

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

О. Л. Зарубин<sup>1</sup>, А. А. Залисский<sup>2</sup>, В. В. Беляев<sup>3</sup>,  
Е. Н. Волкова<sup>3</sup>, В. А. Костюк<sup>1</sup>, И. А. Малюк<sup>1</sup>

### УДЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ <sup>137</sup>Cs В МЫШЦАХ РЫБ-БЕНТОФАГОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МАССЫ ОСОБИ

В 1986—2009 гг. исследовали зависимость удельной активности <sup>137</sup>Cs от массы особи у рыб-бенетофагов из разных водоемов Киевской обл. У *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus gibelio*, *Carassius carassius* наблюдается тенденция к повышению удельной активности <sup>137</sup>Cs с увеличением массы особи. Для *Abramis brama* и *Blicca bjoerkna*, наоборот, характерна тенденция к снижению удельной активности <sup>137</sup>Cs с увеличением массы особи. По-видимому, зависимость уровня удельной активности <sup>137</sup>Cs от массы особи (возраста) рыб-бенетофагов определяется физиологическими особенностями каждого вида.

**Ключевые слова:** рыбы, мышцы, содержание <sup>137</sup>Cs, масса особи.

После аварии на Чернобыльской АЭС обнаружили, что у рыб некоторых видов у более крупных особей удельное содержание <sup>137</sup>Cs выше, чем у организмов меньших размеров. Это явление назвали «возрастной», или «размерный эффект» [15, 21]. Обычно положительный размерный эффект регистрировался у рыб высших трофических уровней ихтиофагов и рыб смешанного типа питания, с возрастом переходящих на хищничество [13, 14, 16, 19, 20, 22].

Вероятно, проявление положительного размерного эффекта в накоплении <sup>137</sup>Cs связано с изменением пищевого поведения некоторых видов рыб с возрастом и увеличением биологического периода полувыведения этого радионуклида с возрастом организмов. В то же время, по нашим данным [2, 3], и по данным других исследователей [14, 15], у некоторых видов рыб какой-либо размерный эффект отсутствовал, а иногда регистрировалась отрицательная зависимость между удельным содержанием <sup>137</sup>Cs и возрастом.

В литературе результаты исследований размерного эффекта в накоплении <sup>137</sup>Cs рыбами-бенетофагами представлены, как правило, недостаточно и фрагментарно, что побудило авторов к более детальному изучению зависимости накопления <sup>137</sup>Cs в мышцах от массы особей этих видов рыб.

**Материал и методика исследований.** В период с 1986 по 2009 г., в основном летом и осенью, отлов рыб-бенетофагов — плотвы (*Rutilus rutilus* (L.)), гу-

© Зарубин О. Л., Залисский А. А., Беляев В. В., Волкова Е. Н.,  
Костюк В. А., Малюк И. А., 2011

стеры (*Blicca bjoerkna* (L.)), сазана (*Cyprinus carpio* (L.)), карася серебряного (*Carassius auratus gibelio* (Bloch)), карася золотого (*Carassius carassius* (L.)), линя (*Tinca tinca* (L.)), леща (*Abramis brama* (L.)), ерша (*Acerina cernua* (L.)), ерша-носаря (*Acerina acerina* (Güldehstädt)) — производили в водоемах 30-километровой зоны ЧАЭС и Каневском водохранилище р. Днепр, с использованием любительских снастей (спиннинг, удочка) и ставных сетей с размером ячеи от 14 до 120 мм. Для исследований было отобрано более 1500 особей рыб.

Подготовка проб к измерениям заключалась в отделении мышц от остальных органов и тканей с последующей гомогенизацией отобранного материала.

Измерения содержания  $^{137}\text{Cs}$  проводили в Центре экологических проблем атомной энергетики Института ядерных исследований НАН Украины стандартными методами гамма-спектрометрии. Часть проб измерена аналогичными методами в Институте гидробиологии НАН Украины и в Государственном специализированном научно-производственном предприятии «Экоцентр» (г. Чернобыль).

В зависимости от активности пробы время измерений составляло от 600 до 14 400 с. Относительная погрешность измерения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в образцах не превышала 20%, обычно составляя 5—10%. Удельную радиоактивность рассчитывали на сырую, естественную массу. Статистическую обработку результатов измерений проводили согласно [7] с использованием пакета прикладных программ Excel 2003.

Для оценки зависимости между удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  и размером рыб использовали методы регрессивного анализа. Определяли параметры:  $a$  — наклон линии регрессии с достоверным интервалом  $\pm 2 \text{ STD}$ ;  $\text{STD}$  — среднеквадратичное отклонение;  $b$  — точка пересечения линии регрессии с ординатой;  $r^2$  — квадрат коэффициента детерминации. Данный коэффициент является мерой части вариации удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  у отдельных особей, определяемой вариациями их массы. Размерный эффект считался положительным (+), если величина  $a - 2 \text{ STD}$  имела положительное значение и  $r^2 \geq 0,25$ ; отрицательным (–), если величина  $a + 2 \text{ STD}$  имела отрицательное значение и  $r^2 \geq 0,25$ ; нейтральным, если точка с нулевой координатой принадлежала интервалу  $[a - 2 \text{ STD}; a + 2 \text{ STD}]$  или  $r^2 < 0,25$ .

### Результаты исследований и их обсуждение

Изученные виды рыб-бентофагов характеризуются широким спектром питания, в состав которого входят более 100 видов беспозвоночных, высшие водные растения, водоросли, икра и молодь рыб, детрит и как случайная пища — грунт [1, 5, 6, 9—11, 14, 17, 18]. Вклад различных кормовых компонентов в спектр питания каждого вида различается и определяется видами анатомо-физиологическими, возрастными особенностями и взаимоотношениями видов в экосистеме каждого водоема.

Разные виды рыб-бентофагов в поисках пищи проникают в грунт на разную глубину. Наиболее глубоко, до 12,5 см, в илистый грунт проникает са-

**1. Параметры зависимости удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы особи у некоторых видов рыб-бентофагов**

Годы отбора	n, ос.	Масса, г	Параметры регрессии			Размерный эффект
			$a \pm 2 \text{ STD}$ , (Бк/кг)/г	b, Бк/кг	$r^2$	
Сазан, водоем-охладитель ЧАЭС						
1986*	23	15 400	$73,3453 \pm 84,2072$	89567	0,1263	0
1987	33	20—3000	$13,5998 \pm 16,0330$	48198	0,0850	0
1998	24	61—19120	$0,1919 \pm 0,0656$	2947	0,6087	+
1999	9	2406—14200	$0,0649 \pm 0,2148$	3636	0,0495	0
Ерш, Каневское водохранилище						
1994	6	7—28	$3,2147 \pm 1,5078$	-22	0,6277	+
2007	10	16—51	$0,1075 \pm 0,0532$	3	0,6717	+
2008	12	11—24	$0,0966 \pm 0,1720$	2	0,1121	0
Ерш-носарь, Каневское водохранилище						
2006	5	50—85	$0,0240 \pm 0,1090$	6	0,0606	0
Линь, р. Припять						
1998	7	70—2100	$0,0458 \pm 0,1976$	553	0,0412	0
Линь, Семиходский старик р. Припять						
1999	9	742—2115	$0,4545 \pm 0,8818$	594	0,1318	0
Линь, оз. Глубокое						
1999	5	248—1795	$1,3491 \pm 1,3948$	6455	0,5550	0
Линь, Каневское водохранилище						
2007	5	70—550	$0,0061 \pm 0,0166$	3	0,1519	0

\* Отлов проведен 22.11.1986 г.

зан, наименее глубоко — карась — до 4 см. Остальные виды по глубине проникания в грунт в поисках пищи занимают промежуточное положение [18].

Удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мышцах изученных видов рыб в период исследований находилась на уровне: водоем-охладитель ЧАЭС —  $n \times 10^3$ — $n \times 10^6$  Бк/кг, р. Припять —  $n \times 10^2$ — $n \times 10^3$ , Семиходская старица р. Припяти —  $n \times 10^2$ — $n \times 10^3$ , пруды с. Теремцы —  $n \times 10^1$ , оз. Глубокое —  $n \times 10^3$ — $n \times 10^4$ , Каневское водохранилище —  $n \times 10^0$ — $n \times 10^2$  Бк/кг. Основные результаты исследований представлены в таблицах 1—5.

По-видимому, глубина проникновения в грунт в поисках пищи не оказывает влияния на различные проявления размерного эффекта у исследованных видов рыб.

2. Параметры зависимости удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы особи у леща

Годы отбора	n, ос.	Масса, г	Параметры регрессии			Размерный эффект
			$a \pm 2 \text{ STD}$ , (Бк/кг)/г	b, Бк/кг	$r^2$	
Водоем-охладитель ЧАЭС						
1998	40	45—513	$-2,7161 \pm 1,8508$	4186	0,1848	0
2003	40	161—1014	$-0,6872 \pm 1,3596$	3429	0,0262	0
2006	15	375—782	$-1,1042 \pm 2,5126$	3386	0,0561	0
Р. Припять						
1998	16	135—1285	$-0,1128 \pm 0,2390$	268	0,0598	0
Каневское водохранилище						
1999	20	45—1788	$-0,0645 \pm 0,0516$	162	0,2576	—
2000	12	110—816	$-0,0109 \pm 0,0102$	18	0,3141	—
2003	10	485—1174	$0,0095 \pm 0,0076$	0	0,4332	+
2004	5	207—1157	$-0,0058 \pm 0,0142$	9	0,1811	0
2005	8	162—1660	$0,0028 \pm 0,0024$	4	0,4353	+
2006	9	149—1190	$0,0006 \pm 0,0044$	5	0,0113	0
2008	9	282—1585	$0,0010 \pm 0,0014$	4	0,1970	0

У сазана наблюдается положительная зависимость между удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  и массой особи ( $a > 0$ ) (см. табл. 1). В 1998 г. регистрируется положительный размерный эффект. В остальных сериях различия в содержании  $^{137}\text{Cs}$  находятся на уровне статистической значимости. Если учесть, что ошибка измерений содержания  $^{137}\text{Cs}$  составляет около 10%, то в таких случаях можно говорить лишь о *тенденции* к проявлению положительного размерного эффекта, которая наблюдается у большинства исследованных видов рыб. У рода ершей четко проявляется положительный размерный эффект, наиболее выраженный у ерша обыкновенного (см. табл. 1).

Размерный эффект накопления  $^{137}\text{Cs}$  в одновременно отобранных выборках леща из разных водоемов не обнаружен [14, 22]. Это явление зарегистрировано только при анализе усредненных за год данных [15], что можно объяснить значительной вариацией удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  у отдельных особей [22]. С увеличением выборки влияние вариации удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в отдельных организмах при расчете параметров регрессии нивелируется. Нами также наблюдалась тенденция к повышению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  с увеличением массы особи.

Тенденция к снижению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  с увеличением массы особи была зарегистрирована у леща из водоема-охладителя ЧАЭС и р. Припяти, хотя здесь не видно четкого проявления размерного эффекта (см. табл. 2). У леща Каневского водохранилища в различные периоды исследований зависимость удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы особи меняется от положительной до отрицательной (см. табл. 2). Такие различия, вероят-

### 3. Параметры зависимости удельной активности $^{137}\text{Cs}$ от массы особи у густеры

Годы отбора	n, ос.	Масса, г	Параметры регрессии			Размерный эффект
			$a \pm 2 \text{ STD}, (\text{Бк/кг})/\text{г}$	$b, \text{Бк/кг}$	$r^2$	
Водоем-охладитель ЧАЭС						
1988	40	5—400	$142,4530 \pm 72,0880$	17433	0,2913	+
1990	64	50—400	$-23,694 \pm 12,928$	1677	0,1758	0
1997	19	14—500	$0,066 \pm 5,157$	3248	0,0000	0
1998	41	15—650	$-1,065 \pm 1,525$	3110	0,0476	0
1999	40	190—470	$-1,024 \pm 2,556$	2390	0,0166	0
2002	9	128—474	$-0,7180 \pm 3,0504$	3532	0,0362	0
2003	83	70—604	$-0,0552 \pm 1,1448$	2876	0,0403	0
2004	21	109—542	$-0,1438 \pm 2,0786$	2855	0,0010	0
2006	9	187—533	$-0,7221 \pm 2,1630$	2762	0,0599	0
Каневское водохранилище						
2001	5	12—206	$-0,0139 \pm 0,0596$	14	0,0948	0
2002	6	21—210	$0,0253 \pm 0,0382$	9	0,3046	0
2003	5	15—214	$-0,0594 \pm 0,1560$	19	0,1622	0
2004	9	74—263	$0,0026 \pm 0,0344$	6	0,0033	0
2006	14	48—202	$0,0055 \pm 0,0204$	7	0,0241	0
2007	11	22—97	$0,0300 \pm 0,0782$	6	0,0615	0

нее всего, объясняются стохастическими событиями в накоплении радионуклида организмом рыбы и кормовой базой, различием спектра питания как отдельных особей, так и популяций.

У густеры из водоема-охладителя ЧАЭС и Каневского водохранилища, как правило, размерный эффект отсутствует. В основном отмечается тенденция к снижению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  с увеличением массы особи. Исключением является серия особей, отобранных в 1988 г. в водоеме-охладителе ЧАЭС, в которой регистрируется положительный размерный эффект (см. табл. 3). Это совпадает с исследованиями, по результатам которых наиболее выраженное проявление положительного размерного эффекта отмечается в первые годы после аварии на ЧАЭС [15]. В 1995 г. в водоеме-охладителе положительный размерный эффект регистрировался у самок густеры, в общей выборке наблюдалась только тенденция такого явления [12].

У серебряного карася из водоема-охладителя ЧАЭС регистрируется положительный размерный эффект, или наблюдается тенденция к повышению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  с увеличением массы особи (см. табл. 4). В других водоемах проявление положительного размерного эффекта менее

#### 4. Параметры зависимости удельной активности $^{137}\text{Cs}$ от массы особи у карся серебряного

Годы отбора	n, ос.	Масса, г	Параметры регрессии			Размерный эффект
			$a \pm 2 \text{ STD}$ , (Бк/кг)/г	b, Бк/кг	$r^2$	
Водоем-охладитель ЧАЭС						
1998	26	65—1200	$8,1077 \pm 2,3030$	637	0,6738	+
1999	11	81—1070	$5,6240 \pm 3,0748$	900	0,5979	+
2002	13	703—1717	$0,1922 \pm 3,0094$	4477	0,0015	0
2003	83	352—1575	$1,3902 \pm 1,1996$	4254	0,0622	0
2004	17	339—1135	$3,0010 \pm 1,8072$	2369	0,4238	+
Семиходская старица р. Припять						
1999	15	79—2333	$-0,1166 \pm 0,3012$	1432	0,0441	0
Пруды с. Теремцы						
1999	22	13—121	$0,1485 \pm 0,3512$	33	0,2605	0
Р. Припять						
1998	20	13—1430	$-0,2817 \pm 0,8580$	1206	0,0247	0
1999	12	25—663	$0,2429 \pm 0,2418$	78	0,2876	+
Каневское водохранилище						
2003	13	101—837	$0,0088 \pm 0,0072$	3	0,3457	+
2005	14	125—627	$-0,0059 \pm 0,0078$	7	0,1618	0
2006	17	47—1080	$0,0000 \pm 0,0014$	6	0,0000	0
2007	13	75—443	$-0,0020 \pm 0,0060$	6	0,0369	0
2008	14	146—767	$-0,0003 \pm 0,0024$	5	0,0062	0

выражено, тем не менее, во всех исследованных водоемах мы ни разу не регистрировали противоположной, отрицательной зависимости между удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  и массой особи.

У плотвы из Каневского водохранилища в 2008—2009 гг. регистрировался ярко выраженный положительный размерный эффект. В большинстве других водоемов у плотвы размерный эффект четко не выражен, хотя, в основном, проявляется тенденция к увеличению удельной активности с повышением массы особи (см. табл. 5).

В некоторых случаях, вероятно, одной из причин проявления положительного размерного эффекта в накоплении  $^{137}\text{Cs}$  рыбами может быть изменение спектра кормовых объектов с возрастом; при этом предполагается, что предпочитаемые объекты питания содержат большее количество  $^{137}\text{Cs}$  по сравнению с остальными [4, 14, 15]. Очевидно, для некоторых видов рыб, особенно для факультативных ихтиофагов и рыб смешанного типа питания,

5. Параметры зависимости удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы особи у плотвы

Годы отбора	n, ос.	Масса, г	Параметры регрессии			Размерный эффект
			$a \pm 2 \text{ STD}$ , (Бк/кг)/г	b, Бк/кг	$r^2$	
Водоем-охладитель ЧАЭС						
1998	51	105—1005	$0,6973 \pm 0,8708$	3399	0,0497	0
2002	23	516—1282	$0,8735 \pm 0,8454$	1833	0,1690	0
2003	109	16—1397	$0,1647 \pm 0,2752$	2538	0,0132	0
2004	22	15—1045	$0,6437 \pm 0,6460$	2317	0,1656	0
Каневское водохранилище						
1994	13	13—160	$0,0320 \pm 0,2648$	29	0,0051	0
1998	10	54—1200	$-0,0164 \pm 0,0274$	37	0,1525	0
2000	14	49—956	$0,0055 \pm 0,0076$	13	0,1474	0
2001	17	20—800	$0,0035 \pm 0,0074$	12	0,0570	0
2002	13	15—391	$-0,0047 \pm 0,0246$	12	0,0131	0
2003	19	49—1500	$0,0041 \pm 0,0044$	7	0,1646	0
2004	15	51—206	$-0,0018 \pm 0,0408$	6	0,0006	0
2005	23	28—713	$0,0057 \pm 0,0064$	6	0,1300	0
2006	36	19—521	$0,0035 \pm 0,0030$	7	0,1371	0
2007	22	16—510	$0,0057 \pm 0,0074$	6	0,1048	0
2008	37	17—737	$0,0070 \pm 0,0024$	5	0,4770	+
2009	24	16—535	$0,0057 \pm 0,0042$	5	0,2541	+
Р. Припять						
1998	34	200—1240	$-0,0384 \pm 0,0886$	145	0,0230	0
1999	66	9—940	$-0,3940 \pm 0,1894$	251	0,2127	0

такое объяснение имеет право на существование, однако для плотвы оно представляется неприемлемым.

Основную пищу половозрелых особей плотвы в крупных водоемах, к которым относятся водоем-охладитель ЧАЭС, р. Припять и Каневское водохранилище, составляют брюхоногие и двустворчатые (в основном, *Dreissena*) моллюски, вклад которых в рацион данного вида может составлять 95% и более [1, 11].

По естественным причинам большинство видов рыб с увеличением возраста, а соответственно, и размеров особей, предпочитают питаться более крупными объектами. На примере моллюсков (которые входят в рацион всех исследованных видов рыб-бентофагов) водоемов 30-километровой зоны ЧАЭС показано значительное снижение содержания  $^{137}\text{Cs}$  с возрастом, то есть четкое проявление отрицательного размерного эффекта. Так, по данным [8], в 1998 г. у *D. bugensis* из водоема-охладителя ЧАЭС удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мягких тканях плавно снижается с 897 Бк/кг у особей раз-

мером 14,5 мм до 502 Бк/кг у особей размером 22,5 мм. У моллюсков рода *Unio* из водоема-охладителя ЧАЭС удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мягких тканях снижается с 2310 Бк/кг у особей размером 70 мм до 1515 Бк/кг у особей размером 90 мм. У моллюсков рода *Unio* из р. Припяти удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  в мягких тканях снижается с 460 Бк/кг у особей размером 45 мм до 198 Бк/кг у особей размером 75 мм [8].

Таким образом, при питании моллюсками, удельная активность пищи рыб-бентофагов снижается. Априори, у них следует ожидать снижения содержания  $^{137}\text{Cs}$  с увеличением массы особи, однако у плотвы такого снижения не происходит. Наоборот, в двух случаях регистрировался положительный размерный эффект (см. табл. 5). Из других исследованных видов рыб тенденция к снижению содержания этого радионуклида проявляется в основном у леща и густеры.

### Заключение

В 1986–2009 гг. изучали зависимость удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы особи (размерный эффект) у рыб-бентофагов: плотвы, густеры, сазана, карася серебряного, карася золотого, линя, леща, ерша, ерш-носаря, обитающих в водоемах Киевской области.

У исследованных видов рыб не установлено достоверной зависимости проявления размерного эффекта от уровня радионуклидного загрязнения водоема и глубины проникновения в грунт в поисках пищи.

За период исследований у неполовозрелых особей изученных видов рыб удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ , как правило, меньше по сравнению с половозрелыми особями. С достижением половой зрелости зависимость удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы тела (возраста) рыб носит менее выраженный характер и определяется особенностями вида.

Значительное повышение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  с увеличением массы особи во многих случаях регистрируется у карася серебряного, карася золотого и ерша. Тенденция к повышению удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  с увеличением массы особи наблюдается у сазана, ерша-носаря, линя и плотвы.

Противоположная, отрицательная зависимость уровня удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы особи, наиболее часто, но далеко не всегда, проявляется у леща и густеры.

Основные причины различного проявления зависимости удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы особи у рыб-бентофагов нам до конца не понятны и требуют дальнейших исследований. Вероятно, закономерности проявления размерного эффекта в накоплении  $^{137}\text{Cs}$  исследованными видами рыбами-бентофагами во многом определяются анатомическими и физиологическими особенностями каждого вида.

Отсутствие достоверной зависимости удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  от массы особи у рыб-бентофагов, вероятно, объясняется стохастическими событиями в



динамической системе «организм рыбы – окружающая среда», неоднородностью радионуклидного загрязнения и различной пищевой ценностью кормовой базы рыб, различием спектра питания отдельных особей или популяций рыб, степенью усвоения радионуклида, поступающего с различными объектами в организм рыб, а также эколого-физиологическими и возрастными особенностями выведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма рыб.

\*\*

У 1986—2009 рр. вивчали залежність питомого вмісту  $^{137}\text{Cs}$  від маси особини у риб-бентофагів з різних водойм Київської області. У *Cyprinus carpio* (L.), *Carassius auratus gibelio* (Bloch), *C. carassius* (L.) спостерігається тенденція до підвищення питомого вмісту  $^{137}\text{Cs}$  із збільшенням маси особини. Для *Abramis brama* (L.) і *Blicca bjoerkna* (L.), навпаки, характерна тенденція до зниження питомого вмісту  $^{137}\text{Cs}$  зі збільшенням маси особини. Певно, залежність рівнів питомого вмісту  $^{137}\text{Cs}$  від маси особини (віку) риб-бентофагів визначається фізіологічними особливостями кожного виду.

\*\*

*The dependence of specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  from weight of the individual at fishes-benthophagos from different reservoirs of the Kiev region investigated 1986 till 2009. The tendency to increase of specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  with increase of weight of the individual is observed at *Cyprinus carpio* (L.), *Carassius auratus gibelio* (Bloch), *C. carassius* (L.). The tendency to decrease of specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  with increase in weight of the individual is characteristic for *Abramis brama* (L.) and *Blicca bjoerkna* (L.). Probably, dependence of levels of specific activity of  $^{137}\text{Cs}$  from weight of the individual (age) of fishes-benthophagos is defined by physiological peculiarities of each species.*

\*\*

1. Беспозвоночные и рыбы Днепра и его водохранилищ / Отв. ред. Г. И. Щербак. — Киев: Наук. думка, 1989. — 248 с.
2. Зарубин О. Л. Содержание цезия-137 в густере водоема-охладителя ЧАЭС // Матеріали щорічної наук. конф. Ін-ту ядерних досліджень. — К., 1997. — С. 361—364.
3. Зарубин О. Л. Влияние доступности корма на накопление  $^{137}\text{Cs}$  рыбами в водоеме-охладителе Чернобыльской АЭС // Гидробиол. журн. — 2005. — Т. 41, № 2. — С. 58—72.
4. Зарубин О. Л. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышцах голавля (*Leuciscus cephalus* L.) в зависимости от массы особи // Ядерна фізика та енергетика. — 2009. — Т. 10, № 2. — С. 201—204.
5. Иванова М. Н., Половкова С. Н., Кияшко В. И., Баканов А. И. Питание и пищевые взаимоотношения рыб в водохранилищах Волжского каскада // Теоретические аспекты рыбохозяйственных исследований водохранилищ. — Л.: Наука, 1978. — С. 55—77.
6. Кузьмина В. В. Физиолого-биохимические основы экзотрофии рыб / Отв. ред. В. Н. Яковлев. — М.: Наука, 2005. — 300 с.
7. Лакин Г. Ф. Биометрия. Учебное пособие для университетов и педагогических вузов. — М.: Высш. шк., 1973. — 343 с.
8. Лукашев Д. В. Возрастные особенности накопления  $^{137}\text{Cs}$  пресноводными двустворчатými моллюсками в условиях водоема-охладителя ЧАЭС и р. Припяти // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 37, № 6. — С. 81—88.

9. *Моисеев П. А., Азизова Н. А., Куранова И. И.* Ихтиология. — М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. — 364 с.
10. *Погдубный А. Г.* Экологическая топография популяций рыб в водохранилищах. — Л.: Наука, 1971. — 312 с.
11. *Полякова Н. И.* Особенности накопления  $^{137}\text{Cs}$  у рыб разных трофических уровней из водоемов, загрязненных радионуклидами в результате аварии на Чернобыльской АЭС: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. — М., 2008. — 24 с.
12. *Радіонукліди у водних екосистемах України.* — К.: Чорнобильінтерінформ, 2001. — 318 с.
13. *Радиозэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС.* — Киев: Чернобыльтехинформ, 1997. — Т. 1. — С. 215—222.
14. *Радиозэкология водных объектов зоны влияния аварии на Чернобыльской АЭС.* — Киев: Чернобыльтехинформ, 1998. — Т. 2 — С. 114—118.
15. *Рябов И. Н.* Радиозэкология рыб водоемов в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС: по материалам экспедиционных исследований. — М.: Изд-во т-ва науч. знаний КМК, 2004. — 215 с.
16. *Рябов И. Н., Белова Н. В.* Полевые исследования сезонных и возрастных изменений в рационе рыб // Моделирование и изучение механизмов переноса радиоактивных веществ из наземных экосистем в водные объекты зоны влияния Чернобыльской аварии: Заключительный отчет КЕС-СНГ совместной программы по изучению последствий Чернобыльской катастрофы (ЕСР-3). — Чернобыль, 1996. — С. 101—124.
17. *Рыбы СССР /* Под ред. Г. В. Никольского и В. А. Григораш. — М.: Мысль, 1969. — 446 с.
18. *Суетов С. В.* Значение иловой толщи в использовании естественного корма рыбами. // Тр. лимнол. ст. в Косине. — 1939. — Вып. 22.
19. *Хадгеринг Р., Насвит О., Рябов И. и др.* Полевые исследования размерного эффекта в накоплении Cs-137 у рыб // Моделирование и изучение механизмов переноса радиоактивных веществ из наземных экосистем в водные объекты зоны влияния Чернобыльской аварии: Заключительный отчет КЕС-СНГ совместной программы по изучению последствий Чернобыльской катастрофы (ЕСР-3). — Чернобыль, 1996. — С. 85—100.
20. *Koulikov A. O., Ryabov I. N.* Specific Cesium Activity in Freshwater Fish and Size Effect // *Sci. Total Environ.* — 1992. — Vol. 112. — P. 125—142.
21. *Kryshchak I. I., Sazykina T. G., Ryabov I. N. et al.* Model testing using Chernobyl data: II. Assessment of the consequences of the radioactive contamination of the Chernobyl nuclear power plant cooling pond // *Health Phys. Society.* — № 0017-9078/96. — P. 13—17.
22. *Lindner G., Preiffer W., Robnins J.A., Recknagel E.* Long-lived Chernobyl Radionuclides in Lake Constance: Speciation, Sedimentation and Biological Transfer // *Proc. of the XVth Regional Congress of IRPA.* — Visby, Gotland, Sweden, 1989. — P. 295—300.

<sup>1</sup> Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев

<sup>2</sup> Государственное специализированное научно-производственное предприятие «Экоцентр», Чернобыль

<sup>3</sup> Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

Поступила 10.02.11