

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ СТРОНЦИЕМ-90: ДИНАМИКА И ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Н. Н. ЦЫБУЛЬКО¹⁾, В. В. ЖУРАВКОВ¹⁾, В. Б. ЦЫРИБКО²⁾, Е. В. АЛЕКСЕЙЧИК¹⁾

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

²⁾Институт почвоведения и агрохимии Национальной академии наук Беларуси
ул. Казинца, 90, 220108, г. Минск, Беларусь

По материалам последнего тура обследования представлен анализ динамики современного состояния и территориального распределения загрязненных стронцием-90 почв пахотных и луговых земель. За длительный послепериод в результате естественного распада радионуклидов площади земель, загрязненных стронцием-90, сократились в два раза. В настоящее время аграрное производство ведется на 271,06 тыс. га земель, загрязненных этим радионуклидом с плотностью 0,15–3,00 Ки/км², что составляет около 3,6 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования республики. Существенно изменилось соотношение площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель по плотностям радиоактивного загрязнения. Из общей площади земель на долю с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км² приходится 62 %, 0,31–1,00 Ки/км² – 34 % и 1,01–3,00 Ки/км² – 4 %. Основные массивы (около 96 %) их сосредоточены в районах Гомельской обл. По административным районам удельный вес загрязненных земель изменяется от менее чем 0,1 до 96,4 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района. В аграрном землепользовании в 11 районах находится 103,2 тыс. га земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью 0,31–3,00 Ки/км², где наблюдается превышение референтных уровней содержания радионуклида в растениеводческой продукции, прежде всего в зерне на пищевые цели. Площади таких земель по районам колеблются в широких пределах, однако основные массивы их сконцентрированы в Брагинском (39,5 тыс. га) и Хойникском (37,8 тыс. га) р-нах Гомельской обл. В этих двух районах находится 75 % всех пахотных и луговых земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью выше 0,30 Ки/км².

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение; стронций-90; почвы; пахотные земли; луговые земли.

Благодарность. Коллектив авторов выражает благодарность сотрудникам отдела мелиорации и радиологии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь за предоставленную информацию о радиоактивном загрязнении сельскохозяйственных земель в Республике Беларусь.

Образец цитирования:

Цыбулько НН, Журавков ВВ, Цырибко ВБ, Алексейчик ЕВ. Загрязнение почв сельскохозяйственных земель стронцием-90: динамика и территориальное распространение. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология.* 2024;3:100–107.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2024-3-100-107>

For citation:

Tsybulka MM, Zhuravkov VV, Tsyribko VB, Alekseychik EV. Soil contamination of agricultural land with strontium-90: dynamics and spatial distribution. *Journal of the Belarusian State University. Ecology.* 2024;3:100–107. Russian.
<https://doi.org/10.46646/2521-683X/2024-3-100-107>

Авторы:

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

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

Виктор Борисович Цырибко – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; заведующий лабораторией агрофизических свойств и защиты почв от эрозии.

Елена Валерьевна Алексейчик – аспирант кафедры экологического мониторинга и менеджмента.

Authors:

Mikalai M. Tsybulka, doctor of science (agriculture), full professor; head of the research sector.
nik.nik1966@tut.by

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

Viktor B. Tsyribko, PhD (agriculture), docent; head of the laboratory of agrophysical properties and protection of soil erosion.

Elena V. Alekseychik, graduate student at the department of environmental monitoring and management.
id@iseu.by

SOIL CONTAMINATION OF AGRICULTURAL LAND WITH STRONTIUM-90: DYNAMICS AND SPATIAL DISTRIBUTION

M. M. TSYBULKA^a, V. V. ZHURAVKOV^a, V. B. TSYRIBKO^b, E. V. ALEKSEYCHIK^a

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

^bInstitute of Soil Science and Agrochemistry, National Academy of Sciences
of Belarus, 90 Kazinka Street, Minsk 220108, Belarus

Corresponding author: M. M. Tsybulka (nik.nik1966@tut.by)

The analysis of dynamics, current state and spatial distribution of strontium-90 contaminated soils of arable and meadow lands based on the last round of their survey is presented. For a long post-accident period, the areas of lands contaminated with strontium-90 have decreased twice as a result of natural decay of radionuclides. At present, agricultural production is carried out on 271,06 thousand ha of lands contaminated with this radionuclide with the density of contamination 0,15–3,00 Ci/km² that makes about 3,6 % of the total area of agricultural land of the republic. The ratio of the areas and distribution of agricultural lands by densities of radioactive contamination has significantly changed. The share of land with density of contamination 0,15–0,30 Ci/km² is 62 % from the total area of the lands; with density of 0,31–1,00 Ci/km² – 34 % and with density of 1,01–3,00 Ci/km² – 4%. The contaminated with ⁹⁰Sr land is mainly situated in the Gomel region (96 %). By administrative districts the share of contaminated lands varies from less than 0.1 to 96.4 % of the total area of agricultural land in the district. In agrarian land use in 11 districts there are 103,2 thousand ha of lands contaminated with strontium-90 with density of 0,31–3,00 Ci/km², where exceeding of reference levels of radionuclide content in crop production, first of all, in grain for food purposes is observed. The areas of such lands vary widely by districts, however, the main massifs of such lands are concentrated in Bragin (39.5 thousand ha) and Khoyniki (37.8 thousand ha) districts of Gomel region. These two districts contain 75 % of all arable and meadow lands contaminated with strontium-90 with density higher than 0.30 Ci/km².

Keywords: radioactive contamination; strontium-90; soils; arable lands; meadow lands.

Acknowledgments. The team of authors expresses gratitude to the staff of the Department of Land Melioration and Radiology of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus for providing information on radioactive pollution of agricultural lands in the Republic of Belarus.

Введение

Авария на Чернобыльской АЭС наиболее крупная радиационная катастрофа, приведшая к выбросу в атмосферу около 200 различных радионуклидов с периодами полураспада от нескольких часов до сотен тысяч лет. Их совокупность оценивается величиной порядка 14 эксабеккерелей (ЭБк) [1; 2].

Пространственные особенности чернобыльских выпадений состоят, во-первых, в масштабах радиоактивного загрязнения, что обусловлено значительной высотой выброса продуктов горения (до 7 км), а во-вторых, в неоднородности (мозаичности) территориального распределения радиоактивных веществ [3].

Радионуклиды присутствуют практически во всех компонентах экосистем, вовлечены в геохимические и трофические цепи миграции, определяют необходимость ведения хозяйственной деятельности в условиях радиоактивного загрязнения в течение длительного периода времени. Значительные площади загрязнены долгоживущими биологически значимыми радионуклидами – цезием-137 (¹³⁷Cs) и стронцием-90 (⁹⁰Sr). Более локально и существенно меньшие территории загрязнены изотопами плутония (²³⁸, ²³⁹⁺²⁴⁰, ²⁴¹Pu) и америцием-241 (²⁴¹Am).

В результате естественного распада радионуклидов наблюдается постепенное снижение плотности загрязнения и площади загрязненной территории Беларуси. Так, площадь радиоактивного загрязнения цезием-137 уменьшилась в 1,8 раза и составляет 25,49 тыс. км² или 12,3 % общей площади страны. Территория, загрязненная стронцием-90, сократилась в 1,9 раза – с 21,1 до 11,8 тыс. км². Территория, загрязненная плутонием-238,239,240, составляет 1,3 % площади республики [4].

Одним из наиболее тяжелых эколого-экономических последствий чернобыльской катастрофы явилось радиоактивное загрязнение земель сельскохозяйственного назначения.

Цель исследования – на основе материалов крупномасштабных агрохимических и радиационных обследований провести анализ динамики, современного состояния и территориального распределения загрязненных стронцием-90 почв сельскохозяйственных (пахотных и луговых) земель.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований выступали почвы пахотных и луговых земель, загрязненные стронцием-90 с плотностью от 0,15 Ки/км² (5,55 кБк/м²) до 3,00 Ки/км² (111,00 кБк/м²), находящиеся в пользовании сельскохозяйственных организаций административных районов республики, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

Территория радиоактивного загрязнения характеризуется широким разнообразием типов почв, обусловленным степенью их увлажнения, гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород, антропогенной преобразованностью [5].

Предметом исследования являлись основные закономерности и тенденции динамики и территориального распространения загрязнения почв пахотных и луговых земель стронцием-90.

Результаты исследования и их обсуждение

В Беларуси загрязнению стронцием-90 с плотностью выше 0,15 Ки/км² (выше 5,55 кБк/м²) подверглось около 650 тыс. га сельскохозяйственных земель (около 7 % их общей площади) в 28 административных районах Беларуси. Часть земель с высокой плотностью загрязнения была выведена из хозяйственного оборота.

Согласно действующей методике [6], почвы сельскохозяйственных земель при их крупномасштабном агрохимическом и радиационном обследовании подразделяются на 7 степеней по плотности загрязнения стронцием-90 – от менее 0,15 Ки/км² (менее 5,55 кБк/м²) до 3,00 Ки/км² и выше (111,00 кБк/м² и выше) (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Градация почв по степени загрязнения стронцием-90 [6]

T a b l e 1

Gradation of soils according to the degree of contamination with strontium-90 [6]

Степень загрязнения	Плотность загрязнения ¹³⁷ Cs, Ки/км ²	Обозначение на картограммах (цвет)
1	Менее 0,15	Не окрашивается
2	0,15–0,30	Голубой
3	0,31–0,50	Синий
4	0,51–1,00	Зеленый
5	1,01–2,00	Желтый
6	2,01–2,99	Оранжевый
7	3,00 и более	Красный

В результате радиоактивного распада происходит постепенное уменьшение площади земель с контролируемой минимальной плотностью загрязнения стронцием-90 0,15 Ки/км² и выше, перевод их в категорию незагрязненных. Площадь загрязненных сельскохозяйственных земель сократилась за период с 1996 по 2024 г. с 555,1 до 271,1 тыс. га. В категорию незагрязненных перешло 284,0 тыс. га земель или 51 % ранее загрязненных (рис. 1).

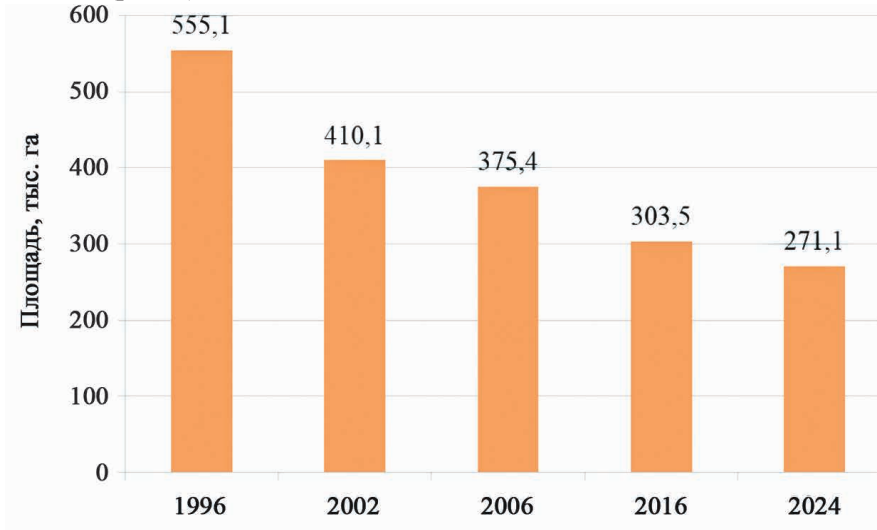


Рис. 1. Динамика площадей сельскохозяйственных земель Республики Беларусь, загрязненных стронцием-90 с плотностью 5,55 кБк/м² и выше

Fig. 1. Dynamics of the areas of agricultural lands of the Republic of Belarus contaminated with strontium-90 with a density of 5.55 kBq/m² and above

За длительный послеаварийный период существенно изменилось соотношение площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель по плотностям радиоактивного загрязнения. Так, в 2006 г. из общей площади почв сельскохозяйственных земель, загрязненных стронцием-90, на долю с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км² приходилось 56 %, с плотностью 0,31–1,00 Ки/км² – 35% и с плотностью 1,01–3,00 Ки/км² – 9 %.

В дальнейшем наблюдалось уменьшение удельного веса земель с плотностью загрязнения от 1,01 до 3,00 Ки/км² и, соответственно, увеличение доли земель с плотность загрязнения 0,15–0,30 Ки/км². Так, по данным крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв, в 2016 г. из общей площади сельскохозяйственных земель, загрязненных стронцием-90, их удельный вес с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км² составлял 59 %, с плотностью 0,31–1,00 Ки/км² – 35 и с плотностью 1,01–3,00 Ки/км² – 6 % (рис. 2).

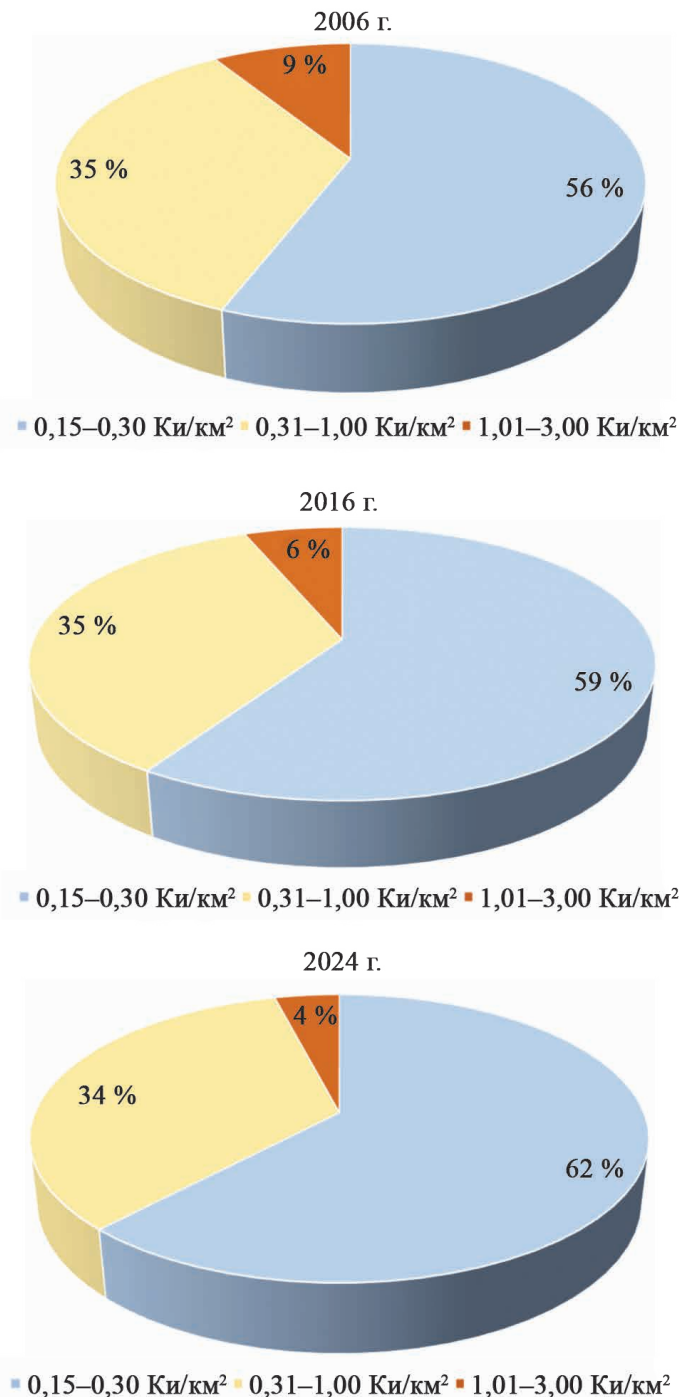


Рис. 2. Динамика соотношения удельного веса почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь по плотностям загрязнения стронцием-90

Fig. 2. Dynamics of the ratio of the specific gravity of soils of agricultural lands of the Republic of Belarus according to the density of contamination with strontium-90

По состоянию на 01.01.2024, согласно данным последнего тура агрохимического и радиационного обследования почв пахотных и луговых земель сельскохозяйственных организаций Беларуси, аграрное производство ведется на 271,06 тыс. га земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью 0,15–3,00 Ки/км², что составляет около 3,6 % от общей площади сельскохозяйственных земель республики. Пахотные земли занимают 188,36 тыс. га (69,5 %), луговые земли – 82,70 тыс. га (30,5 %).

В составе загрязненных стронцием-90 пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км² приходится 61,9 % (167,84 тыс. га), 0,30–1,00 Ки/км² – 34,1 % (92,30 тыс. га) 1,01–3,00 Ки/км² – 4 % (10,90 тыс. га) соответственно (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Экспликация сельскохозяйственных земель Республики Беларусь
по плотности загрязнения стронцием-90 (по состоянию на 01.01. 2024 г.)

T a b l e 2

Explication of agricultural lands of the Republic of Belarus according to the density
of contamination with strontium-90 (as of 01.01.2024)

Республика, область	Всего >0,15 Ки/км ²		В том числе по плотностям загрязнения, Ки/км ²					
			0,15–0,30	0,31–1,00	1,01–3,00			
	тыс. га	% ¹⁾	тыс. га	% ²⁾	тыс. га	%	тыс. га	%
Сельскохозяйственные земли								
По Беларуси	271,06	3,6	167,84	61,9	92,30	34,1	10,90	4,0
Брестская	0,09	0,01	0,09	100,0	–	–	–	–
Гомельская	261,05	21,3	157,83	60,5	92,30	35,4	10,90	4,2
Могилевская	9,92	0,9	9,92	100,0	–	–	–	–
Пахотные земли и многолетние насаждения								
По Беларуси	188,36	3,6	117,93	62,6	62,36	33,1	8,08	4,3
Брестская	0,09	0,01	0,09	100,0	–	–	–	–
Гомельская	181,20	20,1	110,77	61,1	62,36	34,4	8,08	4,5
Могилевская	7,07	0,9	7,07	100,0	–	–	–	–
Луговые земли								
По Беларуси	82,70	3,6	49,91	60,3	29,98	36,2	2,81	3,40
Брестская	–	–	–	–	–	–	–	–
Гомельская	79,85	24,5	47,06	58,9	29,98	37,5	2,81	3,5
Могилевская	2,85	0,9	2,85	100,0	–	–	–	–

Примечание. ¹⁾ Процент от наличия сельскохозяйственных земель в области, республике; ²⁾ процент от «всего земель >0,15 Ки/км²».

Анализ экспликации загрязненных стронцием-90 земель Республики Беларусь свидетельствует, что основные массивы их сосредоточены в Гомельской обл. – 261,05 тыс. га и составляет 96,3 % от общей площади загрязненных земель. В Могилевской обл. площадь таких земель значительно меньше – 9,92 тыс. га.

Рассматривая структуру радиоактивного загрязнения земель по областям республики, можно отметить следующее. В составе загрязненных стронцием-90 пахотных и луговых земель в Гомельской обл., земли с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км² занимают 60,5 % (157,83 тыс. га), с плотностью 0,31–1,00 Ки/км² – 35,4 % (92,30 тыс. га) и с плотностью 1,01–3,00 Ки/км² – 4,2% (10,90 тыс. га). В Могилевской и Брестской областях сельскохозяйственные земли загрязнены стронцием-90 только с плотностью 0,15–0,30 Ки/км².

Из 118 административных районов Беларуси в 22 из них имеются сельскохозяйственные земли, загрязненные стронцием-90. По районам площади загрязненных земель колеблются в очень широких пределах – удельный вес их изменяется от менее 0,1 до 96,4 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района. В зависимости от удельного веса земель, загрязненных стронцием-90 от общей площади их в республике, все районы разделены на 4 группы. Первую группу представляют районы, в которых доля таких земель составляет до 1 %, вторую – районы с долей >1–5 %, третью – с долей >5–10 % и четвертую группу – районы с долей загрязненных земель >10 % (рис. 3).

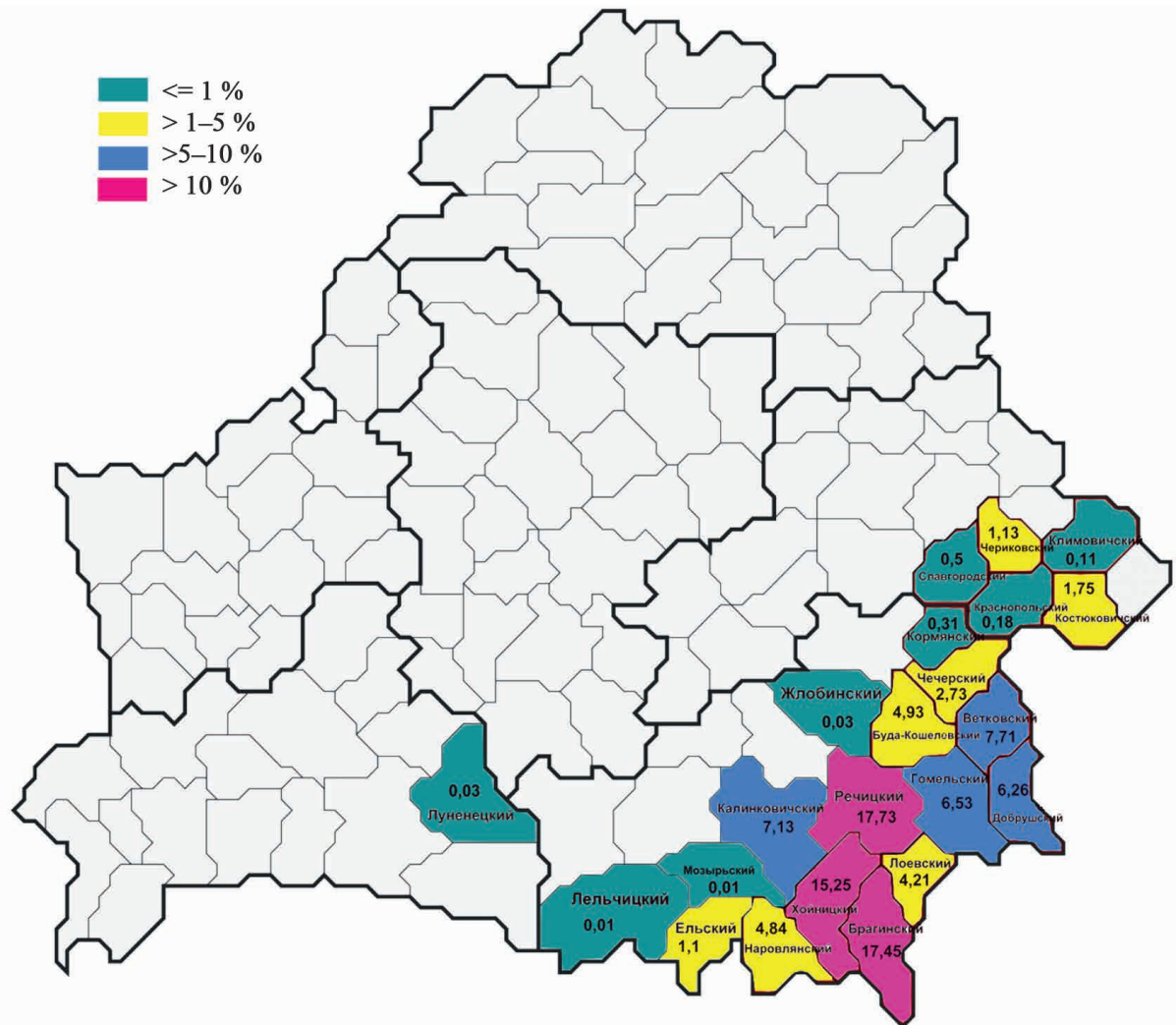


Рис. 3. Картограмма распределения административных районов по удельному весу (в процентах) загрязненных стронцием-90 сельскохозяйственных земель

Fig. 3. Cartogram of the distribution of administrative districts by specific gravity (in percent) of agricultural land contaminated with strontium-90

В восьми районах (Жлобинском, Лельчицком, Лунинецком, Климовичском, Кормянском, Краснополяском, Мозырском, Славгородском) загрязненные стронцием-90 земли занимают менее 1 %, а площади их колеблются от 30 до 1352 га. В семи районах доля загрязненных стронцием-90 земель составляет 1,1–5,0 %. В эту группу входят Буда-Кошелевский, Ельский, Костюковичский, Лоевский, Наровлянский, Чериковский и Чечерский районы. До 10 % загрязненных стронцием-90 сельскохозяйственных земель в Ветковском, Гомельском, Добрушском и Калинковичском районах. Наибольшие площади (более 10 %), загрязненных стронцием-90 земель, в Брагинском, Речицком и Хойникском р-нах Гомельской обл.

В настоящее время в аграрном землепользовании Гомельской обл. находится 103,2 тыс. га земель, загрязненных стронцием-90, с плотностью 0,31 Ки/км² и выше (рис. 4), где наблюдается систематическое превышение референтных (допустимых) уровней загрязнения растениеводческой продукции, прежде всего зерна на пищевые цели [7].

Из 22 административных районов, в которых имеются загрязненные стронцием-90 земли, в 11 часть их загрязнена с плотностью 0,31–3,00 Ки/км². Площади таких земель по районам колеблются в широких пределах. Незначительное количество их в Буда-Кошелевском (762 га), Гомельском (886 га) и Чечерском (790 га) р-нах. В Ветковском, Лоевском, Наровлянском и Речицком р-нах площади их колеблются от 1568 до 4774 га. В Добрушском и Калинковичском р-нах площади составляют 6260 и 5346 га соответственно. Однако основные массивы земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью 0,31–3,00 Ки/км², сконцентрированы в Брагинском (39507 га) и Хойникском (37780 га) р-нах. В двух последних районах находится 75 % пахотных и луговых земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью выше 0,30 Ки/км².

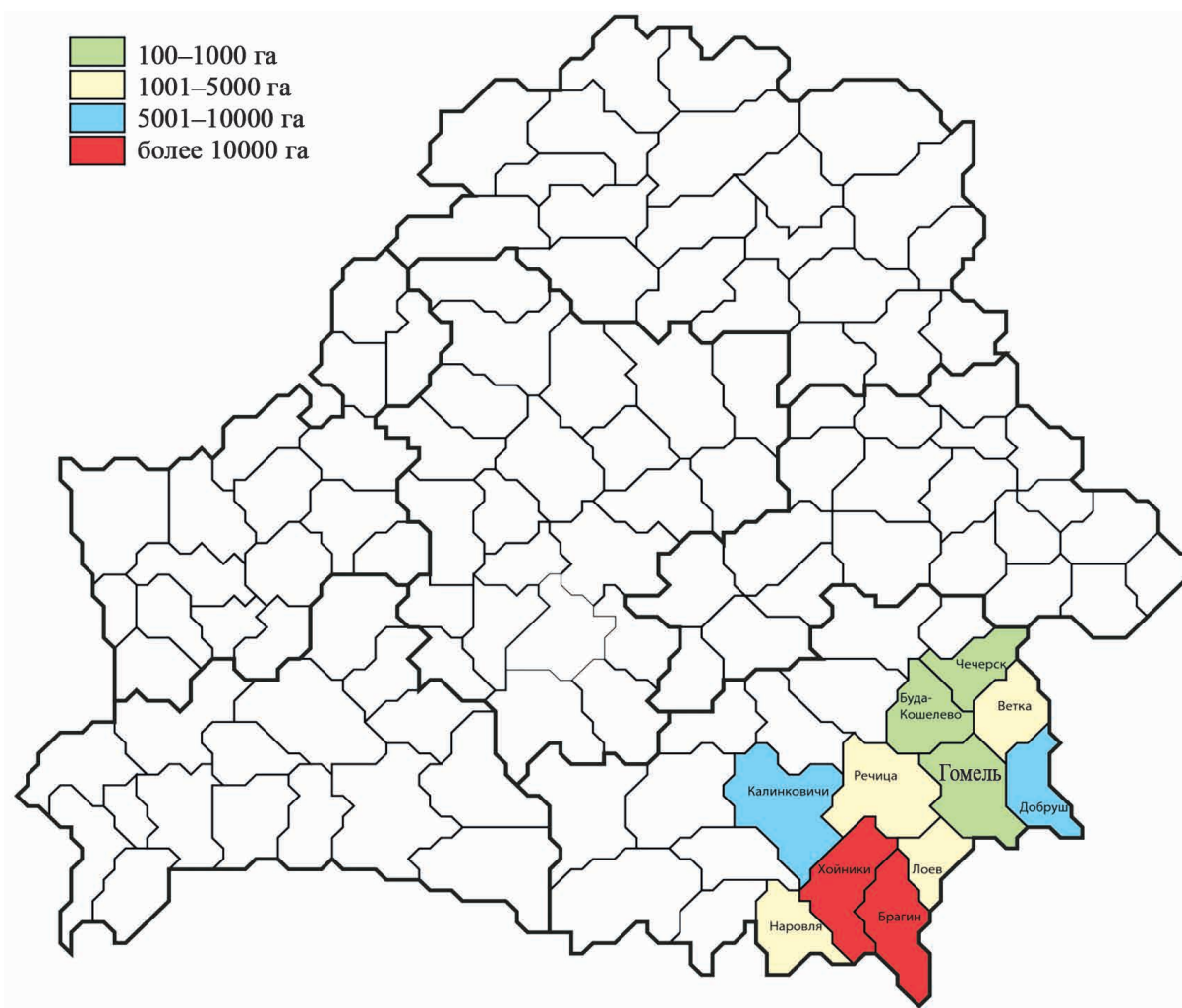


Рис. 4. Картограмма распределения площадей сельскохозяйственных земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью выше 0,30 Ки/км² (по административным районам)

Fig. 4. Cartogram of the distribution of areas of agricultural land contaminated with strontium-90 with a density above 0.30 Ci/km², by administrative region

Заключение

За 38-летний послеаварийный период в результате естественного распада радионуклидов площади используемых сельскохозяйственных земель, загрязненных стронцием-90, сократились в два раза. В настоящее время аграрное производство ведется на 271,06 тыс. га земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью 0,15–3,00 Ки/км², что составляет около 3,6 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования республики.

Существенно изменилось соотношение площадей и удельного веса почв сельскохозяйственных земель по плотностям радиоактивного загрязнения стронцием-90. В настоящее время из общей площади почв сельскохозяйственных земель, загрязненных им, 62 % приходится на плотность загрязнения 0,15–0,30 Ки/км², 34 % – на плотность 0,31–1,00 Ки/км² и 4 % – на плотность 1,01–3,00 Ки/км².

Загрязненные стронцием-90 земли имеются в 22 административных районах Беларуси. Основные массивы (96,3 %) их сосредоточены в районах Гомельской обл. По районам удельный вес загрязненных земель изменяется от менее чем 0,1 до 96,4 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района.

В настоящее время в аграрном землепользовании в 11 районах Гомельской обл. находится 103,2 тыс. га земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью 0,31–3,00 Ки/км², где наблюдается систематическое превышение референтных (допустимых) уровней загрязнения растениеводческой продукции, прежде всего зерна на пищевые цели. Площади таких земель по районам колеблются в широких пределах. Однако основные массивы их сконцентрированы в Брагинском (39,5 тыс. га) и Хойникском (37,8 тыс. га) р-нах.

В них районах находится 75 % всех пахотных и луговых земель, загрязненных стронцием-90 с плотностью выше 0,30 Ки/км².

Библиографические ссылки

1. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление. Двадцатилетний опыт. В: Доклад экспертной группы «Экология» Чернобыльского форума. Вена: МАГАТЭ, 2008. 180 с.
2. Санжарова НИ, Фесенко СВ, редакторы. Радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий. Москва: РАН; 2018. 278 с.
3. Израэль ЮА, и др. Радиоактивное загрязнение природных сред в зоне аварии на Чернобыльской АЭС. *Метеорология и гидрология*. 1987;2:5–18.
4. 35 лет после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления ее последствий. В: Национальный доклад Республики Беларусь. Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. Минск: ИВЦ Минфина, 2020. 152 с.
5. Смеян НИ, и др. Номенклатурный список почв Беларуси (для целей крупномасштабного картографирования). Минск: [б. и.]; 2003. 43 с.
6. Богдевич И.М, и др. Методика крупномасштабного агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь. Национальная академия наук Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии. Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси; 2020. 45 с.
7. Цыбулько НН. Почвенно-агрохимические основы адаптивного использования загрязненных радионуклидами земель. Минск: ИВЦ Минфина; 2022. 290 с.

Reference

1. *Ekologicheskie posledstviya avarii na CHernobyl'skoj AES i ih preodolenie. Dvadcatiletnij opyt. V: Doklad ekspertnoj grupy «Ekologiya» CHernobyl'skogo foruma* [Environmental consequences of the Chernobyl accident and their overcoming. Twenty years of experience. In: Report of the expert group «Ecology» of the Chernobyl Forum]. Vienna: IAEA; 2008. 180 p. Russian.
2. Sanzharova NI, Fesenko SV, editors. *Radioekologicheskie posledstviya avarii 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. Russian.
3. Israel YuA, et al. *Radioaktivnoe zagryaznenie prirodnyh sred v zone avarii na Chernobyl'skoj AES* [Radioactive pollution of natural environments in the zone of the Chernobyl accident]. *Meteorologiya I gidrologiya* [Meteorology and hydrology]. 1987;2:5–18. Russian.
4. *35 let posle chernobyl'skoj katastrofy: itogi i perspektivy preodoleniya ee posledstvij. V: Nacional'nyj doklad Respubliki Belarus'* [35 years after the Chernobyl disaster: results and prospects of overcoming its consequences. In: National report of the Republic of Belarus. Department for the Elimination of the Consequences of the Chernobyl disaster of the Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus]. Minsk: IVC of the Ministry of Finance; 2020. 152 p. Russian.
5. Smeyan NI, et al. *Nomenklaturnyj spisok pochv Belarusi (dlya celej krupnomasshtabnogo kartografirovaniya)* [Nomenclature list of soils of Belarus (for the purposes of large-scale mapping)]. Minsk: [publisher unknown]; 2003. 43 p. Russian.
6. Bogdevich IM, et al. *Metodika krupnomasshtabnogo agrohimicheskogo i radiacionnogo obsledovaniya pochv sel'skohozyajstvennyh zemel' Respubliki Belarus'* [Methodology of large-scale agrochemical and radiation examination of soils of agricultural lands of the Republic of Belarus. National Academy of Sciences of Belarus, Institute of Soil Science and Agrochemistry]. Minsk: Institute of System Research in Agriculture of the National Academy of Sciences of Belarus; 2020. 45 p. Russian.
7. Tsybulka NN. *Pochvenno-agrohimicheskie osnovy adaptivnogo ispol'zovaniya zagryaznennyh radionuklidami zemel'* [Soil-agrochemical basis for the adaptive use of land contaminated with radionuclides]. Minsk: Information Computing Center of the Ministry of Finance; 2022. 290 p. Russian.

Статья поступила в редколлегию 05.08.2024.
Received by editorial board 05.08.2024.