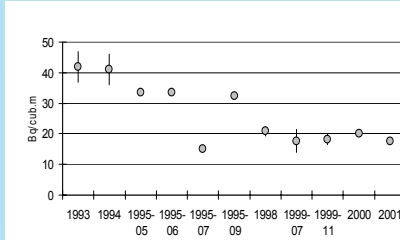
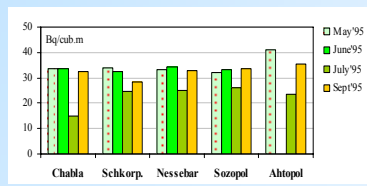


ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАДИОАКТИВНОСТТА ПО БЪЛГАРСКОТО ЧЕРНОМОРСКО КРАЙБРЕЖИЕ

Обобщени резултати за концентрацията на ¹³⁷Cs в морска вода



Фиг. 1. Многогодишен ход на разтворен ¹³⁷Cs в морска вода, ст. Шабла.



Фиг. 2. Вариации на разтворен ¹³⁷Cs през 1995 г. по продължение на българската бреговата ивица.

Измерени са по-ниски концентрации на ¹³⁷Cs през юни и юли, в сравнение с май и септ. 1995. Най-висока стойност е измерена през май в Ахтопол, поради притока на речни води от р. Велка.

Изследванията на радиоактивността на Черно море започват през 1978 в рамките на мониторинговата програма на ИМХ към ГУХМ на БАН. Проби морска вода, дънни утайки и водорасли от няколко района на бреговата ни ивица са анализирани за гама емитиращи радионуклиди. Първите резултати за фоновите концентрации на Черно море са получени и публикувани през 80-те години на ХХ век. След аварията на Чернобилската АЕП е измервана радиоактивността на дънни утайки и водорасли, в частност от района на Бургаски залив и Созопол, като резултатите са представени в сп. Хидрология и метеорология. В настоящата работа се докладват резултатите от мониторинговата програма на ИМХ за Черно море, развита в рамките на изследователски и технически проекти на МАА, Виена. За периода 1993-2005 се провежда сезонен мониторинг в няколко района на пробовземане. Накратко се описва методологията на пробовземане и анализ. Направена е оценка на вариациите в концентрациите на Cs-137 като важен и полезен трасер за процесите на пренос и смесване. Дискутират се резултатите за концентрацията на разтворен Cs-137 в морската вода, зелени и кафяви водорасли, риба и пясъци. Сравнени са изменението в радиоактивността на морската среда в районите на Варна и Шабла по години. Представени са резултати за радиоактивността на други гама-емитиращи радионуклиди в проби водорасли, риба и дънни утайки за южните райони на Черноморското крайбрежие - Несебър, Созопол и Ахтопол.

Методология

Обобщените резултати от бреговата мониторингова програма на ИМХ са от 5 представителни райони на пробовземане. След 1998г. беше прилагана сезонна координирана мониторингова програма за страните от Черноморския регион. В мониторинга на радиоактивността на Черноморския басейн, в зависимост от бреговата ивица и техническите възможности се отчитат резултатите от една до 3-4 станции за всяка страна. За България като референтна беше избрана станция Варна. Основните усилия бяха съсредоточени върху измерване и анализ на един от биологично значимите радионуклиди, резултат на фолаута от Чернобил ¹³⁷Cs.



Райони на пробовземане

През различните периоди са набрани проби в районите на Шабла, Варна и Шкорпиловци от северното ни Черноморие и от Шкорпиловци, Несебър, Созопол и Ахтопол на юг. Считаме Шабла за национална референтна станция, поради географското и положение и близостта и до делтата на големите реки Дунав, Днепър и Дон. При избора на референтна станция за международна координационен мониторинг на радиоактивността на морската среда е избрана Варна поради по-значителната население и от там по-голяма значимостта при оценка на дозите натоварвания

Методология за Пробовземане

Основните компоненти на Черноморската крайбрежна екосистема са: повърхностни вади, пясък по плажната ивица, водорасли, (*Cystoseira barbata*, *Enteromorpha linza* и *Ulva lactuca*); миди (*Mytilus galloprovincialis*); риба (*Sprattus sprattus* и *Trachurus trachurus*). Пробовземане на морска вода се извършваше 2 пъти годишно – през първата десетдневка на юни и ноември, а на проби биота и пясъци – 1 път, през юни.

Методика за морска вода

Концентрацията на разтворен ¹³⁷Cs се определя посредством сорбентна техника. Водата се грмf.mild през филтравална система MIDIA (филтри FPP, размер на порите < 0.45µm). Обемът на пробите варира от 200 до 600 l. Определя се и солеността на морската вода. Бяха използвани три типа сорбенти за прекоцентрация на радиосезий: SM-KI, BIFEZH и ANFEZH. След пробовземане сорбентите са изсушавани, хомогенизирани и в подходящи пластмасови контейнери са измервани с нискофонов гама-спектрометър.

Пясък от плажната ивица

Пясъчните проби са взимани в близост до линията на разбиване на вълните. Пясъците са изсушавани при 105°C, после се пресвят през сито 1mm. И двете фракции (под и над 1mm) са измервани за гама-емитиращи радионуклиди.

Проби биота: водорасли, риба и миди

Представителни видове за Черно море: водорасли – кафяви (*Cystoseira barbata*), зелени (*Enteromorpha linza*, *Ulva lactuca*); миди - *Mytilus galloprovincialis*; риба- цаца (*Sprattus sprattus*) и сафрид (*Trachurus trachurus*). Биологичните проби са обработвани в съответствие с методическите процедури МААЕ (IAEA 2001) и резултатите се представят на база живо тегло. Основният метод на измерване е нискофонов гама-спектрометрия

РЕЗУЛТАТИ

За целия период на представяното изследване концентрацията на разтворен ¹³⁷Cs в повърхностните води от българското крайбрежие намалява приблизително на половина – от над 40 Bq/m³ до по-малко от 20 Bq/m³ за района на Шабла. Сравнението на временните изменения в концентрациите на ¹³⁷Cs и в района на Варна показва тенденция към намаление, по-добре изразена след 2002. Основен фактор в динамиката на цезия за по-кратки периоди е солеността на морската вода. При разпресняване, съответно понижаване на солеността при пролетното пълноводие на големите реки се отчитат най-ниски концентрации в началото на летния сезон за отделните станции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Продължителните повече от 10 годишни усилия по получаване на данни за радиоактивността в крайбрежната черноморска зона в рамките на проекта за Черно море на МААЕ показват, че нивата на радиоактивно замърсяване с ¹³⁷Cs в повърхностните води, пясъците, дънните утайки и биотата са без радиобиологично значение по продължение на българския бряг. Сезонните вариации в концентрациите на Cs-137 за периода 1995-2003 се обясняват главно с влиянието на речния приток.

Табл. 1. ¹³⁷Cs в морска вода 2001, разтворима и неразтворима фракция.

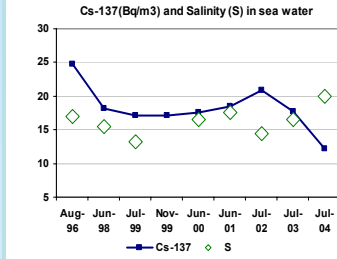
Sampling site	Date of sampling m-d-y	Salinity ‰	Sample volume l	dissolved ¹³⁷ Cs ±1σ uncert.% Bq/m³	Suspended matter g/m³	¹³⁷ Cs in susp.mat. Bq/m³
Шабла	04.06.2001	16.3	250	17.6 ± 4.0%	0.025	<0.2
Варна	06.06.2001	17.6	250	18.4 ± 3.0%	0.007	<0.11
Шкорпиловци	08.06.2001	17.7	250	19.0 ± 3.1%	0.005	0.11
Несебър	07.06.2001	18.5	250	20.7 ± 3.4%	0.013	<0.09

По-ниските концентрации на разтворения ¹³⁷Cs са измерени при по-ниска соленост, като могат да се обяснят с влиянието на р. Дунав.

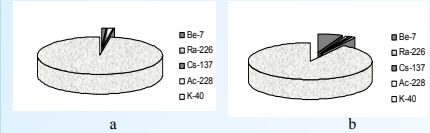
Измерените концентрации на ¹³⁷Cs в Черно море се колебаят около 20 Bq/m³ (IAEA 2000b) с тенденция за намаление. За целия Черноморски басейн средните стойности на ¹³⁷Cs са в границите на 13-25 Bq/m³ (IAEA, 2004).

Биота и пясък-резултати

Водораслите са представителни за една интегрална оценка на локалното радиоактивно замърсяване в морето, поради постоянната експозиция и процесите на акумулиране на радионуклиди чрез адсорбция и абсорбция.



Фиг. 3. Разтворен ¹³⁷Cs за Варна и соленост [‰].



Фиг. 4. Гама-емитиращи радионуклиди в: (а) зелени водорасли и (б) кафяви водорасли, Варненски залив, 2001.

Табл. 2. Концентрации на ¹³⁷Cs в във водорасли, Варна.

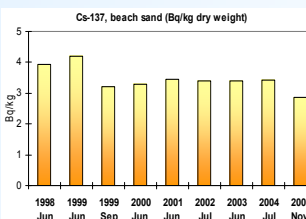
Date	Ceranium species Bq/kg wet weight	Phycoser+Ulva.& Cladophora sp. Bq/kg wet weight
юни 1998	2.5 ± 0.2	0.23 ± 0.03
юли 1999	0.99 ± 0.04	0.15 ± 0.02 (Phycoseris) 0.10 ± 0.02 (Cladophora)
юни 2000	1.03 ± 0.27	0.35 ± 0.03(Phycoseris+Ulva)
юни 2001	1.47 ± 0.14 (Cystoseira +Ceranium)	0.21 ± 0.01 (Phycoseris+Ulva)
юли 2002	0.33 ± 0.04	0.27 ± 0.03 (Phycoseris+Ulva)
юли 2003	0.46 ± 0.02	0.44 ± 0.04

Табл. 3. ¹³⁷Cs и ⁴⁰K в миди (Myt. gallogr.) в Bq/kg мокро тегло.

Sampling site	Year	¹³⁷ Cs ±1σ uncertainty Bq/kg	⁴⁰ K ±1σ uncertainty Bq/kg
Варна	July 1999	0.06 ± 0.01	7.5 ± 1.0
Шкорпиловци	July 1999	0.32 ± 0.08	16.8 ± 2.2
Варна	July 2001	0.30 ± 0.02	46.2 ± 5.0
Варна	July 2003	0.33 ± 0.05	45.0 ± 1.5

Проби от риби и миди са анализирани като елемент от Черноморската мониторингова програма за Варненски залив от 1998г. Подбрани са типични широко разпространени Черноморски видове с голям улов.

Измерените концентрации на ¹³⁷Cs в риба и миди от Черноморския басейн са ниски и не от значение за формирането на радиобиологичната доза на населението в сравнение с естествената радиоактивност, на базата на оценка на рибното потребление в България и другите Черноморски страни (IAEA, 2004).

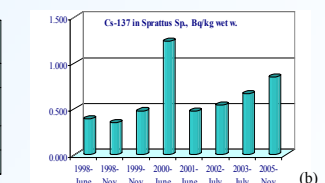
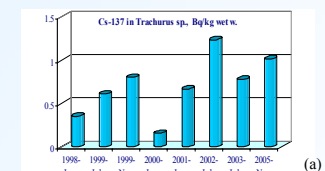


Фиг. 6. Концентрации на ¹³⁷Cs в плажен пясък, Варна.

Стойностите на ¹³⁷Cs измерени в проби пясък от зоната на пробяса са от 1 to 5 Bq/kg сухо тегло за фракции с размер под и над 1 mm.

Концентрации на ¹³⁷Cs в морски риби:

(а) Черноморски сафрид (*Trachurus trachurus ponticus*) и (б) цаца (*Sprattus Sprattus*)



Фиг. 5. Концентрации на ¹³⁷Cs в два вида риба за Варна.

Табл. 4. Гама-емитиращи радионуклиди в плажен пясък и пясъчни дънни проби от зоната на пробяса, (фракция <1mm, юни 2001).

June 2001	Sample	¹³⁷ Cs ±1σ Bq/kg	²²⁸ Ac ±1σ Bq/kg	⁴⁰ K ±1σ Bq/kg	²²⁶ Ra ±1σ Bq/kg
Варна	Beach sand	3.8 ± 0.1	5.9 ± 0.3	642 ± 3.7	7.2 ± 0.3
Шабла	surf zone	0.8 ± 0.1	1.3 ± 0.2	7.5 ± 0.4	3.0 ± 0.2
Варна	surf zone	6.8 ± 0.2	14.3 ± 0.9	662 ± 4	5.4 ± 0.1
Шкорпиловци	surf zone	1.6 ± 0.1	4.9 ± 0.4	856 ± 5	2.1 ± 0.2

Концентрациите на ¹³⁷Cs в проби плажен пясък варират за различните станции и са ниски за Шабла, където пясъка се състои от натрошени мидени черупки. Стойностите цитирани в (IAEA, 2004) за други Черноморски райони са в граници от 0.8-12.3 Bq/kg сухо тегло.