

## ДОЗОВЫЕ НАГРУЗКИ НА НАСЕЛЕНИЕ УКРАИНЫ ОТ ИЗЛУЧЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ( $^{210}\text{Po}$ ) И ЧЕРНОБЫЛЬСКИХ РАДИОНУКЛИДОВ ПРИ УПОТРЕБЛЕНИИ МОРЕПРОДУКТОВ ИЗ ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ И МОЛЛЮСКОВ

*Выполнен расчет коллективных эффективных доз облучения населения Украины от излучения естественного ( $^{210}\text{Po}$ ) и чернобыльских ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ) радионуклидов при употреблении в пищу морепродуктов из черноморских рыб и моллюсков. Показано, что вклад этих радионуклидов в формирование дозовых нагрузок на население страны отражается рядом  $^{210}\text{Po} \gg ^{137}\text{Cs} > ^{90}\text{Sr} > ^{239,240}\text{Pu}$ .*

**Ключевые слова:**  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ , черноморские рыбы и моллюски, коллективные эффективные дозы, население, Украина.

*Виконано розрахунок колективних ефективних доз опромінення населення України від випромінювання природного ( $^{210}\text{Po}$ ) та чорнобильських ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ) радіонуклідів при вживанні у їжу морепродуктів із чорноморських риб та моллюсків. Показано, що внесок цих радіонуклідів у формування дозових навантажень на населення країни відображається рядом  $^{210}\text{Po} \gg ^{137}\text{Cs} > ^{90}\text{Sr} > ^{239,240}\text{Pu}$ .*

**Ключові слова:**  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ , чорноморські риби і моллюски, колективні ефективні дози, населення, Україна.

*The collective effective doses commitment to the Ukraine populations derived from natural ( $^{210}\text{Po}$ ) and the Chernobyl occurring ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ) radionuclides via a consumption of marine food from the Black Sea fish and mollusks were estimated. The input of these radionuclides to the internal dose loads on population of the country corresponds to the range  $^{210}\text{Po} \gg ^{137}\text{Cs} > ^{90}\text{Sr} > ^{239,240}\text{Pu}$ .*

**Key words:**  $^{210}\text{Po}$ , the Black Sea sprat and molluscs, collective effective doses commitment, population, Ukraine.

Радиологическая значимость радиоактивных элементов для морской биоты и человека обусловлена их физическими свойствами, прежде всего, типом и энергией излучения [1]. Значение дозовых конверсионных факторов для каждого из них, их содержание в морских организмах, продукцию из которых население употребляет в пищу, определяют дозу внутреннего облучения человека. В странах Европы при контроле радиационного качества морских продуктов внимание дозиметрических служб обращается на определение содержания в них излучателей любого происхождения [2-5].

Установлено, что вклад естественных радиоактивных элементов в дозовые нагрузки на население существенно выше такового от искусственных источников излучения [2-5]. Сопоставление коллективных эффективных доз облучения населения Земли от двух наиболее ярких представителей естественной ( $^{210}\text{Po}$ ) и искусственной ( $^{137}\text{Cs}$ ) радиоактивности при употреблении в пищу морепродуктов свидетельствует о том,

что соотношение их вкладов в суммарную дозовую нагрузку в случае использования рыбной продукции были выше 80, а из моллюсков – выше 1150 раз [2]. Результаты этого глобального обобщения получены для всех промышленных районов Мирового океана, в том числе и для региона № 37, в который, в соответствии с ресурсным распределением морских акваторий в рамках ФАО, входит весь Средиземноморский бассейн, включая Черное море [2].

Транспортировка чернобыльских радионуклидов с днепровскими водами в Черное море способствовал увеличению их содержания в черноморской воде и дальнейшему их накоплению в гидробионтах, включая, прежде всего, рыб и моллюсков, продукция из которых используется населением в пищу. Поэтому возникла необходимость провести сравнительную оценку доз облучения населения Украины, формируемых излучением естественного ( $^{210}\text{Po}$ ) и чернобыльских ( $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$ ) радионуклидов вследствие употребления в пищу морепродуктов регионального значения.

Необходимость проведения соответствующих расчетов для населения Украины обусловлена отсутствием сведений о дозовых нагрузках, формируемых в среднестатистическом жителе страны региональными источниками морской продукции, основными из которых служат черноморские рыбы промыслового значения и моллюски.

Первые оценки вкладов  $^{210}\text{Po}$  в коллективную эффективную дозу облучения населения Украины вследствие употребления в пищу морепродуктов из черноморского шпрота *Sprattus sprattus phalericus* (Risso) были выполнены в 2010 г. [6]. На шпрота, как источника рыбной продукции, внимание обращено в связи с его наибольшей численностью в Черном море и самыми большими объемами его выловов в этом регионе. Другие техногенные источники облучения населения Украины, присутствующие в морепродуктах местного производства, ранее не исследовались.

В настоящей работе представлены расчетные величины доз облучения населения Украины вследствие употребления в пищу морепродуктов, производимых из наиболее массовых коммерчески используемых видов рыб регионального значения, а именно, шпрота и мерланга *Merlangius merlangus euxinus*, так как в радиоэкологическом плане другие виды черноморских рыб мало изучены во временном масштабе.

Выбор мидий *Mytilus galloprovincialis* Lam. для радиоэкологических и радиобиологических исследований в Черном море определялся массовостью этих моллюсков в прибрежных зонах и перспективностью их культивирования на марикультурных фермах.

Морепродукты из мидий не являются традиционными для использования их в пищу населением Украины в силу сложившихся определенных вкусовых привычек. В этой связи централизованный учет уровней потребления продуктов из моллюсков отдельными группами населения Украины почти невозможен, и такие данные в масштабе страны пока отсутствуют.

Отлов рыб и отбор мидий для радиоэкологических и радиобиологических исследований проводили в прибрежных районах Крыма – от мыса Сарыч до мыса Лукулл, включая бухты Севастополя (рис. 1).

Определение в пробах радионуклидов природного и черноморского происхождения выполнено в соответствии с отечественными и международными методиками с использованием современной измерительной аппаратуры [7]. Объемы выловов шпрота в украинской части акватории Черного моря и численность населения Украины за период с 2000 г. по 2009 гг. представлены в табл. 1 [6].

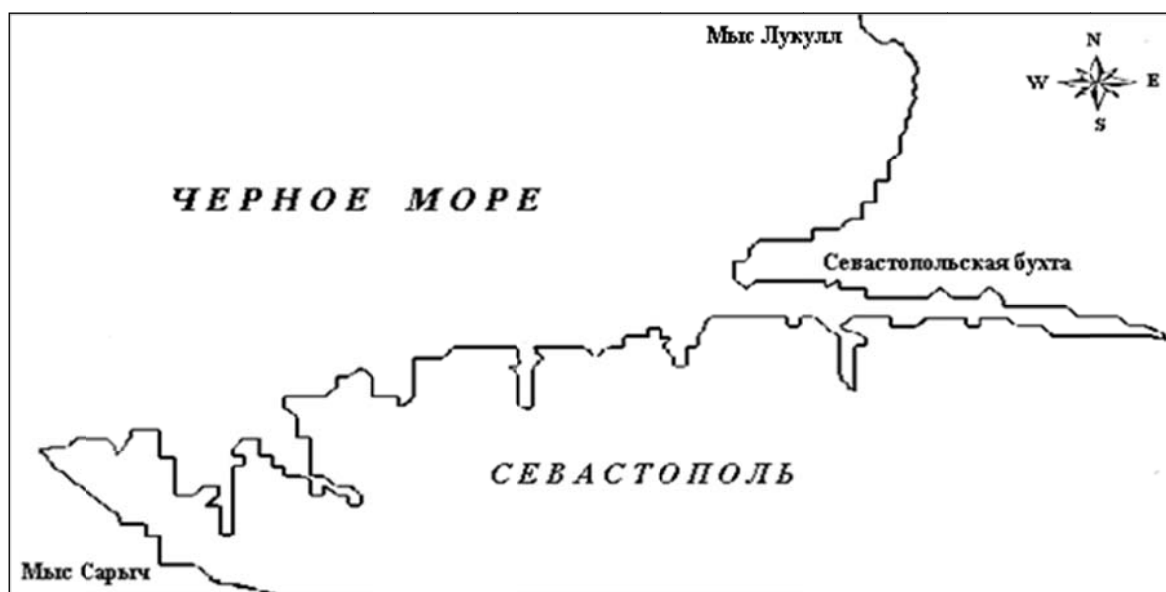


Рис. 1. Схема-карта районов отлова рыб и отбора проб мидий

Таблица 1

**Объемы вылова черноморского шпрота в украинской части акватории Черного моря и численность населения Украины**

| Год  | Численность населения Украины, тыс. чел.* | Объемы вылова шпрота, т** |
|------|---|---------------------------|
| 2000 | 48923,2                                   | 32685,548                 |
| 2001 | 48457,1                                   | 49003,4                   |
| 2002 | 48003,5                                   | 45447,8                   |
| 2003 | 47622,4                                   | 31366,4                   |
| 2004 | 47280,8                                   | 30892,3                   |
| 2005 | 46929,5                                   | 35650,2                   |
| 2006 | 46646,0                                   | 21308,6                   |
| 2007 | 46372,7                                   | 18012,6                   |
| 2008 | 46143,7                                   | 21110,8                   |
| 2009 | 45962,9                                   | 24603,5                   |

\* Госкомстат Украины, 2000-2010 гг.

\*\* Госкомитет рыбного хозяйства при Министерстве аграрной политики Украины

Дозы облучения населения зависят от индивидуальных пищевых предпочтений и количества употребляемых морских продуктов, при этом в годовом исчислении на душу населения Украины с учетом отдельных ее регионов приходится в среднем от 0,4 до 1,0 кг шпрота, самого массового вида рыб в Черном море [6].

Объемы вылова мерланга в районах исследования были существенно ниже, чем шпрота, варьируя в диапазоне 7-10 т. Поэтому суммарный вклад изготовленных из этого вида придонных рыб морепродуктов в коллективную эффективную дозу облучения населения Украины от альфа-излучающих радионуклидов  $^{210}\text{Po}$  и  $^{239,240}\text{Pu}$  значительно ниже по сравнению с продукцией из шпрота.

Расчеты коллективных эффективных доз облучения населения Украины выполнены нами в соответствии с методикой, представленной в работе [2]. В расчетах для продукции из рыб использованы концентрации радионуклидов в их съедобной части, а для продуктов из мидий – в их мягких тканях [2] с учетом годовых выловов и сборов этих гидробионтов. Максимальные за исследованный период времени с 2000 по 2009 г. концентрации  $^{210}\text{Po}$  и черноморских радионуклидов в шпроте, мерланге и мидиях представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Максимальные концентрации  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239,240}\text{Pu}$  в исследованных видах рыб и мидиях Черного моря**

| Название рыбы        | Концентрации, Бк·кг <sup>-1</sup> сырой массы |                   |                  |                       |
|----------------------|---|-------------------|------------------|-----------------------|
|                      | $^{210}\text{Po}$                             | $^{137}\text{Cs}$ | $^{90}\text{Sr}$ | $^{239,240}\text{Pu}$ |
| Шпрот                | 32,0  | 2,2               | 0,49             | 0,0011                |
| Мерланг              | 17,2  | 2,0               | 0,11             | 0,0004                |
| Мидии (мягкие ткани) | 60,0  | 1,1               | 2,1              | 0,0019                |

Оценка максимально возможных величин коллективных эффективных доз облучения населения страны в 2000-2009 гг. от излучения  $^{210}\text{Po}$  в рыбной продукции из черноморского шпрота показала, что их диапазон изменялся от 4,93 до 13,41 чел.-Зв при усредненной за весь период исследований величине, составившей 9,16 чел.-Зв [6].

При расчетах максимально возможных дозовых нагрузок на население Украины от альфа-излучения  $^{239,240}\text{Pu}$  вследствие употребления продукции из шпрота их величины были ниже, чем от  $^{210}\text{Po}$ , более, чем в  $2,9 \cdot 10^4$  раз, а в случае продуктов из мерланга – почти в  $4,4 \cdot 10^4$  раз. При употреблении продуктов из мягких тканей мидий отношение было равным  $3,2 \cdot 10^4$ .

Проведенные нами сравнительные расчеты показали, что отношение вкладов  $^{210}\text{Po}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в коллективные эффективные дозы внутреннего облучения населения Украины вследствие употребления продуктов из шпрота достигает 90 единиц. Вклад  $^{90}\text{Sr}$  в облучение население меньше, чем от  $^{137}\text{Cs}$ , почти в 20 раз, что соответствует глобальным расчетам при оценке

поступления к человеку этих черноморских радионуклидов с морепродуктами [5].

При употреблении продуктов, изготовленных из мерланга и мидий, отношения вкладов  $^{210}\text{Po}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в коллективные эффективные дозы облучения населения страны увеличиваются по сравнению с таковыми в продуктах из шпрота. Это может быть обусловлено более низкими концентрациями данных радионуклидов в их съедобных частях и относительно низкими объемами выловов и сборов этих гидробионтов в украинской части акватории Черного моря. Еще больше возрастает такое отношение в случае  $^{210}\text{Po}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

Такие же тенденции отмечены для морепродуктов из рыб и моллюсков из других морских регионов. Однако дозовые нагрузки на население, употребляющее морепродукты, может быть выше в связи с различием в пищевых рационах и количестве потребляемых морепродуктов. Так,  $^{137}\text{Cs}$  черноморского происхождения, присутствующий в средиземноморских морепродуктах, формирует дозу внутреннего облучения части населения стран Средиземноморья, входящих в группы риска и употребляющих ежегодно 73 кг рыбы и 35 кг моллюсков, превышающую почти в пять раз дозовую нагрузку на группы риска из Черноморского региона [5]. Индивидуальные дозы облучения населения из групп риска от излучения  $^{210}\text{Po}$  при употреблении в пищу средиземноморских морепродуктов, были почти в 1000 раз выше, чем от  $^{137}\text{Cs}$  (0,54 и 0,0005 мЗв·год<sup>-1</sup>, соответственно) [5]. Приведенные данные свидетельствуют о том, что  $^{210}\text{Po}$  служит основным вкладчиком в «морскую дозу» облучения населения разных возрастных групп.

Полученные нами результаты позволяют сделать следующие **выводы**:

1. Оценка коллективных эффективных доз внутреннего облучения населения Украины от излучения радионуклидов  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239,240}\text{Pu}$  вследствие употребления в пищу региональных морепродуктов, изготавливаемых из шпрота, мерланга и мидий, обитающих в прибрежной зоне Крыма, свидетельствует о доминирующей роли  $^{210}\text{Po}$  в этом процессе.

2. Учитывая вклад  $^{210}\text{Po}$  в дозы внутреннего облучения населения Украины от морепродуктов, необходимо проводить оценку дозовых нагрузок, формируемых этим радионуклидом в разных возрастных группах.

**Благодарности.** Авторы глубоко признательны зам. начальника Управления водных живых ресурсов и аквакультуры Госкомитета рыбного хозяйства Украины Пличко В. Ф., начальнику отдела ихтиологии Восточно-Черноморского бассейнового государственного управления рыбохозяйства при Госкомитете рыбного хозяйства Украины Гуцалу Д. К. и зам. директора по науке Института биологии южных морей НАН Украины к.б.н. Болтачеву А. Р. за помощь в сборе ихтиологической информации и предоставленные данные по объемам выловов рыб и сборов мидий в украинской части акватории Черного моря.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Cherry R. D., Shannon L. V. The alpha radioactivity of marine organisms // Atomic Energy Rev. – 1974. – Vol. 12. – P. 3-45.
2. Aarkrog A., Baxter M.S., Battercourt A.O. et al. A comparison of doses from  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{210}\text{Po}$  in marine food: A Major International Study // J. Environ. Radioactivity. – 1997. – Vol. 34, № 1. – P. 69–90.
3. Strand P., Brown J.E., Larsson C.-M. Framework for the protection of the environment from ionizing radiation // Radiation Protection Dosimetry. – 2000. – Vol. 92, № 1-3. – P. 169-175.
4. Nielsen S.P., Hou X. Environmental data / Report of working Group B, Annex B: MARINA II «Update of the Marina Project on the radiological exposure of the European Community from radioactivity in North European marine waters». – European Commission. – 2002. – P. 11-25.
5. OSPAR Commission. Discharges of radioactive substances into the maritime area by non-nuclear industries / OSPAR // Radioactive Substances Series, OSPAR, 2002. – 60 p. [[http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00161\\_Radioactive%20substances%20by%20non%20nuclear%20industry.pdf](http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00161_Radioactive%20substances%20by%20non%20nuclear%20industry.pdf)].
6. Лазоренко Г. Е. Дозовые нагрузки на население Крыма (оценочные) и Украины (ориентировочные) от альфа-излучения природного радионуклида  $^{210}\text{Po}$  вследствие потребления в пищу черноморского шпрота / Г. Е. Лазоренко, Г. Г. Поликарпов, А. Р. Болтачев // Наукові праці. Науково-методичний журнал. – Серія «Техногенна безпека». – 2010. – Вип. 126, Т. 139. – С. 49-52.
7. Характеристика полученных данных и оборудование для отбора проб и измерений / [Г. Г. Поликарпов, В. Н. Егоров, С. Б. Гулин и др.] // Радиэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию / [под ред. Г. Г. Поликарпова и В. Н. Егорова]. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – С. 43-95.

Рецензенти: **Гулин С. Б.**, д.б.н., зав. відділу радіаційної та хімічної біології  
ІнБПМ НАН України;  
**Кутлахмедов Ю. О.**, д.б.н., професор.

© Лазоренко Г. Е., Поликарпов Г. Г.,  
Мірзоєва Н. Ю., Терещенко Н. Н., 2012

Дата надходження статті до редколегії: 21.04.2012 р.

**ЛАЗОРЕНКО Галина Євдокимівна** – д.б.н., провідний науковий співробітник відділу радіаційної та хімічної біології Інституту біології південних морів ім. О. О. Ковалевського НАНУ, м. Севастополь, Україна.

**Коло наукових інтересів:** радіоекологія водних екосистем.

**ПОЛІКАРПОВ Г. Г.** – головний науковий співробітник Інституту біології південних морів ім. О. О. Ковалевського НАНУ, м. Севастополь, Україна.

**Коло наукових інтересів:** радіоекологія водних екосистем.

**МІРЗОЄВА Наталія Юрійвна** – к.б.н., завідувача лабораторією радіаційної екології та біогеохімії відділу радіаційної і хімічної біології (ВРХБ) Інституту біології південних морів ім. О. О. Ковалевського (ІнБПМ) НАНУ, м. Севастополь.

**Коло наукових інтересів:** вивчення в системі радіоекологічного моніторингу закономірностей міграції довгоживучих радіонуклідів  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$  у водних екосистемах чорноморського басейну, розробка, з використанням радіотрасерних методів, біогеохімічних критеріїв нормування потоків радіоактивних речовин природного і техногенного походження та оцінка обумовленого ними екологічного ризику утворення критичних зон у Чорному морі; еквідозиметрія і вивчення біогеохімічних факторів концентрації, перерозподілу та міграції елементів – хімічних аналогів  $^{90}\text{Sr}$  і  $^{137}\text{Cs}$ .

**ТЕРЕЩЕНКО Наталія Миколаївна** – к.б.н., старший науковий співробітник відділу радіаційної та хімічної біології Інституту біології південних морів ім. О. О. Ковалевського НАНУ, м. Севастополь, Україна.

**Коло наукових інтересів:** радіоекологія водних екосистем, радіохемоекологія, радіоекологія трансуранових елементів, радіотрасерні методи, екоетика.