

СОВРЕМЕННОЕ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧАЭСО. Л. Зарубин, Н. Е. Шатрова, А. А. Залицкий¹, В. В. Деревец¹, А. Б. Назаров¹¹ Государственное специализированное научно-производственное предприятие «Чернобыльский радиоэкологический центр», Чернобыль

Изучено состояние экосистемы водоема-охладителя ЧАЭС в 1999 г. Представлены данные о содержании ^{137}Cs в органах и тканях разных видов рыб. Показано изменение соотношения содержания ^{137}Cs в различных видах рыб в сравнении с ранее полученными данными. Отмечена сезонная динамика содержания ^{137}Cs в мышцах рыб. Показаны различия содержания ^{137}Cs в рыбах в зависимости от места пробоотбора на исследуемом водоеме.

В период нестабильной работы Чернобыльской АЭС, предшествующий ее закрытию, для прогнозирования и потенциально возможного регулирования радиоэкологической ситуации необходима информация о радиационном состоянии объектов влияния станции.

В результате аварии 1986 г. и мероприятий, связанных с ее ликвидацией, водоем-охладитель ЧАЭС (в дальнейшем - ВО) был одним из радиационно-загрязненных водоемов 30-километровой зоны.

Все общие и радиационные экологические характеристики ВО связаны непосредственно с ЧАЭС и напрямую зависят от условий ее эксплуатации.

В продолжение радиоэкологических исследований ВО (с 1978 г.) комплексный отбор проб проводился в 1999 г. с января по декабрь. Основные точки пробоотбора расположены слева и справа от разделительной дамбы в центральной и северной частях водоема, а также на водозаборном и водосбросном каналах. Изучались различные компоненты: вода, водоросли, высшие водные растения, моллюски, рыбы и др. Основное внимание уделялось исследованию содержания ^{137}Cs в рыбах. Подготовка проб велась по общепринятым методикам. За время исследований в 1999 г. было отобрано и измерено около 500 проб. Измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов проводились методами гамма-спектрометрии. Удельная радиоактивность в пробах животных рассчитывалась на сырую естественную массу, а в пробах растительности и донных отложений - на воздушно-сухую массу при естественной влажности.

Из искусственных радионуклидов в воде ВО в период с января по ноябрь 1999 г. регистрировались только ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Содержание ^{90}Sr в течение всего года существенно не изменялось и находилось в пределах 0.8 – 5 Бк/л при среднем значении около 1.7 Бк/л.

В зимние и весенние месяцы содержание растворенного ^{137}Cs в воде менялось незначительно и составляло 0.5 – 1.8 Бк/л при среднем значении около 1.4 Бк/л. С середины мая начинается повышение содержания ^{137}Cs и к октябрю – ноябрю его количество в воде увеличивается в 2 – 3 раза, достигая 2 – 6 Бк/л со средним около 4 Бк/л, но в одной пробе, отобранной 17 сентября 1999 г., обнаружено 22 Бк/л растворенного ^{137}Cs . Следует отметить, что такое высокое значение содержания ^{137}Cs не характерно для водоема и отмечено только в одной пробе.

Количество ^{137}Cs в находящихся в воде взвешках, как правило, меньше в 2 – 50 раз, составляя обыкновенно 5 – 25 % от общего содержания ^{137}Cs , что обуславливает ведущую роль в радиоактивном загрязнении воды растворимых (фильтрующихся) форм этого радионуклида.

Содержание ^{137}Cs в воде водосбросного канала почти всегда выше на 5 – 20 %, чем в воде водозаборного канала, что, вероятно, объясняется частичным очищением от радионуклидов водных масс при их прохождении по водоему.

По сравнению с 1997 – 1998 гг. не произошло существенного снижения уровней содержания радионуклидов в различных типах водной растительности ВО. Как и в предыдущие годы наибольшие концентрации радионуклидов характерны для перифитонных сообществ (обрастаний), основу которых составляют сине-зеленые, диатомовые и зеленые нитчатые водоросли. Обрастания обладают одними из самых высоких коэффициентов накопления радионуклидов из воды (до $n \cdot 10^5$) среди гидробионтов, поэтому в них регистрируются практически все радионуклиды, находящиеся в водоеме (табл. 1).

Таблица 1. Усредненные данные содержания искусственных гамма-излучающих радионуклидов в водной растительности ВО летом 1999 г., Бк/кг сухой массы

Вид	^{137}Cs	^{134}Cs	^{154}Eu	^{60}Co
Перифитон	220700	1590	550	720
Тростник	29500	190	150	Следы
Рогоз	17300	120	75	-
Роголистник	7560	55	20	Следы
Уреть колосистая	43300	310	110	Следы

Содержание ^{90}Sr в различных типах водной растительности варьирует в широких пределах – 230 – 31000 Бк/кг. В некоторых пробах встречаются следы ^{60}Co и ^{54}Mn .

Для радиометрических исследований в мае 1999 г. на «теплой» части ВО было отобрано около 350 проб гидробионтов, в том числе рыб. Содержание ^{90}Sr в мышечной ткани рыб варьировало в пределах 8 – 720 Бк/кг, обычно составляя 20 – 200 Бк/кг сырой массы. Проведенные анализы позволили установить, что, как и в предыдущие годы, основной вклад в радиоактивное загрязнение искусственными гамма-излучающими радионуклидами рыб вносит ^{137}Cs . В мышечной ткани обнаружены только ^{137}Cs (2 – 30 кБк/кг) и ^{134}Cs , причем последнего (из-за относительно короткого периода полураспада) почти всегда меньше примерно в 120 – 160 раз. Содержание природного ^{40}K было также в $n \cdot 10^2$ – 10^3 меньше и обычно не превышало 300 Бк/кг сырой массы. Таким образом, ^{137}Cs оставался в этом году одним из основных дозообразующих радионуклидов для рыб ВО.

Распределение ^{137}Cs по различным органам и тканям рыб существенно не отличается от такового, наблюдавшегося за последние 10 лет. Как и ранее, наибольшие значения удельной радиоактивности (если не учитывать содержимое ЖКТ) регистрируются в белых мышцах (табл. 2), а наименьшие – в жире и покровных тканях.

Таблица 2. Содержание ^{137}Cs в некоторых органах и тканях толстолоба белого и сома обыкновенного ВО в мае 1999 г., кБк/кг сырой массы

Орган или ткань	Толстолоб белый	Сом обыкновенный
Плавники	0,30	2,70
Глаза	0,40	не определяли
Жабры	0,43	3,50
Плавательный пузырь	0,44	2,50
Чешуя	0,50	не определяли
Печень	0,53	5,70
Кожа	0,67	4,50
Позвоночник	0,78	6,00
Икра	0,80	6,50
Почки	0,80	6,40
Мышцы красные	0,97	9,80
Сердце	1,20	4,40
Мышцы белые	3,20	18,00
Содержимое кишечника	25,00	7,10
Спинальный мозг	не определяли	6,10
ЖКТ	не определяли	7,10

Усредненные данные содержания ^{137}Cs в мышечной ткани рыб ВО в мае 1999 г. приведены в табл. 3. В этой серии проб минимальные значения содержания ^{137}Cs характерны для бентофагов лещ и густера – 2 – 3 кБк/кг. Промежуточное положение занимают фитофаги и рыбы смешанного типа питания – голавль, толстолоб белый и канальный сом (3 – 6 кБк/кг), высокие значения регистрируются у ихтиофагов, а максимальные обнаружены у сома обыкновенного.

С 1990 – 1996 гг. (рис. 1) по настоящее время ряд соотношений содержания ^{137}Cs в мышцах рыб несколько видоизменен: густера - 1, лещ - 1.3, голавль - 1.75, толстолоб белый - 1.8, сом канальный - 2, бычки (разных видов) - 2.1, жерех - 3.35, судак - около 5, сом обыкновенный - 8 (рис. 2, 4). Одной из существенных особенностей радиоактивного загрязнения рыб весной 1999 г. является выход на первое место по содержанию ^{137}Cs сома обыкновенного (рис. 2, 3, 4). В одной пробе сома обыкновенного в сентябре было зарегистрировано 43 кБк/кг ^{137}Cs в мышцах, что является самым высоким показателем у рыб ВО в этом году.

Таблица 3. Содержание ^{137}Cs в мышцах некоторых видов рыб «теплой» части ВО в мае 1999 г. (усредненные данные, кБк/кг сырой массы)

Вид	^{137}Cs	Стандартное отклонение
Густера	2.03	0.30
Лещ	2.60	0.41
Голавль	3.50	0.48
Толстолоб белый	3.57	0.39
Сом канальный	3.95	0.58
Бычки (разных видов)	4.20	0.71
Жерех	6.73	0.89
Судак	8.60	1.42
Сом обыкновенный	15.67	4.51

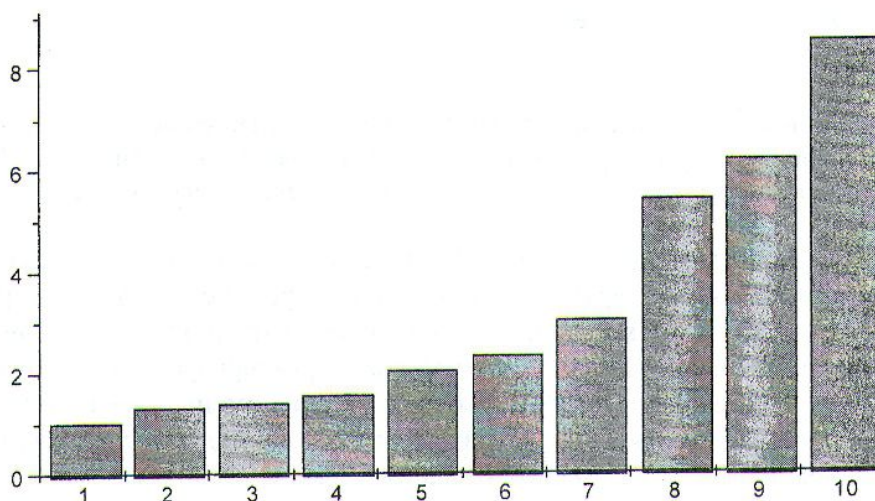


Рис. 1. Содержание ^{137}Cs в мышцах некоторых видов рыб ВО в 1990 г. (отн. ед.). 1 – язь, 2 – красноперка, 3 – укля, 4 – плотва, 5 – карп, 6 – густера, 7 – толстолоб белый, лещ, сом обыкновенный, 8 – окунь, 9 – жерех, 10 – судак.

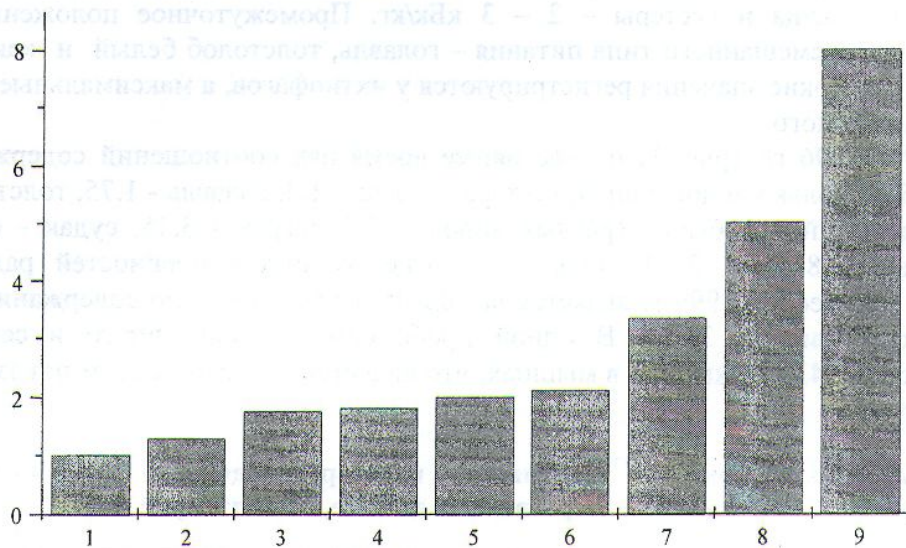


Рис. 2. Содержание ^{137}Cs в мышцах некоторых видов рыб «теплой» части ВО в мае 1999 г. (отн. ед.). 1 – густера, 2 – лещ, 3 – голавль, 4 – толстолоб белый, 5 – сом канальный, 6 – бычки (разных видов), 7 – жерех, 8 – судак, 9 – сом обыкновенный.

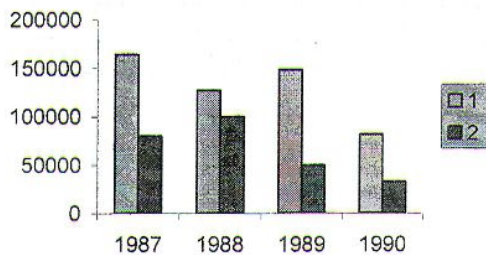


Рис. 3. Содержание ^{137}Cs в мышцах судака (1) и сома обыкновенного (2) ВО в период 1987 - 1990 гг., Бк/кг сырой массы.

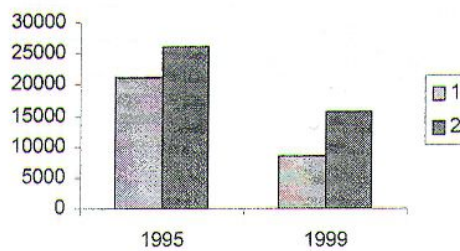


Рис. 4. Содержание ^{137}Cs в мышцах судака (1) и сома обыкновенного (2) ВО в 1995 и 1999 г., Бк/кг сырой массы.

Анализ динамики показал, что в ВО с течением времени снижение содержания радиоцезия в мышцах бентофагов происходит быстрее, чем в мышцах рыб других типов питания [1]. Значительно медленнее происходит этот процесс у ихтиофагов. Наиболее плавным снижением содержания ^{137}Cs в мышцах характеризуется сом обыкновенный. Так, с 1987 по 1999 г. концентрация ^{137}Cs в мышцах густеры уменьшилась примерно в 46 раз, а в соме обыкновенном – только в 4 – 5 раз. В разные периоды исследований (измеряющиеся годами) интенсивность снижения содержания цезия в различных видах рыб существенно менялась.

Эти изменения могут быть обусловлены меняющимися параметрами работы ЧАЭС, в результате которых нарушаются температурные и гидрологические режимы ВО, оказывающие влияние на формирование условий обитания гидробионтов. На территории водоема происходит пространственное перемещение температурных оптимумов существования различных видов.

Воздействие температурного фактора на ихтиофауну может проявляться как прямо, так и косвенно. В первом случае происходит перестройка типов и интенсивности обменных процессов, оказывающая влияние на физиологическое состояние рыбы. Опосредованное влияние изменений температуры воды ВО на рыб проявляется в широком спектре сопутствующих явлений, основными из которых являются изменение содержания растворенного кислорода, качественное и количественное перераспределение кормовой базы, временные и пространственные изменения нерестовых и кормовых миграционных путей вплоть до полного ухода рыбных стад из неблагоприятной зоны ВО.

Меняются биологические характеристики ВО. В последние годы на ВО наблюдаются признаки ухудшения кормовой базы и недостаточная обеспеченность рыб кормом [2, 3]. В желудках 57 экземпляров канального сома (являющегося факультативным хищником), отобранных на сбросном канале в мае 1999 г. обнаружены обрастания и детрит. В трех экземплярах присутствовала дрейссена и только в одном - рыба. Детрит и обрастания составляют до 100 % содержимого кишечника леща, густеры и голавля.

Одной из возможных причин этих явлений может служить предполагаемое химическое загрязнение ВО. В ВО в течение 1995 - 1998 гг. неоднократно происходили заморы, особенно значительный из которых был в конце апреля 1998 г., когда из сбросного канала выносилось течением большое количество снулой рыбы - канального сома (~ 70 %), белого и пестрого толстолобов (~ 20 %), сазана (~ 10 %) [4]. Ранее такие заморы происходили в 1981 - 1982 гг.; при этом наблюдалась массовая гибель щуки.

Исследования, продолжавшиеся на протяжении лета и осени, показали повышение содержания ^{137}Cs в рыбах к концу года (табл. 4). С одной стороны, это подтверждают наблюдения сезонной динамики содержания радионуклидов в рыбах, опубликованные в отчетах ЧЕНТЦМИ за 1995 - 1998 гг., с другой - вероятной причиной этого явления может служить упоминавшееся ранее 2 - 3-кратное повышение содержания ^{137}Cs в воде ВО к концу 1999 г.

Таблица 4. Содержание ^{137}Cs в пробах мышц голавля и густеры в мае и октябре 1999 г., отобранных в водозаборном и водосбросном каналах, Бк/кг сырой массы

Место отбора	Густера		Голавль			
	Май		Май		Октябрь	
	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение	Среднее значение	Стандартное отклонение
Водозаборный канал	1700	200	2200	173	4825	171
Водосбросной канал	2025	150	3500	265	9140	767

Повышение содержания ^{137}Cs к концу года характерно для всех без исключения видов рыб, проявляясь с различной интенсивностью - от 10 - 15 % у карпа, до 200 - 250 % у голавля.

Как и в предыдущие годы, регистрируются достоверные различия в содержании ^{137}Cs в рыбах водосбросного и водозаборного каналов. Очевидно, это обусловлено воздействием температурного фактора.

Значительные различия в содержании ^{137}Cs в рыбах одного и того же вида, пола и массы, отобранных примерно в одно время, но на разных участках ВО, чрезвычайно затрудняют усреднение результатов исследований.

На содержание ^{137}Cs в рыбе может оказывать влияние физиологическое состояние, различный выбор кормовых объектов, принадлежность к одной из обитающих в водоеме популяций. В последнем случае в ВО может вступать в силу температурный фактор при миграции рыб из «теплой» части водоема в «холодную» и наоборот.

ВО характеризується наявністю зон, що відрізняються температурним і гідрологічним режимами, рівнями радіоактивного і хімічного забруднення, біологічними характеристиками. Всі ці фактори в той або іншій ступені впливають на формування радіоактивного забруднення ВО і процеси накоплення і виведення радіонуклідів гідробіонтами.

Во всіх без виключення видах риб ВО вміст ^{137}Cs значно перевищує існуючі норми (ДР – 97).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Вовк П.С., Зарубін О.Л., Кленус В.Г. та ін.* Радіаційне забруднення біотичних компонентів водних екосистем // Бюлетень екологічного стану зони відчуження. 1996, № 1 (6). - 54 с.
2. *Вовк П. С., Простантинів В. Е.* Оцінка впливу радіації на екосистему водоема // Состояние экосистемы пруда-охладителя ЧАЭС в условиях радиоактивного загрязнения. - Чернобыль, 1997. - С. 23 - 42. – (Препр. / ЧЕНТЦМИ).
3. *Вивчення розвитку відтворювальної системи і молоді риб в ранньому онтогенезі в умовах водойми ЗВ: (Звіт про науково-дослідну роботу). / ДП ЧОНЦМД, - № ДР 0198V003536, 1998. - С. 100 - 101.*
4. *Стан репродуктивної системи і ранній онтогенез у риб водойми-охолоджувача ЧАЕС. Вивчення розвитку відтворювальної системи і молоді риб в ранньому онтогенезі в умовах водойми ЗВ: (Звіт про науково-дослідну роботу). / ДП ЧОНЦМД, № ДР 0198V003536, 1998. - С. 69 - 70.*

СУЧАСНИЙ РАДІОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЧАЕС

О. Л. Зарубін, Н. Е. Шатрова, О. О. Заліський, В. В. Деревець, О. Б. Назаров

Було вивчено стан екосистеми водойми-охолоджувача ЧАЕС у 1999 р. Наведено дані про вміст ^{137}Cs в органах і тканинах різних видів риб. Показано зміну співвідношення вмісту ^{137}Cs у різних видах риб порівняно з раніше отриманими даними. Відзначено сезонну динаміку вмісту ^{137}Cs у м'язах риб. Показано розходження вмісту ^{137}Cs у рибах залежно від місця відбору проб на досліджуваній водоймі.

THE CONTEMPORARY RADIOECOLOGIC CONDITION OF CHERNOBYL NPP COOLING POND

O.L. Zarubin, N.E. Shatrova, A.A. Zalessky, V.V. Derevetse, A.B. Nazarov

In 1999 the condition of the Chernobyl NPP cooling pond's ecosystem was studied. The data of ^{137}Cs content in organs and tissues of different kinds of fish are presented. The change of ^{137}Cs content correlation in different kinds of fish is shown in comparison with the data received earlier. The season dynamic of ^{137}Cs content in fish's tissues was noted. The differences of ^{137}Cs content in the fish according to the point where the samples were collected are shown.