

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК
НА ГИДРОБИОНТЫ
СЕВАСТОПОЛЬСКИХ БУХТ, КАК
СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЗА
ПОСТЧЕРНОБЫЛЬСКИМ
СОСТОЯНИЕМ ЭКОСИСТЕМЫ**

Н.Ю. Мирзоева

Институт биологии южных морей
им. А. О. Ковалевского НАН Украины,
г. Севастополь, пр. Нахимова, 2
E-mail: natmirz@ibss.iuf.net

Рассматривается определение дозовых нагрузок, полученных различными видами гидробионтов севастопольских бухт от постчернобыльских ^{90}Sr и ^{137}Cs . Сопоставление полученных в системе мониторинга результатов со шкалой Зон ионизирующего излучения служит системой контроля за радиозкологическим состоянием водных экосистем после аварии на Чернобыльской АЭС.

В результате аварии на Чернобыльской АЭС (ЧАЭС), произошедшей 26 апреля 1986 года, в течение 10 дней, пока шли выбросы в атмосферу, в окружающую среду поступило 2 ЭБк радиоактивного материала: осколочных продуктов деления, трансурановых элементов и продуктов активации, что составляло 3-4 % активности, содержащейся в активной зоне реактора. В атмосферу было выброшено 10 % от общего количества цезия (19 ПБк ^{134}Cs и 37 ПБк ^{137}Cs), находившегося в активной зоне, 8 ПБк ^{90}Sr , 0,1 ПБк изотопов плутония [1, 2]. Радиоактивное загрязнение водных экосистем, расположенных как вблизи места взрыва, так и значительно удаленных от него, связано с выбросом в атмосферу и ветровым переносом радиоактивных продуктов и аэрозольных частиц. В первые месяцы после аварии на ЧАЭС акватория Черного моря подверглась острому радиоактивному загрязнению. В мае 1986 г. на поверхность Черного моря выпало 1,7 – 2,4 ПБк ^{137}Cs 0,3 ПБк ^{90}Sr [3, 4].

Вторичное радиоактивное загрязнение водной экосистемы Черного моря определялось стоком рек, преимущественно Днепра, хроническим радиоактивным

загрязнением, в основном за счет водопользования из Северо-Крымского канала. Так поступление ^{90}Sr с водами реки Днепр, наряду с атмосферным выпадением, составило 57,8 ТБк, а с водами реки Дунай – 32,8 ТБк [5, 6].

Радиоактивное загрязнение гидросферы после аварии на Чернобыльской АЭС неизбежно повлекло воздействие радиации не только на человека, но также на популяции гидробионтов, ареал обитания которых попал в зону радиоактивного загрязнения. По данным SCOPE (Научный Комитет по Проблемам Окружающей Среды), популяции диких животных более беззащитны перед радиацией, чем человек. Во-первых, правильно организованный радиационный контроль позволяет человеку выбирать и использовать качественные ресурсы (пищу, питьевую воду, места проживания и т.п.). Во-вторых, с целью снижения воздействия радиоактивного загрязнения человек может использовать различные медико-санитарные и технические средства [1, 7, 8].

Актуальность исследований радиоактивного загрязнения водных экосистем, различно удаленных от региона аварии на Чернобыльской АЭС, определение дозовых нагрузок, вызываемых данным загрязнением на гидробионты исследуемых экосистем, обусловлены потребностью оценки риска радиационного воздействия и прогноза последствий аварии на ЧАЭС.

Цель настоящей работы:

- определить дозовые нагрузки, получаемые различными гидробионтами севастопольских бухт в результате загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr (с 1986 по 2003 гг.) экологических компонентов исследуемого региона после аварии на Чернобыльской АЭС;

- оценить степень риска последствий радиационного воздействия постчернобыльских ^{137}Cs и ^{90}Sr в качестве внешних и внутренних источников облучения, определяющих суммарную дозовую нагрузку на гидробионты различных экологических групп.

Методика расчета радиационных доз для популяций растений и животных, обитающих в водных экосистемах, различно удаленных

от Чернобыльской АЭС, основывалась на использовании коэффициента DCF (дозового преобразующего фактора) для ^{90}Sr и ^{137}Cs , определении суммарной дозы, получаемой гидробионтами от внешнего (вода и донные отложения) и внутреннего облучения организма данными радионуклидами [8, 9, 10]. Полученные результаты сравнивались с дозовым лимитом для водных организмов, предложенным DOE (Отдел Энергии, Вашингтон, США). Согласно данному стандарту, лимит суммарной поглощенной

дозы, полученной водными организмами и не вызывающей каких – либо изменений в природных популяциях гидробионтов, не превышает 10 мГр в день [8, 10].

Нами использовалось уравнение для определения дозовой нагрузки, получаемой гидробионтами от внутреннего и внешнего источника облучения радиации с использованием DCF_{int} и DCF_{ext} факторов (1), [8, 9, 10].

$$D_i = C_i^w \times \text{DCF}_{\text{ext}}^w + C_i^{\text{sed}} \times \text{DCF}_{\text{ext}}^{\text{sed}} + C_i^w \times \text{DCF}_{\text{int}}^{\text{int}} \times \text{CF}_i^{\text{hydr}} \quad [\text{Гргод}^{-1}], \quad (1)$$

где:

C_i^w – концентрация i-го радионуклида в воде;

$\text{DCF}_{\text{ext}}^w$ – коэффициент дозового преобразования концентрации i-го радионуклида в водной среде, образующий внешнюю дозу облучения для гидробионтов;

C_i^{sed} – концентрация i-го радионуклида в донных отложениях;

$\text{DCF}_{\text{ext}}^{\text{sed}}$ – коэффициент дозового преобразования концентрации i-го радионуклида в донных отложениях, образующий внешнюю дозу облучения для гидробионтов;

$\text{DCF}_{\text{int}}^{\text{int}}$ – коэффициент дозового преобразования концентрации i-го радионуклида в гидробионтах, образующий внутреннюю дозу облучения для организмов;

$\text{CF}_i^{\text{hydr}}$ – коэффициент накопления i-го радионуклида в гидробионтах.

Суммарная дозовая нагрузка, получаемая гидробионтами от внешнего и внутреннего облучения ^{90}Sr и ^{137}Cs определяется, как сумма дозовых нагрузок (2):

$$D_{\Sigma} = \Sigma D_i \quad (2)$$

Использование данной универсальной формулы для расчета дозовых нагрузок гидробионтов от различных радионуклидов основывается на следующих предположениях [8]: вода, донные отложения, как объекты, содержащие различные радионуклиды, являются бесконечными в масштабе по отношению к гидробионтам, для которых они служат источниками внешнего облучения; принимается единообразное и равномерное загрязнение среды обитания гидробионтов;

предполагается единовременный отбор гидробионтов, воды и донных отложений; организм гидробионтов рассматривается как бесконечно малый объект по отношению к среде обитания; предполагается, что гидробионты, находясь 100% своего жизненного времени в водной экосистеме, получают внешнюю дозу облучения от двух пограничных сред: вода - донные отложения.

Материалом исследований служили вода, донные отложения, гидробионты севастопольских бухт, отобранные в течение 1986-2003 гг. Отбор проб осуществлялся не реже, чем два раза в год. Результаты сравнивались с таковыми, полученными ранее в процессе мониторинга [11, 12]. В перечень наблюдаемых объектов входили буре водоросли *Cystoseira crinita*, моллюски *Mytilus galloprovincialis*, рыбы *Merlangius merlangus euxinus*, которые были выбраны нами в качестве основных биологических объектов радиэкологического мониторинга.

Результаты исследований показали, что суммарные дозовые нагрузки черноморских гидробионтов за счет излучений ^{90}Sr и ^{137}Cs не поднимались выше уровней хронического облучения зоны радиационного благополучия, согласно шкале Зон ионизирующего облучения, предложенной академиком НАН Украины Г.Г. Поликарповым [13], и были значительно ниже дозовых нагрузок, получаемых гидробионтами севастопольских бухт от природного радионуклида ^{210}Po [14] (таблица 1, рис. 1).

Таблица 1 – Дозовые нагрузки, полученные черноморскими гидробионтами (Гр·год⁻¹) от постчернобыльских искусственных радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs (представлены суммарные результаты (максимально полученные значения) за 1986 г.) и от природного радионуклида ²¹⁰Po

Виды черноморских гидробионтов	²¹⁰ Po [14]	⁹⁰ Sr + ¹³⁷ Cs (наши данные)
<i>Merlangius merlangus euxinus</i>	$2.9 \cdot 10^{-4}$	$0.5 \cdot 10^{-4}$
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	$16.4 \cdot 10^{-4}$	$0.9 \cdot 10^{-4}$
<i>Cystoseira crinita</i>	$2.7 \cdot 10^{-4}$	$0.5 \cdot 10^{-4}$

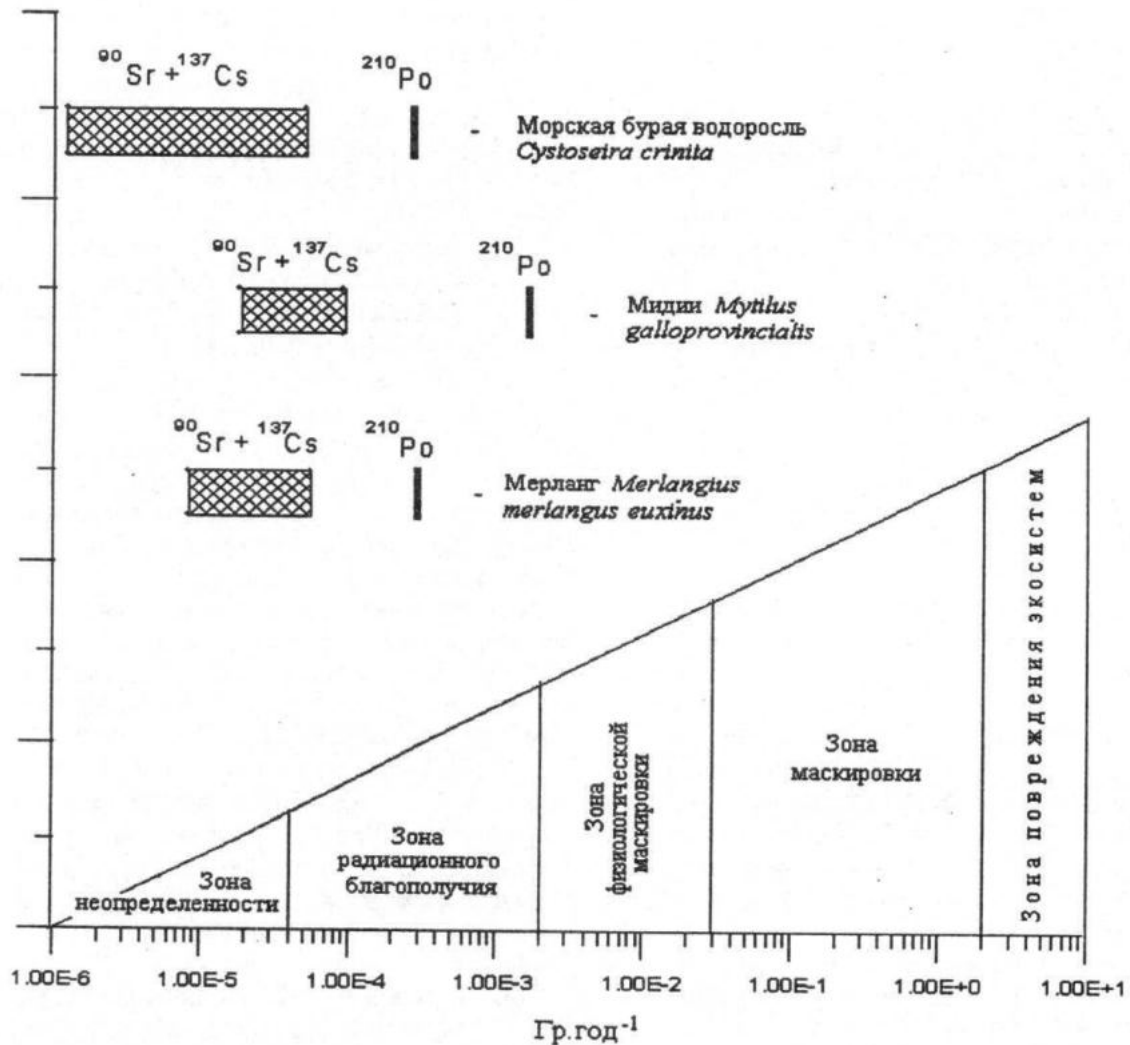


Рис. 1 – Сравнительные дозовые нагрузки (Гр·год⁻¹), получаемые гидробионтами севавтопольских бухт от антропогенных радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs (по нашим данным), попавших в Черное море после аварии на ЧАЭС и природного радионуклида ²¹⁰Po (цифровые данные по ²¹⁰Po приведены из работы Lazogenko G.E., Polikarpov G.G., Osvath I., 2003)

Расчет дозовых нагрузок подтверждает, что постчернобыльские ^{90}Sr и ^{137}Cs не оказали регистрируемого влияния на популяцию гидробионтов севавтопольских бухт, не зависимо от времени их исследования.

Сопоставление рассчитанных дозовых нагрузок, получаемых гидробионтами от излучения ^{90}Sr и ^{137}Cs со шкалой Зон ионизирующего облучения [13] - это один из методов для реализации контроля за радиэкологическим постчернобыльским состоянием водных экосистем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Апплби Л. Дж., Девелл Л., Мишра Ю.К. Пути миграции искусственных радионуклидов в окружающей среде. Радиэкология после Чернобыля: Пер. с англ. Под ред. Ф. Уорнера и Р. Харрисона. - М.: Мир, 1999. - 512 с.

2. Ильин Л.А., Павловский О.А. Радиэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и меры, предпринятые с целью их смягчения. Журнал "Атомная энергия", Т. 65, вып. 2, 1988. - С. 119-128.

3. Livingston H., Clarke W., Honjo S. et al. Chernobyl fallout studies in the Black Sea and other oceans areas. EML, vol. 460, 1986. - P. 214-223.

4. Егоров В.Н., Поликарпов Г.Г., Кулебакина Л.Г., Стокозов Н.А. Радиоактивное загрязнение вод, гидробионтов и донных отложений Черного моря после аварии на ЧАЭС через проливы Босфор в моря Средиземноморского бассейна. Матер. Межд. конф. АСОПС "Загрязнение морей вокруг побережья СНГ (преимущественно, Арктики)", Архангельск, 19-23 июня 1993. - Севастополь, Ч.2, 1993. - С. 82-84.

5. Egorov V.N., Povinec P.P., Polikarpov G.G., Stokozov N.A., Gulin S.B., Kulebakina L.G., Osvath I. ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Black Sea after the Chernobyl NPP accident: inventories, balance and tracer applications. Journal of Environmental Radioactivity, vol. 43, 1999. - P. 137-155.

6. Egorov V.N., Polikarpov G.G., Stokozov N.A., Gulin S.B., Mirzoyeva N. Yu. Assessment of the Black Sea response time-scale to pollution

with ^{90}Sr and ^{137}Cs following the Chernobyl NPP accident, Rapport du 36e Congress de la CIESM: 36th CIESM Congress Proceedings, Monte-Carlo, Monaco, vol. 36, 2001. - P. 121.

7. Thomas P., Liber K. An estimation of radiation doses to benthic invertebrates from sediments collected near a Canadian uranium mine. Journal of Environmental International, vol. 27, 2001. - P. 341-353.

8. DOE Standard. A Graded approach for evaluating radiation doses to aquatic and terrestrial biota. U.S.A. Department of Energy, Washington, D.C. 20585. - No. ENVR. - 0011. Third Printing, March, 2001. - 347 p.

9. Amiro B.D. Radiological dose conversion factor for generic non-human biota used for screening potential ecological impacts. Journal of Environmental Radioactivity, vol. 35, No. 1, 1997. - P. 37-51.

10. International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA, Safety Series No 115, 1996. - P. 91-278.

11. Егоров В.Н., Поликарпов Г.Г., Мирзоева Н.Ю., Кулебакина Л.Г., Артемов Ю.Г. Тенденции изменения концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs в воде и гидробионтах севавтопольских бухт после аварии на ЧАЭС. Журнал «Экология моря», Вып. 50, Севастополь, 2000. - С. 83-88.

12. Mirzoyeva N.Yu. The Black Sea Sevastopol bays ecosystem after the Chernobyl NPP accident. Abstract, First International Meeting on Applied Physics (APHYS-2003), 14-18 of October, Badajoz, Spain, 2003. - P. 72.

13. Polikarpov G.G. Conceptual model of responses of organisms, populations and ecosystems in all possible dose rates of ionizing radiation in the environment. RADOС 96-97, Norwich/Lowestoft, 8-11 April, 1997. Radiation Protection Dosimetry, vol. 75, 1 - 4, 1998. - P. 181-185.

14. Lazorenko G.E., Polikarpov G.G., Osvath I. Doses to the Black Sea fishes and mussels from naturally occurring radionuclide ^{210}Po . International Conference on Protection of the Environment from the Effects of Ionizing Radiation, 6-10 October, 2003, Stockholm, Sweden, Contributed papers: IAEA - CN - 109, 2003. - P. 242-244.