

ДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ^{137}Cs В НАРУЖНЫХ И ВНУТРЕННИХ ОРГАНАХ И ТКАНЯХ РЫБ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ГРУПП ВОДОЕМА-ОХЛАДИТЕЛЯ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС**О. Л. Зарубин***Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев*

Исследована динамика содержания ^{137}Cs в различных органах и тканях рыб водоема-охладителя ЧАЭС в 1986 - 1990 гг. Измерения проводили гамма-спектрометрическими методами. Содержание ^{137}Cs в организме большинства видов рыб достигло максимальных значений в течение 1 - 4 мес с момента аварии. В это время регистрировалось относительно равномерное загрязнение ^{137}Cs всего организма рыб. С течением времени увеличивается дифференциация в накоплении ^{137}Cs различными органами и тканями, причем в тканях, непосредственно контактирующих с водой, содержание ^{137}Cs снижалось интенсивнее. Обнаружены видовые особенности распределения ^{137}Cs по органам и тканям.

В результате аварии на ЧАЭС вода водоема-охладителя, по сравнению с большинством остальных водоемов 30-километровой зоны, оказалась одной из самых «загрязненных» радионуклидами, но в результате процессов распада короткоживущих радионуклидов, депонирования их в донные отложения и сорбции гидробионтами уже в июле - августе 1986 г. суммарное содержание радионуклидов в ней снизилось до $n \cdot 10^1 - n \cdot 10^2$ кБк/л, как правило, не превышая 3 кБк/л. Радионуклидное загрязнение многих видов рыб водоема-охладителя ЧАЭС (ВО) достигло максимальных значений в довольно короткие сроки - за 1 - 4 мес с момента аварии. С августа 1986 г. основной вклад в радионуклидное загрязнение рыб начали вносить изотопы цезия - ^{134}Cs и, особенно, ^{137}Cs .

После предварительного изучения начальных характеристик загрязнения «аварийными» радионуклидами рыб ВО было установлено, что их различные органы и ткани накапливают ^{137}Cs (как и многие другие радионуклиды, в частности $^{110\text{m}}\text{Ag}$ [1]) с различной интенсивностью, поэтому относительная стабилизация распределения ^{137}Cs по органам и тканям рыб наступила далеко не сразу. В первые месяцы после аварии различия в содержании радиоцезия в органах и тканях рыб одного вида, как правило, находились в пределах одного порядка величин, лишь в исключительных случаях иногда достигая разницы в 20 раз. Возможно, именно продолжительность развития процессов дифференциации накопления ^{137}Cs различными органами и тканями рыб не была учтена в проводимых ранее исследованиях [2 - 4], утверждающих об относительно равномерном распределении этого радионуклида в организме позвоночных, в частности, в мягких тканях.

Анализ собственных первоначальных данных содержания радиоцезия в рыбах ВО не давал ответов на вопросы - меняется ли распределение радиоцезия по различным органам и тканям с течением времени? Если меняется, то как? Влияет ли непосредственный контакт ткани или органа рыбы с омывающей водой на параметры накопления радиоцезия? Какой вклад поступления радиоцезия через покровные ткани и наружные органы? Каковы параметры динамики распределения радиоцезия по органам и тканям разных видов рыб различных экологических групп? Существует ли универсальный орган-индикатор (концентратор) накопления радиоцезия?

В дальнейшем была разработана концепция исследований и проведено более детальное изучение динамики распределения ^{137}Cs в рыбах. Акценты данной работы расставлены на изучении динамики содержания ^{137}Cs в различных органах и тканях относительно, в первую очередь, мышц, а затем и друг друга.

Материал и методика исследований

В 1986 - 1990 гг. на акватории ВО изучалось распределение ^{137}Cs по органам и тканям половозрелых экземпляров наиболее распространенных в этом и других крупных водоемах

© О. Л. Зарубин, 2005

Украины видов рыб различных экологических групп: сазан (каarp) (*Cyprinus carpio* (L.)), сом (*Silurus glanis* L.), белый толстолоб (*Hypophthalmichthys molitrix* (Val.)), судак (*Lucioperca lucioperca* (L.)). Предпочтение отдавалось более крупным по размеру и массе особям, что позволяло провести отбор оптимальной массы навески проб для измерений.

Отлов рыб проводился на теплой части акватории ВО как любительскими снастями (спиннинг, удочка), так и ставными сетями с размером ячеи от 40 до 120 мм.

Подготовка проб к измерениям проводилась по общепринятым методикам. Как правило, одна проба состояла не менее чем из трех экземпляров одного вида рыбы. В данной работе первоочередное внимание уделялось анализу содержания ^{137}Cs во внутренних органах и тканях (ВОТ) - мышцы, позвоночник, и наружных органах и тканях, непосредственно контактирующих с водой (НОТ), - жабры, чешуя и плавники.

Измерения содержания гамма-излучающих радионуклидов проводилось методами гамма-спектрометрии с использованием германиевых дрейфовых коаксиальных детекторов типа ДГДК-50 – ДГДК-180 с энергетическим разрешением по ^{60}Co (линия 1332 кэВ) 3,6 - 4,5 кэВ и многоканальных анализаторов AFORA, NOKIA, NOKIA LP4900B на базе Центра экологических проблем атомной энергетики Института ядерных исследований НАН Украины и Комплексной лаборатории экологии зоны влияния ЧАЭС (Чернобыль). Время измерения образцов в зависимости от их активности составляло от 600 до 21600 с. Относительная погрешность измерений удельной активности ^{137}Cs в образцах, как правило, не превышала 15 %, обыкновенно составляя 7 - 10 %. Удельная радиоактивность мышц рыб рассчитывалась на сырую естественную массу (Бк/кг при естественной влажности).

Для статистической обработки полученных данных применялись пакеты прикладных программ «РЕБУС», «EXCEL», «STATISTIKA», «ORIGIN». Приводятся усредненные результаты со стандартной ошибкой, в которой учтена также ошибка измерений.

Результаты исследований и их обсуждение

Динамика содержания ^{137}Cs в органах и тканях рыб. Усредненные данные динамики содержания ^{137}Cs в мышцах и некоторых НОТ полибентофага *карпа* представлены на рис. 1. Содержание ^{137}Cs в чешуе с августа 1986 по апрель 1987 г. снижается почти в семь раз, в то время как в мышцах - менее чем в два раза. В дальнейшем происходит увеличение концентраций ^{137}Cs в мышцах, чешуе и плавниках, достигая своего максимума к концу лета - началу осени 1987 г. Почти через четыре года после аварии к 1990 г. содержание ^{137}Cs в чешуе уменьшается в 30 раз, а в мышцах - только в шесть - девять раз. Отмечается более интенсивное, по сравнению с мышцами, снижение концентраций ^{137}Cs и в других НОТ. В исследуемый период наименьшее содержание ^{137}Cs среди НОТ карпа регистрировалось в 1990 г. в плавниках.

Хотя численные значения динамики содержания ^{137}Cs в мышцах значительно отличаются от величин накопления ^{137}Cs остальными органами и тканями, тем не менее между ними, несомненно, существует определенная связь. Так, коэффициенты корреляции между содержанием ^{137}Cs в мышцах карпа (и других рыб) по сравнению с его содержанием в большинстве органов и тканей находятся в пределах от +0,75 до +0,90, что свидетельствует о тесной положительной взаимосвязи. Например, динамика содержания ^{137}Cs в позвоночнике карпа сходна с динамикой содержания этого радионуклида в мышцах ($r = +0,87$). Во временном отрезке с августа 1987 по март 1990 г. практически совпадают даже цифры удельной активности (см. рис. 1).

Летом и осенью 1987 г. повышается содержание ^{137}Cs в некоторых органах и тканях карпа (как и у части других видов рыб) по сравнению с началом этого года. Возможными причинами данного явления могут быть: растворение твердых частиц (содержащих изотопы цезия), дополнительное поступление ^{137}Cs в ВО в результате смыва с прилегающих территорий, поступление с водой из р. Припять, перераспределение ^{137}Cs по компонентам

ВО в результате различных биологических и физико-химических процессов, а также в результате дезактивационных работ на станции и промплощадке и, вероятно, ремонтно-восстановительных работ на ЧАЭС.

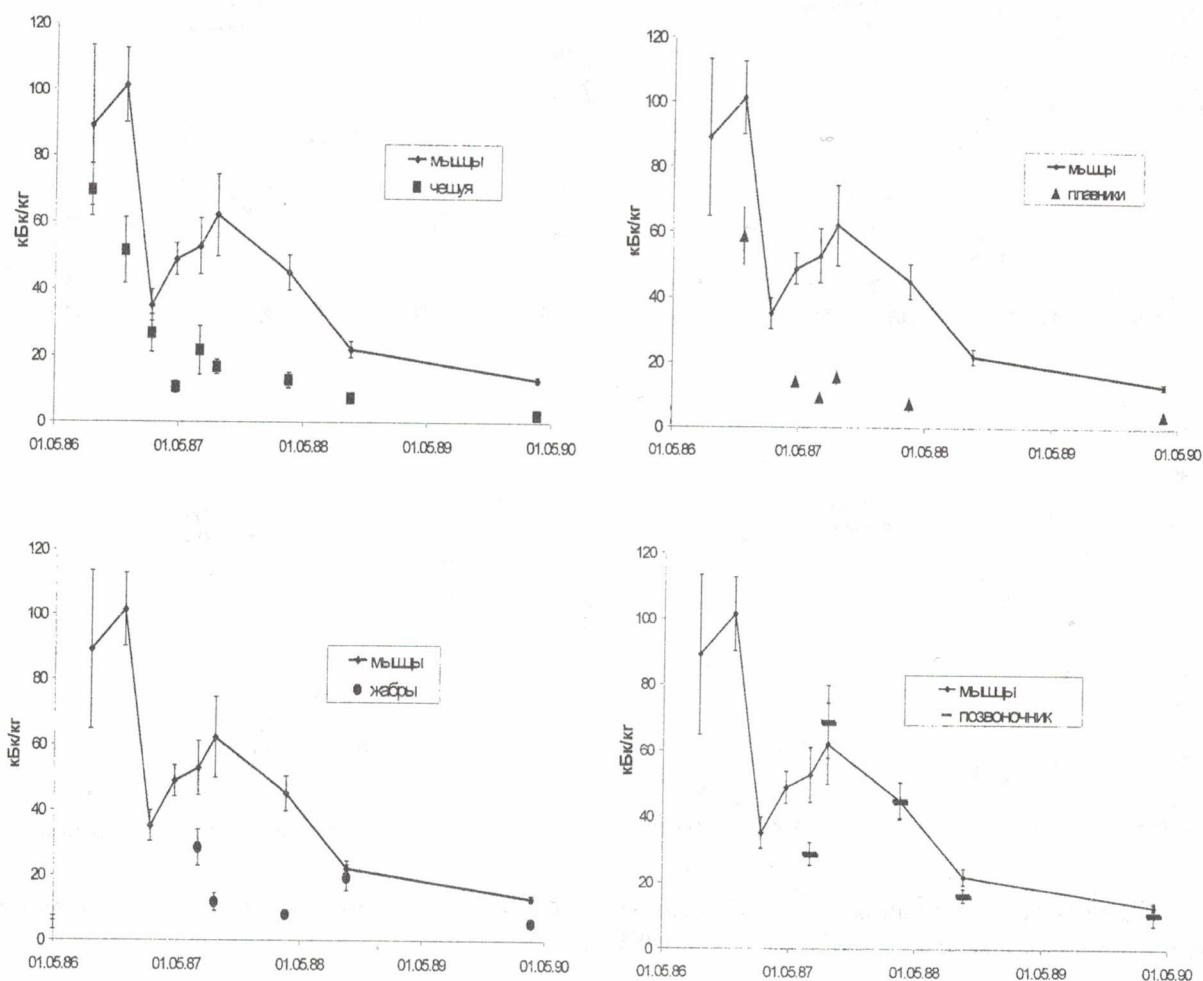


Рис. 1. Динамика содержания ^{137}Cs в мышцах, чешуе, плавниках, жабрах и позвоночнике *Cyprinus carpio* (L.) ВО ЧАЭС в 1986 - 1990 гг.

Характеристики динамики содержания ^{137}Cs в мышцах и НОТ микрофитофага *белого толстолоба* и карпа во многом сходны, хотя интегральные значения удельной радиоактивности белого толстолоба несколько выше (рис. 2).

Отмечается тенденция к возрастанию содержания ^{137}Cs или, по крайней мере, к прекращению снижения его содержания в большинстве органов в 1987 г. В первом квартале 1987 г. содержание в ^{137}Cs мышцах белого толстолоба было несколько выше его содержания в чешуе и жабрах (см. рис. 2), но достоверно не различалось. Летом и осенью 1987 г. начинает хорошо проявляться дифференциация накопления ^{137}Cs различными органами и тканями. С этого времени наблюдается довольно устойчивая избирательность большинства органов и тканей в накоплении радиоцезия.

Во всех пробах плавников ^{137}Cs было значительно меньше, чем в мышцах. Среди НОТ как и у карпа, так и у белого толстолоба наименьшее содержание ^{137}Cs также регистрировалось в плавниках.

Начало процессов стабилизации накопления радиоцезия различными органами и тканями белого толстолоба в 1987 г. обусловило высокие положительные коэффициенты корреляции динамики накопления ^{137}Cs между мышцами и другими органами. Наблюдающееся с 1987 г. снижение содержания ^{137}Cs во всех изученных в этот период органах и тканях

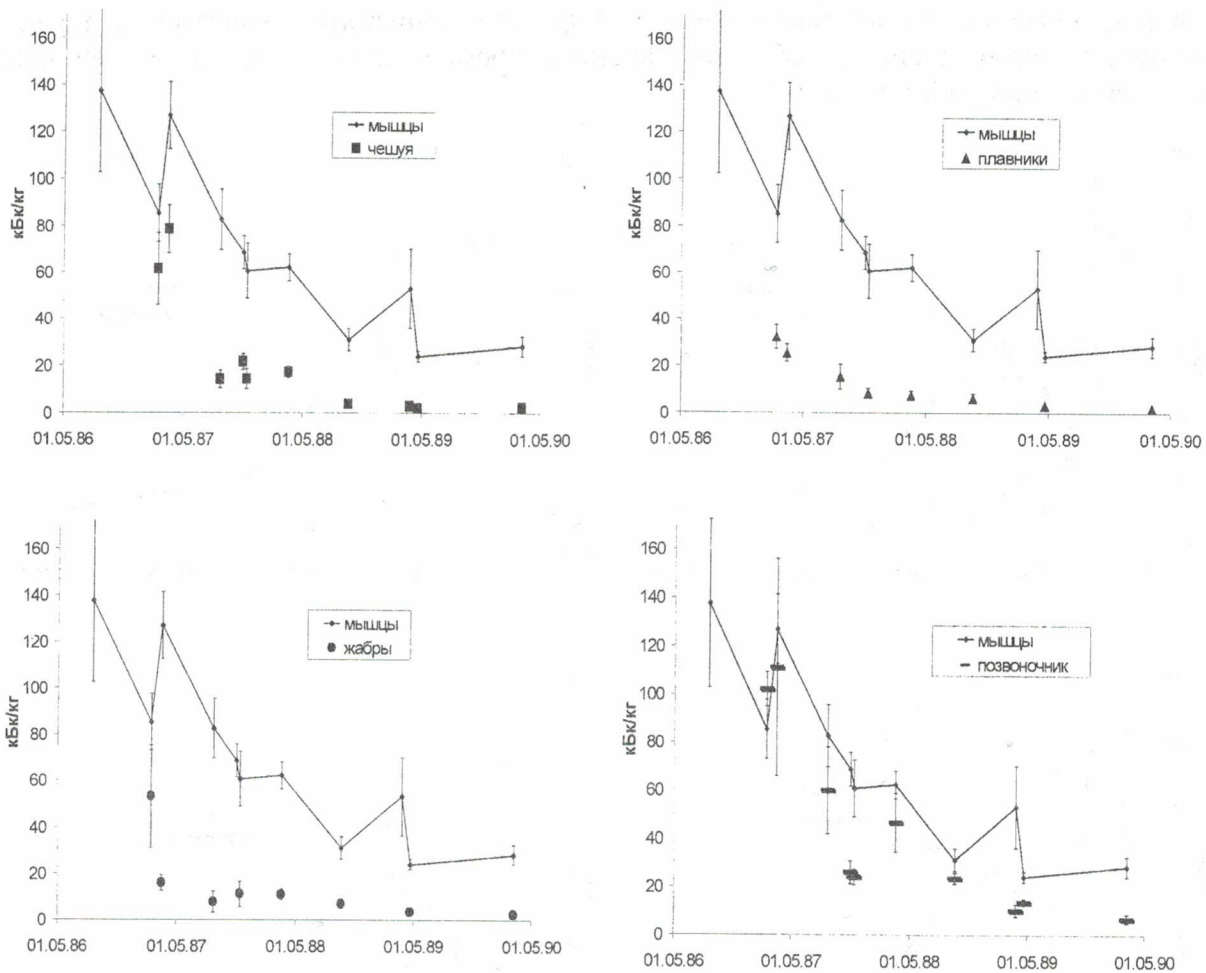


Рис. 2. Динамика содержания ^{137}Cs в мышцах, чешуе, плавниках, жабрах и позвоночнике *Hypophthalmichthys molitrix* (Val.) ВО ЧАЭС в 1986 - 1990 гг.

белого толстолоба и карпа происходило во многом аналогично, что, вероятно, связано со снижением содержания радиоцезия в кормовых объектах и воде ВО. Так, в 1987 - 1988 гг. у карпа и белого толстолоба сходна динамика содержания ^{137}Cs в мышцах и позвоночнике (см. рис. 1 и 2). Для белого толстолоба тоже характерен высокий коэффициент корреляции ($r = +0,89$) между содержанием ^{137}Cs в мышцах и позвоночнике, но в отличие от карпа у него различия в содержании радиоцезия в этих ВОТ после 1988 г., как правило, выше.

С началом относительной стабилизации параметров перехода радионуклидов по пищевым цепям экосистемы ВО, с конца 1986 - середины 1987 гг., все, без исключения, рыбы-ихтиофаги характеризуются более высоким по сравнению с фито-, планкто- и бентофагами содержанием ^{137}Cs во всех органах и тканях. Начиная с конца 1986 - начала 1987 гг. содержание ^{137}Cs в мышцах и других органах и тканях эвриихтиофага *судака* ВО значительно, в два - пять раз выше, чем у карпа и белого толстолоба. По сравнению с этими видами, дифференциация распределения ^{137}Cs по органам и тканям судака гораздо менее выражена, хотя тенденции распределения этого радионуклида по органам и тканям во многом сходны (рис. 3). Как у карпа и белого толстолоба, у судака, начиная со второй половины 1987 г., наблюдается увеличение дифференциации накопления радиоцезия различными органами и тканями. Если в течение первого года после аварии на ЧАЭС содержание ^{137}Cs в различных органах и тканях судака, как правило, достоверно не различалось, то со второй половины 1987 г. наибольшее содержание этого радионуклида (по сравнению с НОТ), как правило, регистрировалось в ВОТ. Наблюдаются отчетливые аналогии динамики содержания ^{137}Cs в жабрах, плавниках и чешуе судака (см. рис. 3) с

карпом и белым толстолобом (см. рис. 1 и 2), что позволяет предположить существование сходных характеристик механизмов накопления и выведения радиоцезия этими (или посредством этих) НОТ данных видов рыб.

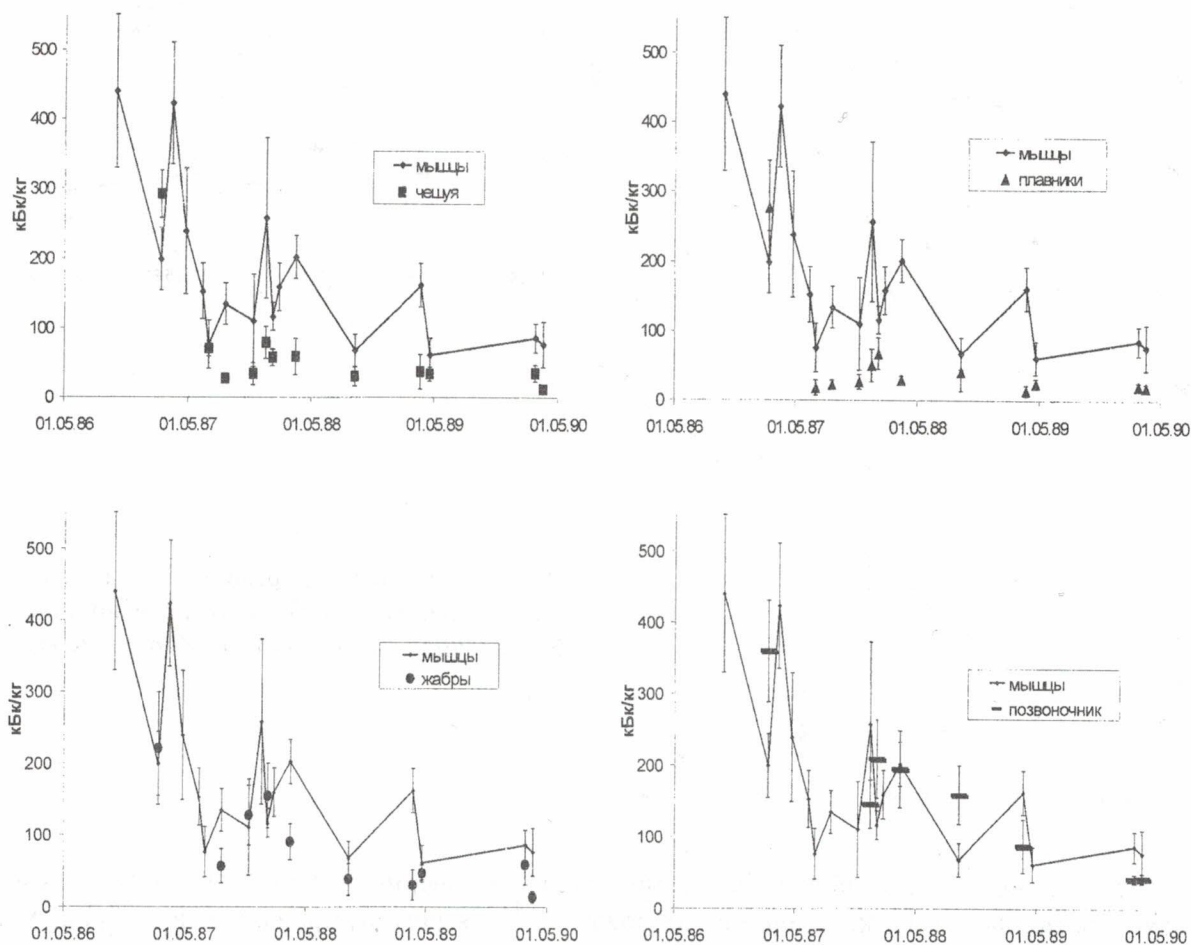


Рис. 3. Динамика содержания ^{137}Cs в мышцах, чешуе, плавниках, жабрах и позвоночнике *Lucioperca lucioperca* (L.) водоема-охладителя ЧАЭС в 1986 - 1990 гг.

Результаты анализа полученных данных определяют вывод об относительной стабилизации распределения радиоцезия по органам и тканям судака (как и у других изученных видов рыб ВО) к 1990 г. Существенными отличиями характеристик динамики распределения ^{137}Cs в организме судака по сравнению с карпом и белым толстолобом являются относительно узкий диапазон минимальных и максимальных значений и в несколько раз больший уровень содержания радиоцезия во всех исследованных органах и тканях.

По типу питания взрослого *сома* можно отнести к факультативным ихтиофагам, однако в его желудке зачастую можно обнаружить любую пищу животного, а иногда и растительного происхождения.

На рис. 4 представлена динамика содержания ^{137}Cs в мышцах, плавниках, жабрах и позвоночнике сома в период 1987 - 1990 гг. Так же, как и для других ихтиофагов, для сома характерно более высокое, чем у «мирных» видов рыб, содержание ^{137}Cs . Так, в некоторые годы после аварии (1994, 1995, 1997, 1998, 1999, 2002) в мышцах сома регистрировались самые высокие значения содержания ^{137}Cs среди всех других видов рыб ВО.

Относительно широкие доверительные интервалы усредненных значений содержания этого радионуклида в органах и тканях сома, в том числе в мышцах, вероятно, во многом могут быть обусловлены чрезвычайно широким спектром выбора им кормовых объектов с различным содержанием ^{137}Cs .

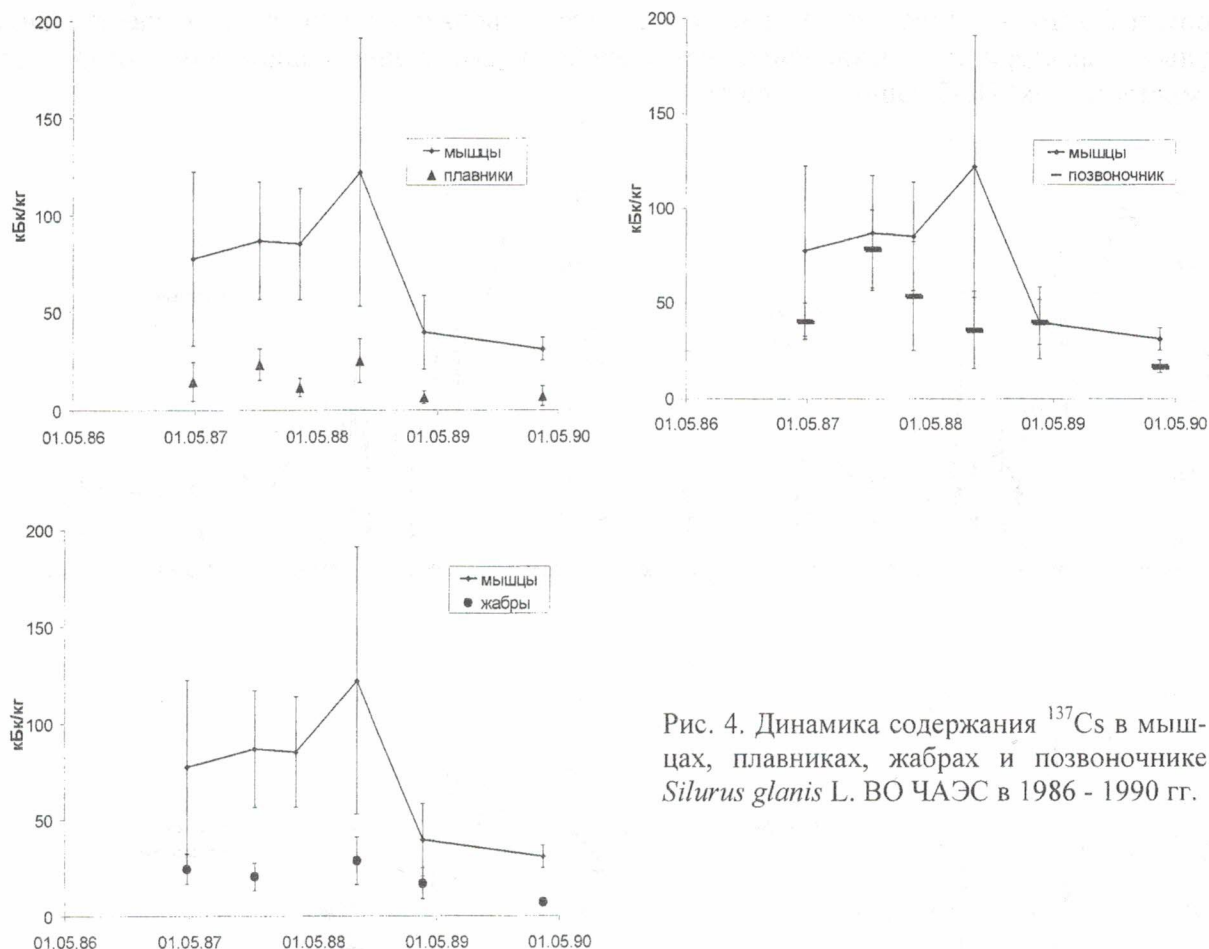


Рис. 4. Динамика содержания ^{137}Cs в мышцах, плавниках, жабрах и позвоночнике *Silurus glanis* L. ВО ЧАЭС в 1986 - 1990 гг.

Содержание ^{137}Cs в плавниках сома было достоверно значительно ниже, чем в мышцах. Примерно такие же значения содержания ^{137}Cs регистрировались в жабрах, хотя иногда в 1987 и 1989 гг. различия в содержании этого радионуклида по сравнению с мышцами были недостоверны (см. рис. 4).

Среди НОТ сома в 1987 - 1988 гг. повышенные (до 80 кБк/кг) значения содержания ^{137}Cs регистрировались в слизи, однако это могло быть вызвано поверхностным загрязнением, а не активным накоплением, так как в этих же пробах фиксировалось очень высокое (300 - 600 кБк/кг сырой массы) суммарное содержание радионуклидов церия, циркония, ниобия, рутения, которые, как правило, накапливаются животной тканью менее интенсивно, чем изотопы цезия.

Динамика содержания ^{137}Cs в позвоночнике сома несколько напоминает таковую у судака тем, что достоверное уменьшение содержания радиоцезия (по сравнению с мышечной тканью) в позвоночнике сома, как и судака, регистрируется только через четыре года после начала радиоактивного загрязнения ВО в результате аварии на ЧАЭС 1986 г.

Вклад поступления ^{137}Cs в рыбу непосредственно из воды. Анализ обширных данных исследований по накоплению ^{137}Cs пресноводными рыбами, представленный в обзорной работе [5], позволяет выделить только три возможных пути поступления радиоцезия из воды в их организм: через внешние покровы, жабры, пищеварительный тракт. В свете современных представлений можно утверждать о преимущественном поступлении ^{137}Cs через пищеварительный тракт вместе с пищей, однако не забывая о вкладе в этот процесс жабр и внешних покровов.

^{137}Cs поступает в рыбу и с омывающей водой. Априори все виды рыб полузамкнутой экосистемы ВО находятся в сходных условиях радионуклидного загрязнения среды обитания - воды, но большая удельная поверхность тела и открытые кожные покровы некоторых

видов и форм рыб, по-видимому, способствуют увеличению поглощения ^{137}Cs непосредственно из воды.

До аварии 1986 г. теплые воды ЧАЭС использовались для промышленного рыборазведения. В экспериментальном садковом хозяйстве выращивали несколько видов рыб, в том числе различные формы карпа. Авария на ЧАЭС обусловила эвакуацию персонала рыбохозяйственного комплекса. В результате, с конца апреля — начале мая 1986 г., садки остались без присмотра, а рыбы в садках — без кормления. С 1986 по 1989 г. садковые карпы были полностью лишены искусственного корма и реально могли питаться лишь незначительным количеством случайной пищи. Возникшая ситуация позволила сравнить накопление ^{137}Cs одним и тем же видом (карпом), находящимся в различных условиях доступности корма в одной и той же экосистеме (таблица).

Усредненные данные содержания ^{137}Cs в мышцах садковых (без кормления) и свободнообитающих (свободный доступ к естественной пище) *Cyprinus carpio* (L.) ВО ЧАЭС 12 – 18 марта 1988 г.

Место отбора и форма	Активность, кБк/кг	Стандартная ошибка
Карп свободнообитающий (обыкновенная форма)	45,1	6,3
Карп из садков (зеркальная форма)	14,1	4,1
Карп из садков (обыкновенная форма)	6,0	1,4

Приведенные данные позволили оценить вклад поступления с водой ^{137}Cs в организм карпа (обычной чешуйчатой формы) через НОТ, который обуславливает около 13 % от общего содержания этого радионуклида в мышцах. При отсутствии чешуи (голая зеркальная форма) поступление через НОТ увеличивается еще на 18 %, суммарно формируя около 31 % радиоцезия, накапливающегося в мышцах, что может свидетельствовать о значительной роли *кожи* в этих процессах. Таким образом, вклад пищевого пути поступления радиоцезия в организм карпа составлял от 70 до 90 %.

Особенности динамики содержания ^{137}Cs в рыбах различных экологических групп. Параметры накопления ^{137}Cs рыбами во многом зависят от типа питания последних. При поступлении ^{137}Cs в водоем его содержание в рыбах увеличивается не сразу, а происходит на протяжении от нескольких недель - до 1 - 1,5 лет. Например, в наших натуральных экспериментах по накоплению ^{137}Cs фитофагом белым амуром (*Stenopharyngodon idella* (Valencinnes)), проводимых в садках на акватории ВО, установлено, что относительно равновесное состояние содержания этого радионуклида в этих рыбах относительно воды и корма наступило через 2,5 - 3 мес после начала эксперимента [6]. Вообще, как правило, ^{137}Cs накапливается быстрее (1 - 4 мес) рыбами низких трофических уровней [7]. Ихтиофаги обычно накапливают ^{137}Cs медленнее, но с течением времени (месяцы - 1 - 1,5 года после поступления ^{137}Cs в водоем) для них и рыб смешанного типа питания, таких как обыкновенный сом [8], становятся характерными наибольшие, по сравнению с другими видами, концентрации радиоцезия. Снижение содержания ^{137}Cs в различных видах рыб также происходит с различной скоростью. Так, в ВО более интенсивное снижение содержания этого радионуклида характерно для рыб низких трофических уровней — бентофагов (лещ (*Abramis brama* (L.)), густеры (*Blicca bjoerkna* (L.)), микрофитофагов (белый толстолоб (*H. molitrix* (Val.)) [9]. Наименьшей скоростью снижения характеризовались ихтиофаги (судак (*L. lucioperca* (L.)), окунь (*Perca fluviatilis* (L.)), жерех (*Aspius aspius* (L.)), щука (*Esox lucius* L.) и сом (*S. glanis* L.)), у которых наблюдалась сложная динамика содержания ^{137}Cs с нестабильным и более медленным падением его уровней, что, вероятно, связано с характером типа питания и физиологией пищеварения этих видов.

В свою очередь различные звенья пищевой цепи и *кормовые объекты* рыб также накапливают радионуклиды с различной интенсивностью. Уже даже через минуты после поступления радионуклидов в воду наступает относительно равновесное состояние между

содержанием радионуклидов в воде, бактериях и планктоне (например, в протококковых водорослях [10]), через часы и дни – в иле и личинках хирономид [11], перифитоне, нитчатых водорослях, плавучих носителях и органических остатках (в основном растительного происхождения). Через недели - месяцы содержание биогенных радионуклидов (в первую очередь, изотопов цезия) достигает максимума в донных отложениях, высшей водной растительности, моллюсках, рыбах-бентофагах. В рыбах-ихтиофагах наибольшее содержание радиоцезия регистрируется спустя 4 - 18 мес [12] (в данном случае сами рыбы рассматриваются как *кормовые объекты*). В результате, наиболее стабильным отношением содержания ^{137}Cs в системе «вода – рыба» характеризуются «мирные» виды: бентофаги (лещ, густера) и планктофаги (белый толстолоб), в то время как хищники обладают более высокими и крайне нестабильными коэффициентами накопления этого радионуклида из воды [9].

Итак, рассматривая вклад пищевого пути поступления радиоцезия в организм рыб ВО, можно принять, что параметры динамики накопления ^{137}Cs рыбами различного типа питания могут зависеть не только от их собственных физиологических характеристик, но и от параметров накопления радиоцезия выбираемых рыбами кормовых объектов. В результате в одном и том же водоеме на различных уровнях организации рыб (экологическая группа, вид, популяция, особь) могут регистрироваться широкие (различия в 2 - 20 и более раз) интервалы значений содержания ^{137}Cs .

Заключение

После аварии 1986 г. радионуклидное загрязнение многих видов рыб ВО ЧАЭС достигло максимальных значений в течение 4 мес. В этот период наиболее высокое содержание ^{137}Cs регистрировалось в «мирных» видах рыб, а через 4 - 12 мес и более - в хищных рыбах. С тех пор по настоящее время (2004 г.) рыб-ихтиофагов можно рассматривать как *виды-концентраторы* ^{137}Cs .

В первые месяцы после аварии 1986 г. содержание ^{137}Cs в органах и тканях рыб существенно между собой не различалось и находилось в пределах одного порядка величин, что, вероятно, было связано с более высокой скоростью загрязнения ^{137}Cs покровных тканей по сравнению с мышцами и внутренними органами. По-видимому, в этот период значительную роль играло поступление ^{137}Cs через жабры и поверхность тела непосредственно из воды, суммарное содержание радионуклидов в которой в то время было еще довольно велико. Почти через два года после аварии, в марте 1988 г, в результате снижения уровней радионуклидного загрязнения воды и включения ^{137}Cs в пищевые цепи на примере карпа обнаружено, что омывающая вода могла формировать максимум 30 - 10 % (вероятно, еще менее) от суммарного поступления этого радионуклида в организм рыб. С течением времени дифференциация накопления радиоцезия органами и тканями рыб увеличивалась, причем этот процесс происходил быстрее у «мирных» рыб низких трофических уровней – бентофагов и планктофагов. У хищников, характеризующихся задержкой в накоплении и выведении радиоцезия, относительная стабилизация распределения ^{137}Cs по органам и тканям наступила намного позднее (несколько лет после аварии).

С 1987 г. наибольшее содержание ^{137}Cs в рыбах, как правило, регистрировалось в мышцах, что позволяет использовать их в качестве *органов-индикаторов* (концентраторов) радиоцезия в радиоэкологических и радиогигиенических исследованиях.

В дальнейшем (по 2003 г.) устанавливается квазиравновесное равновесие в содержании ^{137}Cs в рыбах и воде ВО ЧАЭС с тенденцией к увеличению коэффициентов накопления (из воды) этого радионуклида.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарубин О.Л. Радиоактивное серебро в пресноводных экосистемах Украины после аварии на ЧАЭС // Гидробиол. журн. - 2001. - 37, № 4. - С. 62 - 68.
2. Ильенко А.И. Накопление стронция-90 и цезия-137 пресноводными рыбами // Вопр. ихтиологии. - 1970. - Т. 10, вып 6 (65). - С. 1127 - 1128.

3. Марей А.Н., Бархударов Р.М., Книжников В.А. и др. Глобальные выпадения продуктов ядерных взрывов как фактор облучения человека. - М.: Атомиздат, 1980. - 188 с.
4. Закутинский Д.И., Парфенов Ю.Д., Селиванова Л.Н. Справочник по токсикологии радиоактивных изотопов. - М.: Медгиз, 1962. - 152 с.
5. Моисеев А.А., Рамзаев П.В. Цезий-137 в биосфере. - М.: Атомиздат, 1975. - 184 с.
6. Зарубин О.Л., Залисский А.А., Головач Л.А. Параметры накопления ^{137}Cs мышцами белого амура (*Stenopharyngodon idella* (Valenciennes)) в условиях садкового содержания на акватории водоема-охладителя ЧАЭС // Зб. наук. праць Ін-ту ядерних дослід. - 2002. - № 1 (7). - С. 147 - 149.
7. Зарубин О.Л., Волкова О.М., Беляев В.В. Радіонуклідне забруднення гирла р. Прип'ять та Київського водосховища // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. - 2004. - № 1 (23) - С. 41 - 53.
8. Зарубин О.Л., Залиський О.О. Радіоактивне забруднення риб у водоймі-охолоджувачі ЧАЕС // Там же. - 2000. - № 16. - С. 39 - 43.
9. Зарубин О.Л. Динаміка вмісту ^{137}Cs у рибах (на прикладі водойми-охолоджувача Чорнобильської АЕС): Автореф. дис. ... канд. біол. наук. - Київ, 2003. - 22 с.
10. Гуськова В.Н., Брагина А.Н., Куприянова В.М. и др. Кинетика накопления $^{140}\text{Ba} + ^{140}\text{La}$ некоторыми гидробионтами и влияние этих изотопов на икру рыб и биохимические процессы, характеризующие самоочищение водоемов // Тр. Ин-та экологии растений и животных: Материалы симп. «Проблемы радиозологии водных организмов», Миассово 10 - 15 июля 1968 г. - Свердловск, 1971. - С. 160 - 167.
11. Марчоленене Д.П., Поликарпов Г.Г. Накопление радионуклидов илом и личинками хирономид // Там же. - С. 119 - 122.
12. Зарубин О.Л., Вишневский И.Н., Тришин В.В., и др. Оптимизация выбора биологических объектов в радиозекологическом мониторинге пресноводных водоемов // Тез. докл. на Междунар. конф. БИОРАД-2001 «Биологические эффекты малых доз ионизирующей радиации и радиоактивное загрязнение среды», Сыктывкар, 20 - 24 марта 2001 г. - Сыктывкар, 2001. - С. 129 - 130.

ДИНАМІКА РОЗПОДІЛУ ^{137}Cs У ЗОВНІШНІХ ТА ВНУТРІШНІХ ОРГАНАХ І ТКАНИНАХ РИБ РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ ГРУП ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ АЕС

О. Л. Зарубін

Досліджено динаміку вмісту ^{137}Cs в різних органах і тканинах риб водойми-охолоджувача ЧАЕС у 1986 - 1990 рр. Вимірювання проводили гамма-спектрометричними методами. Вміст ^{137}Cs в організмі більшості видів риб досяг максимальних значень за 1 - 4 міс з моменту аварії. У цей час рееструвалося відносно рівномірне забруднення ^{137}Cs всього організму риб. З плином часу зростає диференціація в накопиченні ^{137}Cs різними органами й тканинами, причому в тканинах, безпосередньо контактуючих з водою, вміст ^{137}Cs знижувався більш інтенсивно. Виявлено видові особливості розподілу ^{137}Cs по органах і тканинах.

DYNAMICS OF DISTRIBUTION OF ^{137}Cs IN EXTERNAL AND INTERNAL ORGANS AND TISSUES OF FISHES OF DIFFERENT ECOLOGICAL GROUPS OF COOLING-POND OF CHORNOBYL NPP

O. L. Zarubin

Dynamics of the ^{137}Cs contents in different organs and tissues of fishes of the cooling-pond of ChNPP is studied from 1986 to 1990. The measurements were performed by gamma-spectrometer methods. The contents of ^{137}Cs in the organism of the majority of species of fishes has achieved the maximal values during 1 - 4 months from the moment of the accident. Relatively even contamination of ^{137}Cs in all organisms of fishes was registered at this time. Differentiation in accumulation of ^{137}Cs by different organs and tissues with the course of time is increased, and in tissues, directly contacting with water, the contents of ^{137}Cs was decreased more strongly. The specific features of ^{137}Cs distribution on organs and tissues are found.

Поступила в редакцію 26.10.04,
после доработки - 31.01.05.