

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kutcher, G.J. and al., «Histogram reduction method for calculation complication probabilities for three-dimensional treatment planning evaluation», Int.J. Radiation oncology.
2. Tejinder, K., Kuldeep, S. Homogeneity Index: An objective tool for assessment of conformal radiation treatments / Tejinder K., Kuldeep S. – 2012.
3. Количественный анализ повреждений здоровых органов и тканей при проведении лучевой терапии злокачественных новообразований (Проект QUANTEC). Обзор толерантности нормальных тканей / Пер. с англ.; под об. ред. проф., д-ра мед. наук С.И. Ткачева и к.т.н. Т.Г. Ратнер. – М.: АМФР, 2016. – 250 с.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ДОЗОВЫХ НАГРУЗОК В ЗОНЕ ХРОНИЧЕСКОГО РАДИАЦИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

### USE OF INNOVATIVE INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE ASSESSMENT OF DOSE LOADS IN THE ZONE OF CHRONIC RADIATION IMPACT IN THE GOMEL REGION OF THE REPUBLIC OF BELARUS

**В. В. Журавков<sup>1,2</sup>, О. А. Антонович<sup>1,2</sup>**

**V. V. Zhuravkov<sup>1,2</sup>, O. A. Antonovich<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, БГУ

<sup>2</sup>Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь  
eis@iseu.by, zhvl@mail.ru

<sup>1</sup>Belarusian State University, BSU

<sup>2</sup>International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus

В статье предоставлены результаты полученные в рамках выполнения задания «Оценить дозовые нагрузки и эффекты ионизирующих излучений в сочетании со стрессом различной природы на биоту в зоне хронического радиационного воздействия», ГПНИ «Природные ресурсы и окружающая среда», подпрограмма 3 «Радиация и биологические системы» на 2021-2025 год.

The article presents conceptual approaches to retrospective assessment and predictive modeling of radioactive contamination of the territory of the Republic of Belarus as a result of the Chernobyl accident. The work was carried out within the framework of project 3.01 «Investigation of the effect of ionizing radiation in a wide range of doses and with the variability of radiation characteristics at different levels of organization of a living organism», GPNI «Natural resources and the environment» of the subprogram «Radiation and biological systems» for 2021-2025.

*Ключевые слова:* радиационный мониторинг, загрязнение основных компонентов биогеоценозов, дозовые нагрузки.

*Keywords:* radiation monitoring, contamination of the main components of biogeocenoses, dose.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2022-2-356-359>

**Введение.** Уровни радиоактивного загрязнения основных компонентов экосистемы Беларуси на разных временных этапах после аварии на ЧАЭС во многом определяют приоритеты в прикладных радиоэкологических исследованиях и приоритетных задачах по защите населения. В данной работе представлены результаты многолетних лабораторных исследований по динамике радионуклидного состава загрязнения приземного воздуха и подстилающей поверхности в результате аварии на ЧАЭС.

В настоящий момент времени, по нашим данным, в зоне наблюдения Гомельской, Витебской и Гродненской областях Республики Беларусь радиационная обстановка обусловлена радионуклидами <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr. Значительно возрастает миграция <sup>90</sup>Sr в почве в результате деструкции топливных частиц и, как следствие <sup>90</sup>Sr мигрирует вглубь почвы.

Кроме того, в Гомельской области происходит накопление америция-241 за счет радиоактивного распада плутония-241. Максимальный уровень загрязнения америцием-241 установится к 2060 году и превысит загрязнение плутония в 2,7 раза, при этом территории с уровнем загрязнения <sup>238+239+240</sup>Pu + <sup>241</sup>Am до 1000 Бк/м<sup>2</sup>, возможно, выйдут за пределы 30-км зоны.

Полученные результаты по определению наиболее значимых радионуклидов в зоне наблюдения Гомельской, Витебской и Гродненской областях Республики Беларусь и определяемые ими уровни радиоактивного загрязнения компонентов экосистемы Беларуси будут использованы для оценки последствий поступления радионуклидов в окружающую среду для биоты и прогнозирования развития радиоэкологической ситуации на рассматриваемых территориях, что важно для практического использования в организациях, принимающих организационные решения.

**Материалы и методы исследования.** В динамике загрязнения территории Республики Беларусь радионуклидами, выброшенными во внешнюю среду вследствие аварии на ЧАЭС, можно выделить следующие этапы (рис. 1): I. Йодно-нептуновый этап; II. Этап стабилизации радиационной обстановки; III. Цезиево-стронциевый этап; IV. Актинидный этап.

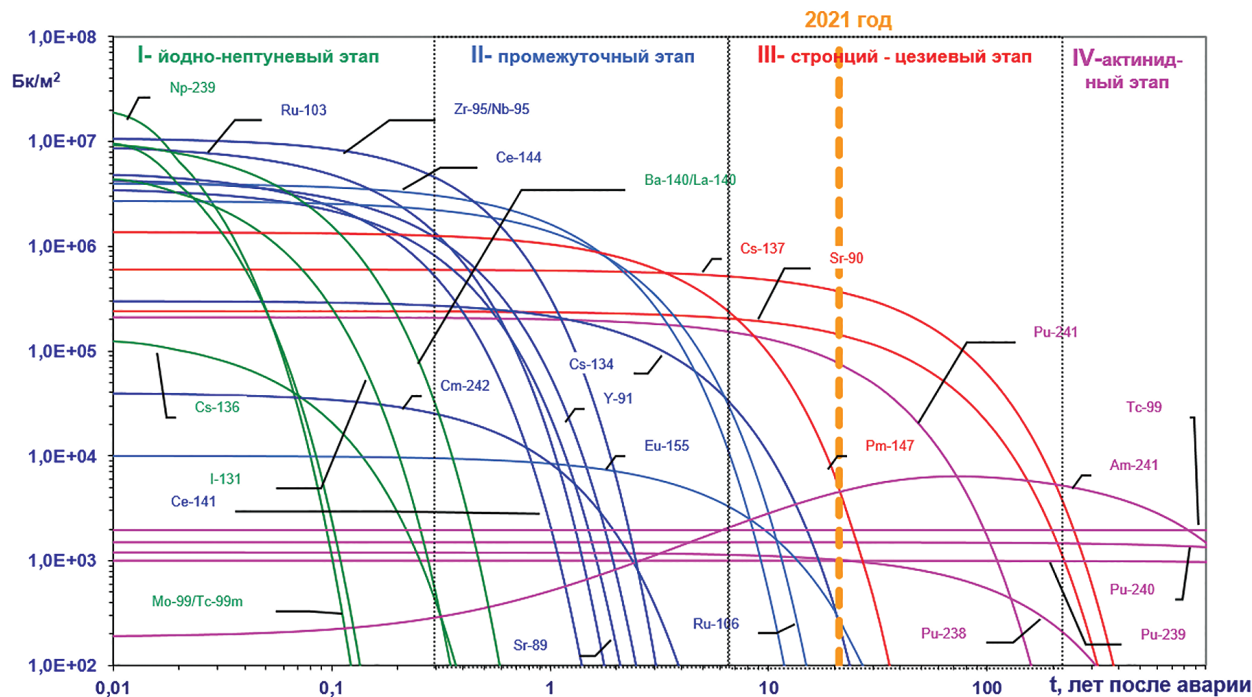


Рисунок 1 – Динамика радиоактивного загрязнения почвы на реперной площадке Масаны на основе экспериментальных данных

I. Йодно-нептуновый этап: на основании аналитического обзора многочисленных опубликованных экспериментальных и расчетных данных была восстановлена динамика развития радиационной обстановки на активной стадии аварии для Гомельской области. При реконструкции радиационной обстановки использовались следующие экспериментальные данные и положения:

1. Банк данных для Беларуси (более 19000 пунктов, сформированный в ИРБ НАН Беларуси [1]), содержащий информацию о населении, загрязнении почвы, воздуха изотопами йода,  $^{132}\text{Te}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{95}\text{Nb}$ ,  $^{99}\text{Mo}$ ,  $^{103,106}\text{Ru}$ ,  $^{133}\text{Xe}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{239}\text{Np}$ ,  $^{156}\text{Eu}$ .

2. Данные прямых измерений суточных выпадений изотопов йода используя формулу (1) и данные реконструкции  $^{131}\text{I}$  по  $^{129}\text{I}$  [2, 3, 4, 5, 6]:

$$\sigma_I(t_i) = \sum_{k=1}^i \sigma_k \eta_k \exp(-\lambda t_i), \quad (1)$$

где  $\sigma_k$  – суточное количество выпадений йода-131, кБк/м<sup>2</sup>, приведенное к 26.04.86 г.;  $\eta_k(t)$  – доля  $^{131}\text{I}$  от общего количества выпадений  $^{131}\text{I}$ , которая приходится на день  $t$  и приведена к 26.04.86 г.;  $t_i$  – время, прошедшее с момента аварии, сут;  $\lambda$  – константа радиоактивного распада  $^{131}\text{I}$ , равная 0,0862 1/сут.

3. В случае отсутствия данных прямых планшетных измерений  $^{131}\text{I}$ , производилась реконструкция по данным  $^{137}\text{Cs}$  [23, 24] (за вычетом глобальных выпадений  $^{137}\text{Cs}$ ), по формуле:

$$\sigma_I(t_i) = \sum_{k=1}^i \eta_k(t) \exp(-\lambda t_i) k \sigma_{Cs}, \quad (2)$$

где  $t_i$  – время, прошедшее с момента аварии, сут;  $\eta_k(t)$  – доля  $^{131}\text{I}$  от общего количества выпадений  $^{131}\text{I}$ , которая приходится на день  $t$ , приведенная к 26.04.86 г.;  $k$  – отношение интеграла выпадений йода-131 к интегралу выпадений цезия-137 для данного н.п., приведенное к 26.04.86 г.;  $\sigma_{Cs}$  – интегральное количество  $^{137}\text{Cs}$ , выпавшего на поверхность почвы и травы в н.п., кБк/м<sup>2</sup> (за вычетом глобальных выпадений  $^{137}\text{Cs}$ ), приведенное к 26.04.86 г.

На основании данных реконструкции радиационной обстановки территории Республики Беларусь и используя ГИС-технологии (Quantum GIS и ArcView-10.6.1), построены карты динамики загрязнения территории Гомельской области Беларуси  $^{131}\text{I}$  в период с 26.04.05 по 03.05.86 (рис. 2).

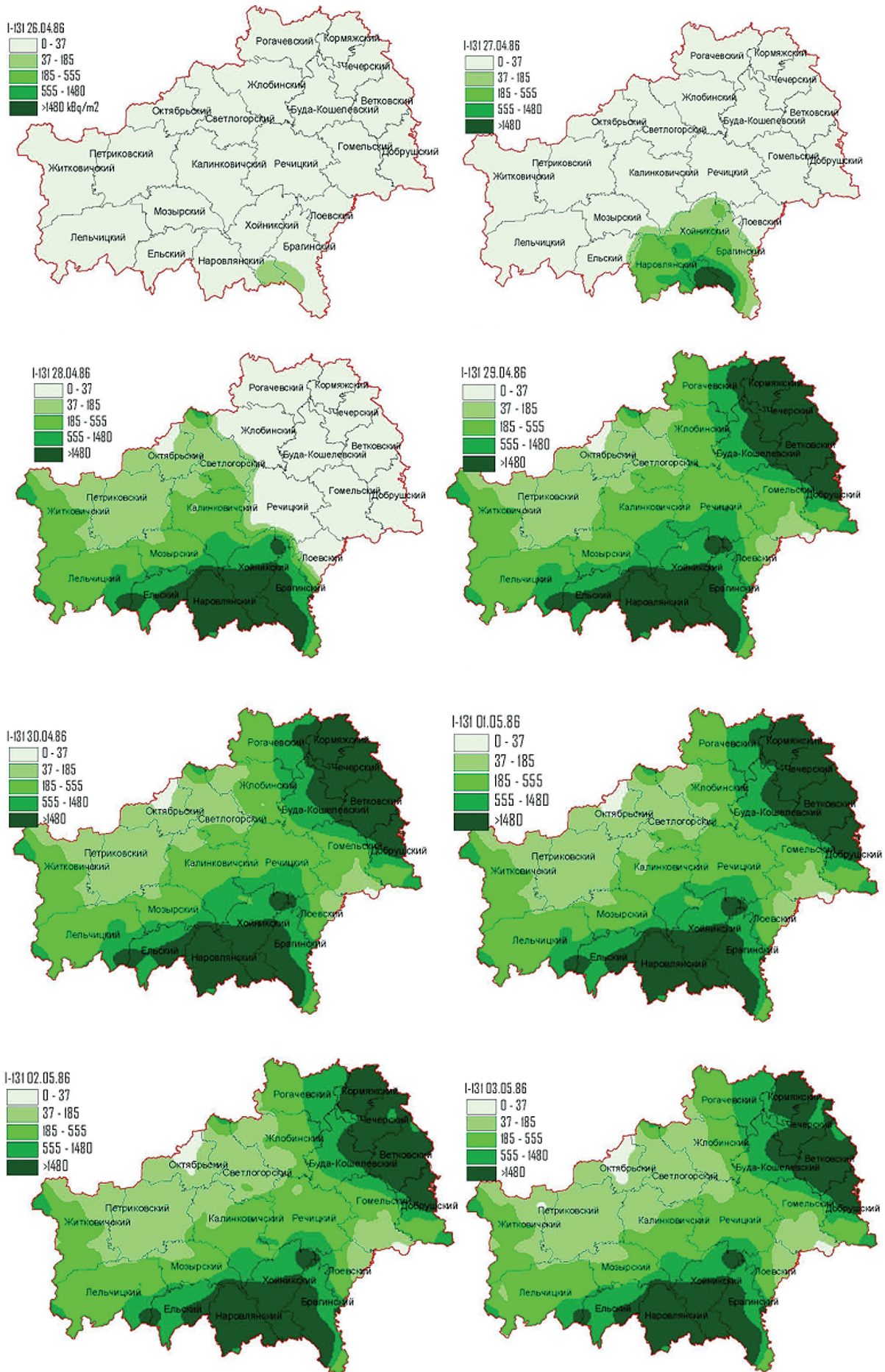


Рис 2 – Динамика загрязнения поверхности территории Гомельской области I-131, kBк/м<sup>2</sup>

Используя данные реконструкции радиационной обстановки, были оценены средние групповые дозы облучения щитовидной железы для жителей Республики Беларусь. На рисунке 3 приводятся карты средних групповых доз (дети, подростки, взрослые) с 26 апреля по 5 мая 1986 г.

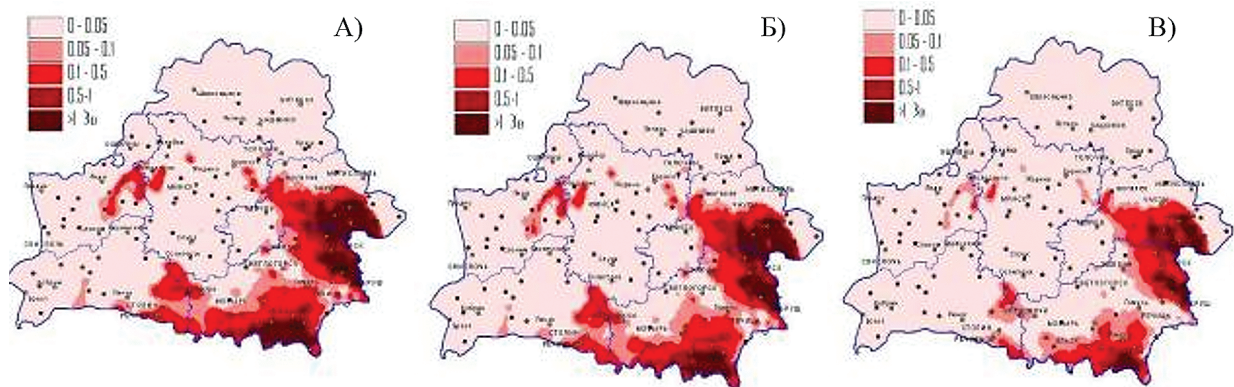


Рисунок 3 – Средняя групповая доза: А) – дети до 5 лет на момент аварии, Б) – подростки от 5 до 17 лет на момент аварии, В) – взрослые от 17 лет

II. Этап стабилизации радиационной обстановки и III. Цезиево-стронциевый этапы: Второй и третий этапы характеризуются тем, что за счет радиоактивного распада снизилось радиоактивное загрязнение короткоживущими радионуклидами ( $T_{1/2}$  менее года). Началась деструкция топливных частиц и миграционные процессы  $^{90}\text{Sr}$ . Третий этап характеризуется в основном радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

IV. Актинидный этап: В результате вертикальной и горизонтальной миграции снизилось загрязнение плутонием-241, цезием-137 и стронцием-90. Загрязнение в основном определяется плутонием-239, плутонием-240 и америцием-241.

**Заключение.** Таким образом, в момент прохождения радиоактивного облака (первый этап) основной вклад в загрязнение территории Гомельской области Республики Беларусь определяли изотопы  $^{131}\text{I}$ ,  $^{132}\text{I}$  ( $^{132}\text{Te}$ ).

Радиационная обстановка на втором и третьем этапах в основном обусловлена радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . На территории Беларуси ситуация облучения характеризуется как ситуация существующего облучения.

На актинидном этапе загрязнение  $^{241}\text{Am}$  превышает загрязнение  $^{239,240}\text{Pu}$ . Рост содержания  $^{241}\text{Am}$  в компонентах экосистемы в юго-восточной части Республики Беларусь в результате естественного распада  $^{241}\text{Pu}$ .

Анализ карт средних групповых доз показывает территории Республики Беларусь, жители, которых получили большие дозовые нагрузки на щитовидную железу от короткоживущих изотопов йода и позволяет выделить районы Беларуси, население которых подверглось сильному радиоактивному загрязнению и в дальнейшем следует уделять повышенное внимание при медицинском обследовании населению, проживающему именно в этих районах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Конопля Е.Ф. Радиация и Чернобыль: Короткоживущие радионуклиды на территории Беларуси / Е.Ф. Конопля, В.П. Миронов, В.В. Журавков. – Минск: Белорус. наука, 2008. – 198 с.
2. Махонько В.А., Козлова Е.Г. Динамика накопления радиойода на почве после аварии на ЧАЭС. // Радиация и риск. – Обнинск, 1996. – Вып. 7. – С. 140–191.
3. Mironov V., Kudrjashov V., Yiu F., Raisbeck G.M. Use of  $^{129}\text{I}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in soils for the estimation of  $^{131}\text{I}$  deposition in Belarus // J. Environ. Radioactivity. –2002. –Vol. 59. –P. 293–307.
4. Straume T., Marchetti A.A., Anspaugh L.R., et. al. The feasibility of using  $^{129}\text{I}$  to reconstruct  $^{131}\text{I}$  deposition from the Chernobyl reactor accident // Health Physics. – 1996. – V.71, No 5. – P.733–740.
5. Gavrilin Y., Khrouch V., Drozdovich V., Minenko V. Estimation of thyroid doses received by the population of Belarus as a result of the Chernobyl accident // The radiological consequences of the Chernobyl accident: Proceeding of the first international conference, Minsk, 18 to 22 march 1996. – Minsk. – 1996. – P.1018–1019.