

РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ: ДИНАМИКА, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ДОЛГОСРОЧНЫЙ ПРОГНОЗ

Н. Н. ЦЫБУЛЬКО¹⁾, М. Г. ГЕРМЕНЧУК¹⁾, В. В. ЖУРАВКОВ¹⁾, О. В. ДЮБАЙЛО²⁾,

¹⁾Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова,
Белорусский государственный университет,
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь

²⁾Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного
загрязнения и мониторингу окружающей среды,
пр. Независимости, 110, 220114, г. Минск, Беларусь

В исследовании приводятся результаты комплексного анализа динамики изменения радиационной обстановки на территории радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Выполнен кратко- и долгосрочный прогноз ее изменения по составу и плотности радиоактивного загрязнения. Информационная основа работы – многолетние данные загрязнения территории республики ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238,239,240}\text{Pu}$, полученные в результате радиационного мониторинга. По расчетам, в ближайшие десятилетия (2036 г. и последующие) на территории, относящиеся к зонам проживания с периодическим радиационным контролем и с правом на отселение, будет приходиться более 95 % всей зоны радиоактивного загрязнения, где сконцентрировано 99,7 % населенных пунктов. В перспективе произойдет их сокращение более чем в 2,5 раза в зоне с правом на отселение и полное исключение населенных пунктов в зоне последующего отселения. Будет наблюдаться существенное и закономерное сокращение зон последующего отселения и с правом на отселение. По прогнозу, к 2036 г. из 44 загрязненных радионуклидами административных районов загрязнение территории 32 районов будет определяться ^{137}Cs , 3 районов – ^{137}Cs и ^{90}Sr и территории 9 районов – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$. В 2046 г. территории 28 районов будут загрязнены ^{137}Cs , 2 районов – ^{137}Cs и ^{90}Sr , а также территории 9 районов – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение; зоны загрязнения; динамика; прогноз; радионуклидный состав; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; $^{238,239,240}\text{Pu}$.

Благодарность. Исследования выполнены по заданию 65.40 «Разработать схему зонирования территорий радиоактивного загрязнения, рекомендации по их правовому режиму и управлению на отдаленный период после катастрофы на Чернобыльской АЭС» Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы.

Образец цитирования:

Цыбулько НН, Герменчук МГ, Журавков ВВ, Дюбайло ОВ. Радиоактивное загрязнение территории Беларуси: динамика, современное состояние и долгосрочный прогноз. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2025;3:67–75.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2025-3-67-75>

For citation:

Tsybulka MM, Germenchuk MG, Zhuravkov VV, Dubaylo OV. Radioactive contamination of the territory of Belarus: dynamics, current state and long-term forecast. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2025;3:67–75. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2025-3-67-75>

Авторы:

Николай Николаевич Цыбулько – доктор сельскохозяйственных наук, профессор; начальник научно-исследовательского сектора.

Герменчук Мария Григорьевна – кандидат технических наук, доцент; заместитель директора по научной работе.

Владислав Владимирович Журавков – кандидат биологических наук, доцент; заместитель директора по учебной работе.

Олег Васильевич Дюбайло – начальник службы радиационного мониторинга Белгидромета.

Authors:

Mikalai M. Tsybulka, doctor of science (agriculture), professor; head of the research sector.

nik.nik1966@tut.by

Maria G. Germenchuk, PhD (engineering), docent; deputy director for research.

margermen@gmail.com

Vladislav V. Zhuravkov, PhD (biology), docent; deputy director for education.

zhvl@mail.ru

Oleg V. Dubailo, head of the radiation monitoring service of Belhydromet.
dov@hmc.by

RADIOACTIVE CONTAMINATION OF THE TERRITORY OF BELARUS: DYNAMICS, CURRENT STATE AND LONG-TERM FORECAS

M. M. TSYBULKA^a, M. G. GERMENCHUK^a, V. V. ZHURAVKOV^a, O. V. DUBAYLO^b

^aInternational Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University,
23/1 Daŭhabrodskaja Street, Minsk 220070, Belarus

^bRepublican Center for Hydrometeorology, Radioactive Contamination Control and Environmental Monitoring,
110 Niezaležnasci Avenue, Minsk 220114, Belarus
Corresponding author: M. M. Tsybulka (nik.nik1966@tut.by)

The article presents the results of a comprehensive analysis of the dynamics of changes in radiation activity in the territory of radioactive contamination as a result of the Chernobyl accident. A short- and long-term forecast of its changes in the composition and density of radioactive contamination was made. Information works were long-term data on the contamination of the territory of the republic with ^{137}Cs , ^{90}Sr and $^{238,239,240}\text{Pu}$, obtained as a result of radiation exposure. According to calculations, in the direction of the direction (2036 and others), more than 95 % of the entire territory of radiation contamination will occur in the territory associated with residential zones with periodic radiation monitoring and the right to resettlement. These territories contain about 99.7 % of populated areas. In the future, it is necessary to reduce by more than 2.5 times the number of populated areas in the zone with the right to resettlement and complete transfer of populated areas to the zone of subsequent resettlement. Observe precautions and comply with the rules of resettlement located below and to the right of resettlement. According to the forecast, by 2036, out of 44 districts contaminated with radionuclides, the territory of 32 districts will be contaminated with ^{137}Cs , 3 districts – with ^{137}Cs and ^{90}Sr , and the territory of 9 districts – with ^{137}Cs , ^{90}Sr and $^{238-240}\text{Pu}$. In 2046, the territory of 28 districts will be contaminated with ^{137}Cs , 2 districts – with ^{137}Cs and ^{90}Sr , and the territory of 9 districts – with ^{137}Cs , ^{90}Sr and $^{238-240}\text{Pu}$.

Keywords: radioactive contamination; pollution zones; dynamics; forecast; radionuclide composition; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; $^{238,239,240}\text{Pu}$.

Acknowledgments. The research was carried out on assignment 65.40 «To develop a zoning scheme for radioactive contamination areas, recommendations on their legal regime and management for the long-term period after the Chernobyl disaster» of the State Program for overcoming the consequences of the Chernobyl disaster for 2021–2025.

Введение

Авария на Чернобыльской АЭС признана одной из наиболее тяжелых радиационных катастроф за всю историю развития ядерной энергетики. По Международной шкале ядерных событий (INES, ИНЕС) она отнесена к максимальному седьмому уровню [1]. По данным Доклада НКДАР (Научный комитет ООН по действию атомной радиации), активная зона реактора на момент аварии содержала радиоактивные продукты деления и трансурановые элементы (около 200 радиоизотопов) с разными периодами полураспада: от нескольких часов и менее до сотен тысяч лет [2]. Выброс большого количества радиоактивных веществ привел к масштабному загрязнению территории. В странах бывшего СССР (Беларуси, России и Украине) площади с плотностью загрязнения ^{137}Cs выше 37 кБк/м² составили около 150 тыс. км². Высокие уровни загрязнения определили необходимость эвакуации населения из населенных пунктов, расположенных в Беларуси на площади 6,2 тыс. км², в России – 0,19 тыс. км², в Украине – 4,2 тыс. км², включая 2,0 тыс. км² за пределами 30-километровой зоны отчуждения, а также прекращения или ограничения хозяйственной деятельности [3; 4].

В плане облучения населения наиболее значимыми радионуклидами оказались ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr и изотопы плутония ($^{238,239,240,241}\text{Pu}$). Радиологическая значимость выброса короткоживущего радионуклида ^{131}I обусловлена его высокой активностью и избирательной концентрацией в щитовидной железе, обладающей небольшими размерами. Из долгоживущих радионуклидов наибольшей значимостью обладают ^{137}Cs , ^{90}Sr . В первые годы после аварии значимым было также облучение ^{134}Cs .

Особенность формирования радиоактивного загрязнения территории состояла в неоднородности вследствие фракционирования радиоактивных выпадений и влияния погодных условий. В первый период после аварии радиационная обстановка определялась коротко- и среднеживущими радионуклидами. Специфической особенностью являлось наличие топливных частиц, выпавших в основном в пределах 30-километровой зоны Чернобыльской АЭС. В настоящее время радиационную обстановку определяют ^{137}Cs , ^{90}Sr и группа трансурановых радионуклидов $^{238,239,240,241}\text{Pu}$, ^{241}Am , негативное воздействие которых будет продолжаться в течение длительного послеварийного периода.

Первые количественные оценки выброшенного в результате аварии и выпавшего на территории бывшего СССР ^{137}Cs сделаны на основе воздушных радиометрических измерений. По первичным расчетам

выпало около 40 ПБк ($1 \cdot 10^6$ Кюри). Оценки выбросов постоянно уточнялись и в настоящее время общий объем выпавшего на территорию бывшего СССР ^{137}Cs примерно в два раза больше первоначальных оценок [5].

Цель работы: провести комплексный анализ динамики изменения радиационной обстановки на территории радиоактивного загрязнения в результате аварии на Чернобыльской АЭС, дать кратко- и долгосрочный прогноз его изменения по составу и плотности.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования выступали территории Беларуси, загрязненные ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238,239,240}\text{Pu}$, по зонам радиоактивного загрязнения и административным районам: 1) зона проживания с периодическим радиационным контролем; 2) зона с правом на отселение; 3) зона последующего отселения.

Предмет исследования: динамика и прогноз изменения радиационной обстановки на территории Беларуси; динамика и прогноз изменения площадей зон радиоактивного загрязнения и распределения населенных пунктов по зонам радиоактивного загрязнения в разные послеаварийные периоды; прогнозная оценка распределения территорий населенных пунктов по радионуклидному составу.

Информационной основой работы являлись многолетние данные загрязнения территории республики ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238,239,240}\text{Pu}$, полученные в результате радиационного мониторинга («База данных RECONT» Государственного учреждения «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды» – далее Белгидромет).

Результаты исследования и их обсуждение

Радиоактивное загрязнение природной среды является наиболее значимой по площади распространения экологической проблемой Беларуси. В то же время площадь территории радиоактивного загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr вследствие их естественного распада постепенно сокращается. Так, площадь загрязнения ^{137}Cs с плотностью 37 кБк/м² и выше (1 Ки/км² и выше) уменьшилась с 1986 г. с 46,6 тыс. км² до 25,5 тыс. км² (в 1,8 раза). Площадь загрязнения ^{90}Sr с плотностью 5,55 кБк/м² и выше (0,15 Ки/км² и выше) сократилась с 21,1 тыс. км² до 11,8 тыс. км² (в 1,9 раза) (рис. 1).

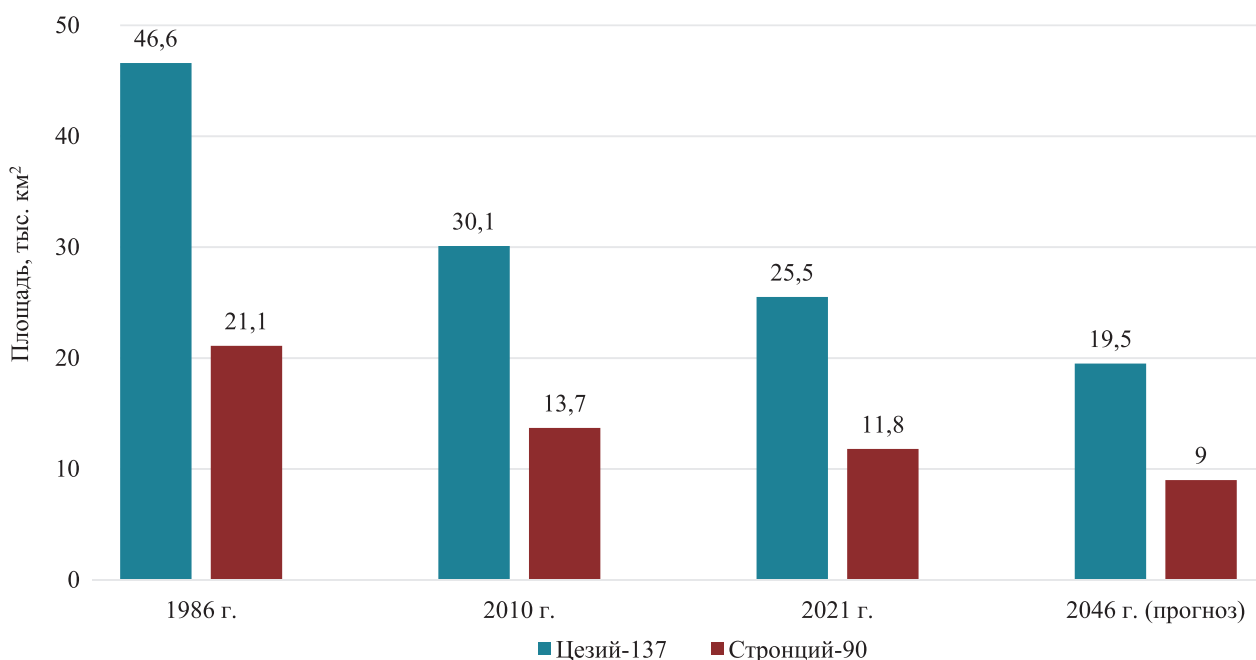


Рис. 1. Динамика сокращения площади территории радиоактивного загрязнения Беларуси ^{137}Cs и ^{90}Sr

Fig. 1. Dynamics of decrease of the area of territory of radioactive contamination of Belarus with ^{137}Cs and ^{90}Sr

Учитывая динамику самоочищения почвы, выполнен прогноз площади территории радиоактивного загрязнения республики с контролируруемыми плотностями загрязнения ^{137}Cs 37 кБк/м² и выше и ^{90}Sr 5,55 кБк/м² и выше. Так, по состоянию на 2046 г. площадь территории, загрязненной ^{137}Cs , составит 19,5 тыс. км², а площадь территории, загрязненной ^{90}Sr , – 9,0 тыс. км², что составляет 9,6 и 4,4 % от общей площади суши республики соответственно.

Площадь территории, загрязненной $^{238,239,240}\text{Pu}$ от 0,37 кБк/м² (от 0,01 Ки/км²) и выше за пределами зоны эвакуации (отчуждения), составляет 2,69 тыс. км² или 1,3 % площади территории республики.

Площадь зоны эвакуации (отчуждения) – территории, с которой в 1986 г. эвакуировано население (30-километровая зона и территория, с которой проведено дополнительное отселение населения в связи с плотностью загрязнения почв ^{90}Sr выше 111 кБк/м² (выше 3,0 Ки/км²) и $^{238,239,240}\text{Pu}$ выше 3,7 кБк/м² (от 0,1 Ки/км²)), составляет 1,7 тыс. км².

В Брестской обл. за период с 1986 по 2021 г. площадь территории с уровнем загрязнения ^{137}Cs от 37 кБк/м² в связи с его естественным распадом уменьшилась в 3,4 раза и по состоянию на 01.01.2021 г. составляла 1,35 тыс. км² (4,1% общей площади территории области). Площадь территории с уровнем загрязнения ^{137}Cs 37–185 кБк/м² составляет 1,31 тыс. км², с плотностью загрязнения 185–555 кБк/м² – 0,04 тыс. км². Загрязнение ^{90}Sr с уровнями от 5,55 кБк/м² (0,15 Ки/км²) и $^{238,239,240}\text{Pu}$ с уровнями от 0,37 кБк/м² на территории Брестской обл. не зарегистрировано (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Площадь загрязнения территории Беларуси ^{137}Cs по областям

T a b l e 1

The area of contamination of the territory of Belarus with ^{137}Cs by regions

Область	Загрязнено ^{137}Cs			В том числе тыс. км ² с плотностью загрязнения, кБк/м ² (Ки/км ²)			
	тыс. км ²	в % к общей площади		37–185 (1–5)	185–555 (5–15)	555–1480 (15–40)	>1480 (>40)
		Беларуси	области				
Брестская	1,35	0,65	4,1	1,31	0,04	–	–
Гомельская	16,44	7,9	40,7	10,88	4,03	1,27	0,26
Гродненская	0,35	0,17	1,4	0,35	<0,01	–	–
Минская	0,72	0,35	1,8	0,72	<0,01	–	–
Могилевская	6,63	3,2	22,8	4,81	1,40	0,42	<0,01
Республика	25,49	12,3	–	18,07	5,47	1,69	0,26

В Гомельской обл. за период с 1986 по 2021 г. площадь территории с уровнем загрязнения ^{137}Cs от 37 кБк/м² сократилась в 1,7 раза и по состоянию на 01.01. 2021 г. составляла 16,44 тыс. км² (40,7 % общей площади территории области). Площадь территории с уровнем загрязнения ^{137}Cs 37–185 кБк/м² составляет 10,88 тыс. км², с плотностью загрязнения 185–555 кБк/м² – 4,03 тыс. км², с плотностью загрязнения 555–1480 кБк/м² – 1,27 тыс. км² и с плотностью загрязнения >1480 кБк/м² – 0,26 тыс. км². Площадь территории, загрязненной $^{238,239,240}\text{Pu}$ от 0,37 кБк/м² и выше за пределами зоны эвакуации (отчуждения), составляет 2,69 тыс. км².

В Гродненской обл. за период с 1986 по 2021 г. площадь территории с уровнем загрязнения ^{137}Cs от 37 кБк/м² снизилась в 5,1 раза и по состоянию на 01.01. 2021 г. составляла 0,35 тыс. км² (1,4 % от общей площади территории области). Загрязнение ^{90}Sr с уровнями от 5,55 кБк/м² и $^{238,239,240}\text{Pu}$ с уровнями от 0,37 кБк/м² на территории Гродненской обл. не зарегистрировано.

В Минской обл. за период с 1986 по 2021 г. площадь территории с уровнем загрязнения ^{137}Cs от 37 кБк/м² в связи с его естественным распадом уменьшилась в 3,3 раза и на 01.01. 2021 г. составляла 0,72 тыс. км² (1,8 % от общей площади территории области). Загрязнение ^{90}Sr и $^{238,239,240}\text{Pu}$ на территории Минской обл. не зарегистрировано.

В Могилевской обл. за период с 1986 по 2021 г. площадь территории с уровнем загрязнения ^{137}Cs от 37 кБк/м² уменьшилась в 1,7 раза и на 01.01.2021 г. составляла 6,63 тыс. км² (22,8 % от общей площади территории области). Площадь территории с уровнем загрязнения ^{137}Cs 37–185 кБк/м² составляет 4,81 тыс. км², с плотностью загрязнения 185–555 кБк/м² – 1,40 тыс. км², с плотностью загрязнения 555–1480 кБк/м² – 0,42 тыс. км² и с плотностью загрязнения >1480 кБк/м² – < 0,01 тыс. км².

Законом Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС» установлено зонирование, то есть отнесение территорий, населенных пунктов и объектов к одной из зон радиоактивного загрязнения. Решение об отнесении к определенной зоне принимается в зависимости от средней годовой эффективной дозы облучения населения (СГЭД) и превышения порогового значения по одной из величин плотности загрязнения

^{137}Cs , ^{90}Sr или $^{238,239,240}\text{Pu}$. В зависимости от плотности загрязнения почв радионуклидами и (или) СГЭД выделяются следующие зоны радиоактивного загрязнения [6]:

– зона эвакуации (отчуждения) – территория вокруг Чернобыльской АЭС, с которой в 1986 г. было эвакуировано население (30-километровая зона и территория, с которой проведено дополнительное отселение населения в связи с плотностью загрязнения почв ^{90}Sr более 111 кБк/км² (3 Ки/км²) и $^{238,239,240}\text{Pu}$ более 3,7 кБк/км² (0,1 Ки/км²));

– зона первоочередного отселения – территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs от 1480 кБк/км² (40 Ки/км²), либо ^{90}Sr , или $^{238,239,240}\text{Pu}$ соответственно 111, 3,7 кБк/км² (3, 0,1 Ки/км²) и более;

– зона последующего отселения – территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs 555–1480 кБк/км² (15–40 Ки/км²), либо ^{90}Sr 74–111 кБк/км² (2–3 Ки/км²), или $^{238,239,240}\text{Pu}$ 1,85–3,7 кБк/км² (0,05–0,1 Ки/км²), на которой СГЭД может превысить (над уровнем естественного и техногенного фона) 5 мЗв, и другие территории, на которых СГЭД может превысить 5 мЗв;

– зона с правом на отселение – территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs 185–555 кБк/км² (5–15 Ки/км²), либо ^{90}Sr 18,5–74 кБк/км² (0,5–2 Ки/км²), или $^{238,239,240}\text{Pu}$ 0,74–1,85 кБк/км² (0,02–0,05 Ки/км²), на которой СГЭД может превысить (над уровнем естественного и техногенного фона) 1 мЗв, а также другие территории, на которых СГЭД может превысить 1 мЗв;

– зона проживания с периодическим радиационным контролем – территория с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs 37–185 кБк/км² (1–5 Ки/км²), либо ^{90}Sr 5,55–18,5 кБк/км² (0,15–0,5 Ки/км²), или $^{238,239,240}\text{Pu}$ 0,37–0,74 кБк/км² (0,01–0,02 Ки/км²), на которой СГЭД не должна превышать (над уровнем естественного и техногенного фона) 1 мЗв.

В Беларуси в результате аварии на Чернобыльской АЭС на территориях радиоактивного загрязнения оказалось 3679 населенных пунктов, в которых проживало 2,2 млн человек. В 1986 г. из 107 населенных пунктов Гомельской обл. (Брагинского, Наровлянского, Хойникского р-нов) с высокими уровнями загрязнения эвакуировано около 24 тыс. жителей. В последующем переселено на незагрязненные территории около 114 тыс. человек. Всего прекратило существование 479 населенных пунктов [6].

После аварии на Чернобыльской АЭС из более чем 46 тыс. км² территории радиоактивного загрязнения, зона проживания с периодическим радиационным контролем (зона 1) занимала 29 тыс. км² (14,8 %), зона с правом на отселение (зона 2) – 10,7 тыс. км² (5,3 %), зона последующего отселения (зона 3) – 4,8 тыс. км² (2,4 %), зона первоочередного отселения (зона 4) – 2,4 тыс. км² (1,2 %). По состоянию на 2021 г. перечисленные зоны радиоактивного загрязнения составили соответственно 8,7 %, 2,6, 0,8 и 0,2 %, а по прогнозу на 2046 г. процентные площади их составят 8,1 %, 1,2, 0,2 и 0,1 % (рис. 2).

Если принять общую площадь территории радиоактивного загрязнения за 100 %, то на 1986 г. зона проживания с периодическим радиационным контролем занимала 62,4 %, зона с правом на отселение – 22,4 %, зона последующего отселения – 10,1 %, зона первоочередного отселения – 5,1 %. По состоянию на 2021 г. (спустя 35 лет после аварии), зона проживания с периодическим радиационным контролем составила 70,7 %, зона с правом на отселение – 21,1 %, зона последующего отселения – 3,7 %, зона первоочередного отселения – 0,9 %. По прогнозной оценке, к 2046 г. (спустя 60 лет после аварии) на зону проживания с периодическим радиационным контролем будет приходиться 84,4 %, на зону с правом на отселение – 12,5 %, а на зоны последующего и первоочередного отселения – всего 3,1 %.

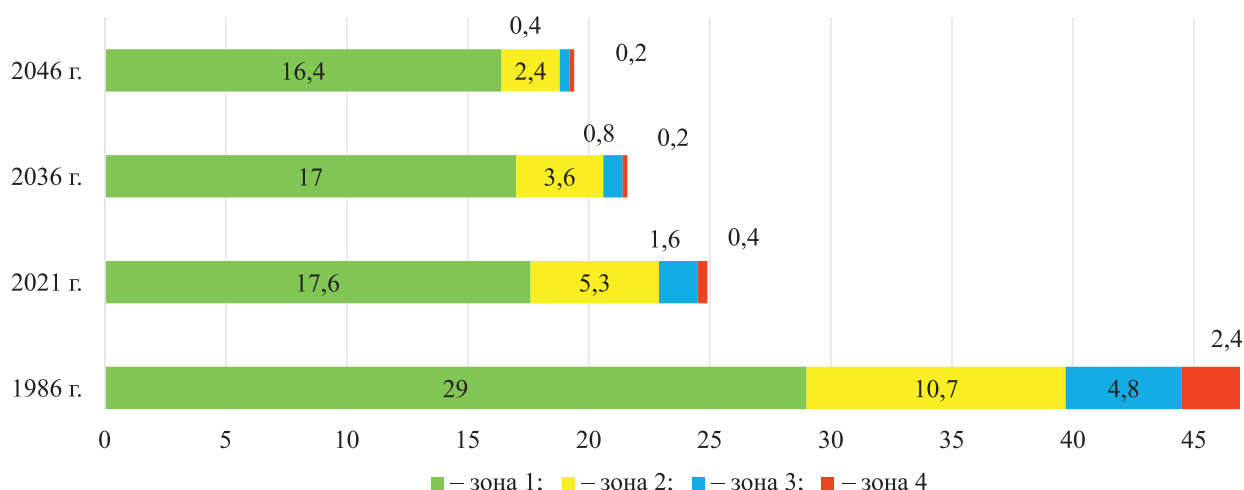


Рис. 2. Динамика распределения площадей по зонам радиоактивного загрязнения (в тыс. км²)

Fig. 2. Dynamics of distribution of areas by radioactive contamination zones (in thousands km²)

В результате естественного распада ^{137}Cs и ^{90}Sr , определяющих радиационную обстановку, за 39-летний период из зон радиоактивного загрязнения выведено 1810 населенных пунктов с их ареалами, или 49 % от их первоначального количества. Прогноз динамики количества населенных пунктов, находящихся на территории радиоактивного загрязнения, на основе базы данных радиационного мониторинга RECONT Белгидромета показал, что по состоянию на 2021 г. численность их составляла 2022 населенных пункта. К 2031 г. количество населенных пунктов на территории радиоактивного загрязнения сократиться (согласно прогнозу) до 1552, а к 2046 г. – до 1140 (рис. 3).

За длительный послеаварийный период существенно изменилась структура распределения населенных пунктов по зонам радиоактивного загрязнения. Так, если в 1996 г. в зоне с периодическим радиационным контролем находилось 60 % населенных пунктов, в зоне правом на отселение – 37 % и в зоне последующего отселения – 3 %, то в соответствии с Перечнем населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения, утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 08.02.2021 № 75, соответственно 86,4 %, 13,4 и 0,2 %.

По состоянию на 2024 г. из 1815 населенных пунктов, находящихся на территории радиоактивного загрязнения, 88 % их расположено в зоне с периодическим радиационным контролем, 11 % – в зоне с правом на отселение и 0,2 % в зоне последующего отселения.



Рис. 3. Динамика распределения населенных пунктов по зонам радиоактивного загрязнения в разные послеаварийные периоды

Fig. 3. Dynamics of distribution of settlements in zones of radioactive contamination in different post-accident periods

По прогнозным оценкам, к 2036 г. в зоне с периодическим радиационным контролем будет находиться 1322 населенных пункта (92 % от их общего количества), в зоне с правом на отселение – 107 (7 %) и в зоне последующего отселения – 2 населенных пункта (0,1%). Прогнозируется, что на 2046 г. в зоне с периодическим радиационным контролем будет находиться 1074 населенных пункта (94 % от их общего количества), в зоне с правом на отселение – 64 (6 %) и в зоне последующего отселения – 2 населенных пункта.

Из 47 районов, подверженных радиоактивному загрязнению, в 5 районах имеется по одному населенному пункту, расположенному в зоне последующего отселения – Буда-Кошелевский, Добрушский и Хойникский р-ны Гомельской обл., Краснопольский и Чериковский р-ны Могилевской обл. В 22 районах часть населенных пунктов расположена в зоне с правом на отселение.

Анализ данных радиационного мониторинга показал, что по состоянию на 2024 г. из 46 загрязненных радионуклидами административных районов, территории 32 районов загрязнены только ^{137}Cs , территории 5 районов – ^{137}Cs и ^{90}Sr и территории 9 районов – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$. По прогнозу в 2036 г., из 44 загрязненных радионуклидами административных районов, территории 32 района будут загрязнены ^{137}Cs , 3 районов – ^{137}Cs и ^{90}Sr и территории 9 районов – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$. В 2046 г. территории 28 районов будут загрязнены ^{137}Cs , 2 района – ^{137}Cs и ^{90}Sr и территории 9 районов – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$ (рис. 4).

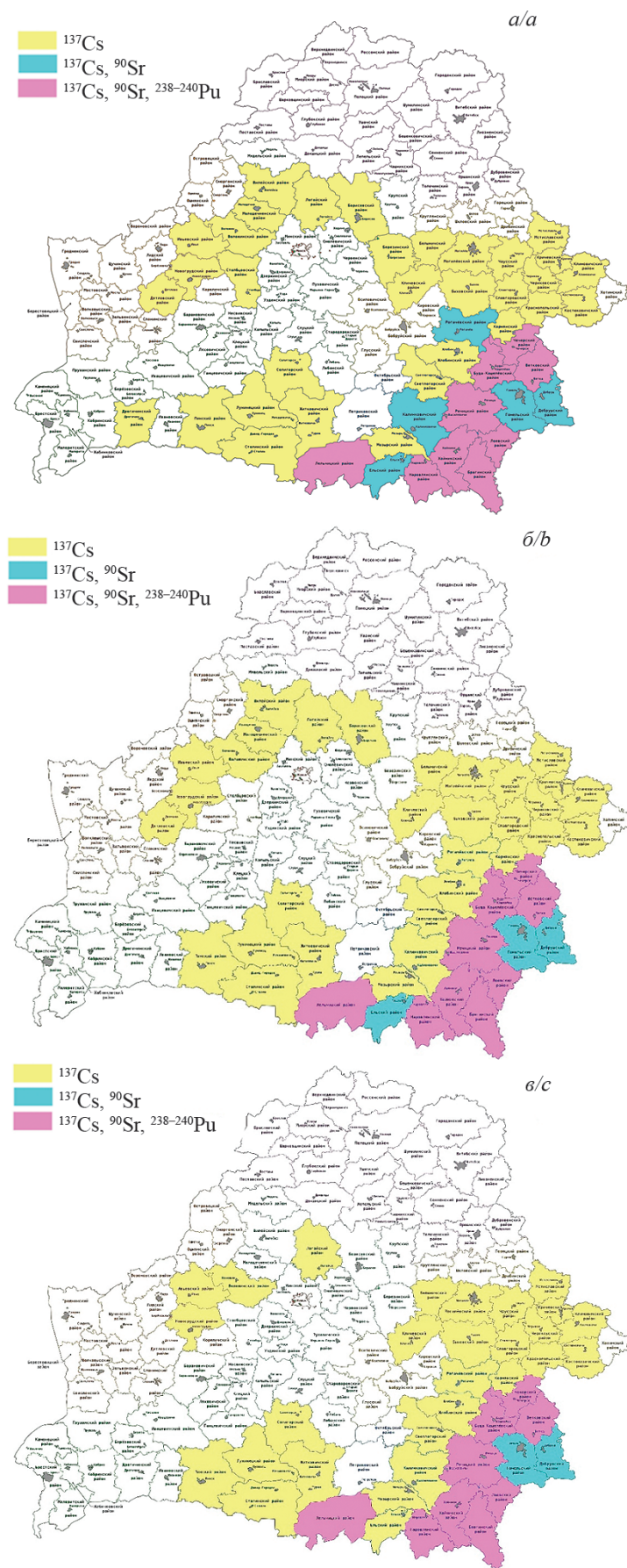


Рис. 4. Картограммы загрязнения административных районов по радионуклидному составу: а) 2024 г.; б) 2036 г.; в) 2046 г.

Fig. 4. Cartograms of pollution of administrative districts by radionuclide composition: а) 2024; б) 2036; в) 2046

По прогнозу на 2031 г., из 1552 населенных пунктов, находящихся на территории радиоактивного загрязнения, 1328 будет загрязнено ^{137}Cs , 59 – ^{90}Sr , 106 – ^{137}Cs и ^{90}Sr , 13 – $^{238-240}\text{Pu}$, 12 – ^{137}Cs и $^{238-240}\text{Pu}$, 6 – ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$ и 28 – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$. В последующие периоды будет наблюдаться уменьшение количества населенных пунктов, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr , и увеличение количества населенных пунктов, которые будут «зонироваться» по изотопам плутония ($^{238-240}\text{Pu}$). Так, к 2046 г. из общей численности (по прогнозу 1140) населенных пунктов на территории радиоактивного загрязнения их численность составит 983 и будет загрязнено только ^{137}Cs , 14 – ^{90}Sr , 46 – ^{137}Cs и ^{90}Sr , 22 – $^{238-240}\text{Pu}$, 16 – ^{137}Cs и $^{238-240}\text{Pu}$, 13 – ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$ и 46 – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$ (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Распределение населенных пунктов на территории радиоактивного загрязнения по радионуклидному составу

T a b l e 2

Distribution of settlements in the territory of radioactive contamination by radionuclide composition

Радионуклиды	Количество населенных пунктов по годам			
	2024 г.	2031 г.	2036 г.	2046 г.
Зона проживания с периодическим радиационным контролем				
^{137}Cs	1375	1221	1159	947
^{90}Sr	58	50	35	12
$^{137}\text{Cs}, ^{90}\text{Sr}$	135	102	72	46
$^{238-240}\text{Pu}$	—	1	1	2
$^{137}\text{Cs}, ^{238-240}\text{Pu}$	1	2	3	9
$^{90}\text{Sr}, ^{238-240}\text{Pu}$	1	2	2	12
$^{137}\text{Cs}, ^{90}\text{Sr}, ^{238-240}\text{Pu}$	40	25	50	46
Всего	1610	1403	1322	1074
Зона с правом на отселение				
^{137}Cs	107	106	78	36
^{90}Sr	6	9	2	2
$^{137}\text{Cs}, ^{90}\text{Sr}$	32	4	2	—
$^{238-240}\text{Pu}$	5	10	10	18
$^{137}\text{Cs}, ^{238-240}\text{Pu}$	5	10	10	7
$^{90}\text{Sr}, ^{238-240}\text{Pu}$	3	4	4	1
$^{137}\text{Cs}, ^{90}\text{Sr}, ^{238-240}\text{Pu}$	43	3	1	—
Всего	201	146	107	64
Зона последующего отселения				
^{137}Cs	2	1	—	—
^{90}Sr	—	—	—	—
$^{137}\text{Cs}, ^{90}\text{Sr}$	—	—	—	—
$^{238-240}\text{Pu}$	2	2	2	2
$^{137}\text{Cs}, ^{238-240}\text{Pu}$	—	—	—	—
$^{90}\text{Sr}, ^{238-240}\text{Pu}$	—	—	—	—
$^{137}\text{Cs}, ^{90}\text{Sr}, ^{238-240}\text{Pu}$	—	—	—	—
Всего	4	3	2	2
Итого	1815	1552	1431	1140

Заключение

В ближайшие десятилетия (2036 г. и последующие) на территории, относящиеся к зонам проживания с периодическим радиационным контролем и с правом на отселение, будет приходиться более 95 % всей территории радиоактивного загрязнения. На них сконцентрировано 99,7 % населенных пунктов.

В перспективе произойдет сокращение более чем в 2,5 раза количества населенных пунктов в зоне с правом на отселение и полное исключение населенных пунктов в зоне последующего отселения. Будет наблюдаться существенное и закономерное сокращение зон последующего отселения и с правом на отселение.

По прогнозу к 2036 г., из 44 загрязненных радионуклидами административных районов загрязнение территории 32 районов будет определяться ^{137}Cs , 3 района – ^{137}Cs и ^{90}Sr и территории 9 районов – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$. В 2046 г. территории 28 районов будут загрязнены ^{137}Cs , 2 района – ^{137}Cs и ^{90}Sr и территории 9 районов – ^{137}Cs , ^{90}Sr и $^{238-240}\text{Pu}$.

Библиографические ссылки

1. INES. Руководство для пользователей международной шкалы ядерных и радиологических событий. Вена: МАГАТЭ; 2010. 235 с.
2. Последствия облучения для здоровья человека в результате черновыльской аварии. Научное приложение D к докладу НКДАР Генеральной ассамблеи ООН 2008 года. ООН. Нью-Йорк: [б. и.]; 2012. 173 с.
3. Израэль ЮА, редактор. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. Ленинград: Гидрометеиздат; 1990. 296 с.
4. Санжарова НИ, Фесенко СВ, редакторы. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий. Москва: РАН; 2018. 278 с.
5. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление. Двадцатилетний опыт: доклад экспертной группы «Экология» Чернобыльского форума. Вена: МАГАТЭ; 2008. 180 с.
6. 35 лет после черновыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий: национальный доклад Республики Беларусь. Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Минск: ИВЦ Минфина; 2020. 152 с.

Reference

1. INES. *Rukovodstvo dlya pol'zovatelej mezhdunarodnoj shkaly yadernyh i radiologicheskikh sobytij* [INES. User Guide for the International Scale of Nuclear and Radiological Events]. Vienna: IAEA; 2010. 235 p.
2. *Posledstviya oblucheniya dlya zdorov'ya cheloveka v rezul'tate chernobyl'skoj аварии. Nauchnoe prilozhenie D k dokladu NKДАР General'noj assamblee OON 2008 goda* [Effects of radiation on human health as a result of the Chernobyl accident. Scientific Appendix D to the 2008 NCDAR Report to the UN General Assembly]. UN. New York: [publisher unknown]; 2012. 173 p.
3. Israel YuA, editor. *Chernobyl': radioaktivnoe zagryaznenie prirodnyh sred* [Chernobyl: radioactive pollution of natural environments. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1990. 296 p.
4. Sanzharova NI, Fesenko SV, editors. *Radioekologicheskie posledstviya аварии na Chernobyl'skoj AES: biologicheskie efekty, migraciya, rehabilitaciya zagryaznennyh territorij* [Radioecological consequences of the Chernobyl accident: biological effects, migration, rehabilitation of contaminated areas]. Moscow: RAS; 2018. 278 p.
5. *Ekologicheskie posledstviya аварии na CHernobyl'skoj AES i ih preodolenie. Dvadcatiletnij opyt: doklad ekspertnoj grupy «Ekologiya» CHernobyl'skogo foruma* [Environmental consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant and their overcoming: twenty years of experience: report of the expert group «Ecology» of the Chernobyl forum]. Vienna: IAEA; 2008. 180 p.
6. *35 let posle chernobyl'skoj katastrofy: itogi i perspektivy preodoleniya ee posledstvij: nacional'nyj doklad Respubliki Belarus* [35 years after the Chernobyl disaster: results and prospects of overcoming its consequences: National Report of the Republic of Belarus] Chernobyl Disaster Management Department of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus. Minsk: IVC of the Ministry of Finance; 2020. 152 p.

Статья поступила в редколлегию 20.05.2025.
Received by editorial board 20.05.2025.