

## Динамика производства в Беларуси сельскохозяйственной продукции с превышением допустимых уровней содержания $^{137}\text{Cs}$ и $^{90}\text{Sr}$

Н.Н. Цыбулько

Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС  
МЧС Республики Беларусь, Минск

*Проведен анализ объемов производства в Республике Беларусь сельскохозяйственной продукции с превышением допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  за период, прошедший после аварии на Чернобыльской АЭС. Показано, что из всех видов продукции, не отвечающей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов, основное количество приходится на зерно, непригодное для пищевых целей по  $^{90}\text{Sr}$ . Ежегодно его регистрируется от 25 до 55 тыс. тонн. В значительных объемах также производятся корм с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , превышающей республиканские допустимые уровни.*

Ключевые слова: производство, сельскохозяйственная продукция, содержание,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , республиканские допустимые уровни.

### Введение

Радиоактивное загрязнение территорий населенных пунктов, сельскохозяйственных земель и лесного фонда долгоживущими радионуклидами определяет необходимость обеспечения радиационной защиты населения на протяжении длительного времени после аварии на Чернобыльской АЭС. Сельскохозяйственная и лесная продукция с повышенным содержанием радионуклидов остаются основным источником облучения населения, поскольку вклад внутреннего облучения населения, связанного с потреблением загрязненных пищевых продуктов, колеблется от 50 до 90% [1].

Гигиеническая регламентация содержания радионуклидов в пищевых продуктах, питьевой воде и сельскохозяйственном сырье – одна из основных краткосрочных и долгосрочных мер по радиационной защите населения после чернобыльской катастрофы. Допустимые уровни содержания долгоживущих радионуклидов ( $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) изменялись в соответствии с годовыми квотами на внутреннее облучение [2]. На первых этапах после аварии действовали временные допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в пищевых продуктах и питьевой воде (ВДУ-86, ВДУ-88). В 1990 г. в Беларуси разработаны национальные «Республиканские контрольные уровни содержания радионуклидов цезия и стронция в продуктах питания и питьевой воде (РКУ-90)». Нормативы РКУ-90, действующие на протяжении 1990–1992 гг., учитывали конкретные послеаварийные условия и были рассчитаны на то, чтобы за счет поступления радионуклидов с пищевыми продуктами годовая доза внутреннего облучения критической группы населения не превышала 1,7 мЗв. В дальнейшем принимались республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-92, РДУ-96, РДУ-99), которые обеспечивали не превышение годового дозового предела в 1 мЗв [3, 4].

Внутреннее облучение от радионуклидов, поступающих в организм с сельскохозяйственными продуктами, обусловлено в основном потреблением молока, мяса, картофеля, овощей и фруктов, хлеба и хлебопродуктов. Другие компоненты рациона питания сельскохозяйственного производства вносят незначительный вклад в сум-

марную дозу облучения населения. Так, по данным [5], усредненный удельный вес в пероральное поступление радионуклидов в организм сельского населения составляют: молоко и цельномолочные продукты – 53%, мясо и мясопродукты – 17%, картофель – 6%, хлеб и хлебопродукты – 6%, овощи и фрукты – 3%. По другим источникам [6], в годовой дозе внутреннего облучения сельского жителя за счет потребления продуктов питания молоко и цельномолочные продукты занимают 50,3%, мясо и мясопродукты – 7,6%, картофель – 21,5%, хлеб и хлебопродукты – 7,4%, овощи и фрукты – 3,1%.

**Цель исследования** – провести анализ объемов производства в Республике Беларусь за период, прошедший после аварии на Чернобыльской АЭС, различных видов сельскохозяйственной продукции с превышением республиканских допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

### Материалы и методы

В работе использованы многолетние данные об объемах зарегистрированной предприятиями и организациями системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь сельскохозяйственной продукции с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  выше допустимого уровня за период с 1986 по 2011 г. Данные получены по результатам контроля радиоактивного загрязнения пищевых продуктов (молоко, мясо, картофель), сельскохозяйственного сырья (зерно для продовольственных целей) и кормов (зернофураж, сено, сенаж, силос, зеленая масса, пастбищный корм).

Анализ данных проводили по видам растениеводческой и животноводческой продукции в разрезе административных районов Республики Беларусь, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

### Результаты и обсуждение

Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственной продукции формируется за счёт корневого поступления радионуклидов в растения и далее в животноводческую

продукцию. За длительный послеаварийный период произошли существенные изменения в подвижности в почве и биологической доступности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , что непосредственно отразилось на радиологическом качестве производимой сельскохозяйственной продукции.

В Беларуси первоначально загрязнено  $^{137}\text{Cs}$  с плотностью выше  $37 \text{ кБк/м}^2$  (выше  $1 \text{ Ки/км}^2$ )  $1866,0$  тыс. га сельскохозяйственных земель в 59 административных районах. За послеаварийный период площадь загрязненных данным радионуклидом обрабатываемых земель сократилась до  $1002,8$  тыс. га (на  $863,2$  тыс. га), в том числе около  $265$  тыс. га на начальном этапе было выведено из пользования. Сокращение земель происходит в основном благодаря процессам естественного распада радиоизотопа в почве.

Произошло снижение доступности и интенсивности миграции  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения благодаря неомобильной фиксации и уменьшению водорастворимых и обменных форм в почве. Коэффициенты перехода его сократились на дерново-подзолистых почвах в зерновые культуры в  $3,0$ – $6,7$  раза, в клубни картофеля – в  $5,0$ – $7,5$  раза. На торфяно-болотных почвах доступность  $^{137}\text{Cs}$  снизилась не так существенно – в среднем в  $2,5$  раза. В целом, переход радионуклида в растения на этих почвах в  $2,7$  раза выше, чем на дерново-подзолистых почвах [4].

Улучшающаяся радиационная обстановка на загрязненных радионуклидами землях и осуществляемая система научно обоснованных защитных мер (контрмер), направленная на производство нормативно чистой продукции, позволяли планомерно проводить ужесточение гигиенических нормативов содержания радионуклидов в пищевых продуктах. Данные по продуктам питания, которые вносят основной ( $85$ – $90\%$ ) вклад в дозу внутреннего облучения, показывают, что с  $1990$  по  $1999$  г. допустимое содержание  $^{137}\text{Cs}$  уменьшилось в молоке в  $1,8$  раза, говядине – в  $1,2$ , свинине и мясе птицы – в  $3,3$ , хлебе и хлебопродуктах – в  $9,2$ , картофеле – в  $7,4$  раза (табл. 1).

Несмотря на ужесточение допустимых уровней содержания радионуклидов в пищевых продуктах, за послеаварийный период произошло значительное снижение объемов производства растениеводческой продукции,

непригодной для пищевых целей по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ . Если в  $1986$ – $1990$  гг. количество производимого зерна, не отвечающего гигиеническому нормативу по  $^{137}\text{Cs}$ , колебалось от  $25$  до  $340$  тыс. тонн в год, а в целом за первые  $5$  лет после аварии его произведено  $897,5$  тыс. тонн, то за последний  $10$ -летний период ( $2001$ – $2010$  гг.) общий объем такого зерна составил всего  $1,2$  тыс. тонны. В настоящее время зерно, непригодное для пищевых целей по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{РДУ}=90 \text{ Бк/кг}$ ), практически не регистрируется. Также за  $2001$ – $2010$  гг. не зарегистрировано случаев производства картофеля со сверхнормативным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  ( $\text{РДУ} = 80 \text{ Бк/кг}$ ) (рис. 1).

Принимая во внимание, что за послеаварийный период площади загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственных земель сократились в  $1,5$  раза (с  $1480$  до  $1002,8$  тыс. га), а параметры перехода радионуклида в зерновые культуры снизились в  $3,0$ – $6,7$  раза, в клубни картофеля – в  $5,0$ – $7,5$  раза, то можно заключить, что сокращение на несколько порядков объемов данных видов продукции со сверхнормативным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  обусловлено защитными мероприятиями в сельскохозяйственном производстве.

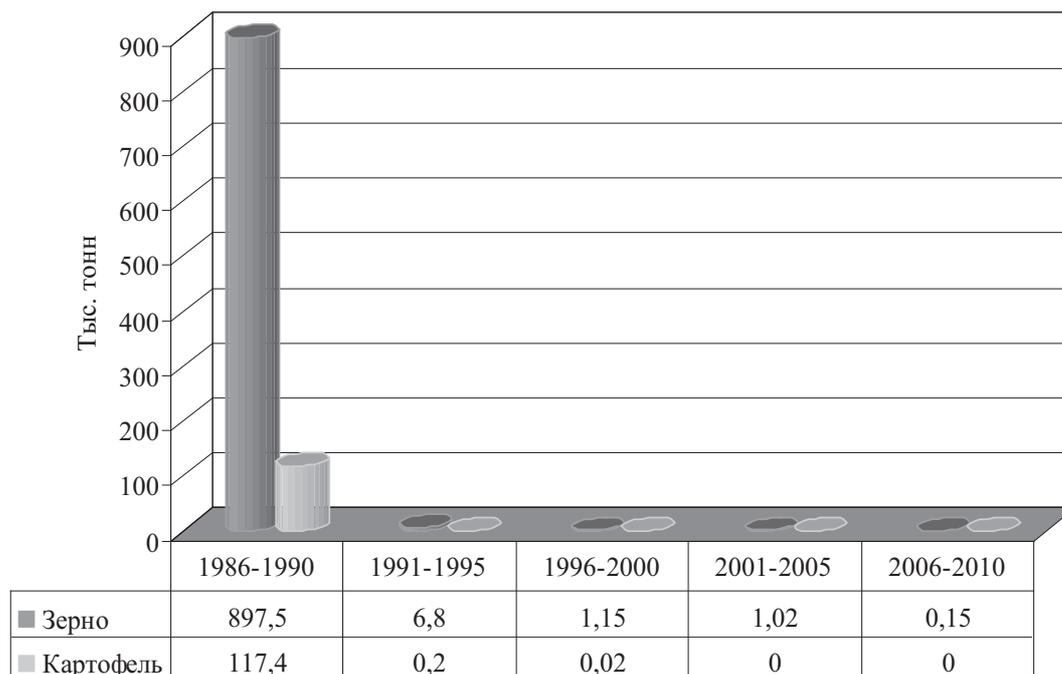
Значительно улучшилось качество продукции животноводства. Объемы производимого в общественном секторе молока выше допустимого уровня по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в  $1986$ – $1989$  гг. колебались от  $70$  до  $525$  тыс. тонн в год, в  $1991$ – $1995$  гг. – от  $8$  до  $22$  тыс. тонн, а за период с  $2006$  по  $2011$  г. зарегистрировано всего  $705$  тонн молока с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  выше  $100 \text{ Бк/л}$ , которое направлено на переработку (рис. 2).

Аналогичная радиологическая ситуация складывается с производством и других видов продукции животноводства. Например, в  $1986$ – $1989$  гг. объемы мяса с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  составляли  $1,5$ – $21,1$  тыс. тонн ежегодно, а за период с  $2001$  по  $2011$  г. его произведено только  $2,75$  тонны. Кормление животных на заключительной стадии кормами с низким содержанием  $^{137}\text{Cs}$  позволяет практически исключить возврат скота с мясокомбинатов по результатам прижизненной дозиметрии (рис. 3).

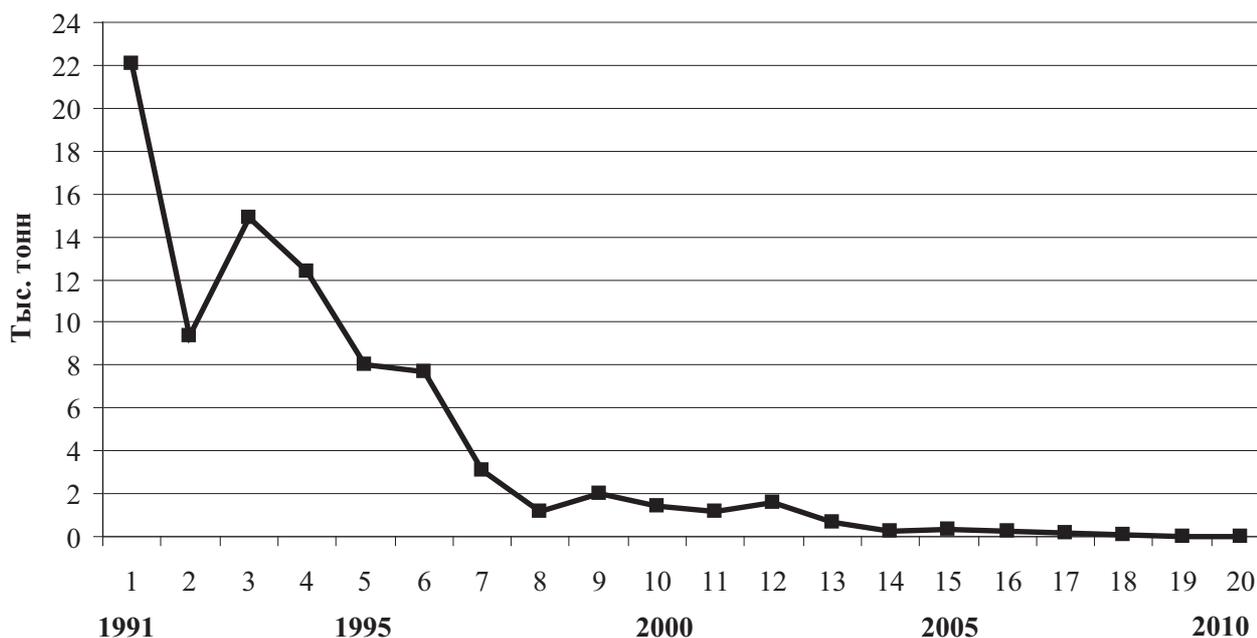
Таблица 1

**Временные допустимые (ВДУ), республиканские контрольные (РКУ) и республиканские допустимые (РДУ) уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в основных пищевых продуктах в послеаварийный период**

Наименование продукта	ВДУ-86	РКУ-90	РДУ-92	РДУ-96	РДУ-99
$^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг (Бк/л)					
Молоко и цельномолочная продукция	370	185	111	111	100
Мясо и мясные продукты:					
говядина, баранина и продукты из них;	3700	592	600	600	500
свинина, птица и продукты из них	3700	592	600	370	180
Хлеб и хлебопродукты	–	370	185	74	40
Картофель	3700	592	370	100	80
Овощи	3700	185	185	100	100
$^{90}\text{Sr}$ , Бк/кг (Бк/л)					
Молоко и цельномолочная продукция	–	–	3,73	3,7	3,7
Хлеб и хлебопродукты	–	–	3,74	3,7	3,7
Картофель	–	–	3,75	3,7	3,7



**Рис. 1.** Динамика объемов производства продовольственного зерна и картофеля с превышением допустимых уровней по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  по периодам

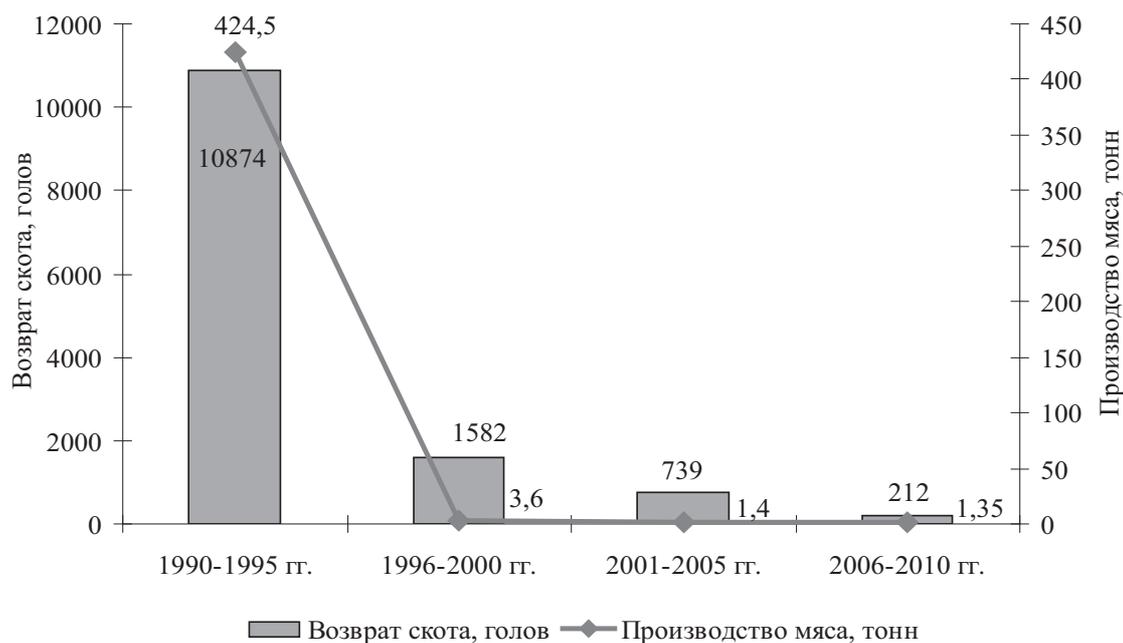


**Рис. 2.** Динамика объемов производства молока с превышением допустимых уровней по содержанию  $^{137}\text{Cs}$

Следует отметить, что производство загрязненной продукции растениеводства и животноводства в настоящее время носит локальный характер. Так, из 704,8 тонн цельного молока с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  выше 100 Бк/л, произведенного сельскохозяйственными организациями с 2006 по 2011 г., 613,9 тонны (87%) зарегистрировано в наиболее загрязненных районах Гомельской области. В целом же за анализируемый период такое молоко в разных объемах регистриро-

валось в 10 административных районах из 58 районов Беларуси, где имеются загрязненные  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственные земли.

С целью оценки факторов, влияющих на загрязнение  $^{137}\text{Cs}$  животноводческой продукции, нами в разрезе административных районов проанализированы объемы производства с 2006 по 2011 г. разных видов кормов с превышением республиканских допустимых уровней содержания радионуклида.



**Рис. 3.** Динамика объемов производства мяса с превышением допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и возврата скота по периодам

Установлено, что корма с повышенным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  регистрировались в 2006–2011 гг. в сельскохозяйственных организациях в объеме 136,1 тыс. тонн. Из видов кормов наибольшее количество зарегистрировано сочных кормов (сенажа и силоса) – 94,4 тыс. тонн (69% от общего объема загрязненных кормов), меньше зеленой массы и пастбищного корма – 36,4 тыс. тонн (27% общего объема загрязненных кормов). Объемы сена (особенно зернофуража) незначительные.

Несколько по иному складывается ситуация с радиологическим качеством производимой сельскохозяйственной продукции по содержанию  $^{90}\text{Sr}$ , что требует значительного внимания к этой проблеме. Некоторое снижение количественных показателей перехода  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в растения наблюдалось сразу после аварийных выпадений и обуславливалось в основном трансформацией водорастворимых соединений его в обменные формы. За последний 20-летний период они уменьшились не так существенно, как коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения. В связи с высокой подвижностью  $^{90}\text{Sr}$  в почве (50% и более находится в обменной форме) коэффициенты перехода его в сельскохозяйственные культуры существенно выше по сравнению с  $^{137}\text{Cs}$ : в зерновые культуры – более чем на порядок, в клубни картофеля – в среднем в 5 раз.

Загрязнение сельскохозяйственных земель  $^{90}\text{Sr}$  носит более локальный, по сравнению с  $^{137}\text{Cs}$ , характер. За период с 1996 по 2011 г. общая площадь земель, загрязненных  $^{90}\text{Sr}$  с плотностью 5,55 кБк/м<sup>2</sup> (0,15 Ки/км<sup>2</sup>) и выше, сократилась с 555,1 до 339,7 тыс. га (на 215,4 тыс. га). Уменьшение площадей произошло в основном в результате процессов естественного распада  $^{90}\text{Sr}$  в почве.

В Беларуси приняты на порядок более жесткие, чем в России и Украине, гигиенические нормативы содержания  $^{90}\text{Sr}$  в продуктах питания. Республиканские допустимые уровни содержания его в картофеле, хлебе и хлебопро-

дуктах составляют 3,7 Бк/кг. Для получения такого качества хлеба удельная активность  $^{90}\text{Sr}$  в продовольственном зерне не должна превышать 11 Бк/кг.

Данные на рисунке 4 показывают, что с течением времени после аварии не наблюдается четко выраженной тенденции к снижению производства зерна с содержанием  $^{90}\text{Sr}$  менее 11 Бк/кг. В зависимости от складывающихся гидрометеорологических условий вегетационного периода и, следовательно, степени подвижности в почве и биологической доступности  $^{90}\text{Sr}$ , ежегодные объемы зерна, непригодного для пищевых целей, колеблются от 25 до 55 тыс. тонн. В отдельные годы отмечаются случаи производства картофеля с превышением норматива 3,7 Бк/кг по  $^{90}\text{Sr}$ , непригодного для пищевых целей. С 2006 по 2011 г. его зарегистрировано 1,2 тыс. тонн.

Производство зерна, непригодного для пищевых целей по содержанию  $^{90}\text{Sr}$ , регистрируется в сельскохозяйственных организациях, где имеются земли, загрязненные этим радионуклидом с плотностью 0,3–3,0 Ки/км<sup>2</sup>. Эти земли сконцентрированы в 12 районах Гомельской области и занимают площадь около 145 тыс. га, в том числе на пашне – 79,0 тыс. га. За период с 2006 по 2011 г. было произведено 223,8 тыс. тонн зерна, не пригодного для продовольственных целей. Следует отметить, что из 14 районов, в которых периодически регистрировалось такое зерно, в 8 районах его было произведено 209,8 тыс. тонн (94% от общего объема) (рис. 5).

Результаты анализа производства с 2006 по 2011 г. кормов с превышением республиканских допустимых уровней содержания показали, что всего зарегистрировано в сельскохозяйственных организациях 7 районов Гомельской области 29 788 тонн (в среднем около 5000 тонн в год) разных видов кормов с удельной активностью  $^{90}\text{Sr}$  выше допустимых уровней. В наибольшем количестве из видов кормов не отвечали нормативным требованиям

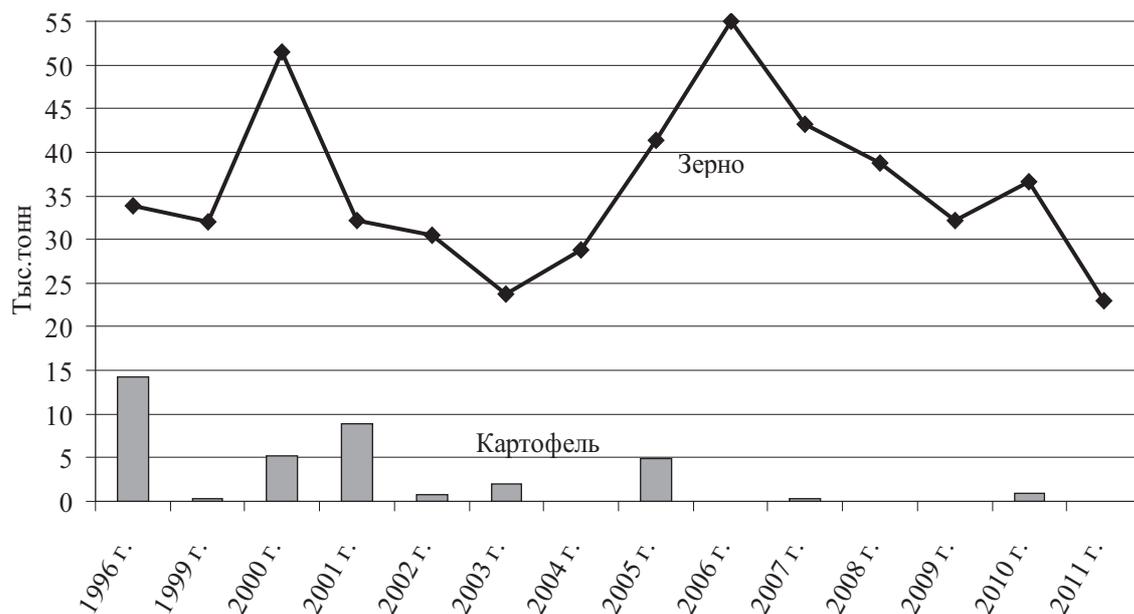


Рис. 4. Динамика объемов производства зерна с содержанием  $^{90}\text{Sr}$  выше допустимого уровня на зерно продовольственное (11 Бк/кг) и картофеля выше 3,7 Бк/кг

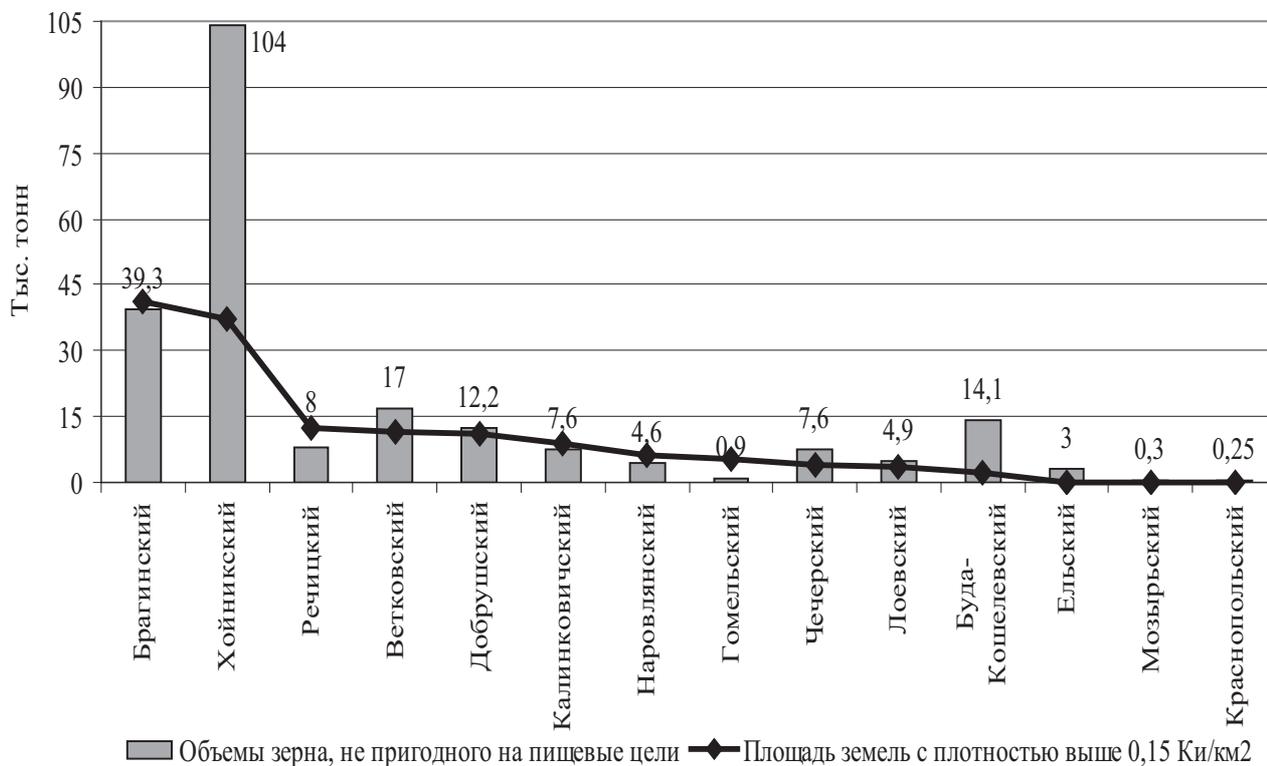


Рис. 5. Объемы производства зерна, непригодного для пищевых целей по содержанию  $^{90}\text{Sr}$ , за период с 2006 по 2011 г. в разрезе административных районов и площади сельскохозяйственных земель с плотностью загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  0,3–3,0 Ки/км<sup>2</sup>

сочные корма (сенаж, силос), меньше – зеленая масса и пастбищный корм. Республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в сенаже, силосе и зеленой массе для производства молока цельного (наиболее «жесткие» уровни) составляют 500, 240 и 165 Бк/кг соответственно, а допустимые уровни содержания  $^{90}\text{Sr}$  в этих же кормах – 100, 50 и 37 Бк/кг соответственно.

В таблице 2 приведены объемы производства за период с 2006 по 2011 г. товарной продукции растениеводства и животноводства и разных видов кормов (зернофураж, сено, силос, сенаж, зеленая масса, пастбищный корм) с превышением республиканских допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ .

Таблица 2

**Объемы производства с 2006 по 2011 г. сельскохозяйственной продукции с превышением допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$**

Вид продукции	Объемы загрязненной продукции		
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	Всего
Зерно для пищевых целей, тонн	<u>*154,0</u> 25,7	<u>223760,5</u> 37293,4	<u>223914,5</u> 37319,1
Картофель, тонн	–	<u>1220</u> 203,3	<u>1220</u> 203,3
Молоко, тонн	<u>704,8</u> 117,5	–	<u>704,8</u> 117,5
Мясо, тонн	<u>1,35</u> 0,23	–	<u>1,35</u> 0,23
Возврат скота, голов	<u>216</u> 36	–	<u>216</u> 36
Все виды кормов, тонн	<u>136056,0</u> 22676,0	<u>29788,0</u> 4964,7	<u>165844,0</u> 27640,7

Над чертой – общий объем, под чертой – в среднем в год.

Таким образом, как показывают обобщенные данные, из всех видов продукции, не отвечающих нормативным требованиям по содержанию радионуклидов, основное количество приходится на зерно, непригодное для пищевых целей по  $^{90}\text{Sr}$ . Ежегодно его регистрируется в сред-

нем около 37 тыс. тонн. В значительных объемах также производятся корма, в основном силос, сенаж и зеленая масса, с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , превышающей республиканские допустимые уровни. Ежегодные объемы таких кормов составляют порядка 28 тыс. тонн. Что касается другой продукции (картофель, молоко и мясо), то ее количество незначительно.

**Литература**

1. Алексахин, Р.М. Роль защитных мероприятий в реабилитации загрязненных территорий / Р.М. Алексахин [и др.] // Чернобыль 20 лет спустя. Стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов. Часть I. 20 years after Chernobyl. Strategy for recovery and sustainable Development of the Affected regions. Part I: матер. международ. конф., 19–21 апр., 2006 г., Минск / Ком. по проблемам последствий катастрофы на Чернобыль. АЭС при Совете Министров Республики Беларусь. – Минск: Беларусь, 2006. – С. 101–106.
2. Ильин, Л.А. Радиационная защита населения при реагировании на чернобыльскую аварию / Л.А. Ильин [и др.] // Чернобыль 20 лет спустя. Стратегия восстановления и устойчивого развития пострадавших регионов. Часть I. 20 years after Chernobyl. Strategy for recovery and sustainable Development of the Affected regions. Part I: матер. международ. конф., 19–21 апр., 2006 г., Минск / Ком. по проблемам последствий катастрофы на Чернобыль. АЭС при Совете Министров Республики Беларусь. – Минск: Беларусь, 2006. – С. 72–86.
3. Кенигсберг, Я.Э. Гигиенические нормативы содержания цезия-137 и стронция-90 в продуктах питания: чернобыльский опыт Беларуси / Я.Э.Кенигсберг // Радиационная гигиена. – 2008. – Т. 1, № 2. – С. 28–31.
4. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н.Н. Цыбулько [и др.] ; под общ. ред. Н.Н. Цыбулько. – Минск: Институт радиологии, 2011. – 438 с.
5. Стратегии реабилитации сельских населенных пунктов, пострадавших после аварии на Чернобыльской АЭС // Рабочий документ: ТС проект RER/9/074 «Стратегии долгосрочных защитных мероприятий и мониторинг облучения населения сельских территорий, пострадавших после чернобыльской аварии. – Вена, 2007. – 75 с.
6. Проблемы радиационной реабилитации загрязненных территорий. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2004. – 121 с.

**N.N. Tsybulko**

**Dynamics of manufacturing of an agricultural production with excess of permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  concentration in Belarus**

Department on liquidation of the consequences of the accident on the Chernobyl NPP  
The Ministry of Emergency Situations of the Belarus Republic, Minsk

*Abstract. The analysis of the volumes of manufacturing in Belarus of an agricultural production with excess of permissible levels of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  concentration for the period which has passed after failure on the Chernobyl NPP is carried out. It is shown, that from all kinds of production which is not meeting standard requirements for the radionuclides concentration, the majority falls on the grain unsuitable for the food purposes due to  $^{90}\text{Sr}$  concentration. Annually, it is registered from 25 to 55 thousand tons of such grain. In considerable volumes forages, with specific  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  activity, exceeding republican permissible levels are also produced.*

*Key words: manufacturing, agricultural production, concentration,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , republican permissible levels.*

Н.Н. Цыбулько  
Тел.: (8-10-375-17)327-58-71  
E-mail: Tsybulka@komchern.org.by

Поступила: 10.05.2012 г.