

УДК 574.5 (504.054:546.36.027) (262.54)

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ЦЕЗИЯ-137 В КОМПОНЕНТАХ ЭКОСИСТЕМЫ АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКОГО БАССЕЙНА В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД

© 2013 г. И. Д. Мхитарян, Н. А. небесихина

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства,

Ростов-на-Дону, 344002

E-mail: bio00@mail.ru

Поступила в редакцию 10.07.2013 г.

В 2005–2012 гг. определяли содержание цезия-137 в донных отложениях и в тканях основных промысловых видов рыб в Азовском море (восточная часть), Таганрогском заливе и в северо-восточной части Черного моря. Удельная объемная активность цезия-137 в донных отложениях варьировала от предела обнаружения (<3 Бк/кг) до следующих параметров: 32,2 Бк/кг – в Таганрогском заливе, 55,4 Бк/кг – в центральной части Азовского моря и 47,8 Бк/кг – в Черном море. Максимальная активность цезия-137 в отдельных пробах тканей судака и бычка-кругляка Азовского моря и черноморской хамсы достигала 1,9 Бк/кг.

Ключевые слова: радиологический мониторинг, цезий-137, донные отложения, рыба.

ВВЕДЕНИЕ

Азовское и Черное моря издавна являются важнейшими рыбохозяйственными водоемами России, большая часть их береговой линии также входит в основные рекреационные зоны РФ. В связи с этим уделяется большое значение экологическому мониторингу этих водоемов.

Особую опасность представляет долгоживущий цезий-137 с периодом полураспада $30 \pm 0,2$ года. Для него характерна высокая подвижность в экологических цепях природной среды и способность накапливаться в ее звеньях.

Потенциальные источники поступления цезия-137 в природную среду – испытания ядерного оружия, сбросы из АЭС радиоактивных веществ в открытые пресноводные водосмы и хранилища радиоактивных отходов.

Преобладающим источником радиоактивного загрязнения Азовского и Черного морей является активный дренаж и вынос цезия-137 стоками с загрязненных водосборов основных рек: Дон, Кубань, Днепр, Днестр, Дунай и др. Акватория морей и водосборы загрязнялись дважды: глобальными выпадениями в период ядерных испытаний и в период после аварии на Чернобыльской АЭС. Цезий-137 удерживается в большей степени в илистых донных отложениях. Удельная объемная активность цезия-137 в илистых донных отложениях Азовского моря в 1960-х гг. достигала следующей максимальной величины – 91,4 Бк/кг, а в 1987–1988 гг. (после чернобыльского инцидента) – 264 Бк/кг (Горикова, 1961; Давыдов и др., 2013).

После аварии на Чернобыльской АЭС многими учеными проводились регулярные радиоэкологические исследования и в Черном море. По данным ряда авторов (Никитин и др., 2001), в северо-восточной части Черного моря в 1997–1998 гг. содержание цезия-137 в поверхностном слое донных отложений на глубинах

1500 м составило 170 Бк/кг сухого веса, в то время как до аварии на Чернобыльской АЭС этот показатель был равен 10 Бк/кг.

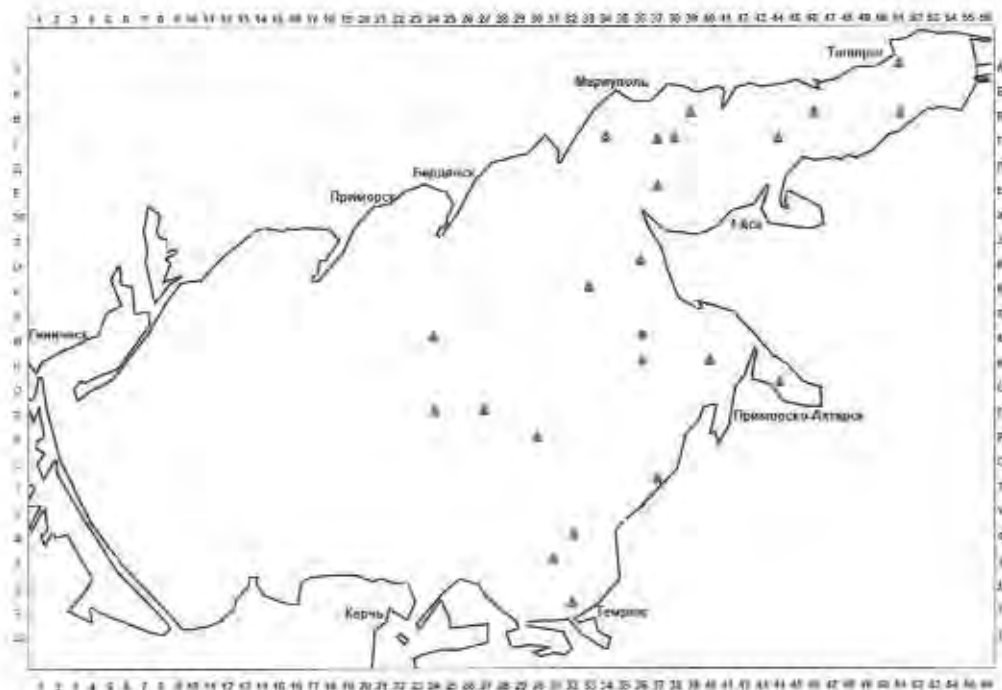
Согласно литературным данным, приведенным на май 1986 г., содержание цезия-137 в верхнем 5-сантиметровом слое донных отложений северно-западной части Черного моря составляло 20–45 Бк/кг (Гулин и др., 1997).

В организм гидробионтов цезий-137 поступает двумя путями: непосредственно из воды и с пищей. Степень накопления радионуклида обусловлена биологическими и физиологическими особенностями каждого вида рыб (Зарубин, 2006, 2007).

В связи с работой Ростовской АЭС и крупных металлургических предприятий г. Таганрог (Россия) и г. Мариуполь (Украина) своевременное получение информации об уровне накопления и распределения радионуклидов в компонентах экосистем Азовского моря и Таганрогского залива является важнейшей задачей природоохранных мероприятий.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В работе представлены данные радиоэкологического мониторинга донных отложений и рыб, отобранных в Таганрогском заливе, в восточной части Азовского и Черного морей в период 2005–2012 гг. Отбор проб осуществляли в соответствии со стандартной сеткой станций мониторинга загрязнения среды и гидробионтов ФГУП «АзНИИРХ». Сетка станций мониторинга загрязнения цезием-137 донных отложений Азовского моря и Таганрогского залива представлена на рисунке.



Сетка станций мониторинга загрязнения цезия-137 донных отложений Азовского моря и Таганрогского залива.

Network of stations where pollution with cesium-137 of the Azov Sea and the Taganrog Bay bottom sediments is monitored.

Пробы основных промысловых объектов – леща *Abramis brama*, бычка-кругляка *Neogobius melanostomus*, тарани *Rutilus rutilus*, шленгаса *Mugil haematocheila*, серебряного карася *Carassius gibelio*, хамсы *Engraulis encrasicolus*, азово-черноморской сельди *Alosa pontica*, судака *Sander lucioperca* – были отобраны в Таганрогском заливе, Ахтарском, Ачуевском и Темрюкском районах Азовского моря из ставных неводов КНП ФГУП «АзНИИРХ» и во время проведения радиологических рейсов.

В Черном море были отобраны следующие виды гидробионтов – хамса, барабуля *Mullus barbatus ponticus*, бычок-кругляк, морской карась *Diplodus annularis*, мерланг *Merlangius merlangus euxinus*, ставрида *Trachurus mediterraneus ponticus*.

Верхний слой (10–15 см) донных отложений массой 1000–1300 г отбирали дночерпателем Петерсена. Для составления одной пробы навеской 1000–1500 г мышечной ткани использовали не менее трех экземпляров одного вида рыб.

Удельную объемную активность цезия-137 в мягких тканях промысловых видов рыб определяли в нативной пробе, а в донных отложениях – в предварительно высушенных пробах на спектрометрической установке МКС-01А «МУЛЬТИ-РАД - гамма».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Содержание цезия-137 в донных отложениях Таганрогского залива

Среднемноголетние значения уровня содержания цезия-137 в донных отложениях Таганрогского залива находились в пределах от 4,6 до 27,6 Бк/кг. Наименьшие значения отмечены в пробах среднезернистого песка с содержанием раковин моллюсков. Наибольшие значения зарегистрированы в мелкоалевритопелитовых илах Белосарайского залива. В исследуемый период разброс минимальных значений удельной активности цезия-137 представлен в донных отложениях в районе Беглишской косы (3,3–8,3 Бк/кг), а максимальных – в районе г. Мариуполь (23,3–30,6 Бк/кг) (табл.1).

Таблица 1. Среднемноголетние значения содержания цезия-137 в донных отложениях Таганрогского залива в период 2005–2012 гг.

Table 1. The annual values of cesium-137 in bottom sediments of the Taganrog Bay over 2005–2012

Место отбора проб (квадрат)*	Удельная активность цезия-137, Бк/кг		
	средняя	min	max
51А	10,1	7,0	14,1
51В	8,4	3,3	15,8
39В	15,5	<3	25,5
46В	4,6	3,3	8,3
34Г	27,6	23,3	30,6
37Г	19,5	8,9	32,2
38Г	18,2	14,2	28,8
44Г	8,9	5,0	12,8
37Е	15,4	8,2	22,4

Примечание здесь и в табл. 2, 3: * см. на рисунке.

Note: here and in the Table 2, 3: * see the Figure.

Содержание цезия-137 в донных отложениях восточной части Азовского моря

Результаты радиологического мониторинга донных отложений восточной части Азовского моря представлены в табл. 2. В восточной части Азовского шельфа на глубине 9–11 м в мелко- и крупноалевритовых илах средние значения содержания цезия-137 за исследуемый период варьировали от 3,9 до 16,2 Бк/кг.

Наиболее высокие значения содержания цезия-137 зарегистрированы в глубинных районах центральной части моря, на глубине 13 м, где преобладают глинистые илы. По среднесугодовым значениям (2005–2012 гг.) уровень удельной активности цезия-137 в центральной части Азовского моря колеблется от 21,4 до 30,8 Бк/кг; разброс минимальных значений приурочен к квадрату 30Р (14,3–5,1 Бк/кг), а максимальных – в районе квадрата 24П (19,4–55,4 Бк/кг). В квадрате 24М в исследуемый период наблюдались наибольшие колебания содержания удельной активности цезия-137: 4,4 – 46,5 Бк/кг (табл.2).

Таким образом, максимальные значения активности цезия-137 зафиксированы в западной части Таганрогского залива и в глубинных районах центральной части Азовского моря с высоким содержанием органических веществ

Таблица 2. Содержание цезия-137 в донных отложениях Азовского моря в период 2005–2012 гг.
Table 2. The concentration of cesium-137 in bottom sediments of the Azov Sea over 2005–2012

Место отбора проб (район, квадрат)*	Удельная активность цезия-137, Бк/кг								Среднесуговое значение		
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	среднее	min	max
Камышеватого-Должанский район											
36И	3,9	<3	<3	<3	5,1	8,6	34,6	7,0	8,5	<3	36,8
33К	<3	36,8	11,2	5,3	<3	9,3	8,4	н/д**	11,4	<3	36,8
36М	11,1	<3	33,8	27,9	3,5	10,0	9,5	н/д	14,1	<3	33,8
Ахтарский район											
36Н	<3	<3	<3	<3	3,8	13,3	н/д	н/д	4,9	<3	13,3
40П	4,6	6,7	3,7	4,4	4,7	14,6	н/д	н/д	6,5	3,7	14,6
44О	<3	3,6	<3	<3	<3	7,7	н/д	н/д	3,9	<3	7,7
Ачуевский район											
37Т	5,6	5,4	6,8	7,1	3,6	н/д	48,4	н/д	12,8	3,6	48,4
Темрюкский район											
32Ф	10,4	10,2	9,7	9,2	6,4	37,1	30,4	н/д	16,2	6,4	37,1
31Х	10,8	9,6	10,1	9,0	н/о	20,8	н/д	н/д	12,1	9,0	20,8
32Ч	11,3	9,6	10,1	9,0	<3	51,6	н/д	н/д	15,8	<3	51,6
Центральная часть моря											
24М	24,4	4,5	4,4	н/о	18,4	40,3	32,1	37,8	23,1	4,4	46,5
24П	27,2	28,0	30,2	19,4	24,6	55,4	н/д	н/д	30,8	19,4	55,4
27П	25,7	23,7	22,7	14,3	23,7	53,5	43,2	31,7	30,5	14,3	53,5
30Р	24,0	22,1	25,1	14,3	н/д	н/д	н/д	н/д	21,4	14,3	25,1

Примечание: ** н/д – исследования не проводились;

Note: ** н/д – studies have not been conducted.

и глинистых частиц, обладающих высокой адсорбционной способностью. Значительные колебания концентраций цезия-137 связаны с мелководностью моря и высокой ролью ветрового и конвективного перемещений, вследствие которых возможны вторичные загрязнения водных масс радионуклидами (Матишов и др., 1998).

Содержание цезия-137 в донных отложениях Черного моря

В 2012 г. проводили работы по исследованию активности цезия-137 в донных отложениях северно-восточной части Черного моря. В табл. 3 представлены результаты этих радиологических исследований.

Таблица 3. Содержание цезия-137 в донных отложениях северо-восточной части Черного моря в 2012 г., Бк/кг сухого веса

Table 3. The concentration of cesium-137 in bottom sediments of the north-eastern Black Sea in 2012, Bq/kg dry weight

Место отбора проб (квадрат, район)	Глубина, м	Удельная активность цезия-137		
		весна	осень	среднее значение
16Д – Керченское предпроливье	45	35,4±6,2	3,10±10,8	19,25±8,50
17–18В – траверз м. Железный рог	22	0	4,15±3,19	4,15±3,19
20Г – траверз ст. Благовещенская	30	10,8±5,2	0	10,80±5,20
24Д – траверз г. Анапа	37	19,1±4,3	26,93±5,50	23,02±4,90
25Е-Ж – траверз пос. Большой Утриш	45	29,4±6,9	31,72±5,56	30,56±6,23
29З – траверз пос. Абрау-Дюрсо	45	13,4±10,2	20,00±12,90	16,70±11,55
33И – траверз г. Геленджик	26	33,5±5,7	23,52±4,41	28,51±5,06
38–39Л – траверз пос. Архипо-Осиповка	41	47,8±7,4	18,69±4,16	33,25±5,78
41М – траверз пос. Джубга	35	18,5±6,4	2,63±1,80	10,57±4,10
42Н – траверз пос. Новомихайловский	25	9,7±2,9	11,82±3,83	10,76±3,37
46П – траверз г. Туапсе	25	15,9±4,3	11,80±11,90	13,85±8,10
48С – траверз пос. Лазаревское	24	16,0±4,2	26,25±4,99	21,13±4,60
50Т – траверз пос. Головинка	23	7,7±3,6	0	7,70±3,60
52Ф – траверз пос. Дагомыс	23	12,8±3,4	8,15±2,81	10,48±3,11
55Ц – траверз г. Adler	25	8,3±6,6	7,88±3,43	8,097±5,02

Как видно из приведенных данных, средние максимальные значения активности цезия-137 зарегистрированы в илистых грунтах в квадратах 25Е-Ж (30,56±6,23 Бк/кг) и илисто-песчаном ракушечнике в квадратах 38–39Л (33,25±5,78 Бк/кг), 33И (28,51±5,06 Бк/кг), 24Д (23,02±4,90 Бк/кг) и 48С (21,13±4,6 Бк/кг). Средние минимальные значения пулевой активности цезия-137 отмечены в донных отложениях северо-восточной части Черного моря в Керченско-Таманском районе, представленных ракушечником (квадрат 17–18В), в Лазаревском районе с песчаным ракушечником (квадрат 50Т) и песчаным грунтом (квадрат 55Ц).

Содержание цезия-137 в мышечной ткани промысловых видов рыб Таганрогского залива, Азовского и Черного морей

В ходе проведенного радиологического мониторинга получена общая картина распределения цезия-137 в тканях гидробионтов, отловленных в Таганрогском заливе, Азовском и Черном морях.

Радиозкологические исследования, проведенные в период 2005–2012 гг. в Таганрогском заливе, Азовском и Черном морях показали общую картину накопления цезия-137 у рыб разных трофических уровней.

Цезий-137 регистрировался не во всех исследованных образцах; при этом максимальная его активность отмечалась в отдельных пробах тканей судака и бычка-кругляка и достигала 1,9 Бк/кг, так как эти виды рыб являются конечным звеном трофической цепи.

Следует отметить тот факт, что в тканях черноморских мигрантов (хамса и азово-черноморская сельдь) содержание цезия-137 не регистрируется. Это можно объяснить тем, что рыбы, обитающие в воде с более высокой соленостью, накапливают наименьшее количество радиоактивного цезия (Давыдов и др., 2013).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнительный анализ полученных результатов за 2005–2012 гг. показал, что удельная объемная активность цезия-137 в донных отложениях Азово-Черноморского бассейна находится на уровне фоновых значений, характерном для последних лет в соответствии с уровнем его полураспада. Чернобыльский след по-прежнему остается источником радиоактивного цезия. Современный уровень радионуклидного загрязнения позволяет сделать вывод о радиационной безопасности компонентов водных экосистем Азово-Черноморского бассейна.

Концентрация цезия-137 в тканях промысловых видов рыб Таганрогского залива, Азовского и Черного морей за 2005–2012 гг. находится значительно ниже допустимого уровня содержания этого изотопа в живой рыбе и сырце и не представляет радиационной опасности (СанПиН 2.3.2. 1078, 2002).

Полученные результаты позволяют сделать вывод об отсутствии современного техногенного загрязнения радионуклидами, вызванного строительством и пуском Ростовской АЭС. Внедренная в ФГУП «АзНИИРХ» система радиологического мониторинга акватории Азово-Черноморского бассейна позволяет получать данные о динамике радионуклидов в водных экосистемах юга России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов // Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078–01. М.: РИТ ЭКС-ПРЕСС, 2002. 208 с.

Горикова Т. И. Донные осадки и грунтовые растворы Азовского моря // Современные осадки морей и океанов. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 477–503.

Гулин С. Б., Поликарпов Г. Г., Ааркросс А. и др. Геохронологическое исследование поступления Cs-137 в донные отложения северо-западного шельфа, континентального склона и глубоководной части Черного моря // Докл. НАН Украины. 1997. № 7. С. 133–136.

Давыдов М.Г., Бураева Е.А., Зорина Л.В. и др. Радиозкология. Ростов-на-Дону: Феникс, 2013. 635 с.

Зарубин О.Л. Количественные характеристики путей поступления ^{137}Cs в организм карпа (*Cyprinus carpio* (L.)) и канального сома (*Ictalurus punctatus* (Faf.)) водоема-охладителя Чернобыльской АЭС // Гидробиол. журн. 2006. Т. 42. №3. С. 74–80.

Зарубин О.Л. Оценка коэффициентов перехода ^{137}Cs по трофической цепи "Взвеси → Щука" в разных водоемах // Ядерная физика та енергетика 2007. №1 (19). С. 109–114.

Матишов Г.Г., Макаревич П.Р., Матишов Д.Г. и др. Комплексные экологические исследования Азовского моря (по итогам экспедиции ММБИ на э/с "Гидрофизик") сентябрь 1997 г.). Мурманск: МИП-999, 1998. С. 44–49.

Никитин А.И., Валетова Н.К., Чумичев В.Б. и др. Натурные исследования радиоактивного загрязнения морской среды северо-восточной части Черного моря (1997–2000 гг.) // Тез. докл. Междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2001. С. 51–53.

DYNAMICIS OF CESIUM-137 IN THE AZOV AND BLAK SEA ECOSYSTEM AT PRESENT

© 2013 y. I. D. Mkhitaryan, N. A. Nebesikhina

Azov Fisheries Research Institute, Rostov-on-Don, 344002

In 2005–2012 the content of cesium-137 was measured in the bottom sediments and fish of main commercial species from the Azov Sea (its eastern part), the Taganrog Bay and the north-eastern Black Sea. The specific volumetric activity of Cs-137 ranged from <3 Bq/kg (detection limit) 32.2 Bq/kg in the sediments of the Taganrog Bay, 55.4 Bq/kg in the Azov Sea and 47.8 Bq/kg in the Black Sea. The maximum activity of radiocesium amounted to 1.9 Bq/kg in the tissues of pike perch and round goby from the Azov Sea and Black Sea anchovy.

Keywords: radiological monitoring, cesium-137, bottom sediments, fish.