

РИСКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА ПИЩЕВЫЕ ЦЕЛИ НА ПОЧВАХ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ^{137}Cs И ^{90}Sr

Н. Н. Цыбулько¹, доктор сельскохозяйственных наук

И. И. Жукова², кандидат сельскохозяйственных наук

Е. В. Алексейчик¹, аспирант

А. Н. Сергель¹, магистрант

¹Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова
Белорусского государственного университета, г. Минск, Беларусь

²Белорусский государственный педагогический университет им. Максима Танка,
г. Минск, Беларусь

Аннотация. На дерново-подзолистых почвах риски и ограничения производства зерна и картофеля на пищевые цели закономерно снижаются по мере перехода от песчаных к суглинистым почвам. Однако уровень почвенного плодородия оказывает существенное влияние на данные параметры. При оптимальной обеспеченности почвы подвижным калием и близкой к нейтральной реакции почвенной среды риск получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{137}Cs или ^{90}Sr уменьшается в два и более раз по сравнению с почвами с низкими показателями плодородия. На торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs , вероятность превышения содержания данного радионуклида в зерне основных зерновых культур и клубнях картофеля существенно выше по сравнению с минеральными дерново-подзолистыми почвами при одинаковой плотности их радиоактивного загрязнения. В то же время на торфяных почвах ниже риски получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{90}Sr .

Ключевые слова: почвы, радиоактивное загрязнение, риски, ограничения, допустимые уровни, растениеводческая продукция.

**N. N. Tsybulka, I. I. Zhukova, E. V. Alexeichik,
A. N. Sergel**

RISKS AND LIMITATIONS OF CULTIVATING AGRICULTURAL CROPS FOR FOOD PURPOSES IN SOILS CONTAMINATED WITH ^{137}Cs AND ^{90}Sr

Abstract. On sod-podzolic soils, the risks and limitations of grain and potato production for food purposes consistently decrease from sandy to loamy soils. However, soil fertility has a significant impact on these parameters. With optimal soil availability of available potassium and a near-neutral soil pH, the risk of producing crops with excessive ^{137}Cs or ^{90}Sr levels is reduced by two times or more compared to soils with low fertility. In peat soils contaminated with ^{137}Cs , the probability of exceeding the radionuclide content in grain of major cereal crops and potato tubers is significantly higher than in mineral sod-podzolic soils with the same radioactive contamination density. At the same time, the risk of producing produce with excess ^{90}Sr content is lower in peat soils.

Keywords: soils, radioactive contamination, risks, restrictions, permissible levels, plant products.

Введение

По состоянию на 1 января 2025 г., согласно данным агрохимического и радиационного обследования почв сельскохозяйственных земель, аграрное производство в Беларуси ведется на 804,4 тыс. га, загрязненных ^{137}Cs с

плотностью 1–40 Ки/км², что составляет около 11 % общей их площади. В составе загрязненных ^{137}Cs пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 1–5 Ки/км² приходится 83 %, с плотностью 5–15 Ки/км² – 16 % и

с плотностью 15–40 Ки/км² – 1 %. Основные их массивы сосредоточены в Гомельской и Могилевской областях. По административным районам площади загрязненных земель колеблются в очень широких пределах: удельный вес их изменяется от менее 0,1 до 97 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района [1].

В настоящее время в сельскохозяйственном пользовании также находится около 270 тыс. га земель, загрязненных ⁹⁰Sr с плотностью 0,15–3,00 Ки/км², что составляет 3,5 % площади сельскохозяйственных земель республики. В составе загрязненных ⁹⁰Sr пахотных и луговых земель на земли с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км² приходится 62,2 %; с плотностью 0,30–1,00 Ки/км² – 34,5 % и с плотностью 1,01–3,00 Ки/км² – 3,3 %. Сельскохозяйственные земли, загрязненные ⁹⁰Sr, имеются в 22 административных районах Беларуси. По районам их площади колеблются в очень

широких пределах: удельный вес изменяется от менее 0,1 до 96,4 % от общей площади сельскохозяйственного землепользования района [1].

Ведение сельскохозяйственного производства разрешено¹ при плотности загрязнения почв ¹³⁷Cs до 40 Ки/км² и ⁹⁰Sr до – до 3,0 Ки/км². Количественные параметры поступления радионуклидов в продукцию сельскохозяйственных культур зависят не только от плотности загрязнения почв, но также от типа, гранулометрического состава, агрохимических свойств почв и биологических особенностей культур [2].

В данной статье приведены результаты оценки ограничений и рисков (вероятности) возделывания сельскохозяйственных культур для получения продукции на пищевые цели на дерново-подзолистых и торфяных почвах в зависимости от степени загрязнения их радионуклидами.

Объекты и методы исследований

Объект исследований – почвы пахотных земель, загрязненные ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr соответственно с плотностью от 1 до 40 Ки/км² и от 0,15 до 3,00 Ки/км², находящиеся в пользовании сельскохозяйственных организаций Беларуси, расположенных на территории радиоактивного загрязнения.

Территория радиоактивного загрязнения характеризуется пестротой почвенного покрова, обусловленного типовыми различиями, степенью увлажнения, гранулометрическим составом почвообразующих и подстилающих пород. Основу качественного состава сельскохозяйственных земель составляют дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболоченные почвы, удельный вес которых составляет соответственно 33,4 и 35,6 % от их общей площади. На долю дерновых заболоченных почв приходится 10,3 %. Кроме этого, в составе обрабатываемых земель имеется 11,4 % торфяно-болотных, 5,6 % – аллювиальных (пойменных) дерновых и 3,7 % дегради-

рованных торфяно-минеральных почв [3]. На территории радиоактивного загрязнения преобладают супесчаные почвы (46,4 %). Песчаные почвы занимают 27,9 %, а глинистые и суглинистые – 12,5 %. По степени гидроморфизма в составе сельскохозяйственных земель автоморфные почвы занимают 33,1 %, полугидроморфные – 52,0, гидроморфные – 14,9 %.

Расчет загрязнения продукции растениеводства производили по формуле, зафиксированной в [2]:

$$УА = 37 \times \Pi \times K_{\Pi},$$

где УА – удельная активность радионуклида в продукции растениеводства (зерно), Бк/кг; Π – плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км²; K_{Π} – коэффициент перехода радионуклида из почвы в сельскохозяйственные культуры, Бк/кг : кБк/м²; 37 – коэффициент пересчета в Бк;

$$Д\P_{\Pi} = \frac{ДУ}{K_{\Pi} \times 37},$$

¹ О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС: Закон Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. № 385-З (в ред. Законов Республики Беларусь от 11 ноября 2019 г. № 252-З; от 5 января 2022 г. № 148-З; от 30 декабря 2022 г. № 228-З). Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=H11200385> (дата обращения: 20.12.2025).

где $ДП_n$ – допустимая плотность загрязнения почвы радионуклидом, Ки/км², $ДУ$ – республиканский допустимый уровень или допустимый уровень в рамках Таможенного

союза содержания радионуклида в продукции растениеводства (зерно), Бк/кг, л; K_n – коэффициент перехода радионуклида из почвы в зерно, Бк/кг : кБк/м², 37 – коэффициент пересчета нКи/кг в Бк/кг.

Результаты исследований и их обсуждение

В соответствии с Гигиеническим нормативом «Критерии оценки радиационного воздействия», утвержденным постановлением Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 № 37 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 29.11.2022 № 829)¹, референтные уровни содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в хлебе и хлебобулочных изделиях составляют соответственно 40 Бк/кг и 5 Бк/кг [4]. С целью гарантированного непревышения содержания радионуклидов в данном виде пищевых продуктов допустимый уровень содержания ¹³⁷Cs в зерне на продовольственные цели не должен превышать 90 Бк/кг, а допустимый уровень ⁹⁰Sr – 11 Бк/кг [5]. Референтные уровни содержания ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в картофеле на пищевые цели составляют соответственно 80 Бк/кг и 5 Бк/кг [4].

В результате выполненных прогнозов удельной активности ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в товарной продукции растениеводства определены предельно допустимые плотности радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава и торфяных почв для возделывания сельскохозяйственных культур с целью получения продукции на пищевые цели. Установлено, что возделывание озимой и яровой пшеницы, озимой ржи, озимой тритикале, ячменя, овса и картофеля на пищевые цели с содержанием ¹³⁷Cs в зерне 90 Бк/кг и клубнях 80 Бк/кг на дерново-подзолистых суглинистых почвах не ограничивается плотностью загрязнения. Возделывание гороха на пищевые цели при средней и повышенной обеспеченности суглинистых почв подвижным калием (K_2O) ограничивается плотностью загрязнения ¹³⁷Cs 6–7 Ки/км², проса – соответственно 20 и 32 Ки/км² (табл. 1).

На дерново-подзолистых супесчаных почвах нет ограничений по плотности их загрязнения ¹³⁷Cs при размещении и возделывании на пищевые цели озимой ржи, озимой пшеницы, озимого ячменя, картофеля. Ограничено возделывание озимой тритикале плотностью загрязнения 20 и 27 Ки/км² при низкой и средней обеспеченности почвы K_2O . Яровую пшеницу и яровой ячмень возможно возделывать на почвах со средней обеспеченностью почвы K_2O при плотности загрязнения ¹³⁷Cs до 27, а при повышенной обеспеченности K_2O – до 32 Ки/км². Горох на пищевые цели на супесчаных почвах допускается размещать при плотности их загрязнения ¹³⁷Cs до 6 Ки/км² при низком содержании подвижного калия и до 10 Ки/км² – при высоком содержании калия. Для гречихи и проса существуют менее жесткие ограничения.

На дерново-подзолистых песчаных почвах только возделывание картофеля не лимитируется плотностью загрязнения ¹³⁷Cs. Из зерновых, зернобобовых и крупяных культур наиболее существенные ограничения имеются в отношении гороха на пищевые цели: его возможно размещать на почвах с повышенным и высоким содержанием K_2O при плотности их радиоактивного загрязнения соответственно не выше 4 Ки/км² и 8 Ки/км².

За длительный послеаварийный период в почвах произошла трансформация физико-химических форм ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr. Соединения ¹³⁷Cs подверглись необменной фиксации, и их содержание в доступной для растений форме составляет незначительную долю (5–15 %). Соединения ⁹⁰Sr, наоборот, находятся преимущественно в доступных формах, составляющих в дерново-подзолистых почвах до 95 %, в торфяно-болотных почвах – до 50 % [4].

¹ Об утверждении гигиенических нормативов: постановление Совета Министров Респ. Беларусь 25.01.2021 № 37 (в редакции постановления Совета Министров Республики Беларусь 29.11.2022 № 829). Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. URL: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=C22100037&p1=1&p5=0> (дата обращения: 20.12.2025).

Таблица 1. Ограничения по плотности загрязнения дерново-подзолистых почв ^{137}Cs при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг почвы			
	81–140 (низкое)	141–200 (среднее)	201–300 (повышенное)	> 300 (высокое)
<i>Суглинистые почвы</i>				
Рожь озимая	40	40	40	40
Тритикале озимая	40	40	40	40
Пшеница озимая	40	40	40	40
Пшеница яровая	40	40	40	40
Ячмень	40	40	40	40
Овес	40	40	40	40
Горох	5	6	7	15
Просо	15	20	32	40
Картофель	36	40	40	40
<i>Супесчаные почвы</i>				
Рожь озимая	40	40	40	40
Тритикале озимая	20	27	40	40
Пшеница озимая	40	40	40	40
Пшеница яровая	20	27	32	40
Ячмень яровой	20	27	32	40
Ячмень озимый	30	40	40	40
Овес	20	29	40	40
Горох	6	7	10	10
Гречиха	9	10	12	14
Просо	10	16	23	32
Картофель	30	40	40	40
<i>Песчаные почвы</i>				
Рожь озимая	20	27	32	40
Тритикале озимая	23	32	40	40
Пшеница яровая	16	20	27	40
Ячмень яровой	15	18	27	40
Овес	16	20	23	32
Горох	2	3	4	8
Гречиха	9	10	–	–
Просо	15	32	40	40
Картофель	36	40	40	40

Вследствие высокой подвижности ^{90}Sr в минеральных почвах количественные параметры его поступления в растения значительно выше по сравнению с ^{137}Cs . Это существенно ограничивает размещение и возделывание сельскохозяйственных культур на загрязненных этим радионуклидом почвах пахотных и луговых земель.

На загрязненных ^{90}Sr дерново-подзолистых почвах, независимо от их гранулометрического состава, значительно сокращено возделывание зерновых культур и картофеля на пищевые цели. Так, допустимая плотность загрязнения ^{90}Sr суглинистых почв со слабокислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} 5,6–6,0) при возделывании озимой ржи, яро-

вой пшеницы, ячменя, овса и гороха на продовольственное зерно (с содержанием радионуклида < 11 Бк/кг) не должна превышать $0,21\text{--}0,29$ Ки/км²; для озимой тритикале и озимой пшеницы этот показатель составляет $0,39\text{--}0,40$ Ки/км², для картофеля – $0,52$ Ки/км². Ограничение для проса – $0,74$ Ки/км². Допустимая плотность загрязнения ^{90}Sr супесчаных и песчаных почв под озимую тритикале колеблется в зависимости от реакции почвенной среды (pH_{KCl}) от $0,24$ до $0,45$ Ки/км², при возделывании яровой ячменя – от $0,16$ до $0,27$ Ки/км². Другие зерновые культуры занимают промежуточное положение. Просо возможно размещать на супесчаных почвах со слабокислой и близкой к нейтральной pH_{KCl} при плотности загрязнения $0,68\text{--}0,90$ Ки/км², картофель – $0,47\text{--}0,75$ Ки/км² (табл. 2).

На загрязненных ^{90}Sr среднекислых суглинистых почвах не рекомендуется размещать озимую рожь, ячмень, горох, на супесчаных почвах – яровой ячмень, на песчаных почвах – яровой ячмень и гречиху. На легких по гранулометрическому составу супесчаных и песчаных почвах, независимо от степени их кислотности, не рекомендуется возделывать горох на пищевые цели.

Торфяные почвы (торфяно-болотные, торфяно-глеевые, торфянисто-глеевые) по сравнению с минеральными (дерново-подзолистыми, дерновыми) характеризуются более высокими коэффициентами перехода ^{137}Cs в растения и, следовательно, в растениеводческую продукцию [5].

Риск производства зерна овса на пищевые цели с содержанием $^{137}\text{Cs} \geq 90$ Бк/кг на торфяных почвах существует даже при плотности их загрязнения $1,0\text{--}1,5$ Ки/км². Допустимые плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs для возделывания ячменя и яровой пшеницы при низкой и средней обеспеченности K_2O составляют $2,7\text{--}4,1$ Ки/км², при повышенной обеспеченности калием – $5,4$ Ки/км². Яровую тритикале возможно возделывать при среднем содержании подвижного калия в почве до 8 Ки/км², при повышенном содержании K_2O – до 16 Ки/км².

Нормативно чистое по удельной активности ^{137}Cs (< 90 Бк/кг) зерно озимой ржи и озимой тритикале возможно получать на торфяных почвах с низкой обеспеченностью их подвижным калием при плотности радио-

активного загрязнения $8,5\text{--}9,0$ Ки/км², при средней обеспеченности K_2O – до $13,5$ Ки/км². Допустимые плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs для размещения картофеля на продовольственные цели колеблются от $12,0$ Ки/км² при очень низком содержании K_2O в пахотном слое до $36,0$ Ки/км² при повышенном содержании K_2O (табл. 3).

Существуют меньшие радиологические ограничения для возделывания зерновых культур и картофеля на пищевые цели на загрязненных ^{90}Sr торфяных почвах по сравнению с минеральными почвами. Так, яровую пшеницу для производства зерна продовольственного возможно возделывать на этих почвах со слабокислой реакцией почвенной среды (pH_{KCl} $5,01\text{--}5,50$) при плотности загрязнения ^{90}Sr до $0,74$ Ки/км², на почвах с близкой к нейтральной pH_{KCl} – до $0,99$ Ки/км².

Предельно допустимые плотности загрязнения торфяных почв для размещения посевов озимой ржи составляют соответственно $0,34$ и $0,55$ Ки/км², посевов озимой тритикале – $1,65$ и $2,12$ Ки/км², посевов яровой тритикале – $0,59$ и $1,49$ Ки/км², посевов ячменя – $1,03$ и $1,10$ Ки/км². Возделывать картофель допускается при плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr не выше $0,45$ Ки/км² при кислой реакции среды и до $0,67$ Ки/км² при близкой к нейтральной реакции (табл. 4).

На основе данных плотности радиоактивного загрязнения и площадей сельскохозяйственных земель, а также предельно допустимых плотностей загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr при производстве растениеводческой продукции на пищевые цели определена доля площадей земель, на которых существует риск (вероятность) превышения нормативов по содержанию радионуклидов.

Для оценки возможного риска загрязнения продукции при расчетах допустимых плотностей загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr принимались коэффициенты перехода радионуклидов из почвы в растениеводческую продукцию при средних значениях содержания подвижного калия в почвах и слабокислой реакции почвенной среды (pH_{KCl}). По удельному весу (в %) площадей земель, на которых возможно превышение содержания радионуклидов в производимой продукции, принята градация, включающая 5 степеней риска (вероятности) (табл. 5).

Таблица 2. Ограничения по плотности загрязнения дерново-подзолистых почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Уровень кислотности почвы, pH_{KCl}			
	4,5–5,0 (среднекислые)	5,1–5,5 (кислые)	5,6–6,0 (слабокислые)	6,1–7,0 (близкие к нейтральным и нейтральные)
<i>Суглинистые почвы</i>				
Рожь озимая	0,17	0,20	0,27	0,33
Тритикале озимая	0,29	0,36	0,39	0,44
Пшеница озимая	–	0,27	0,40	0,44
Пшеница яровая	–	0,24	0,29	0,35
Ячмень	0,17	0,19	0,23	0,25
Овес	0,21	0,23	0,25	0,25
Горох	0,13	0,19	0,21	0,21
Просо	0,40	0,54	0,74	0,99
Картофель	0,22	0,31	0,52	0,84
<i>Супесчаные почвы</i>				
Рожь озимая	0,35	0,38	0,41	0,43
Тритикале озимая	0,27	0,29	0,33	0,40
Пшеница озимая	–	0,27	0,30	0,33
Пшеница яровая	0,20	0,23	0,27	0,29
Ячмень яровой	0,17	0,19	0,22	0,23
Ячмень озимый	–	–	0,25	0,32
Овес	0,25	0,27	0,30	0,30
Горох	–	0,05	0,06	0,07
Гречиха	0,22	0,32	–	–
Просо	0,36	0,49	0,68	0,90
Картофель	0,26	0,30	0,47	0,75
<i>Песчаные почвы</i>				
Рожь озимая	0,23	0,25	0,26	0,32
Тритикале озимая	0,24	0,32	0,39	0,45
Пшеница яровая	–	0,20	0,30	0,42
Ячмень яровой	0,16	0,20	0,25	0,27
Овес	0,20	0,21	0,22	0,23
Горох	0,07	0,10	0,11	0,12
Гречиха	0,16	0,25	–	–
Просо	1,29	1,65	2,12	2,12
Картофель	0,30	0,37	0,42	0,90

Таблица 3. Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв ^{137}Cs при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг почвы			
	< 200 (очень низкое)	201–400 (низкое)	401–600 (среднее)	601–1000 (повышенное)
Овес	0,6	0,8	0,9	1,1
Ячмень	2,3	2,7	3,2	5,4
Пшеница яровая	2,3	3,2	4,1	5,4
Рожь озимая	4,3	8,5	13,5	23,2
Тритикале озимая	–	9,0	13,5	16,2
Тритикале яровая	3,2	5,4	8,1	16,2
Картофель	12,0	15,4	21,5	36,0

Таблица 4. Ограничения по плотности загрязнения торфяных почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур для производства зерна и картофеля на пищевые цели

Культура	Уровень кислотности почвы, pH_{KCl}		
	4,51–5,00 (кислые)	5,01–5,50 (слабокислые)	5,51–6,00 (близкие к нейтральным)
Овес	0,12	0,14	0,16
Пшеница яровая	0,59	0,74	0,99
Рожь озимая	0,31	0,34	0,55
Тритикале озимая	1,29	1,65	2,12
Тритикале яровая	0,37	0,59	1,49
Яровой ячмень	0,96	1,03	1,10
Картофель	0,45	0,51	0,67

Таблица 5. Градации по степени риска и вероятности превышения нормативов в продукции растениеводства на пищевые цели

Степень риска	Риск превышения нормативов в продукции, %
Риск отсутствует	0
Низкая	0,1–10,0
Средняя	10,1–25,0
Высокая	25,1–50,0
Очень высокая	> 50,0

К числу проблемных относились сельскохозяйственные культуры, возделывание которых в ряде районов сопряжено с высокой степенью риска производства продукции, не отвечающей нормативам по содержанию ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Установлено, что фактически нет ограничений по административным районам для возделывания озимых и яровых зерновых культур на пищевые цели в связи с возможным загрязнением зерна ^{137}Cs . Средняя степень риска возделывания этой группы культур существует в

сельскохозяйственных организациях Лунинецкого р-на Брестской обл., Брагинского, Ветковского, Добрушского, Ельского, Лельчицкого, Наровлянского, Хойникского и Чечерского р-нов Гомельской обл., а также в сельскохозяйственных организациях Быховского р-на Могилевской обл. (рис. 1 и 2). На этих территориях имеются пахотные земли с высокой (20–40 Ки/км²) плотностью загрязнения почв ¹³⁷Cs, а также земли на загрязненных торфяных почвах.

Высокая и очень высокая степень риска по загрязнению ¹³⁷Cs существует при возделывании проса и гречихи в сельскохозяйственных организациях Брагинского, Ветковского, Ельского, Кормянского, Наровлянского, Хойникского и Чечерского р-нов Гомельской обл., Костюковичского, Славгородского и Чериковского р-нов Могилевской обл. (рис. 3). Высокая и очень высокая вероятность получения гороха на пищевые цели с превышением допустимого содержания ¹³⁷Cs отмечается в 23 районах Беларуси (рис. 4).

Фактически отсутствуют возможные риски загрязнения ¹³⁷Cs и проблемы размещения и возделывания картофеля продовольственного (рис. 5).

В отношении ⁹⁰Sr наблюдается несколько иная ситуация. В 11 районах Гомельской обл. (Брагинский, Ветковский, Гомельский, Добрушский, Ельский, Калинковичский, Лоевский, Наровлянский, Речицкий, Хойникский и Чечерский) сельскохозяйственные земли загрязнены этим радионуклидом с плотностью 0,30–3,00 Ки/км², поэтому там существуют высокая и очень высокая степень риска и, соответственно, проблемы с размещением озимых и яровых зерновых культур, гороха, проса и гречихи на пищевые цели (рис. 6).

Очень высокая и высокая степень риска производства с превышением допустимого (референтного) уровня (5 Бк/кг) по содержанию ⁹⁰Sr при возделывании картофеля существуют в сельскохозяйственных организациях Брагинского и Хойникского р-нов (рис. 7).

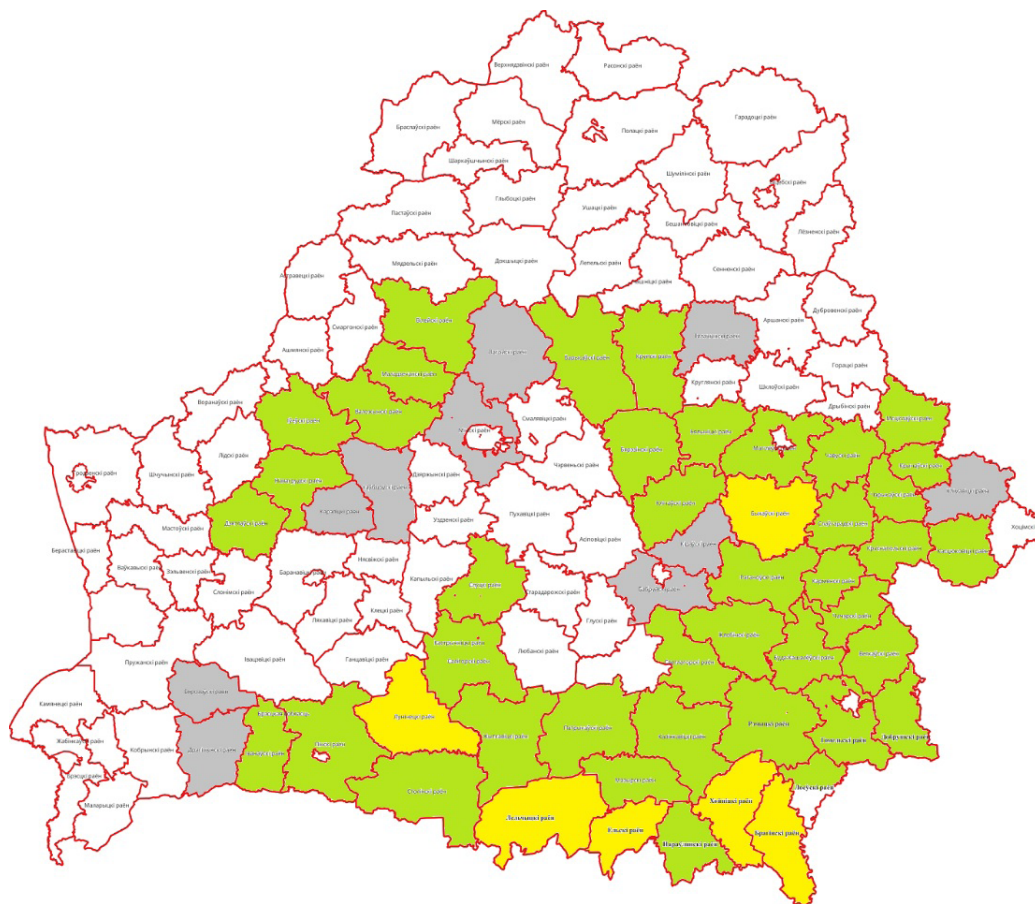


Рис. 1. Картограмма степени риска при возделывании озимых зерновых культур (пшеница, рожь, тритикале) на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ¹³⁷Cs (по районам)

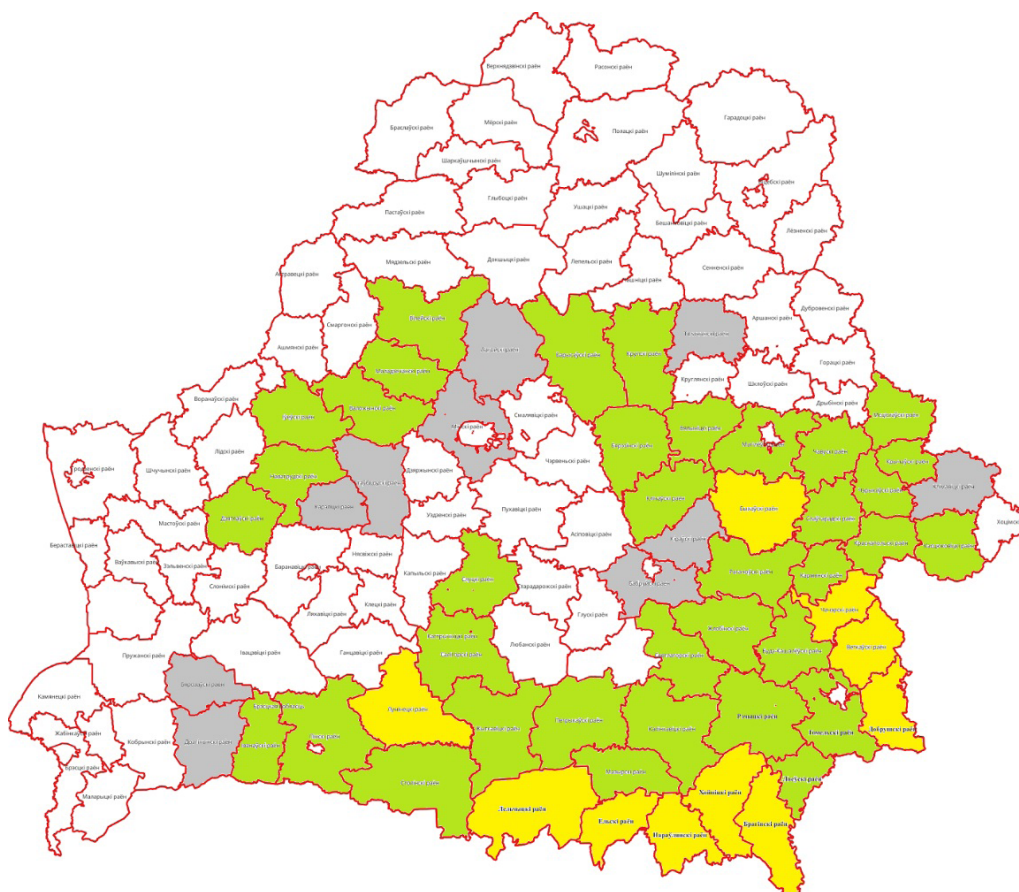


Рис. 2. Картограмма степени риска при возделывании яровых зерновых культур (пшеница, ячмень, овес) на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (по районам)

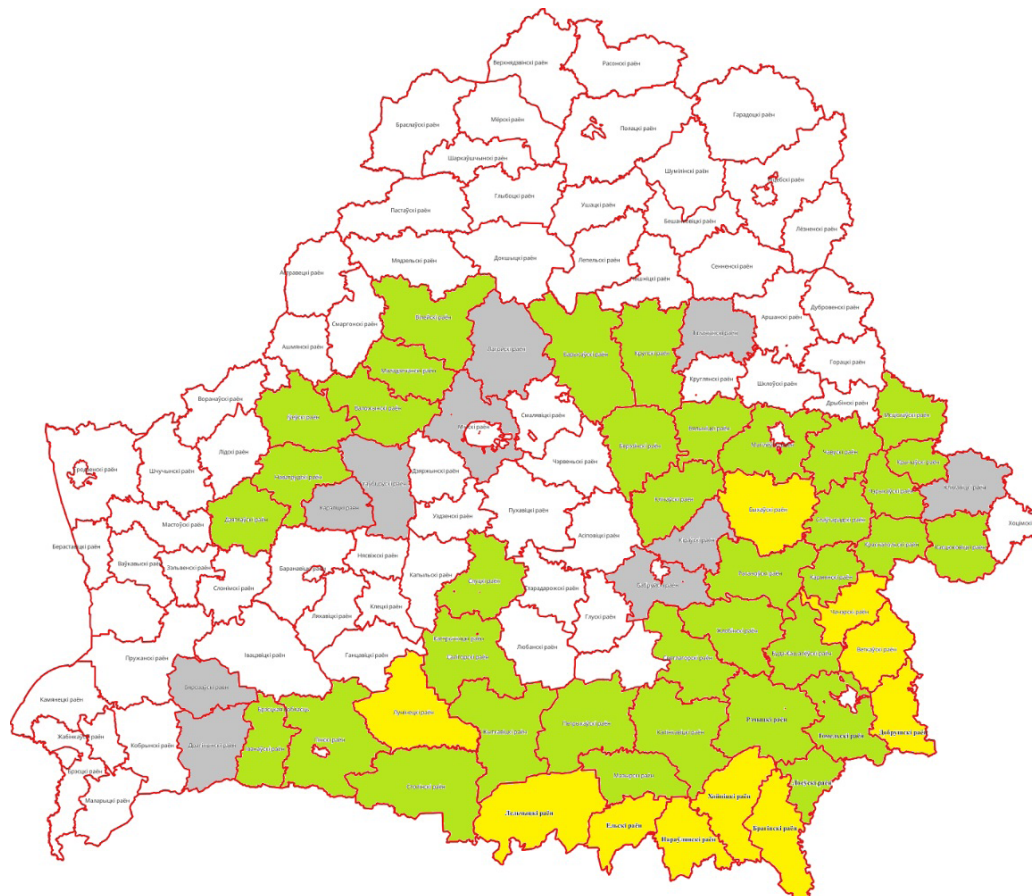


Рис. 3. Картограмма степени риска при возделывании проса и гречихи на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (по районам)

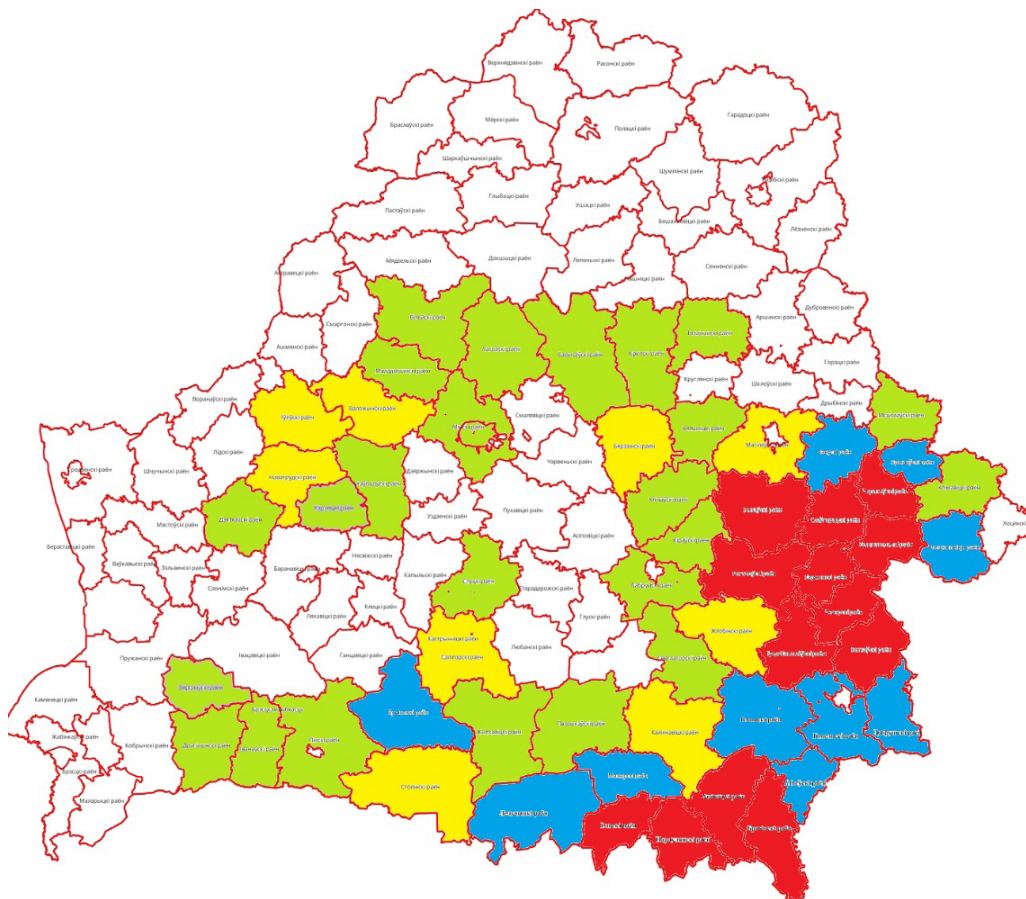


Рис. 4. Картограмма степени риска при возделывании гороха на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (по районам)

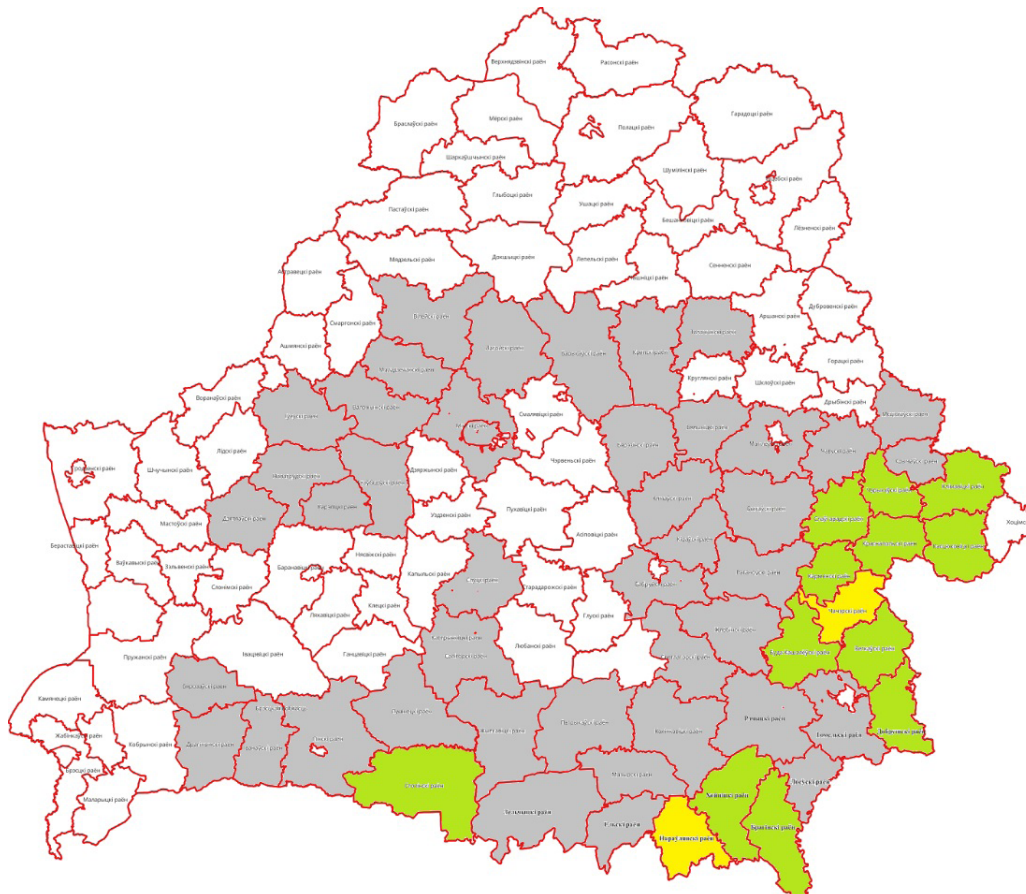


Рис. 5. Картограмма степени риска при возделывании картофеля на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{137}Cs (по районам)

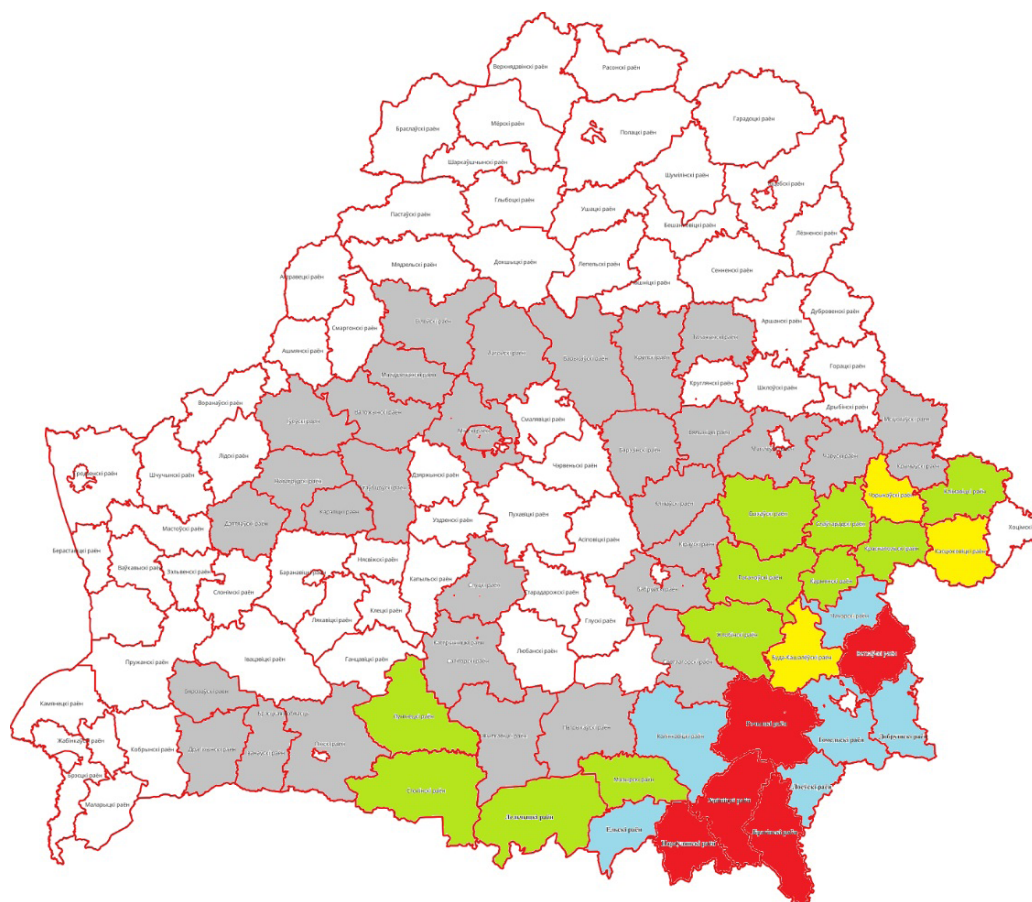


Рис. 6. Картограмма степени риска при возделывании озимых и яровых зерновых культур, гороха, проса и гречихи на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{90}Sr (по районам)

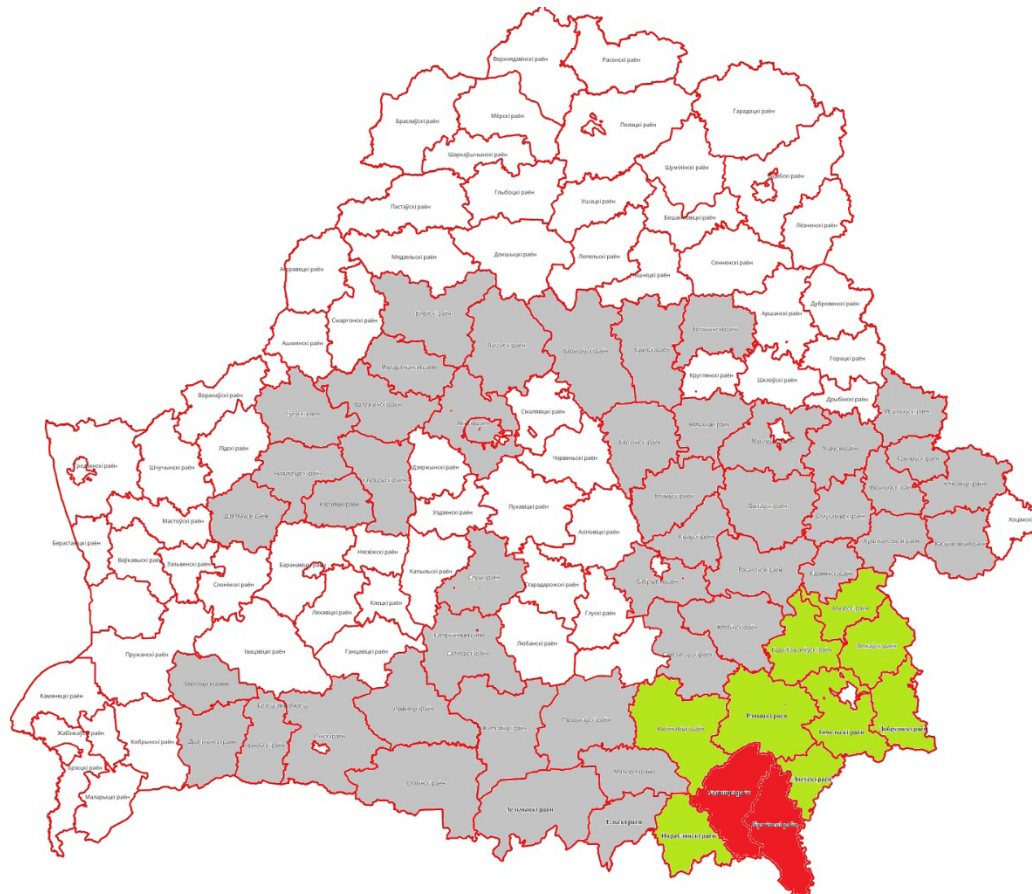


Рис. 7. Картограмма степени риска при возделывании картофеля на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию ^{90}Sr (по районам)

Заключение

В ряду гранулометрического состава дерново-подзолистых почв риски и ограничения производства зерна и картофеля на пищевые цели закономерно снижаются от песчаных почв до суглинистых. Однако уровень почвенного плодородия оказывает существенное влияние на данные параметры. При оптимальных параметрах плодородия легких по гранулометрическому составу почв риски получения растениеводческой продукции с превышением допустимых уровней меньше, чем на суглинистых почвах с низкими уровнями содержания подвижного калия и реакцией почвенной среды.

На торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs , вероятности превышения содержания данного радионуклида в зерне основных зерно-

вых культур и клубнях картофеля существенно выше по сравнению с минеральными дерново-подзолистыми почвами при одинаковой плотности их радиоактивного загрязнения и уровню плодородия. В то же время торфяные почвы характеризуются меньшими рисками получения этой продукции со сверхнормативным содержанием ^{90}Sr по сравнению с минеральными почвами.

При оптимальной обеспеченности почвы подвижным калием и близкой к нейтральной реакции почвенной среды риск получения продукции со сверхнормативным содержанием ^{137}Cs или ^{90}Sr уменьшается в два раза и более по сравнению с почвами с низкими показателями плодородия.

Список использованных источников

1. Опыт и результаты деятельности Республики Беларусь по радиационной защите населения и реабилитации территорий радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС / Департамент по ядерной и радиационной безопасности; под общ. ред. проф. Н. Н. Цыбулько. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2025. – 212 с.
2. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь : метод. рекомендации / РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси ; сост. И. М. Богдевич [и др.] ; ред. В. Ф. Вашепрудов, И. М. Богдевич. – Мн., 2003. – 72 с.
3. Цыбулько, Н. Н. Почвенно-агрохимические основы адаптивного использования загрязненных радионуклидами земель / Н. Н. Цыбулько. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2022. – 290 с.
4. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]; Нац. академия наук Беларуси, М-во с. х. и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Мн. : ИВЦ Минфина, 2021. – 144 с.
5. Цыбулько, Н. Н. Содержание форм ^{137}Cs и ^{90}Sr в дерново-подзолистых почвах Беларуси в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Н. Н. Цыбулько, Ю. В. Путятин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2024. – Т. 64. – № 4. – С. 87–94.

Поступила 22 мая 2026 г.