

УДК631.95:631.438.2(477.4)(045)

*А.И. Дутов, Л.А. Пузанова***АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗРОЖДЕНИЯ ОТРАСЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ТЕРРИТОРИИ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ (НА ПРИМЕРЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ)**

Представлены, проанализированы и обобщены экспериментальные результаты многолетних исследований по агроэкологическим аспектам возрождения отраслей сельскохозяйственного производства на территории, загрязненной радионуклидами в результате Чернобыльской катастрофы. Показано, что в отдаленный период развития радиационной ситуации наиболее критической отраслью сельскохозяйственного производства является молочное животноводство, а продукцией – молоко, производимое в личных подсобных хозяйствах населения. Поэтому наряду с экономической обоснованностью и целесообразностью формирования высокопродуктивной отрасли необходимо предусматривать мероприятия по минимизации индивидуальной эффективной эквивалентной дозы облучения населения путем обеспечения производства гарантированно безопасной в радиационном отношении продукции. Основными путями достижения этого является составление и использование рационов животных, содержание радионуклидов в которых по прогнозным расчётам не может привести к превышению допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  в молоке, а также использование в кормовой базе растений, которые отличаются потенциально невысокой способностью накапливать радионуклиды.

*Ключевые слова:* Чернобыльская катастрофа, плотность загрязнения почвы, удельная активность  $^{137}\text{Cs}$ , доза облучения населения, агропромышленное производство, противорадиационные мероприятия.

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-140-148

После локализации природных и техногенных аварий и катастроф поллютанты аккумулируются в почве, которая со временем становится основным источником дальнейшей длительной их миграции по трофическим цепям. Не является исключением и самое масштабное в истории человечества загрязнение окружающей природной среды в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Сразу после взрыва четвертого энергоблока АЭС существенное повышение природного радиационного фона было отмечено практически на всем северном полушарии планеты. Значительные выпадения радионуклидов были зафиксированы на площади более 200 тыс. км<sup>2</sup> [1-3]. По состоянию на 1986 годна этой территории проживало более 18 млн человек [4]. Производство и потребление пищевых продуктов на этих территориях является основным путем поступления радионуклидов в организм и определяет индивидуальную и коллективную эффективную дозы облучения населения [5-7].

Со временем в зоне влияния аварии на Чернобыльской АЭС радиационная ситуация значительно улучшилась. Произошло это преимущественно за счет физического распада короткоживущих радионуклидов, а также необменной фиксации  $^{137}\text{Cs}$  (одного из наиболее биологически значимых радионуклидов) почвенно-поглощающим комплексом [8-10]. В то же время основным источником облучения населения остается сельскохозяйственная продукция, которая выращивается в зонах радиоактивного загрязнения и используется на продовольственные нужды населения. В тридцатикилометровой зоне радиоактивного загрязнения вокруг ЧАЭС по-прежнему остаются выселенными 76 населенных пунктов. Без специального разрешения там и сегодня запрещена любая хозяйственная деятельность по производству товарной продукции. Кроме этого, в различных зонах радиоактивного загрязнения еще остаются около пяти тысяч населенных пунктов с населением около трех миллионов человек [11-13].

В связи с улучшением радиационной ситуации закономерным встает вопрос о перспективах возможного возрождения и императив рационального ведения сельскохозяйственного производства, в том числе и молочного животноводства, на этих территориях, что является важной и актуальной задачей [14-16].

**Материалы и методы исследований**

Исследования по разработке агроэкологических аспектов возрождения отраслей сельскохозяйственного производства на загрязненной радионуклидами территории проводили в натуральных услови-

ях северо-западных районов Полесья, наиболее загрязненных вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Расположение опытных полигонов приведено на рис. 1.

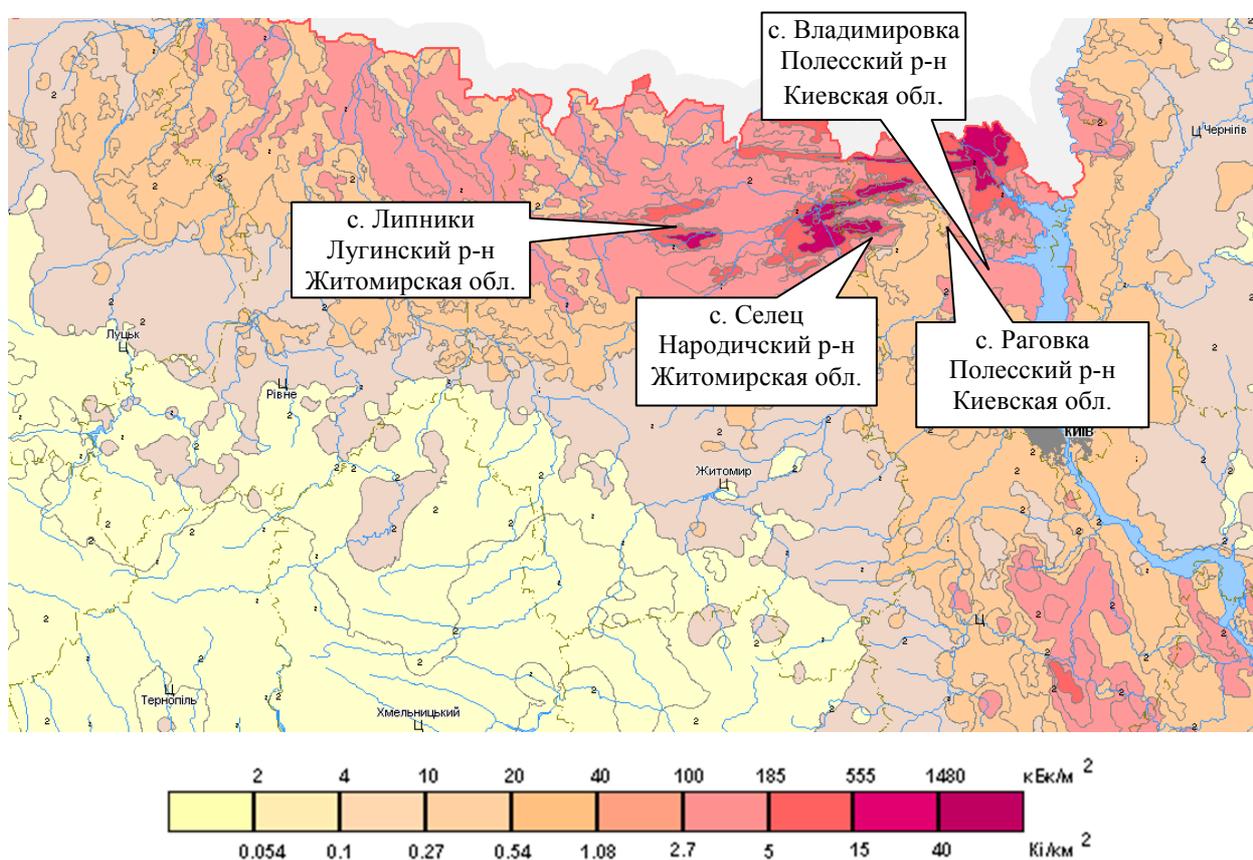


Рис. 1. Расположение опытных полигонов

На исследуемых полигонах распространены дерново-подзолистые почвы, наиболее характерные для зоны Полесья, различного механического состава (от супесчаной до среднесуглинистой). Агрохимическая и радиологическая характеристики почвы полигонов проведения исследований приведены в табл. 1.

Агрохимическая характеристика почв свидетельствует об относительно невысоком потенциальном плодородии. Дерново-подзолистые почвы здесь отличаются относительно неглубоким гумусовым горизонтом, более кислой реакцией почвенного раствора. Однако следует отметить, что опытные полигоны некоторых участков (с. Владимировка и с. Раговка Киевской области) были интенсивно произвесткованы после аварии на ЧАЭС, а потому имеют кислотность, близкую к нейтральной.

Существенно различались опытные полигоны мест проведения исследований и в плотностях загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$ , а потому расположены они были в различных зонах радиоактивного загрязнения вследствие аварии на Чернобыльской АЭС. Наиболее загрязненным являлся участок в районе с. Владимировка Киевской области, население которого было эвакуировано сразу после катастрофы (зона отчуждения). Опытные участки недалеко от сел Пакуль Черниговского района и Селец Народичского района находились в зонах отселения. Опытные полигоны рядом с селами Раговка Полесского района Киевской области, Липники Лугинского района и Гладковичи Овручского района Житомирской области находились в зоне проживания с правом на отселение.

Удельную активность  $^{137}\text{Cs}$ , как основного дозообразующего радионуклида, определяли спектрометрическим методом на гамма-спектрометрическом оборудовании с полупроводниковым детекторами GEM-30185, Ge (Li), GMX серии «EG & G ORTEC») с многоканальным амплитудным анализатором ADCAM – 300. Для оценки интенсивности миграции  $^{137}\text{Cs}$  с учетом различных плотностей загрязнения территории использовали коэффициент перехода (КП, transferfactor, TF) радионуклида из почвы в растения – содержание радионуклида в растении к плотности загрязнения почвы, равной единице (Бк/кг воздушно-сухой массы растений) / (кБк/м<sup>2</sup> почвы).

Таблица 1

**Агрохимическая и радиологическая характеристика почвы полигонов  
проведения исследований**

Пункт	Тип почвы	Содержание, мг/100 г почвы			pH <sub>KCl</sub> 1	Гумус, %	Плотность загрязнения <sup>137</sup> Cs, кБк/м <sup>2</sup> (Ки/км <sup>2</sup> )	
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			Min	Max
с. Раговка Полесский р-н Киевская обл.	дерново- подзолистая, сред- несуглинистая	6,2	5,6	8,5	6,2	1,3	592 (16)	962 (26)
с. Пакуль Черниговский р- н, Черниговская обл.	дерново- подзолистая, слабосуглинистая	6,4	7,8	7,8	5,8	2,1	777 (21)	1221 (33)
с. Липники Лу- гинский р-н Житомирская обл.	дерново- подзолистая, среднесуглини- стая	6,6	7,3	5,8	5,3	2,4	370 (10)	518 (14)
с. Селец Народичский р-н Житомирская обл.	дерново- подзолистая, супесчаная	7,8	8,6	7,28	5,6	1,6	740 (20)	1184 (32)
с. Гладковичи Овручский р-н Житомирская обл.	дерново- подзолистая, среднесуглини- стая	6,2	11,6	8,1	5,3	2,1	259 (7)	481 (13)

Отбор сопряженных почвенно-растительных образцов, а также продуктов питания и питьевой воды, их подготовку к анализу осуществляли по общепринятым методикам с учетом специфики научно-исследовательских работ в области сельскохозяйственной радиоэкологии [17].

### Результаты и их обсуждение

Научно-практические подходы к возрождению агропромышленного производства, в том числе и его наиболее значимой отрасли – молочного животноводства, базируются на структуре формирования эффективной эквивалентной дозы облучения населения. Обобщенные результаты многолетних исследований показали, что преимущественно она формируется за счет <sup>137</sup>Cs, поступающего в организм с продуктами питания, в частности с сельскохозяйственной продукцией, производимой на радиоактивно загрязненной территории.

Приведенные результаты исследований показывают, что в условиях дерново-подзолистых почв северо-западного Полесья (рис.2) вклад продуктов питания местного производства в структуру общей дозы облучения населения достигает 80 %, а в отдельных случаях – до 95 %.

Относительно высоким остается и вклад внешнего облучения. Значительно более высоким он был на ранних этапах развития радиационной ситуации. Сегодня, спустя 35 лет после аварии на ЧАЭС, он может колебаться от 5 % (на землях, загрязненных <sup>137</sup>Cs, но не выведенных из обработки) и до 20 % (на необрабатываемых после радионуклидного загрязнения почвах зоны отчуждения и зоны отселения).

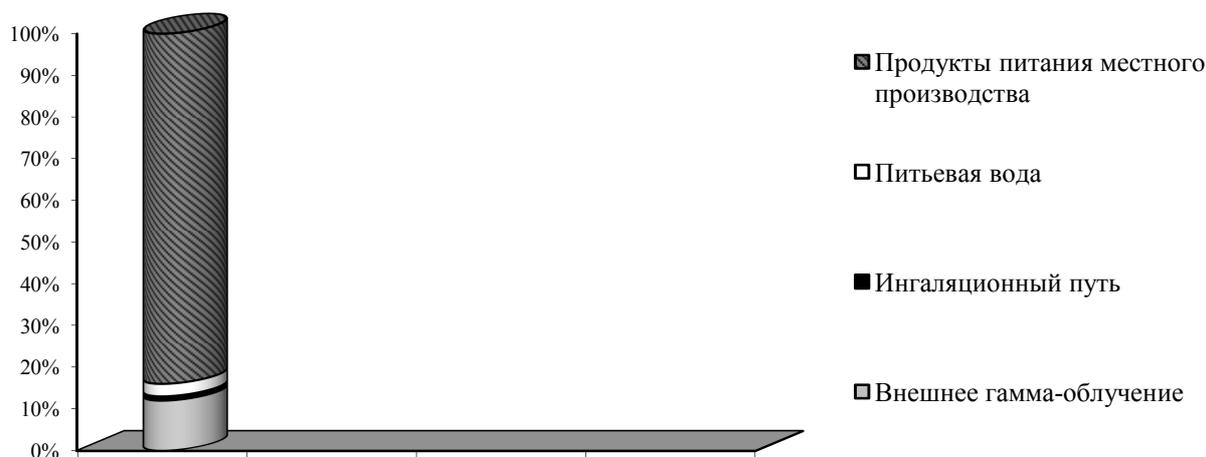


Рис. 2. Структура формирования суммарной дозы облучения населения северо-западных районов Полесья в отдаленный период развития радиационной ситуации

Вклад  $^{137}\text{Cs}$ , поступающего в организм с питьевой водой, является относительно невысоким (до 2 %) и потенциально может представлять опасность во время паводков при горизонтальной миграции радионуклида с поверхностными водами. Невысокий вклад в суммарную дозу облучения населения характерен и для ингаляционного пути (не превышает 1 %).

Таким образом, в поздний период развития радиационной ситуации основным модифицирующим фактором, определяющим дозу облучения населения, является сельскохозяйственная продукция, которая производится на радиоактивно загрязненной территории для употребления в пищу. При этом наиболее критичным является молоко. По данным, приведенным на рис.3, его вклад в общую структуру загрязненной продукции достигает 64 %. Следует отметить, что радиационно-экологическая критичность молока может существенно изменяться в зависимости от условий содержания животных. Так, в засушливые годы, когда в качестве выпасов начинают использовать лесные угодья и некультуренные пастбища с аномально высокими коэффициентами перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в травостой, заготавливать на этих угодьях сено, удельная активность образцов молока значительно увеличивается.

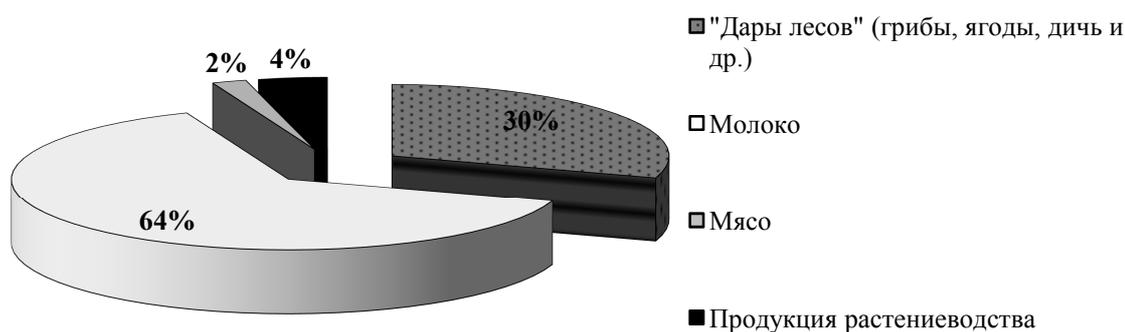


Рис. 3. Вклад различных видов продукции в формирование эффективной эквивалентной дозы облучения населения в отдаленный период развития радиационной ситуации

В то же время радиационно-экологическая критичность молока в значительной степени может быть компенсирована внедрением комплекса противорадиационных мероприятий, направленных на получение гарантированно безопасной продукции. Так, данные, приведенные в табл.2, показывают, что проведение агротехнических мероприятий по улучшению лугов и пастбищ с применением повышенных доз калийных удобрений способно значительно снизить содержание  $^{137}\text{Cs}$  в молоке дойных коров.

Таблица 2

**Эффективность противорадиационных мероприятий при производстве молока**

Технологические приемы		Кратность снижения удельной активности $^{137}\text{Cs}$ в молоке, раз
Улучшение лугов и пастбищ с применением повышенных доз калийных удобрений	поверхностное	1,5–3
	коренное	2,8–5.2
Введение в рацион премиксов с радиопротекторными свойствами (ферроцин)		3–7
Рациональное использование «зеленого конвейера» и раздельное складирование сена		1,5–2,2

В этом случае наиболее результативным является коренное улучшение, которое обеспечивает снижение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в молоке более чем в 5 раз. Эффективность поверхностного улучшения не превышала трех раз. Следует отметить, что с течением времени удельная активность  $^{137}\text{Cs}$  снижалась и в более поздний период развития радиационной ситуации, не превышая 2,8 раз при коренном улучшении лугов и пастбищ, и 1,5 раз при поверхностном.

Высокоэффективным противорадиационным мероприятием, способным гарантированно снизить содержание  $^{137}\text{Cs}$  в молоке, является и введение в рацион дойного стада коров премиксов с радиопротекторными свойствами или применение ферроциновых болюсов. Высокая результативность этого мероприятия имела место на всех этапах развития радиационной ситуации, обеспечивая снижение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в молоке дойных коров до семи раз. Недостатком же его является то, что даже при кратковременном прекращении использования премиксов имеет место производство молока, содержание  $^{137}\text{Cs}$  в котором может превышать допустимые гигиенические нормативы.

Одним из наиболее эффективных и экономически оправданных противорадиационных мероприятий при разработке научно-практических подходов к возрождению молочного животноводства в контексте минимизации доз облучения населения является рациональное использование «зеленого конвейера» и раздельное складирование сена. Базируется оно на том, что содержание  $^{137}\text{Cs}$  в продукции животноводства, в частности в молоке, достаточно надежно прогнозируется параметрами радиоактивного загрязнения рационов. Суть его заключается в дифференцированном использовании лугов и пастбищ в зависимости от содержания  $^{137}\text{Cs}$  в травостое при выпасе животных или заготовке сена. При скармливании кормов с известным содержанием в них  $^{137}\text{Cs}$  используется понятие предельно допустимого содержания радионуклида в рационе (ПДР), которое определяется отношением значения допустимого уровня содержания  $^{137}\text{Cs}$  в молоке к концентрации в рационе радионуклида, выраженное в процентах [18]. Расчет ПДР в рационе дает возможность рационально использовать имеющуюся кормовую базу, подбирая состав кормов и формируя структуру рациона, а также определять направления рационального использования кормов в зависимости от вида животных, их продуктивности, направления использования молока: непосредственно в рационе питания населения или в качестве сырья для последующей переработки.

Эффективным противорадиационным мероприятием, направленным на получение гарантированно безопасной в радиационном отношении продукции, является выращивание сельскохозяйственных культур, которые отличаются потенциально невысокой способностью накапливать радионуклиды (рис. 4).

Так, по представленным на рис.4 усредненным данным многолетних исследований видно, что при одинаковой плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  удельная активность зеленой массы кормовых культур может различаться более чем в десять раз. Минимальная потенциальная способность к накоплению радионуклида в зеленой массе растений характерна для кукурузы и злаковых трав (тимофеевка и ежа сборная). Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в группе кормовых культур, принадлежащих к семейству крестоцветных, было в 2,9 – 3,1 раза выше, чем в кукурузе. Более высокий коэффициент перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в зеленую массу был характерен и для группы кормовых культур, принадлежащих к семейству бобовых (люцерна и клевер красный) и подсолнечника.

Однако «чемпионом» по накоплению  $^{137}\text{Cs}$  по праву является люпин желтый. При одинаковой плотности загрязнения содержание  $^{137}\text{Cs}$  в его зеленой массе будет более чем в 10 раз выше, чем в зеленой массе кукурузы.

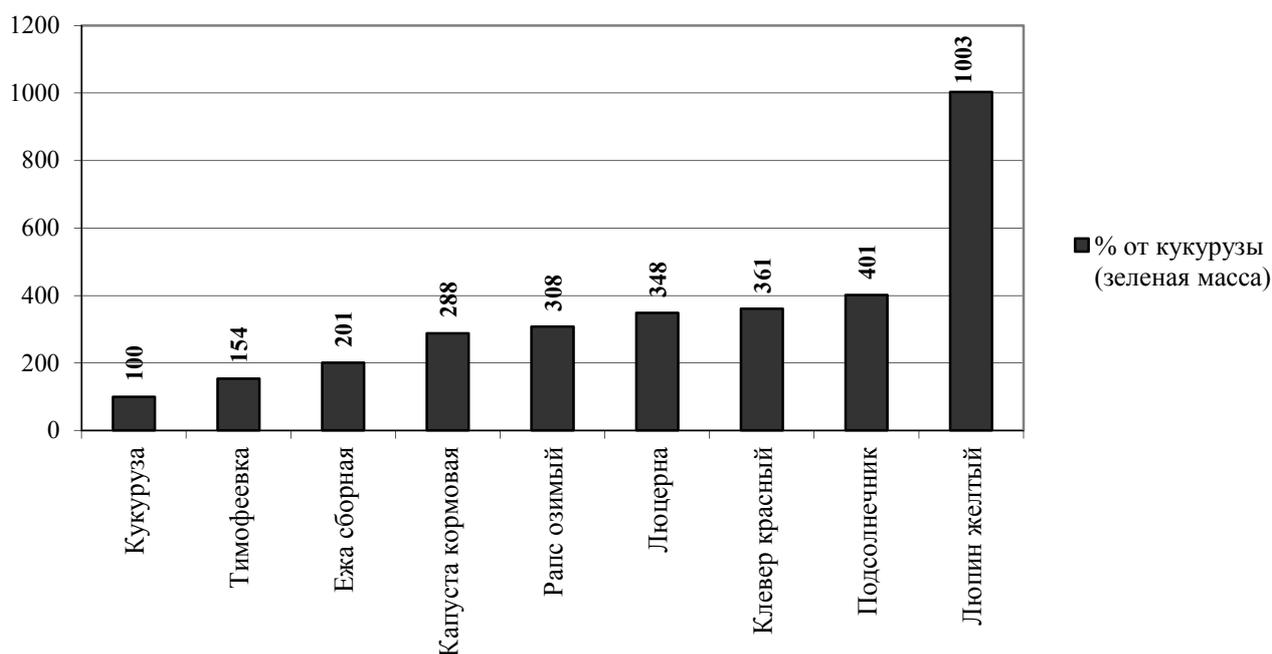


Рис. 4. Относительная потенциальная способность группы кормовых культур к накоплению  $^{137}\text{Cs}$  в зеленой массе (% от кукурузы)

## Заключение

Обобщая изложенное, следует отметить, что сегодня, в отдаленный период развития радиоэкологической ситуации, наиболее критической в радиационном отношении остается сельскохозяйственная продукция, в частности молоко, которое производится в личных подсобных хозяйствах населения. Поэтому агроэкологические аспекты возрождения отраслей сельскохозяйственного производства на территории, загрязненной радионуклидами, базируются на обеспечении гарантированного не превышения нормативных показателей содержания  $^{137}\text{Cs}$  в производимой сельскохозяйственной продукции. Применение комплекса противорадиационных мероприятий способно обеспечить получение гарантированно нормативно безопасной в радиационном отношении сельскохозяйственной продукции на всех уровнях загрязнения территории, где не запрещена хозяйственная деятельность по радиационным показателям, в соответствии с действующим законодательством. Наиболее эффективными противорадиационными средствами здесь являются организация молочного животноводства путем составления и внедрения рационов животных, содержание радионуклидов в которых не приведет к превышению допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  в молоке, использование премиксов с радиопротекторными свойствами (ферроцин), а также выращивание культур с потенциально невысокой способностью к накоплению  $^{137}\text{Cs}$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Израэль, Ю.А. Моделирование радиоактивных выпадений в ближней зоне от аварии на ЧАЭС / Ю.А. Израэль, В.Н.Петров, Д.А. Северов // Метеорология и гидрология. – 1987. – № 7. – С. 8–17.
2. Атлас загрязнения Европы цезием после Чернобыльской аварии / EUR 16733, CG-NA-16-733-29-C.– Luxemburg, 1998. – 66 с.
3. Chernobyl fall out in size fractionated aerosol / D. T. Jost, H. W. Gaggeler, U. Baktensperger, B. Zinder, P. Haller // Nature. – 1986. – Vol. 324. – P. 22–23.
4. Российский национальный доклад «35 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986—2021» / под общ. редакцией Л. А. Большова; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики Российской академии наук. – М.: Академ-Принт, 2021. – 104 с.
5. Экологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и их преодоление: двадцатилетний опыт: докл. эксперт. группы «Экология» Черноб. Форума. – Вена: МАГАТЭ, 2008. – 180 с.

6. Дутов, А. И. Чернобыльская зона отселения: радиационно-экологические аспекты перспективного сельскохозяйственного использования территории / А. И. Дутов, С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Естественные науки. – 2015. – № 9 (206), вып. 31. – С. 186-190.
7. Дутов, А.И. 35лет Чернобыльской катастрофы. Перспективы возможного сельскохозяйственного использования отселенной территории / А.И. Дутов, Л.А. Пузанова // Роль науки в удвоении валового регионального продукта: материалы XXV Международной научно-производственной конференции. – П. Майский: Издательство ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ, 2021. – Т.1. – С. 11–12.
8. Дутов, А.И. Радиационно-экологические аспекты реабилитации и возможного сельскохозяйственного использования земель, отселённой после Чернобыльской катастрофы территории / А.И. Дутов// Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2017: сборник статей научно-практической конференции с международным участием. – Севастополь, 2018. – С. 428–434.
9. Dutov, A. Some Elements of Biologization in Crops Production on Radioactively Contaminated Areas / A. Dutov, V. Rodionov, N. Belogurova // International Scientific and Practical Conference "AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture". KnE Life Sciences. – 2019. – P. 570–577.
10. Dutov, A.I. The specificity of production and processing of agricultural raw materials in the radioactively contaminated territory (by the example of Chernobyl Nuclear Power Plant accident) / A.I. Dutov, V.Yu. Rodionov, L.A. Puzanova, // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 640, Art. 062020. – DOI: 10.1088/1755-1315/640/6/062020.
11. Сивинцев, Ю.В. Оценка радиоактивного выброса при аварии 1986 г. на четвертом блоке Чернобыльской АЭС / Ю.В. Сивинцев, А.А. Хрулев // Атомная энергия. – 1995. – Т.78, вып.6. – С. 403–417.
12. Кашпаров, В.О. Бюллетень радіаційного стану критичних населених пунктів на забруднених радіонуклідами територіях України. Узагальнені дані за 2004 – 2008 рр. (Збірка 11) / В.О. Кашпаров, С.М. Лундин, В.П. Кадигрибтайн.–Київ: Нічлава, 2009. –106 с.
13. Дутов, А.И. Почвенно-агрохимические аспекты критичности агроландшафтов, загрязнённых <sup>137</sup>Cs (на примере аварии на ЧАЭС) / А.И. Дутов, Н.А. Белогурова, Т.А. Хохлова // Вестник кадровой политики, аграрного образования и инноваций. –2018. – №7-9. – С. 55–59.
14. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Environment" (EGE). – Vienna: IAEA, 2006. – 166 p.
15. Дутов, А.И. Эколого-правовые аспекты возможного сельскохозяйственного использования территории, отселённой в результате Чернобыльской катастрофы / А.И. Дутов, Ю.И. Дутов // Теория и практика социально-правового, гуманитарного научного знания на службе современного Российского общества: к 25-летию Конституции РФ.: материалы регион. межвуз. науч.-практ. конф. – Воронеж: Воронежский ГАУ им. Императора Петра I, 2019. – С. 36–39.
16. Features of the main elements of organic farming in agro-landscapes contaminated with <sup>137</sup>CS (on the example of the Chernobyl accident) / A.I. Dutov, N.P. Zuev, A.V. Tkachev, A.P. Breslavets, E.E. Zueva // BIO Web of Conferences. – 2021. – Т. 39. – С.01009. – DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901009>
17. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільського сподарсько-радіології. – Київ, 1992. – 136 с.
18. Ведення сільського сподарського виробництва на територіях, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи і увіддалений період (Рекомендації). – Київ: Атіка-Н, 2007. – 196 с.

Поступила в редакцию 01.03.2022

Дутов Александр Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,  
начальник отдела ДПО института переподготовки и повышения квалификации кадров агробизнеса  
ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ  
308503, Россия, Белгородская обл., п. Майский, ул. Вавилова, д. 16  
E-mail: [Dutov\\_AI@bsaa.edu.ru](mailto:Dutov_AI@bsaa.edu.ru)

Пузанова Лариса Анатольевна, кандидат медицинских наук,  
доцент кафедры гигиены и эпидемиологии НИУ БелГУ  
308015, Россия, г. Белгород, ул. Победы, д. 85  
E-mail: [Puzanova\\_L@BSU.edu.ru](mailto:Puzanova_L@BSU.edu.ru)

*A.I. Dutov, L.A. Puzanova*

**AGROECOLOGICAL ASPECTS OF THE REVIVAL OF AGRICULTURAL INDUSTRIES  
IN THE TERRITORY CONTAMINATED WITH RADIONUCLIDES  
(A CASE OF THE CHERNOBYL DISASTER)**

DOI: 10.35634/2412-9518-2022-32-2-140-148

The experimental results of many years of research on the agroecological aspects of the revival of agricultural industries in the territory contaminated with radionuclides as a result of the Chernobyl disaster are presented, analyzed and summarized. It is shown that in the remote period of development of the radiation situation, the most critical branch of agricultural production is dairy farming, and the product is milk produced in personal subsidiary plots of the population. Therefore, along with the economic feasibility and expediency of the formation of a highly productive branch of agricultural production, it is necessary to provide the measures for minimization the individual effective equivalent dose of exposure to the population by ensuring the production of products that are guaranteed to be safe in terms of radiation. The main ways to achieve this are the preparation and using of animal rations, the content of radionuclides in which, according to predictive calculations, cannot lead to exceeding the permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  in milk, as well as the saturation of fodder crop rotations with plants that have a potentially low ability to accumulate radionuclides.

*Keywords:* Chernobyl disaster, contamination density of soil, specific activity  $^{137}\text{Cs}$ , population exposure dose, agro-industrial production, anti-radiation measures.

REFERENCES

1. Izrael Yu. A., Petrov V.N., Severov D.A. Modelirovani eradioaktivnykh vypadeniy v blizhney zone otavariina ChAES [Modeling of radioactive fallouts in the near zone from the Chernobyl accident], in *Meteorologiya i Gidrologiya*, 1987, no. 7, pp. 8-17 (in Russ.).
2. Atlas zagryazneniya Evropytseziem posle Chernobyl'skoy avarii [Atlas contamination of the Europe with cesium after the Chernobyl accident], EUR 16733, CG-NA-16-733-29-C. Luxemburg, 1998. 66 p. (in Russ.).
3. Jost D. T., Gaggeler H. W., Baktensperger U., Zinder B., Haller P. Chernobyl fall out in size fractionated aerosol, in *Nature*, 1986, vol. 324, pp. 22-23.
4. Rossiyskiy natsional'nyy doklad "35 let chernobyl'skoy avarii. Itogi i perspektivy preodoleniya ee posledstviy v Rossii. 1986—2021" [Russian national report "35 years of the Chernobyl accident. Results and prospects of overcoming its consequences in Russia. 1986 – 2021"], Bolshov L.A. (ed); Federal State Budgetary Institution of Science Institute for the Problems of Safe Development of Nuclear Energy of the Russian Academy of Sciences. Moscow: Akadem-Print Publ., 2021, 104 p. (in Russ.).
5. Ekologicheskie posledstviya avarii na Chernobyl'skoy AES i ikh preodolenie: dvadtsatiletniy opyt: dokl. ekspert. gruppy "Ekologiya" Chernob. Foruma. [Environmental consequences of the accident at the Chernobyl NPP and their overcoming: Twenty-year experience: Report of the expert group "Ecology" Chernob. Forum], Vienna: IAEA, 2008, 180 p. (in Russ.).
6. Dutov A.I., Bulygin S.Yu., Lisetskii F.N. [Chernobyl resettlement zone: radiation-ecological aspects of the prospects of agricultural use of the area], in *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Estestvennyenauki*, 2015, no. 9 (206), iss. 31, pp. 186-190 (in Russ.).
7. Dutov A.I., Puzanova L.A. [35 years of the Chernobyl disaster. Prospects for possible agricultural use of the resettled area], in *Mater. XXV Mezhd. Nauch.-proizvodstv. konf. "Rol' nauki v udvoenii valovogo regional'nogo produkta"*. Maisky: Belgorodskiy GAU, 2021, pp. 11-12 (in Russ.).
8. Dutov A.I. [Radiation-ecological aspects of rehabilitation and possible agricultural use of lands resettled after the Chernobyl disaster of the territory], in *Sborn.st. nauch.-prakt. konf. s mezhd. uch. "Ekologicheskaya, promyshlennaya i energeticheskaya bezopasnost' – 2017"*. Sevastopol, 2018, pp. 428-434 (in Russ.).
9. Dutov A., Rodionov V., Belogurova N. Some Elements of Biologization in Crops Production on Radioactively Contaminated Areas, in *International Scientific and Practical Conference "AgroSMART – Smart Solutions for Agriculture"*. KnE Life Sciences, 2019, pp. 570-577.
10. Dutov, A.I., Rodionov, V.Y., Puzanova, L.A. The specificity of production and processing of agricultural raw materials in the radioactively contaminated territory (by the example of Chernobyl Nuclear Power Plant accident), in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 640. Art. 062020. DOI: 10.1088/1755-1315/640/6/062020.
11. Sivintsev Yu.V., Khrulev A.A. Otsenka radioaktivnogo vybrosa pri avarii 1986 g. na chetvertom bloke Chernobyl'skoy AES [Assessment of radioactive release during the 1986 accident at the fourth unit of the Chernobyl nuclear power plant], in *Atomic Energy*, 1995, vol. 78, iss. 6, pp. 403-417 (in Russ.).

12. Бюллетень радіаційного стану критичних населених пунктів на забруднених радіонуклідами територіях України. Узагальнені дані за 2004 – 2008 рр. (Збірка 11) / [В.О. Кашпаров, С.М. Лундин, В.П. Кадигрїб та ін.] Київ.: Нічлава, 2009. 106 с. (in Ukrainian).
13. Dutov A.I., Belogurova N.A., Khokhlova T.A. Pochvenno-agrokhimicheskie aspekty kritichnosti agrolanshaftov, zagryaznennykh  $^{137}\text{Cs}$  (na primere avarii na ChAES) [Soil-agrochemical aspects of the criticality of agrolanscapes contaminated with  $^{137}\text{Cs}$  (on the example of the Chernobyl accident)], in Vestn. Kadrovoy politiki, agrarnogo obrazovaniya i innovatsiy, 2018, no. 7-9, pp. 55-59 (in Russ.).
14. Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: twenty years of experience. Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Environment" (EGE). Vienna: IAEA, 2006. 166 p.
15. Dutov A.I., Dutov Yu.I. Ekologo-pravovye aspekty vozmozhnogo sel'skokhozyaystvennogo ispol'zovaniya territorii, otselennoy v rezul'tate Chernobyl'skoy katastrofy [Ecological and juridical aspects of the possible agricultural use of the territory resettled as a result of the Chernobyl disaster], in Mater. region. mezhvuz. nauch-prakt. konf. "Teoriya i praktika sotsial'no-pravovogo, gumanitarnogo nauchnogo znaniya na sluzhbe sovremennogo Rossiyskogo obshchestva: k 25-letiyu Konstitutsii RF, Voronezh: Voronezh. GAU im. Imperatora Petra I., 2019, pp. 36-39 (in Russ.).
16. Dutov A.I., Zuev N.P., Tkachev A.V., Breslavets A.P., Zueva E.E. [Features of the main elements of organic farming in agro-landscapes contaminated with  $^{137}\text{Cs}$  (on the example of the Chernobyl accident)], in BIO Web of Conferences, 2021, vol. 39, p. 01009. DOI: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213901009> (in Russ.).
17. Методичний посібник з організації проведення науково-дослідних робіт в галузі сільського сподарської радіології. Київ, 1992. 136 с. (in Ukrainian).
18. Ведення сільського сподарського виробництва на територіях, забруднених в наслідок Чорнобильської катастрофи в іддалений період (Рекомендації). Київ.: Атіка-Н, 2007. 196 с. (in Ukrainian).

Received 01.03.2022

Dutov A.I., Doctor of Agriculture, Professor, Head of the Department of Additional Professional Education,  
Institute of retraining and advanced training of agribusiness personnel  
Belgorod State Agricultural University named after V. Gorin  
Vavilova st., 16, village Maiskiy, Belgorod region, Russia, 308503  
E-mail: [Dutov\\_AI@bsaa.edu.ru](mailto:Dutov_AI@bsaa.edu.ru)

Puzanova L.A., Candidate of Medical Science, Associate Professor  
at Department of Hygiene and Epidemiology  
National Research University BelSU  
Pobedy st., 85, Belgorod, Russia, 308503  
E-mail: [Puzanova\\_L@BSU.edu.ru](mailto:Puzanova_L@BSU.edu.ru)