

УДК [577.34:574.63:597.08:581.526.3] (28) (477)

О. Л. Зарубин, А. А. Залисский, В. А. Костюк,
И. А. Малюк

**ПАРАМЕТРЫ НАКОПЛЕНИЯ ^{137}Cs РЫБАМИ
ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ПОСЛЕ ВЫВЕДЕНИЯ
ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС ИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ
(1998—2008 гг.)**

В 1998—2008 гг. изучали содержание ^{137}Cs в мышцах рыб водоема-охладителя ЧАЭС. Содержание ^{137}Cs в воде снизилось в 3 раза. Зарегистрировано снижение содержания ^{137}Cs у красноперки и плотвы. У окуня и сома канального содержание ^{137}Cs в период исследований оставалось примерно на одном уровне. У всех видов рыб, за исключением красноперки, достоверно повышаются коэффициенты накопления ^{137}Cs из воды.

Ключевые слова: водоем-охладитель ЧАЭС, рыбы, ^{137}Cs , мышцы, содержание ^{137}Cs , коэффициент накопления ^{137}Cs .

Водоем-охладитель ЧАЭС (далее — водоем-охладитель) представляет собой искусственный пруд наливного типа, расположенный к юго-востоку от промплощадки Чернобыльской атомной электростанции (ЧАЭС) и созданный путем отторжения участка поймы р. Припяти с помощью ограждающей дамбы. Потери воды на испарение и фильтрацию компенсируются подкачкой воды из р. Припяти.

В результате аварии на ЧАЭС 1986 г. и мероприятий, связанных с ее ликвидацией, одним из наиболее загрязненных радионуклидами водоемов 30-км зоны оказался водоем-охладитель, в различных компонентах которого содержание радионуклидов с момента аварии увеличилось в десятки тысяч — миллионы раз. По разным оценкам [1, 3, 4], авария на ЧАЭС обусловила поступление в водоем-охладитель до 200 000 Ки различных продуктов деления. В результате распада короткоживущих радионуклидов, начиная с осени 1986 г., в радионуклидное загрязнение рыб водоема-охладителя основной вклад вносили изотопы цезия — ^{137}Cs и ^{134}Cs и ^{90}Sr . Из-за относительно небольшого периода полураспада ^{134}Cs в последние годы почти 100% радионуклидного загрязнения мышц рыб водоема-охладителя обусловлено ^{137}Cs (90—98%) и ^{90}Sr (0,5—5%).

Повышенная температура воды может положительно влиять на уровни накопления и содержания радионуклидов у гидробионтов [5]. На примере

© Зарубин О. Л., Залисский А. А., Костюк В. А., Малюк И. А., 2010

водоема-охладителя ЧАЭС было показано, что повышенная температура воды способствует увеличению скорости накопления ^{137}Cs рыбами [2].

В декабре 2000 г. была остановлена работа последнего действующего блока ЧАЭС. В этой связи возникает естественный вопрос о взаимосвязи динамики содержания ^{137}Cs в воде и у представителей ихтиофауны различных трофических уровней после изменения гидротермического режима в экосистеме водоема-охладителя.

Материал и методика исследований. Отлов рыб производили на акватории водоема-охладителя ЧАЭС в период с 1998 по 2008 г. (за исключением 2000, 2001, 2003 и 2007 гг.), в основном летом и осенью, любительскими снастями (спиннинг, удочка) и ставными сетями с размером ячеи от 20 до 80 мм. Было отловлено около 1200, как правило, половозрелых особей рыб. Подготовка проб к измерениям заключалась в отделении мышц от остальных органов и тканей с последующей гомогенизацией отобранного материала.

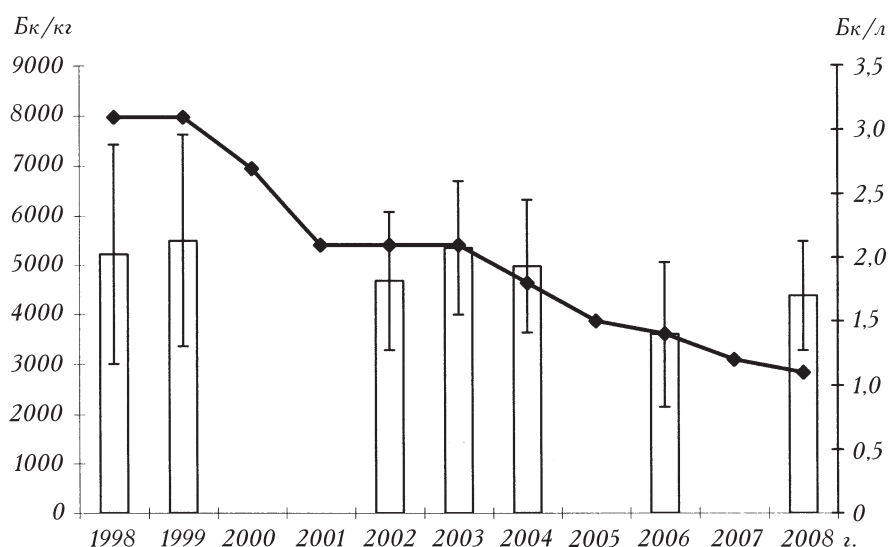
В 1998—2008 гг. измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов проводили в Центре экологических проблем атомной энергетики Украины Института ядерных исследований НАН Украины стандартными методами гамма-спектрометрии. Часть проб измерена аналогичными методами в Государственном специализированном научно-производственном предприятии «Экоцентр» (г. Чернобыль).

В зависимости от активности пробы время измерений составляло от 600 до 7200 с. Относительная погрешность измерения удельной активности ^{137}Cs в образцах не превышала 20%, обыкновенно составляя 5—10%. Удельную радиоактивность рассчитывали на сырую, естественную массу. Статистическую обработку результатов измерений проводили с использованием пакета прикладных программ Excel 2003 (лицензия № 42326439).

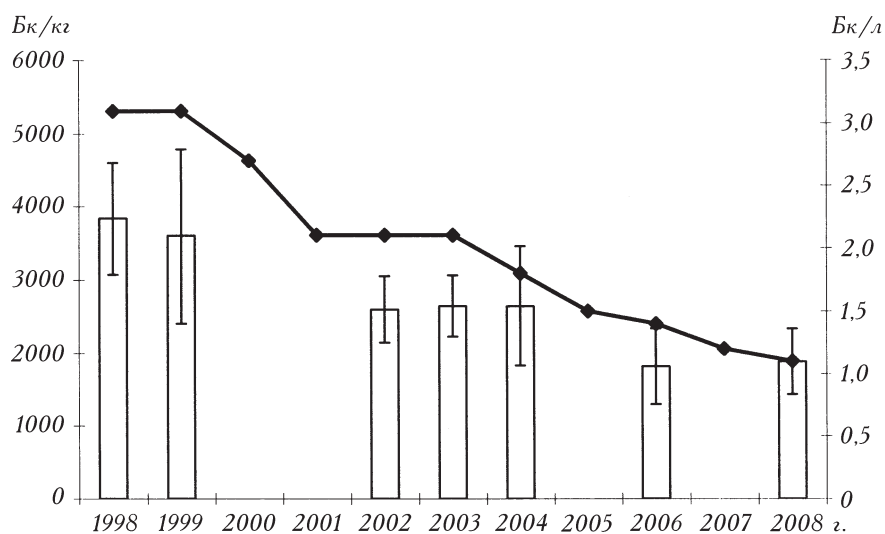
Результаты исследований и их обсуждение

По данным «Экоцентра», в период 1998—2008 гг. содержание ^{137}Cs в воде водоема-охладителя снизилось с 3,1 до 1,1 Бк/л. В связи с прекращением работы ЧАЭС изменились гидрологические характеристики водоема-охладителя и его температурный режим. Понижилась температура воды, которая в настоящее время соответствует температуре в близлежащих открытых водоемах. Ожидалось, что снижение температуры воды в водоеме-охладителе и уменьшение содержания ^{137}Cs в воде будет способствовать снижению содержания ^{137}Cs у гидробионтов, в том числе у рыб. На рисунках 1—5 показана динамика содержания ^{137}Cs у рыб различных трофических уровней в 1999—2008 гг.

У бентофага карася серебряного за последние 10 лет не наблюдается достоверного снижения содержания ^{137}Cs (см. рис. 1). Наибольшее снижение содержания ^{137}Cs — более чем в 2 раза — зарегистрировано у фитофага красноперки (см. рис. 3). Менее интенсивно происходило снижение ^{137}Cs у плотвы, основной пищей которой являются моллюски (см. рис. 2).



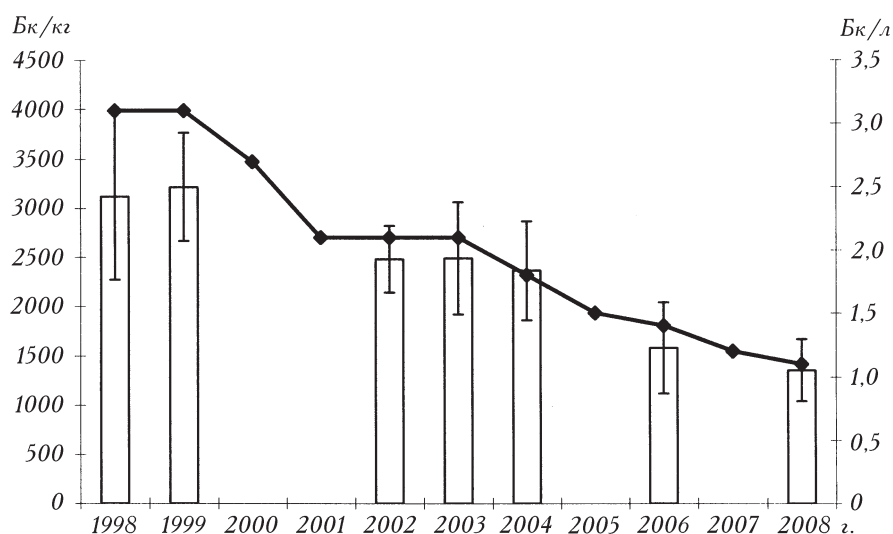
1. Усредненные данные по динамике содержания ^{137}Cs в воде (Бк/л, график) и в мышцах карася серебриного (Бк/кг, гистограмма) водоема-охладителя ЧАЭС в 1998—2008 гг.



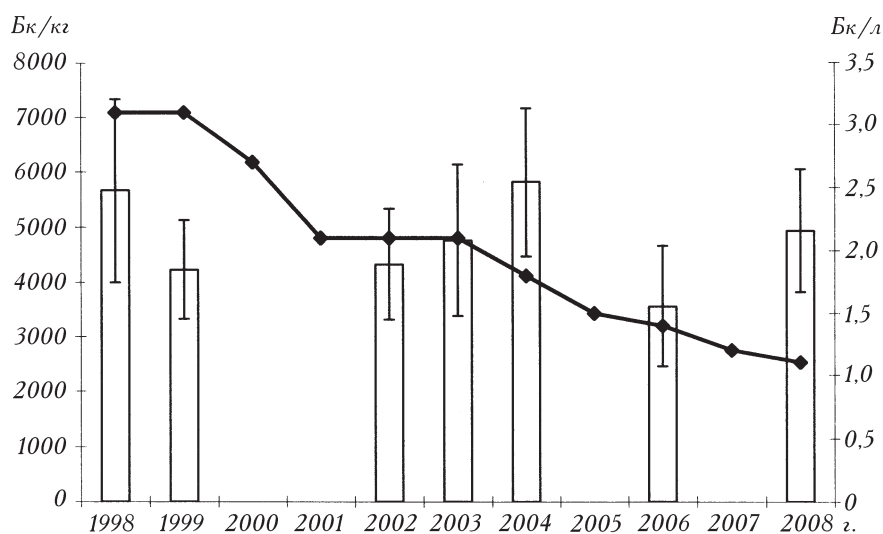
2. Усредненные данные по динамике содержания ^{137}Cs в воде (Бк/л, график) и в мышцах плотвы (Бк/кг, гистограмма) водоема-охладителя ЧАЭС в 1998—2008 гг.

Следует отметить, что фитофагами и бентофагами, по сравнению с рыбами других типов питания, ^{137}Cs накапливается быстрее. Вероятно, что и выведение этого радионуклида из организма у фитофагов и бентофагов будет происходить быстрее, чем у рыб более высоких трофических уровней.

Несмотря на значительное снижение концентрации ^{137}Cs в воде водоема-охладителя, у полифага канального сома содержание ^{137}Cs за последние



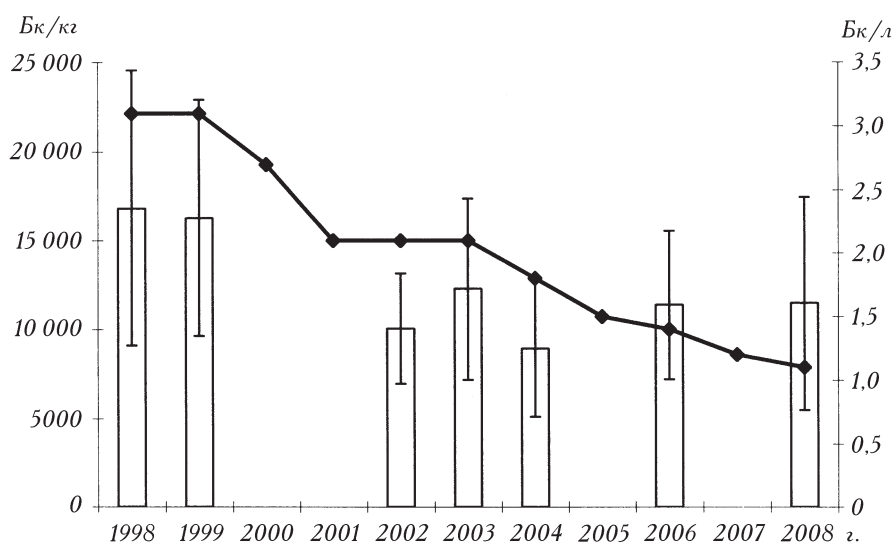
3. Усредненные данные по динамике содержания ^{137}Cs в воде (Бк/л, график) и в мышцах красноперки (Бк/кг, гистограмма) водоема-охладителя ЧАЭС в 1998—2008 гг.



4. Усредненные данные по динамике содержания ^{137}Cs в воде (Бк/л, график) и в мышцах сома канального (Бк/кг, гистограмма) водоема-охладителя ЧАЭС в 1998—2008 гг.

10 лет не уменьшилось и даже проявляется тенденция к его увеличению (см. рис. 4). Также не наблюдается достоверного снижения содержания ^{137}Cs у ихтиофага — окуня (см. рис. 5).

На основании среднегодовых данных по содержанию растворенного ^{137}Cs в воде водоема-охладителя, полученных специалистами «Экоцентра»,



5. Усредненные данные по динамике содержания ^{137}Cs в воде (Бк/л, график) и в мышцах окуня (Бк/кг, гистограмма) водоема-охладителя ЧАЭС в 1998—2008 гг.

Коэффициент накопления ^{137}Cs рыбами водоема-охладителя ЧАЭС в 1998—2008 гг.

Годы	Коэффициент накопления ^{137}Cs				
	карась серебряный	плотва	красноперка	сом канальный	окунь
1998	1683	1237	1006	1827	5426
1999	1771	1160	1037	1380	5247
2000	×	×	×	×	×
2001	×	×	×	×	×
2002	2228	1237	1180	2060	4783
2003	2542	1258	1184	2265	5844
2004	2761	1467	1311	3231	4956
2005	×	×	×	×	×
2006	2567	1299	1125	2538	8116
2007	×	×	×	×	×
2008	3974	1711	1228	4478	10419

Примечание. × — не определяли.

были рассчитаны значения коэффициента накопления этого радионуклида в мышцах рыб (таблица).

На фоне снижения концентрации ^{137}Cs в воде содержание этого радионуклида у бентофагов (карась серебряный, плотва) и фитофагов (красно-

перка) уменьшается медленно. У полифага канального сома и ихтиофага окуня в период 1998—2008 гг. достоверного снижения содержания ^{137}Cs не произошло. Это привело к повышению значений коэффициента накопления ^{137}Cs у всех исследованных видов рыб.

Заключение

После выведения из эксплуатации ЧАЭС ожидалось снижение содержания ^{137}Cs в компонентах экосистемы водоема-охладителя. Содержание растворенного ^{137}Cs в воде за последние 10 лет снизилось почти втрое. В то же время содержание ^{137}Cs в мышцах рыб уменьшается медленнее. У ихтиофагов и полифагов содержание ^{137}Cs за последние 10 лет достоверно не изменилось. По-видимому, снижение температуры воды после выведения ЧАЭС из эксплуатации до естественных значений, характерных для данной местности, снизило скорость выведения ^{137}Cs из организма рыб, что более заметно у рыб высоких трофических уровней.

Вероятно, на увеличение накопления ^{137}Cs рыбами водоема-охладителя ЧАЭС влияют такие факторы, как растворение «горячих» частиц, содержащих ^{137}Cs , и увеличение его доступности для гидробионтов. Другими причинами, действующими на увеличение содержания ^{137}Cs у рыб, могут быть различия в скорости накопления и выведения этого радионуклида из организма рыбы. То есть, скорость снижения содержания ^{137}Cs в мышцах рыб несколько отстает от скорости очищения воды из среды обитания данных рыб.

Еще одной возможной причиной повышения значений коэффициента накопления ^{137}Cs рыбами может быть предполагаемое изменение гидрохимических параметров воды в результате изменения температурного и гидрологического режима водоема-охладителя после выведения из эксплуатации последнего действующего блока ЧАЭС в декабре 2000 г.

**

В 1999—2008 рр. вивчали вміст ^{137}Cs у м'язах рыб водойми-охолоджувача ЧАЕС. Вміст ^{137}Cs у воді за цей час зменшився в 3 рази. Зареєстровано зниження вмісту ^{137}Cs у краснопірки і плітки. В окуня і сома канального вміст ^{137}Cs за період досліджень залишався приблизно на одному рівні. У рыб усіх видів, за винятком краснопірки, достовірно підвищуються значення коефіцієнта накопичення ^{137}Cs з води.

**

*The content of ^{137}Cs in muscles of fishes of cooling-pond of ChNPP had been studied from 1999 to 2008. The content of ^{137}Cs in water has decreased in 3 times. The content of ^{137}Cs decrease in *Scardinius erythrophthalmus* (L.) and *Rutilus rutilus* (L.) is registered. In *Perca fluviatilis* (L.) and *Ictalurus punctatus* (Raf.) the content of ^{137}Cs in researches remains approximately at one level. At all kinds of fishes, behind an exception *Scardinius erythrophthalmus* (L.), accumulation factors of ^{137}Cs from water authentically raise.*

**

1. Войцехович О.В., Канивец В.В., Лаптев Г.В. Современное состояние радиоактивного загрязнения водных объектов зоны влияния аварии // Ра-

- диоэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС. — К.: Чернобыльтехинформ, 1997. — С. 60—96.
2. Зарубин О.Л., Вишневский И.Н., Тришин В.В. и др. Натурные исследования влияния повышенной температуры воды на накопление радионуклидов гидробионтами / Тез. докл. XI Междунар. симп. «Современные проблемы биоиндикации и биомониторинга», Сыктывкар, 17—21 сент. 2001 г. — Сыктывкар, 2001. — С. 65—66.
 3. Кононович А.Л., Осколков Б.Я., Коротков В.Т. и др. Радиационное состояние водоема-охладителя Чернобыльской АЭС и его радиозэкологический статус // Сб. докл. 4-й Междунар. науч.-техн. конф. «Итоги 8 лет работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС». — Чернобыль, 1994. — Т. 1. — С. 160—164.
 4. Кузьменко М.И. Радиозэкологические проблемы водоемов Украины // Гидробиол. журн. — 1998. — Т. 34, № 6. — С. 95—119.
 5. Куликов Н. В., Ожегов Л. Н., Чеботина М. Я., Боченин В. Ф. Накопление радионуклидов гидробионтами при разной температуре воды // Проблемы радиозэкологии водоемов-охладителей атомных электростанций. — Свердловск: Тр. Ин-та экологии растений и животных Уральского НЦ АН СССР. — 1978. — С. 65—69.

Институт ядерных исследований
НАН Украины, Киев

Поступила 05.07.10