В каскаде днепровских водохранилищ Каневское заполнено последним - в 1974 г. Оно расположено в Лесостепной зоне Украины и является самым мелководным в каскаде. Длина водохранилища вдоль оси 123 км, площадь зеркала 675 км², объем 2,62 км³, средняя глубина 3,9 м, наибольшая – 21 м [1]. Мелководья занимают 35 % площади водохранилища, что способствует интенсивному развитию высшей водной растительности. Площадь зарастания мелководий водохранилища в среднем составляет 42 %. Основные массивы макрофитов (60 % площади заросших мелководий водохранилища) сосредоточены в средней части водоема на левобережных участках затопленной поймы. В растительном покрове Каневского водохранилища, в отличие от других водохранилищ каскада, по занимаемым площадям доминируют ценозы погруженных и с плавающими на поверхности листьями растений [2].

Радиоэкологические исследования Каневского водохранилища проводились с 1986 по 2001 г. Изучалось содержание радионуклидов в воде, взвесах, донных отложениях, зеленых нитчатых водорослях, высших водных растениях (ВВР), моллюсках и рыбах.

Содержание радионуклидов определяли по общепринятым радиохимическим и гамма-спектрометрическим методикам [3]. Удельная радиоактивность образцов приведена в Бк/л для воды, Бк/кг сухой массы для взвесей, Бк/кг воздушно-сухой массы для донных отложений, зеленых нитчатых водорослей и ВВР, Бк/кг сырой массы для моллюсков и рыб. Коэффициент перехода рассчитывается как отношение удельных радиоактивностей представителей высшего трофического звена (судак) к низшему (густера).

В процессе поступления радиоактивных веществ в экосистему Каневского водохранилища после аварии на ЧАЭС в 1986 г. можно выделить три этапа: первый – выпадение радиоактивнозагрязненных аэрозолей на зеркало водоема; второй – приток радионуклидов с водными массами из Киевского водохранилища совместно с выпадением аэрозолей; третий – поступление радионуклидов из Киевского водохранилища и смыв с площади водозбора.

В 1986 г. в различных компонентах экосистемы Каневского водохранилища был зарегистрирован 21 радионуклид. С конца 1987 г. радиоактивное загрязнение, в основном, формировалось радионуклидами цезия и стронция, при этом вклад ^{137}Cs в радиоактивное загрязнение всех, за исключением воды, компонентов был доминирующим. Уровни содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в экосистеме Каневского водохранилища приведены в табл. 1.

Основное внимание в данной работе уделено особенностям накопления ^{137}Cs в компонентах экосистемы.

В мае 1986 г. концентрация ^{137}Cs в воде Каневского водохранилища была 480 Бк/л, а к концу года снизилась на два порядка [4]. В период 1987 – 1991 гг. происходило постепенное снижение среднегодовых концентраций этого радионуклида в воде. С 1991 г. среднегодовые концентрации ^{137}Cs в воде оставались практически неизменными, однако наблюдаются значительные колебания на протяжении года в зависимости от сезона и гидрологических

условий. В 2000 г. концентрация ^{137}Cs в воде Каневского водохранилища находилась в пределах 0,004 - 0,06 Бк/л.

Таблица 1. Содержание ^{90}Sr в компонентах Каневского водохранилища (2000 г.)

| Компонент | Пределы содержания ^{90}Sr | Пределы содержания ^{137}Cs | Соотношение $^{90}\text{Sr}/^{137}\text{Cs}$ |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--|
| Вода, Бк/л | 0,035 - 0,1 | 0,004 - 0,064 | 0,09 - 1,47 |
| Взвеси, Бк/кг | 164 - 679 | 454 - 2161 | 1,3 - 6,9 |
| Взвеси, Бк/л | 0,001 - 0,006 | 0,003 - 0,012 | 1,3 - 6,9 |
| Растения, Бк/кг | 4,7 - 21,7 | 4 - 270 | 1,5 - 101 |
| Рыбы, Бк/кг | 0,01 - 10,8 | 2 - 75 | 1,1 - 4800 |

Снижение удельной радиоактивности донных отложений Каневского водохранилища в период 1986 - 2000 гг. происходило за счет радиоактивного распада и процессов перераспределения радионуклидов в толще отложений. Содержание ^{137}Cs в этом компоненте, в зависимости от типа, составляло от 100 до 4000 Бк/кг в 1986 г., а в 1999 г. - от 16 до 2500 Бк/кг, при этом наиболее высокая удельная радиоактивность была отмечена в мелкодисперсных илах, для которых характерна наибольшая площадь поверхности частиц.

В 1986 г. максимальное содержание ^{137}Cs в ВВР достигало 8000 Бк/кг. Наиболее высокие концентрации были зарегистрированы в воздушно-водных растениях, что объясняется выпадением радиоактивных аэрозолей на поверхность надводной части этих растений. Проведенные в 2000 г. исследования содержания ^{137}Cs в ВВР разных экологических групп и зеленых нитчатых водорослях показали, что наименьшие концентрации этого радионуклида характерны для вегетирующих ВВР (рис. 1), а наибольшие - для зеленых нитчатых водорослей. Следует отметить, что в период вегетации тростника обыкновенного удельная радиоактивность подземной и надземной частей этого растения отличается незначительно. После окончания вегетации концентрация ^{137}Cs в подземной части превышает удельную радиоактивность надземной части более чем в 30 раз, что объясняется оттоком питательных веществ в подземные органы [5].

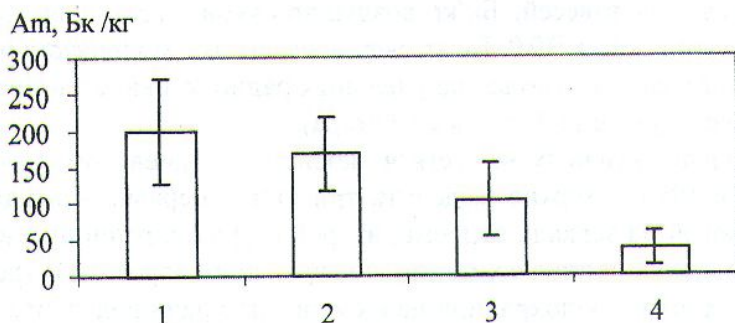


Рис. 1. Среднее содержание ^{137}Cs в растениях различных экологических групп: 1 - зеленые нитчатые водоросли; 2 - погруженные укорененные ВВР; 3 - укорененные ВВР с плавающими листьями; 4 - воздушно-водные ВВР.

Содержание ^{137}Cs в моллюсках Каневского водохранилища достигало 1000 Бк/кг в 1986 г. В 2000 г. удельная радиоактивность этих гидробионтов составляла 7 - 16 Бк/кг.

Одним из основных путей, по которым происходит миграция радионуклидов из водоема в организм человека, является пищевая цепь "вода - рыба - человек". Поэтому основное внимание было уделено изучению особенностей накопления ^{137}Cs рыбами. Радионуклиды цезия поступают в организм рыб алиментарным путем [6]. Согласно типу питания рыб разделяют на следующие группы: фитофаги, бентофаги, ихтиофаги. На примере представителей двух экологических групп рыб - густера - бентофаг и судак - ихтиофаг - прослежена многолетняя динамика содержания ^{137}Cs (рис. 2) рыбами. Как видно из рис. 2, снижение содержания ^{137}Cs в организме густеры происходило с 1986 по 1989 г., в период

1989 - 2000 гг. уровень содержания ^{137}Cs практически не изменялся. В отличие от “мирных” видов рыб максимум накопления ^{137}Cs судаком приходится на 1987 - 1989 гг., что подтверждает преимущественно пищевой путь поступления радионуклидов цезия в организм рыб. Одну из особенностей миграции ^{137}Cs по трофической цепи иллюстрирует рис. 3.

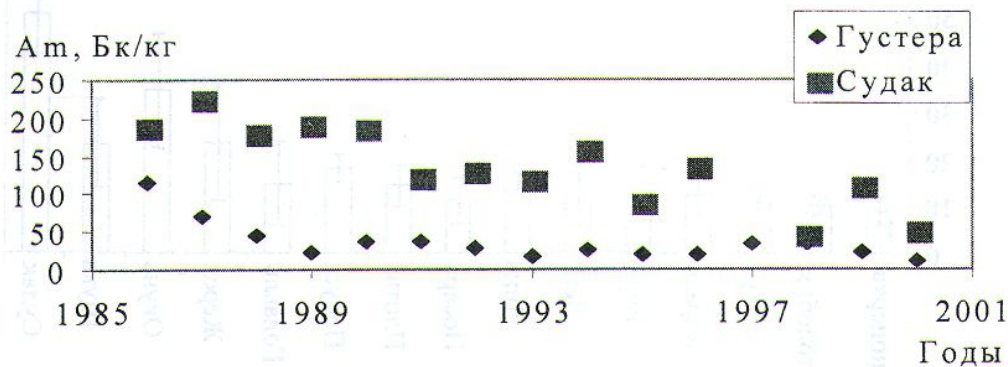


Рис. 2. Динамика содержания ^{137}Cs в густере и судаке Каневского водохранилища (1986 – 2000 гг.), Бк/кг сырой массы.

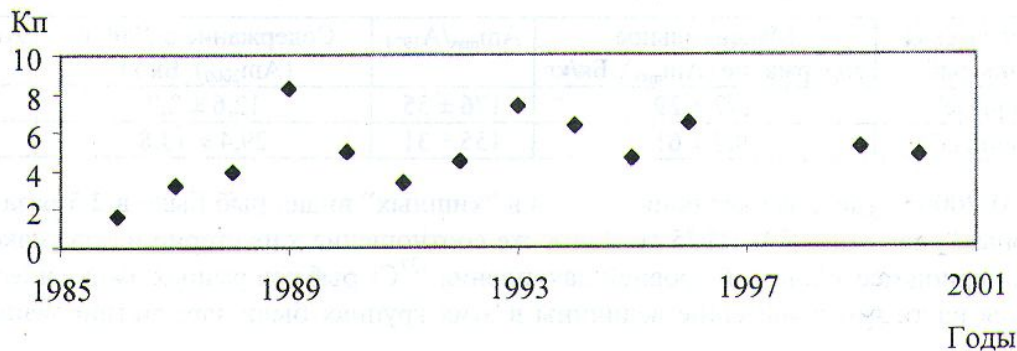


Рис. 3. Динамика коэффициентов перехода ^{137}Cs от густеры к судаку.

В 2000 г. были определены уровни содержания ^{137}Cs как в целом организме (рис. 4), так и в съедобной и несъедобной частях 12 видов рыб, которые являются основными объектами промыслового и любительского лова в Каневском водохранилище. Удельная радиоактивность ^{137}Cs тушки была в среднем на 30 % выше, чем не съедобной части. Наиболее низкие активности характерны для представителей группы фитофагов – красноперки и толстолобика. Удельное содержание ^{137}Cs в бентофагах составляло от 4,9 до 26,6 Бк/кг. Наибольшее содержание ^{137}Cs отмечено в организме пелагического икhtiофага - судака.

В настоящее время действуют ДУ-97 [7], согласно которым содержание ^{137}Cs в рыбах не должно превышать 150 Бк/кг, ^{90}Sr - 35 Бк/кг. Как видно из представленных результатов, в 2000 г. содержание радионуклидов в организме рыб не превышало допустимых уровней.

В связи с тем, что сведения об уровнях накопления ^{137}Cs рыбами днепровских водохранилищ ограничиваются данными, опубликованными Т. М. Антоненко [8], сравнивались максимальные послеаварийные и полученные в 2000 г. уровни именно с этими величинами (табл. 2).

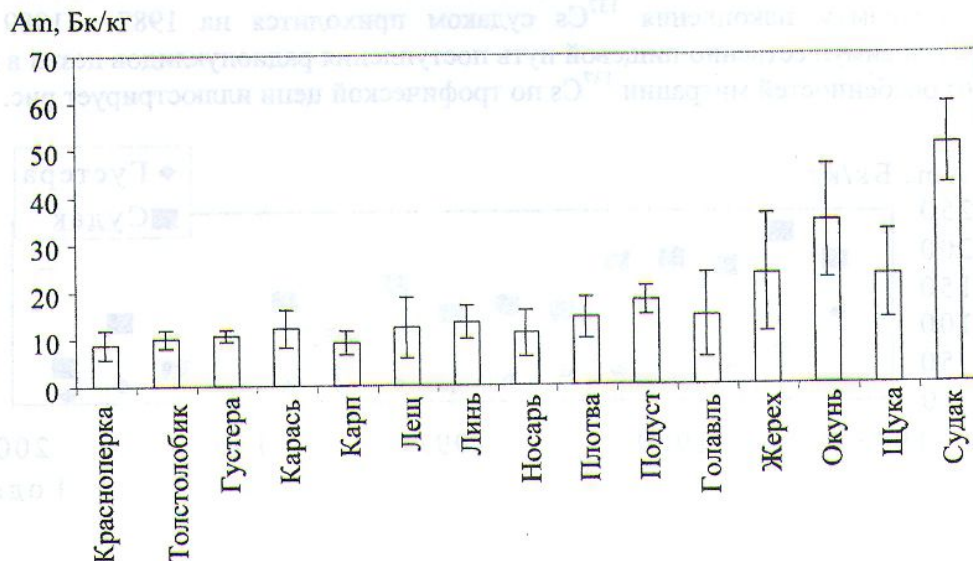


Рис. 4. Среднее содержание ¹³⁷Cs в рыбах Каневского водохранилища (2000 г.).

Таблица 2. Содержание ¹³⁷Cs в рыбах Каневского водохранилища и соотношение с доаварийными уровнями накопления этого радионуклида

| Экологическая группа рыб | Максимальное содержание (A_{max}), Бк/кг | A_{max}/A_{1974} | Содержание в 2000 г. (A_{2000}), Бк/кг | A_{2000}/A_{1974} |
|--------------------------|--|--------------------|--|---------------------|
| “Мирные” | 192 ± 29 | 176 ± 55 | $12,6 \pm 2,7$ | 11 ± 4 |
| “Хищные” | 407 ± 61 | 155 ± 31 | $29,4 \pm 13,8$ | 11 ± 5 |

В 2000 г. удельная активность ¹³⁷Cs в “хищных” видах рыб была в 2,5 раза выше, чем в “мирных”, как и в 1973 - 1975 гг. Такое же соотношение характерно и для максимальных за весь период исследований уровней накопления ¹³⁷Cs рыбами разных экологических групп, несмотря на то что наивысшие величины в этих группах были зарегистрированы в разные годы.

Пределы содержания ¹³⁷Cs в компонентах экосистемы Каневского водохранилища представлены на рис. 5.

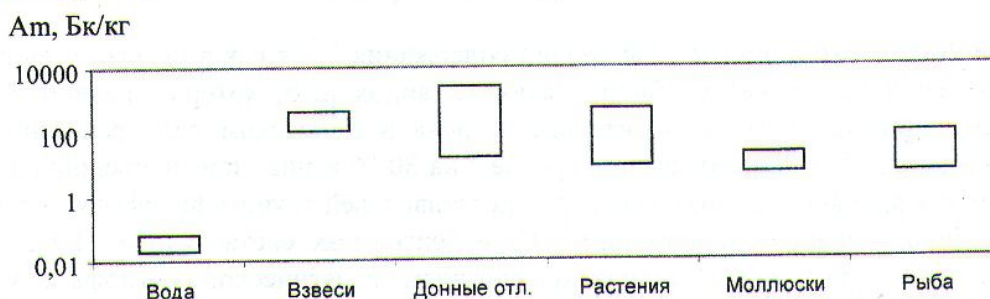


Рис. 5. Пределы содержания ¹³⁷Cs в компонентах экосистемы Каневского водохранилища (2000 г.).

Заключение

Нижний предел удельной активности ¹³⁷Cs донных отложений, растений, моллюсков и рыб совпадает. Наибольший разброс удельной радиоактивности отобранных образцов характерен для донных отложений разного типа.

Прослежена зависимость содержания ^{137}Cs в растениях от площади контакта этих гидробионтов с водной средой (зеленые нитчатые водоросли > погруженные ВВР > ВВР с плавающими листьями > воздушно-водные ВВР).

Содержание ^{137}Cs в рыбах Каневского водохранилища в 11 раз превышает значения, характерные для днепровских водохранилищ в доаварийный период.

Содержание ^{137}Cs в “хищных” видах рыб в 2,5 раза выше, чем в “мирных”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горев Л.М., Пелешенко В.И., Хильчевський В.К. // Гідрохімія України: підручник. – Київ: Вища шк., 1995. – 307 с.
2. Иванова И.Ю., Паньков И.В., Широкая З.О. и др. Радиоэкологические исследования макрофитов Каневского водохранилища после аварии на Чернобыльской АЭС // Гидробиол. журн. – 2000. – Т. 36, № 5. – С. 78 – 85.
3. Лаврухина А.К., Малышева Т.В., Павлоцкая Ф.И. Радиохимический анализ. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 220 с.
4. Романенко В.Д., Кузьменко М.И., Евтушенко Н.Ю. и др. Радиоактивное и химическое загрязнение Днепра и его водохранилищ после аварии на Чернобыльской АЭС. – Киев: Наук. думка, 1992. – 194 с.
5. Дубина Д.В., Стойко С.М., Сытник К.М. и др. Макрофиты-индикаторы изменений природной среды. – Киев: Наук. думка, 1993. – 436 с.
6. Флейшман Д.Г. Щелочные элементы и их радиоактивные изотопы в водных экосистемах. – Л.: Наука, 1982. – 160 с.
7. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-97) /Міністерство охорони здоров'я України. Національна комісія з радіаційного захисту населення України. - Київ, 1997. - 6 с.
8. Антоненко Т.М. Радиоэкологические исследования накопления, распределения и миграции цезия-137 в водоемах степной зоны Украины: Автореф. дис... канд. биол. наук. – Севастополь, 1978. – 28 с.

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ РАДІОЕКОЛОГІЇ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

О. Л. Зарубін, О. М. Волкова, В. В. Беляев, З. О. Широка, В. А. Карапиш

Представлено результати досліджень радіоактивного забруднення екосистеми Канівського водосховища. Проаналізовано дані про вміст ^{90}Sr та ^{137}Cs в абіотичних та біотичних компонентах. Проаналізовано залежність вмісту ^{137}Cs у водних рослинах від площі контакту цих гідробіонтів із водою. У 2000 р. вміст ^{137}Cs у рибах Канівського водосховища в 11 разів перевищував значення, характерні для періоду до Чорнобильської аварії.

MODERN PROBLEMS OF RADIOECOLOGY IN KANEV RESERVOIR

O. L. Zarubin, E. N. Volkova, V. V. Belyaev, Z. O. Shirokaya, V. A. Karapysh

Results of the radioactive contamination of Kanev reservoir ecosystem studies were presented. Data of ^{90}Sr and ^{137}Cs content in abiotic and biotic components were analysed. ^{137}Cs content in aquatic plant depending on space of contact of this hydrobionts with water were analysed. In 2000 ^{137}Cs content in fish of Kanev reservoir exceeded in 11 times the contents before Chornobyl accident.

Поступила в редакцію 23.02.01