

Таким образом, проведенные исследования подтверждают, что и в настоящее время западная часть Северного Каспия играет важную роль в жизненном цикле сельдей, и используется разными видами на протяжении большей части года, за исключением поздней осени и зимы. В весенний период 2012–2016 гг. на данной акватории наблюдался нерест морских мигрирующих сельдей (долгинская сельдь, большеглазый и каспийский пузанки). В сетных уловах также встречалась проходная сельдь черноспинка, мигрирующая в р. Волгу. С июня по октябрь в районе мониторинга проходило формирование новых поколений сельдей, и отмечались нагульные скопления неполовозрелых особей в возрасте до 3 лет. На протяжении годового цикла в западной части Северного Каспия имело место сезонное перераспределение соотношения видов: весной преобладал холодолюбивый вид – долгинская сельдь, летом и осенью – теплолюбивый каспийский пузанок.

Список литературы / References

1. Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / Под ред. Г. А. Судакова. – Астрахань: КаспНИРХ, 2011. – 193 с.
2. Казанчеев Е. Н. Рыбы Каспийского моря (определитель) / Е. Н. Казанчеев. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 168 с.
3. Смирнов А. Н. Бражниковские сельди Каспийского моря / А. Н. Смирнов. – Баку: Изд-во АН Аз ССР, 1952. – 248 с.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Instrukcii po sboru i pervichnoj obrabotke materialov vodnyh bioresursov Kaspijskogo bassejna i sredy ih obitanija [Instructions on collection and primary processing of materials of aquatic biological resources of the Caspian basin and their habitat] / Pod red. G. A. Sudakova. – Astrahan': KaspNIRH, 2011. – 193 p. [in Russian]
2. Kazancheev E. N. Ryby Kaspijskogo morja (opredelitel') [Fish of the Caspian Sea (determinant)] / E. N. Kazancheev. – M.: Legkaja i pishhevaja prom-st', 1981. – 168 p. [in Russian]
3. Smirnov A. N. Brazhnikovskie sel'di Kaspijskogo morja [Brazhnik herrings of the Caspian Sea] / A. N. Smirnov. – Baku: Izd-vo AN Az SSR, 1952. – 248 p. [in Russian]

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.60.018>

Переволоцкий А.Н.¹, Переволоцкая Т.В.², Спиридонов С.И.³

¹ORCID: 0000-0002-6913-7609, Доктор биологических наук,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

²ORCID: 0000-0001-8250-5536, Кандидат биологических наук, доцент,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

³ORCID: 0000-0002-4320-1254, Доктор биологических наук, профессор,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, г. Обнинск,

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДОЗИМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВНЕШНЕГО ОБЛУЧЕНИЯ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ В ОСТРУЮ ФАЗУ ПОСЛЕ РАДИОАКТИВНЫХ ВЫПАДЕНИЙ

Аннотация

В статье рассмотрены особенности формирования радиационной обстановки в природной среде в начальной фазе радиоактивных выпадений и показано отсутствие программных средств дозиметрических оценок для биоты в первые месяцы формирования радиационной обстановки. Авторами обоснована разработка программного средства для оценки облучения почвенной биоты, как одной из подверженных действию излучения групп организмов. В работе сформулированы основные допущения дозиметрической модели облучения почвенной мезофауны, включая источники излучения и особенности радиационного воздействия.

Ключевые слова: радиоактивность, ионизирующее излучение, поверхностная активность, мощность поглощенной дозы, почва

Perevolotskiy A.N.¹, Perevolotskaya T.V.², Spiridonov S.I.³

¹ORCID: 0000-0002-6913-7609, PhD in Biology,

Federal State Budgetary Scientific Institution

²ORCID: 0000-0001-8250-5536, PhD in Biology, Associate Professor,

Federal State Budgetary Scientific Institution

³ORCID: 0000-0002-4320-1254, PhD in Biology, Professor,

Federal State Budgetary Scientific Institution

All-Russian Scientific Research Institute of Radiology and Agro-Ecology, Obninsk

CONCEPTUAL PROVISIONS OF DOSIMETRIC MODEL OF EXTERNAL IRRADIATION OF SOIL MESO-FAUNA AT ACUTE PHASE AFTER RADIOACTIVE LOSSES

Abstract

The article considers the features of the radiation situation in the natural environment at the initial phase of radioactive fallout and shows the absence of software tools for dosimetric assessment for biota in the first months of the radiation situation formation. The authors substantiate the necessity for the development of a software tool for estimating the irradiation of soil biota, as one of the exposed groups of organisms. The main assumptions of the dosimetric model of irradiation of soil meso-fauna, including radiation sources and radiation effects, are formulated.

Keywords: radioactivity, ionizing radiation, surface activity, absorbed dose rate, soil.

Аварийные радиоактивные выбросы предприятий ядерного топливного цикла способны сформировать значительные дозы внешнего облучения биотической компоненты природных и полуприродных биогеоценозов [1, С. 54-56], [2, С. 43-45], [3, С. 281-289], [4, С. 81-95], [5, С. 317-318]. При этом максимальная мощность поглощенной дозы формируется в первые месяцы после поступления радионуклидов в биогеоценоз [2, С. 78] [3, С. 15-19], [4, С. 95-98], вследствие чего начальный промежуток времени после радиоактивных выпадений определяют как "острый" [6, С. 8], [7, С. 179-181]. По этой причине при подготовке оценок воздействия (ОВОС) планируемых предприятий ядерного топливного цикла на биоту важна разработка инструментальных методов расчета доз в "острую" фазу после радиоактивных выпадений.

К числу групп организмов, подверженных действию ионизирующего излучения, относится почвенная биота, характеризующаяся низкой миграционной способностью, наличием стадий онтогенеза с повышенной радиочувствительностью и обитающая в поверхностных, насыщенных органикой почвенных слоях [8, С. 12-14]. Существующие программные продукты, применяемые для оценок доз облучения биоты (ERICA, RESRAD-Biota), не позволяют получить корректные оценки для начального периода после радиоактивных выпадений. Во-первых, расчет мощности поглощенной дозы проводится для условия установления динамического равновесия между поступлением и выведением радионуклидов из организма [9, С. 40]. Во-вторых, оценки выполняются при допущении о равномерном распределении радионуклидов в пределах слоя почвы 0-50-см и нахождении облучаемого организма в его середине [9, С.52]. В третьих, коэффициенты дозового преобразования, на основе которых проводится оценка доз облучения референтных организмов почвенной биоты, рассчитаны только для подотряда дождевых червей [9, С.156-157].

Таким образом, существует необходимость разработки модели (и программного средства), позволяющей оценить дозы внешнего облучения почвенной мезофауны в острую фазу после радиоактивных выпадений. Рассмотрим основные допущения, которые следует положить в основу такой модели:

1) Острая фаза имеет место при разовом поступлении радионуклидов в окружающую среду и характеризуется наличием двух источников ионизирующего излучения: от радионуклидов, задержанных поверхностью растений (в геометрии бесконечного источника конечной толщины), и от радионуклидов, находящихся на поверхности почвы (в геометрии бесконечного плоского источника).

2) В течение острого периода происходит удаление радионуклидов с поверхности растений; динамика активности растительной компоненты описывается формулой:

$$\sigma_{\text{раст},i}(t) = \sigma_{\text{вып},i} \cdot K_3 \cdot e^{(-\lambda_{\text{эфф},i} \cdot t)}, \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{вып},i}$ – величина плотности выпадений i -го радионуклида из приземного слоя атмосферы, Бк/м²; K_3 – коэффициент первичного задерживания (доля задержанных растительностью радионуклидов от величины $\sigma_{\text{вып},i}$), отн. ед.; $\lambda_{\text{эфф}}$ – эффективная постоянная очищения фитомассы, сут⁻¹.

3) На поверхности почвы происходит увеличение активности; динамику активности i -го радионуклида можно описать формулой:

$$\sigma_{\text{почв},i}(t) = \sigma_{\text{вып},i} \cdot e^{(-\lambda_{\text{расп},i} \cdot t)} \cdot (1 - K_3 \cdot e^{(-\lambda_{\text{очищ},i} \cdot t)}), \quad (2)$$

где $\lambda_{\text{расп},i}$, $\lambda_{\text{очищ},i}$ – постоянные распада и экологического очищения фитомассы для i -го радионуклида, сут⁻¹.

4) Следует учитывать различия в перераспределении радионуклидов в системе "поверхность растений – поверхность почвы" для различных типов биогеоценозов. Это обстоятельство связано с различной скоростью очищения фитомассы растений различных типов природно-растительных сообществ. Так, константа, характеризующая этот процесс, принята равной 0,0495 сут⁻¹ для растений луговых биогеоценозов (период полуочищения 14 сут) и 0,0077 сут⁻¹ для сосны (период полуочищения 90 сут). Таким образом, при медленном очищении древесных растений излучение от радионуклидов, находящихся на их поверхности, значимо в течение длительного времени (рис. 1). Для луговых биогеоценозов при малой плотности фитомассы и ее быстром очищении вклад излучения от поверхности растений в формирование дозовой нагрузки на почвенные организмы будет быстро снижаться.

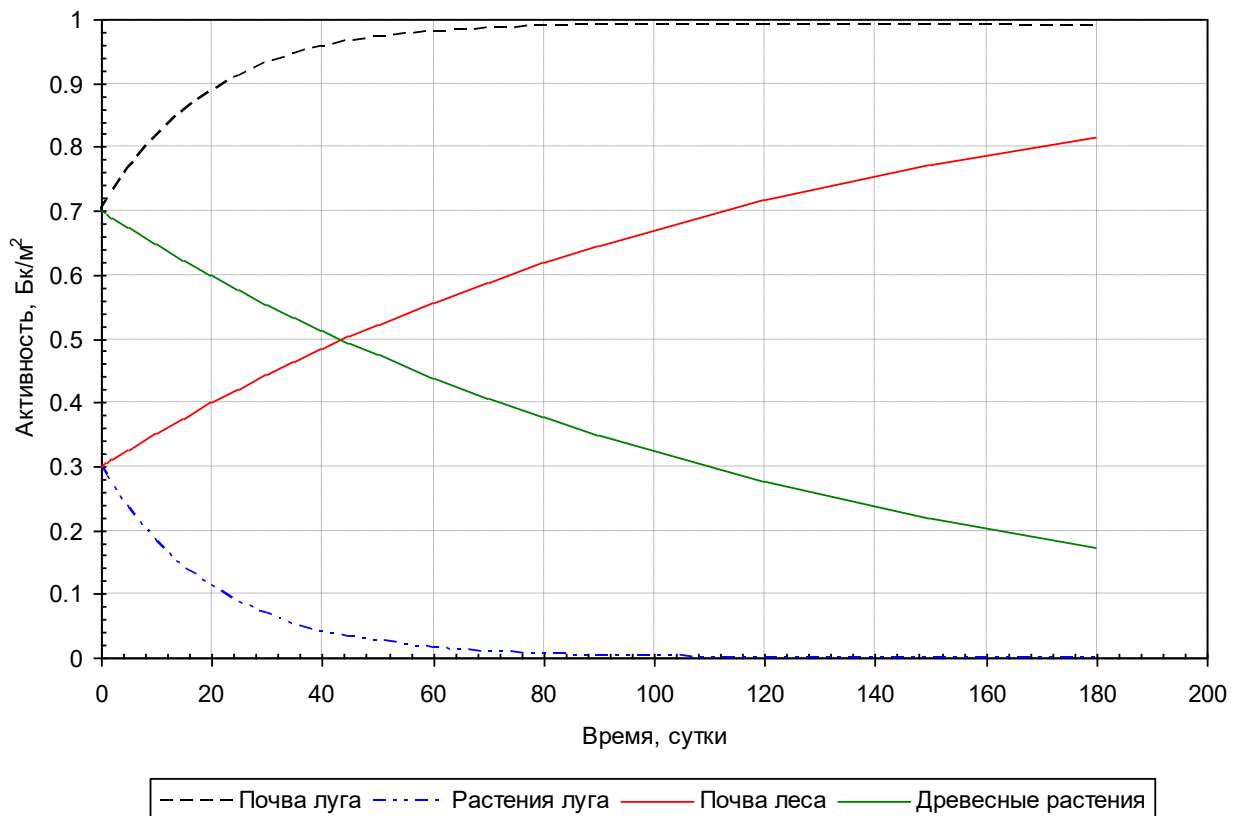


Рис. 1 – Динамика активности ^{137}Cs в растительном слое и на поверхности почвы для лугового и лесного биогеоценозов при плотности выпадений 1 Бк/м^2

5) Миграцией радионуклидов вглубь почвы в течение острого периода формирования радиационной обстановки можно пренебречь, поскольку процессы почвенного перемещения радионуклидов протекают с медленной скоростью, а величины коэффициентов диффузии составляют величину порядка 10^{-9} с^{-1} .

6) Внутренним β - и γ -облучением от радионуклидов, поступивших с пищей в организм представителей почвенной мезофауны, можно пренебречь, что связано с пренебрежимо малым перемещением радионуклидов вглубь почвы и поступлением их в трофические цепочки почвенной биоты.

7) Продолжительность острого периода формирования радиационной обстановки после разового поступления радионуклидов в биогеоценоз сопоставима с длительностью вегетационного периода. Надземная фитомасса травянистых растений и фотосинтетический аппарат листовых деревьев отмирают в осенне-зимний период и перемещаются на поверхность почвы. Исключением являются хвойные леса, в которых перемещение компонентов древесного яруса на поверхность почвы происходит относительно медленно (период полуочищения от 90 до 500 сут). По этой причине целесообразно провести оценку доз внешнего облучения почвенной мезофауны в течение полугодия, предположив поступление радионуклидов в биогеоценоз в мае, а окончание расчетного периода в октябре.

8) Почвенная мезофауна подвергается радиационному воздействию от β - и γ -излучающих радионуклидов, находящихся на поверхности растений и почвы. Необходимо отметить, что интенсивность β -излучения от радионуклидов на поверхности почвы, снижается очень быстро с глубиной даже для высокоэнергетичного излучения (например, от ^{106}Rh). По этой причине значимые величины мощности поглощенной дозы могут наблюдаться только для почвенных животных, обитающих на поверхности почвы (рис. 2). Дозовой нагрузкой от α -излучения следует пренебречь из-за пренебрежимо малого пробега α -частиц в почве и биологических объектах.

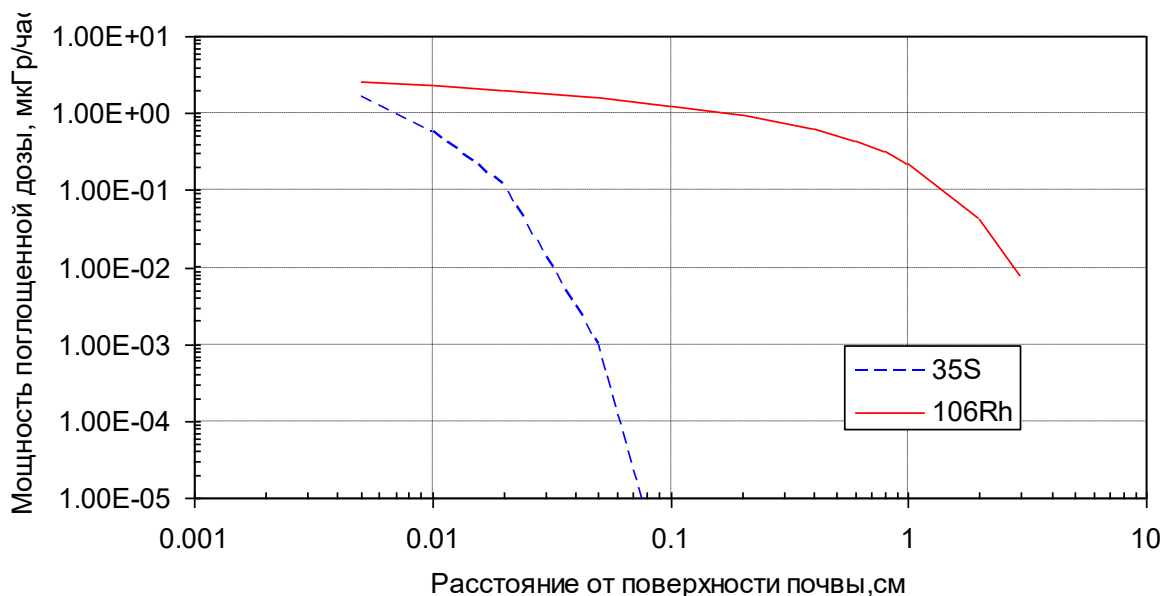


Рис. 2 – Зависимость мощности поглощенной дозы, формируемой β -излучением, от расстояния от поверхности почвы при плотности ее поверхностного слоя 500 кг/м^3

9) Ввиду неоднородного распределения представителей почвенной мезофауны в вертикальном профиле почвы (от поверхности - до глубины, достигающей несколько десятков см) следует оценивать распределение мощности дозы на различных глубинах. Величину мощности дозы внешнего облучения почвенных животных следует принять эквивалентной аналогичному дозовому показателю, рассчитанному для конкретной глубины.

10) Экранирование β - и γ -излучения поверхностными покровами представителей почвенной мезофауны не рассматривается. К данной группе животных относятся те, размеры которых составляют менее нескольких мм, что меньше величины пробега β -частиц и γ -квантов в биологических тканях и почве.

11) Расчетные оценки мощности поглощенной дозы от β - и γ -излучения справедливы и для представителей микрофауны, поскольку их размеры значительно меньше, по сравнению с размерами организмов, относящихся к почвенной мезофауне.

Для видов почвенных животных, которые можно отнести к макрофауне (в частности, почвенные млекопитающие) мощность дозы можно оценить только по γ -излучению, в связи с большим пробегом γ -квантов относительно размеров животных и экранированием β -частиц поверхностными покровами.

Сформулированные концептуальные положения являются основой разработки дозиметрической модели для расчета доз внешнего облучения почвенной мезофауны в острую фазу после радиоактивных выбросов предприятий ядерного топливного цикла.

Список литературы / References

- Итоги изучения и опыт ликвидации последствий аварийного загрязнения территорий продуктами деления урана / Под ред. А.И. Бурназяна. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 144 с.
- Козубов Г.М. Радиобиологические исследования хвойных в районе Чернобыльской катастрофы (1986-2001 гг.) / Г.М. Козубов, А.И. Таскаев. – М.: ИПЦ "Дизайн. Информация. Картография", 2002. – 272 с.
- Радиоактивное загрязнение территории Беларуси (В связи с аварией на ЧАЭС) / Под ред. В.И. Парфенова и Б.И. Якушева. – Минск: Наука и техника, 1995. – 582 с.
- Абатуров Ю.Д. Влияние ионизирующего излучения на сосновые леса в ближней зоне Чернобыльской АЭС / Ю.Д. Абатуров, А.В. Абатуров, А.В. Быков и др. – М.: Наука, 1996. – 240 с.
- Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Под общ. ред. Л.А. Ильина и В.А. Губанова. – М.: ИздАТ, 2001. – 752 с.
- Романов Г.Н. Ликвидация последствий радиационных аварий: Справочное руководство / Г.Н. Романов. – М.: ИздАТ, 1993. – 336 с.
- Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности / В.Ф. Козлов. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 352 с.
- Кривоуццкий Д.А. Радиоэкология почвенных животных / Кривоуццкий Д.А. – М.: Наука, 1985. – 182 с.
- Защита окружающей среды: концепция и использование референтных животных и растений. Публикация МКРЗ 108 / Пер. с англ. – М.: Академ-Принт, 2013. – 216 с.
- Радиационная дозиметрия / Под ред. Дж. Хайна и Г. Браунелла // Пер. с англ. М.: Иностран. лит., 1958. – 758 с.

Список литературы на английском языке / References in English

- Itogi izucheniya i opyt likvidacii posledstviy avarijnogo zagryazneniya territorij produktami deleniya urana [Results of the study and experience of liquidation of the consequences of accidental pollution of territories by products of uranium fission] / Pod red. A.I. Burnazyana. [Ed. A.I. Burnazyan] – M.: Energoatomizdat, 1990. – 144 p. [in Russian]

2. Kozubov G.M. Radiobiologicheskie issledovaniya hvoynyh v rajone Chernobyl'skoj katastrofy (1986-2001 gg.) [Radiobiology investigations of conifers in region of the Chernobyl disaster (1986-2001)] / G.M. Kozubov, A.I. Taskaev. – M.: IPC "Dizajn. Informaciya. Kartografiya", 2002. – 272 p. [in Russian]
3. Radioaktivnoe zagryaznenie territorii Belarusi (V svyazi s avariej na CHAEHS) [Radioactive contamination of the territory of Belarus (In connection with the Chernobyl NPP accident)] / Pod red. V.I.Parfenova i B.I. Yakusheva. [Ed. V.Parfenov and B.I. Yakushev]. – Minsk: Nauka i tekhnika, 1995. – 582 p. [in Russian]
4. Abaturov Yu.D. Vliyanie ioniziruyushchego izlucheniya na sosnovye lesa v blizhnej zone Chernobyl'skoj AES [The effect of ionizing irradiation on pine forests in the nearest zone of the Chernobyl nuclear power point] / Yu.D. Abaturov, A.V. Abaturov, A.V. Bykov i dr. [Yu.D. Abaturov, A.V. Abaturov, A.V. Bykov et al.]. – M.: Nauka, 1996. – 240 p. [in Russian]
5. Krupnye radiacionnye avarii: posledstviya i zashchitnye mery [Major radiation accidents: consequences and protective measures] / Pod obshch. red. L.A. Il'ina i V.A. Gubanova. [Under the general. ed. L.A. Ilyin and V.A. Gubanov.] – M.: IzdAT, 2001. – 752 p. [in Russian]
6. Romanov G.N. Likvidaciya posledstvij radiacionnyh avarij: Spravochnoe rukovodstvo [Elimination of the consequences of radiation accidents: Reference Guide] / G.N. Romanov. – M.:IzdAT, 1993. – 336 p. [in Russian]
7. Kozlov V.F. Spravochnik po radiacionnoj bezopasnosti [Handbook on radiation safety] / V.F. Kozlov. – M.:Energoatomizdat, 1991. – 352 p. [in Russian]
8. Krivoluckij D.A. Radioehkologiya pochvennyh zhivotnyh [Radioecology of soil animals] / Krivolucky D.A. – M.: Nauka, 1985. – 182 p. [in Russian]
9. Zashchita okruzhayushchej sredy: koncepciya i ispol'zovanie referentnyh zhivotnyh i rastenij. Publikaciya MKRZ 108 [Environmental protection: the concept and use of reference animals and plants. Publication ICRP 108] / Per. s angl. [Transl. with the English]. – M.:Akadem-Print, 2013. – 216 p. [in Russian]
10. Radiacionnaya dozimetriya [Radiation dosimetry] / Pod red. Dzh. Hajna i G. Braunella. [Ed. J. Hain and H. Brownell] // Per. s angl. [Transl. with the English]. M.: Inostr. lit., 1958. – 758 p. [in Russian]