

ИСКУССТВЕННЫЕ РАДИОНУКЛИДЫ В ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБАХ МИРОВОГО ОКЕАНА И ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ

А. А. Петров

Анализ большого количества данных, полученных в системе лабораторного контроля ГУ Минрыбхоза СССР, о концентрации радиоактивных изотопов в промысловых рыбах представляет не только радиоэкологический, но и санитарно-гигиенический интерес.

Для каждого анализа отбиралось 100–200 г костных тканей для определения $Sr-90$ и 800–1200 г мышечных тканей для определения $Cs-137$. $Sr-90$ определяли по известной методике (Парчевский, Соколова, 1970), $Cs-137$ – по сорбентной методике (Шведко, Попов, 1971). Ошибка определений составляла, как правило, 20–25% для океанических и 10–15% для морских и пресноводных рыб.

В табл. 1–4 приведены средние значения результатов анализа 3–7 проб, отобранных в течение каждого года, и средние значения по всем приведенным рыбам для каждого района лова.

Значительный разброс концентраций, по-видимому, можно объяснить не только ошибкой анализа и различной степенью радиоактивного загрязнения среды обитания рыб, но и типом и условиями питания, возрастными и физиологическими различиями отдельных экземпляров.

Средние значения по годам для океанических рыб (табл. 5), выловленных в районах с более однородными радиоэкологическими условиями, различаются в два раза, для рыб, выловленных в морях и опресненных заливах (см. табл. 2, 3, 4), – в 3–5 раз.

При таком значительном разбросе данных вряд ли целесообразна полная статистическая обработка, поэтому мы ограничились осреднением концентраций за несколько лет по видам и семействам рыб и районам лова.

Из данных табл. 5 можно сделать некоторые выводы. Для океанических рыб средние концентрации $Sr-90$ в костных тканях для каждого района выше, чем $Cs-137$ в мышечных. Для рыб Северного и Баренцева морей, наоборот, повышено содержание $Cs-137$ в треске, пикше и камбале. Этот факт можно объяснить тем, что указанные виды обитают в мелководных районах этих морей и в основном питаются бентосными организмами, в которых повышено содержание $Cs-137$.

Преимущественное накопление изотопов в каком-либо определенном районе не прослеживается. В качестве тенденции лишь можно отметить уменьшение уровня содержания $Cs-137$ и особенно $Sr-90$ в рыбах, выловленных в водах Центрально-Восточной Атлантики и в южных широтах Тихого океана, что согласуется с известной

Содержание Sr-90 в костных и Cs-137 в мышечных тканях
рыб Атлантического и Тихого океанов (в пКи* на 1 кг
сырой массы)

Год	Атлантика				Тихий океан	
	северо-западная		юго-восточная		Sr-90	Cs-137
	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137		
	Хек					
1972	18	25	17	10	-	-
1973	14	8	16	4	-	-
1974	21	13	23	5	-	-
Среднее	18	15	19	6	-	-
	Горбуша					
1972	-	-	-	-	45	27
1973	-	-	-	-	33	22
1974	-	-	-	-	22	23
Среднее	-	-	-	-	33	24
	Треска					
1972	25	21	-	-	-	-
1973	35	8	-	-	-	-
1974	18	16	-	-	-	-
Среднее	26	15	-	-	-	-
	Минтай					
1972	-	-	-	-	37	36
1973	-	-	-	-	27	22
1974	-	-	-	-	20	23
Среднее	-	-	-	-	28	27

* Пикокюри равняется 10^{-12} Кюри.

Таблица 2

Содержание Sr-90 в костных и Cs-137 в мышечных тканях
рыб пресных водоемов (пКи на 1 кг сырой массы)

Год	Оз. Чудское		Оз. Онежское		Самоозеро		р. Печора	
	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137
	Шука							
1973	92	137	825	455	2340	1200	-	86
	Судак							
1973	-	-	-	1500	-	1380	-	-
	Окунь							
1972	440	372	-	-	-	-	-	-
1973	115	131	-	-	-	-	140	-

Таблица 3

Содержание Sr-90 в костных и Cs-137 в мышечных тканях
рыб пресных водоемов (в пКи на 1 кг сырой массы)

Год	Оз. Ханка		Дельта Волги		Оз. Котлабух	
	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137
Лещ						
1972	-	-	63	20	-	-
1973	-	-	101	15	328	-
1974	-	-	63	13	316	-
Сазан						
1972	1750	54	80	18	-	-
1973	1820	70	132	15	-	-
1974	2450	46	58	10	-	-
Линь						
1972	-	-	61	9	-	-
1973	-	-	65	14	-	-
1974	-	-	85	21	-	-
Щука						
1972	1620	75	118	34	-	-
1973	1690	191	154	18	54	-
1974	1636	108	146	22	-	-
Сом						
1972	-	-	109	15	-	-
1973	2080	95	161	18	-	-
Красноперка						
1972	5200	170	-	-	137	25
Судак						
1972	-	-	103	20	56	-
1973	-	-	53	16	-	-
1974	-	-	64	25	-	-
Среднее	2280	101	95	17	178	-

Таблица 4

Содержание Sr-90 в костях и Cs-137 в мышечных тканях рыб
опресненных водоемов (в пКи на 1 кг сырой массы)

Год	Азовское море		Балтийское море		Финский залив		Калининградский залив		Куршский залив		Черное море (устье Дуная)	
	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137
Килька												
1973	-	-	34	60	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	45	46	31	56	-	-	-	-	-	-

Год	Азовское море		Балтийское море		Финский залив		Калининградский залив		Куршский залив		Черное море (устье Дуная)	
	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137
Салака												
1973	-	-	29	52	-	-	-	-	-	-	-	-
1974	-	-	36	46	35	54	-	-	-	-	-	-
Лещ												
1972	148	19	-	-	-	-	-	-	429	24	317	5
1973	419	24	-	-	-	-	377	27	151	30	353	8
1974	320	24	-	-	-	-	447	50	175	-	428	-
Судак												
1972	66	13	-	-	-	-	-	-	94	48	24	7
1973	133	20	-	-	-	-	132	164	172	57	56	6
1974	198	38	-	-	-	-	75	155	-	-	-	-
Щука												
1972	-	-	-	-	-	-	-	-	85	18	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	128	55	185	66	-	6
1974	-	-	-	-	-	-	115	81	-	-	-	-
Плотва												
1972	-	-	-	-	-	-	76	-	-	-	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	230	33	183	31	-	-
1974	-	-	-	-	-	-	129	48	-	-	-	-
Угорь												
1972	-	-	-	-	-	-	53	14	169	23	-	-
1973	-	-	-	-	-	-	89	28	168	36	-	-
1974	-	-	-	-	-	-	67	72	-	-	-	-
Среднее	214	23	36	51	33	55	158	66	184	37	237	8

(Шведов, Патин, 1968) закономерностью снижения уровней загрязнения воды в этих районах.

По всем районам для каждого вида содержание Sr-90 в костной ткани выше содержания Cs-137 в мышцах, за исключением трески пикши, сайды, корюшки. Основные исследованные семейства рыб можно расположить в порядке убывания Sr-90 в следующий ряд: скумбриевые - сельдевые - тресковые - камбаловые; в порядке убывания Cs-137: скумбриевые - тресковые - сельдевые - камбаловые.

Средненные значения концентраций Sr-90 и Cs-137 по районам лова и видам рыб составляют 26 и 21 пКи на 1 кг сырой массы соответственно. Полученные величины следует рассматривать как наиболее представительные уровни современного радиоактивного загрязнения промысловой океанической икhtiофауны, которые могут

Таблица 5

Содержание Sr-90 и Cs-137 в промысловых рыбах Мирового океана (осредненные данные 1972-1974 гг.)
(в пКи на 1 кг сырой массы)

Рыба	Атлантика								Северное море		Баренцево море		Тихий океан				Среднее	
	северо-западная		центрально-восточная		юго-восточная		северо-восточная						северная часть		южная часть			
	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90	Cs-137		
Тресковые																		
треска	24	16	-	-	-	-	-	-	19	51	43	35	25	30	-	-	28	93
пикша	26	-	-	-	-	-	-	-	26	29	30	44	-	-	-	-	27	36
сайда	29	29	-	-	-	-	-	19	32	26	14	-	-	-	-	-	25	25
навага	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25
хек	18	13	21	10	19	6	26	11	-	-	-	-	30	26	-	-	30	26
налим	25	15	30	18	27	12	-	-	-	-	-	-	18	23	-	-	20	13
минтай	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	15	23	15
путассу	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	24	-	-	26	24
Камбаловые																		
камбала	30	9	-	-	-	-	-	-	16	30	-	-	-	-	-	-	23	20
палтус	18	8	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	14	8
Сельдевые																		
сельдь	24	15	-	-	-	-	47	23	19	62	-	-	26	20	-	-	29	30
сардина	-	-	29	8	25	20	35	14	-	-	-	-	-	-	-	-	30	14
сардинелла	-	-	36	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	13
Окунь	32	16	10	-	-	-	-	-	-	-	36	-	20	21	-	-	25	18
Скумбрия	23	17	46	11	55	52	29	43	35	21	-	-	38	15	-	-	38	26
Ставрида	24	23	23	17	24	13	30	16	61	26	-	-	-	-	-	-	32	19
Пристипома	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	25	-	-	22	25
Корюшка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	23	-	-	30	23
Горбуша	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Среднее	24	16	28	13	30	20	31	23	29	33	29	-	26	23	16	14	26	21

быть использованы для санитарно-гигиенических оценок качества рыбных продуктов, тем более, что ежегодный улов основных исследованных семейств (тресковые, камбаловые, сельдевые, скумбрийные) составляет не менее 65% от общего вылова рыбы в СССР (Моисеев, 1969).

Из сопоставления данных табл. 1-5 следует, что средние концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs в рыбах, выловленных в морях и пресных водоемах, в 2-10 раз выше, чем в океане. Это согласуется с известной закономерностью повышения уровней радиоактивного загрязнения внутренних морей и пресных водоемов по сравнению с открытыми районами океана (Патин, Петров, 1973). Кроме того, следует обратить внимание на значительно больший разброс данных, относящихся к объектам морского и пресноводного лова, по сравнению с океаническими видами, что может быть объяснено высокой вариабельностью гидрохимического состава и экологических условий в морях и пресных водоемах, а также более пестрой картиной радиоактивного загрязнения этих районов по сравнению с аналогичными характеристиками пелагиали океана.

Из данных табл. 2-4 очевидны не только большой разброс значений концентраций, но и еще большее превышение активностей ^{90}Sr к ^{137}Cs по сравнению с данными для океанических рыб (см. табл. 1 и 5). По нашему мнению, это связано с различием геохимической миграции этих изотопов в процессе их перераспределения между сушей и поверхностными водами. Выпавший на поверхность суши ^{137}Cs более прочно фиксируется в почвах по сравнению со ^{90}Sr , который более интенсивно выносится терригенным стоком в морские прибрежные воды. Кроме того, следует учесть высокую сорбционную способность ^{137}Cs и его преимущественную локализацию во взвешенном веществе и донных осадках (Громов, Спицын, 1975). Результатом этих процессов, вероятно, и является полученная нами картина накопления исследованных изотопов в образцах промысловых рыб из Мирового океана и пресноводных водоемов.

При сопоставлении наших данных с допустимыми нормами содержания радиоактивных веществ в продуктах питания (Нормы радиационной безопасности, 1969) видно, что средние уровни содержания ^{90}Sr и ^{137}Cs в промысловых рыбах не представляют какой-либо очевидной радиационной опасности для населения.

ВЫВОДЫ

1. Концентрация ^{90}Sr в костных и ^{137}Cs в мышечных тканях сильно варьирует, особенно в объектах промысла внутренних морей и пресных водоемов.

2. Концентрацию 26 и 21 пкюри на 1 кг сырой массы ^{90}Sr в костных и ^{137}Cs в мышечных тканях соответственно следует рассматривать как характерные осредненные уровни загрязнения всей промысловой океанической рыбы.

3. Сопоставление современных уровней радиоактивного загрязнения промысловой икhtiофауны с допустимыми нормами их содержания в пищевых продуктах свидетельствует об отсутствии какой-либо санитарно-гигиенической опасности для населения.

Список использованной литературы

- Громов В.В., Спицын В.И. Искусственные радионуклиды в морской среде. М., Атомиздат, 1975. 104 с.
- Моисеев П.А. Биологические ресурсы океана. М., Пищепромиздат, 1969. 293 с.
- Нормы радиационной безопасности (НРБ-69). М., Атомиздат, 1969, с. 30, 46.
- Парчевский В.П., Соколова И.А. Определение стронция-90 и кальция в гидробионтах и воде.- В кн.: Морская радиоэкология, Киев, 1970, с. 14-19.
- Патин С.А., Петров А.А. Искусственная радиоактивность морской воды и промысловых гидробионтов Мирового океана. - В кн.: Радиоэкология водных организмов, Рига, 1973, с. 200-209.
- Шведко Н.С., Попов Д.К. Методы определения цезия-137 в объектах внешней среды. М., "Радиохимия", 1971, т.ХШ, вып.1, с. 12-14.
- Шведов В.П., Патин С.А. Радиоактивность океанов и морей. М., Атомиздат, 1968, 184 с.

ARTIFICIAL RADIONUCLIDES IN COMMERCIAL SPECIES OF FISH FROM THE WORLD OCEAN AND FRESHWATER BODIES.

A. A. PETROV

SUMMARY

Numerous data are presented and discussed on concentrations of Sr⁹⁰ in body tissues and of Cs¹³⁷ in muscle tissue of the main commercial species of fish caught in various areas of the World Ocean, lakes and rivers, Radionuclide concentrations are estimated to range widely. The average concentrations of Sr⁹⁰ in bony tissues and of Cs¹³⁷ in muscles of oceanic species of fish are 26 and 21 pCi/kg wet weight, respectively.

Arnold, W., Davidson, G.B. The identity of the fluorescent and delayed light emission spectra in *Chlorella*. J. Gen. Physiol., 1954, v. 28, p. 172-176.

Arnold, W., Thompson, Y. Delayed light production by blue-green algae, red algae and purple bacteria. J. Gen. Physiol. 1956, v. 32, p. 311-315.

Davis, A.G. An assessment of the basis of mercury tolerance in *Dunaliella tertiolecta*. J. Mar. Biol. Ass. U. K., 1976, v. 56, No. 1, p. 34-38.

Joliot, P., Barbiri, G., Chaband, R. Photochem. Photobiol., v. 10, 1970, p. 309-314.

Kok, B., Forbush, B., Megloin, M. Photochem. Photobiol., 1970, v. 11, p. 457-461.

Strehler, B.L., Arnold, W.Y. Light production by green plants. J. Gen. Physiol. 1951, v. 34, p. 809-814.

Уважаемые читатели!

Редколлегия тома и издательство "Пищевая промышленность" приносят свои извинения за допущенные в томе погрешности. В томе неправильно заверстаны иностранные источники в списках использованной литературы - после *Summary* ; кроме того, они сдвинуты на одну статью: относящиеся к первой статье заверстаны после предисловия, относящиеся ко второй - после первой и так далее. Помимо этого, допущен ряд опечаток.

Стр.	Строка	Напечатано	Следует читать
82	Рисунок, на оси ординат подпись к рисунку, 2-я строка снизу	мг/кг сырого вещества морская вода.	% сырого вещества вода
78	7-я снизу	... 2 раза	...в двух повторностях
	5-я снизу	... к воде...	...в воду...
99	13-я снизу	... в I;7;10...	...в I,7; 10...
III	6 и 7-я снизу	... у плотвы сибирской популяции...	...популяции сибирской плотвы...
II6	23,24,25-я снизу	0 - ширина лба; l_2 - длина нижней... l_{mk} - расстояние от... a_2 - расстояние между...	l_2 - ширина лба; l_{mk} - длина нижней... a_2 - расстояние от... p_2 - расстояние между...