УДК (546.79:594.124 (262.5))

Лазоренко Г. Е., Поликарпов Г. Г.

ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ МОРСКОЙ СРЕДЫ: ПРЕДЕЛЬНЫЕ ДОЗОВЫЕ НАГРУЗКИ НА РЫБ ЧЕРНОГО МОРЯ

Приведены расчеты максимальных мощностей доз облучения от излучения ^{210}Po в рыбах Черного моря и их печени, как одного из основных внутренних органов-концентраторов этого естественного радионуклида. Предлагается использовать их величины в качестве предельных радиационных уровней, сформированных природой, для оценки дозовых нагрузок на индикаторные виды черноморских рыб от излучения естественного и техногенного происхождения.

Ключевые слова: *^{210}Po, мощности доз облучения, рыбы, печень, Черное море.*

Наведено розрахунки максимальних потужностей доз опромінення від випромінювання ^{210}Po у рибах Чорного моря та їхній печінці, як одного із основних внутрішніх органів-концентраторів цього природного радіонукліда. Пропонується використовувати їх величини у якості граничних радіаційних рівнів,, сформованих природою, для оцінки дозових навантажень на індикаторні види чорноморських риб від опромінення природного та техногенного походження.

Ключові слова: *^{210}Po, потужності доз опромінення, риби, печінка, Чорне море.*

The maximum dose rates derived from irradiation of ^{210}Po to the Black Sea fishes and their liver as one of the major internal organ-concentrators of this natural radionuclide were estimated. It is proposed to use their values as limit radiation levels for the assessment of dose loads on the indicative species of the Black Sea fishes from the radiation of natural and man-made radioactive elements.

Key words: *^{210}Po, radiation dose rates, fishes, liver, the Black Sea.*

В современных условиях вклад морской естественной радиоактивности в формирование доз облучения гидробионтов и населения вследствие употребления в пищу морских продуктов значительно выше, чем от глобальных техногенных источников облучения, за исключением районов радиационных аварий на атомных станциях, расположенных на морском побережье [1-7].

Среди представителей морской естественной радиоактивности, как основных дозообразующих вкладчиков, наибольшего внимания заслуживают ^{40}K, ^{234}Th, ^{226}Ra, ^{210}Pb и ^{210}Po при полном доминировании последнего [1-7]. Для выяснения причин избирательного аккумулирования ^{210}Po морскими гидробионтами, прежде всего, рыбами, используемыми человеком в пищу, были предложены различные теоретические предпосылки и практические подходы [1-3; 8-11]. Выявлено, что уровни концентрирования ^{210}Po этими гидробионтами зависят от типа их питания и видовой принадлежности [1; 3; 8-11]. Наиболее полная картина таких зависимостей для черноморских рыб, установленная нами [12; 13], соответствует данным для других морских регионов и отражает общие тенденции поведения ^{210}Po в морской среде и закономерности его аккумулирования гидробионтами [1].

Поступая в рыбы только с пищей, ^{210}Po аккумулируется в их отдельных органах в порядке, отражающем закономерности поступления и распределения пищевого материала внутри организма, что позволяет расположить их с учетом уменьшающего вклада в этот процесс в порядке убывания: внутренние органы целиком > печень > скелеты > жабры > мускулы [1, 3, 8-13]. В большинстве публикаций, посвященных исследованию аккумулирующей способности рыб, принадлежащих к различным экологическим группам, показано, что печень служит главным органом-концентратором ^{210}Po [1; 3; 8-11]. Поэтому оценка доз облучения, формируемых излучением этого радионуклида в целых рыбах и их отдельных органах, особенно, в их печени, представляется крайне важной с учетом коммерческого использования изготавливаемых из них продуктов для населения.

В настоящей работе приведены собственные данные о дозах облучения, формируемых излучением альфа-частиц ^{210}Po в черноморских рыбах и их отдельных органах. Перечень исследованных рыб представлен в табл. 1.

Таблица 1

Перечень исследованных черноморских рыб

№ п/п	Русское название рыбы [16]	Латинское название рыбы [16]
Донный вид		
1	Бычок-травяник	*Gobius ophiocephalus* Pallas
Придонные виды		
2	Горбыль темний	*Sciaena umbra* Linné
3	Черноморский мерланг	*Merlangius merlangus euxinus* (Nordmann)
Пелагические виды		
4	Сарган	*Belone belone euxini* Günther

Рассчитанные на основании измерений концентраций ^{210}Po в рыбах и их отдельных органах [12; 13] максимальные мощности эквивалентных (взвешенных поглощенных) доз облучения [14; 15] свидетельствуют о наибольшем вкладе печени в этот процесс. По данным собственных определений, масса печени исследованных рыб составляет 0,5-1 % от общей массы особи.

Вклад печени в аккумулирование рыбами полония и, как следствие, в дозовые нагрузки от его излучения, обусловлен типом их питания, принадлежностью к разным экологическим группам и соответствует ряду: 1,82 мЗв·год$^{-1}$ для бычка-травяника < 6,42 мЗв·год$^{-1}$ – для мерланга < 9,52 мЗв·год$^{-1}$ – для саргана < 73,8 мЗв·год$^{-1}$ – для темного горбыля [14; 15].

Как видно, для печени горбыля *S. umbra*, в природных условиях существования которого максимальная эквивалентная доза облучения от ^{210}Po была самой высокой среди других объектов исследования, соответствует «Зоне физиологической маскировки» [17], достигала значения, только лишь в 50 раз ниже уровня, рекомендованного МАГАТЭ в качестве безопасного для популяций водных организмов [18].

Как видно, уровни мощностей доз облучения рыб от естественной радиоактивности (при доминирующем вкладе в них излучения полония), к которым эволюционно адаптированы организмы, – это сформированный природой настораживающий сигнал. На наш взгляд, следует использовать термин «Полониевый дозор» для сопоставления мощностей доз, формируемых техногенными радионуклидами, с максимальными их величинами от ^{210}Po в индикаторных видах гидробионтов, ведущих разный экологический образ жизни.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cherry R. D., Shannon L. V. The alpha radioactivity of marine organisms // Atomic Energy Rev. – 1974. – Vol. 12. – P. 3-45.
2. Kershaw P. J., Pentreath R. J., Woodhead D. S. et al. A review of radioactivity in the Irish Sea // Aquatic Environmental Monitoring Report, № 32. – Lowestoft, UK: MAFF, Directorate of Fisheries Research, 1992. – 65 p.
3. Holm E. Polonium-210 and radiocaesium in muscle tissue of fish from different Nordic marine areas. Nordic Radioecology. The transfer of radionuclides through Nordic ecosystems to man // Studies in Environmental Sciences 62 / Ed. by H. Dahlgaard. – Amsterdam ; New York ; Oxford ; Shannon ; Tokyo: Elsevier, 1994. – P. 119–126.
4. Aarkrog A., Baxter M. S., Battercourt A. O. et al. A comparison of doses from ^{137}Cs and ^{210}Po in marine food: A Major International Study // J. Environ. Radioactivity. – 1997. – Vol. 34, № 1. – P. 69–90.
5. Alonso-Hernández C., Avila-Moreno R., Diaz-Asencio M. et al. Comparison of doses due to ^{137}Ca and ^{210}Po that receive the resident population in the site of the Juraguá Nuclear Power Plant by marine organisms consumption // Intern. Symp. on Marine Pollution. – Poster Presentation: IAEA-SM-354/111P. – Monaco, 5-9 Oct. 1998. – P. 442.
6. Kershaw P. J. Pilot Study for the update of the MARINA Project on the radiological exposure of the European Community from radioactivity in North European marine water // Final Report for the European Commission, Directorate- Genaral XI «Environment, Nuclear Safety and Civil Protection», December 1999. – 77 p.
7. IAEA. Radionuclide levels in oceans and seas: Final report of coordinated research project // Worldwide marine radioactivity studies (WOMARS) / IAEA-TECDOC-1429. – Vienna: IAEA, 2005. – 194 p.
8. Carvalho F. P., Oliveira J. M., Malta M. Radionuclides in deep-sea fish and other organisms from the North Atlantic Ocean // ICES J. Mar. Sci. – 2011. – Vol. 68, Iss. 2. – P. 333-340.
9. Smith J. D., Towler P. H. Polonium-210 in cartilaginous fishes (*Chondrichthyes*) from south-eastern Australian waters // Austral. J. Mar. Freshwater Res. – 1993. – Vol. 44, Iss. 5. – P. 727-733.
10. Connan O., Germain P., Solier L., Gouret G. Variations of ^{210}Po and ^{210}Pb in various marine organisms from Western English Channel: contribution of ^{210}Po to the radiation dose // J. Environ. Radioactivity. – 2007. – Vol. 97, Iss. 2-3. – P. 168-188.
11. Waska H., Kim S., Kim G. et al. Distribution patterns of chalcogens (S, Se, Te, and ^{210}Po) in various tissues of a squid, *Todarodes pacificus* // Sci. Total Environ. – 2008. – Vol. 392, Iss. 2-3. – P. 218-224.
12. Лазоренко Г. Е. ^{210}Po в гидробионтах Черного моря // Чтения памяти Н. В. Тимофеева-Ресовского: 100-летию со дня рождения Н. В. Тимофеева-Ресовского посвящается. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2000. – С. 108-125.
13. Лазоренко Г. Е. Распределение природного радионуклида ^{210}Po в компонентах экосистемы Черного моря // Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию / Под ред. Г. Г. Поликарпова, В. Н. Егорова. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – С. 311-338.
14. Лазоренко Г. Е., Поликарпов Г. Г. Оценка дозовых нагрузок на гидробионты Черного моря от излучений альфа-частиц природного радионуклида ^{210}Po // Радиоэкологический отклик Черного моря на чернобыльскую аварию / Под ред. Г. Г. Поликарпова, В. Н. Егорова. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2008. – С. 381-388.
15. Лазоренко Г. Е., Поликарпов Г. Г. Дозовые нагрузки, формируемые природным радионуклидом ^{210}Po в коммерчески значимых видах рыб и моллюсков Черного моря // Наукові праці: Наук. – метод. журн. – Сер. «Техногенна безпека». – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. П. Могили, 2009. – Т. 116, Вип. 103. – С. 85–89.

16. Болтачев А. Р. Таксономическое разнообразие // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (Черноморское побережье) / Под ред. В. Н. Еремеева, Г. Е. Шульмана, А. В. Гаевской. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003. – С. 364–379.
17. Polikarpov G. G. Conceptual model of responses of organisms, populations and ecosystems to all possible dose rates of ionising radiation in the environment // Radiation Protection Dosimetry. – 1998. – Vol. 75, № 1–4. – P. 181–185.
18. IAEA. Effects of ionising radiation on plants and animals at levels implied by carrent radiation protection standards. IAEA TRS, № 332. – Vienna: IAEA. – 1992.

Рецензенти: Полікарпов Г. Г., д.б.н., професор;
Єгоров В. М., чл.-кор. НАН України, д.б.н., професор

© Лазоренко Г. Е., 2011

Стаття надійшла до редколегії 23.09.2011 р.