**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ**

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**ЕДИНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

**ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ, НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ АЭС ТЕРРИТОРИЯХ**

**Москва-Минск-2022**

УДК 631.8+ 636.085

**Единые рекомендации по обеспечению производства сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, на радиоактивно загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС территориях**

**Рекомендации подготовили**

от Российской Федерации:

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»: Н.И. Санжарова, О.А. Шубина, А.Н. Ратников, А.А. Суслов, Н.Г. Иванкин, К.В. Петров, Д.Г. Свириденко, Н.Н. Исамов, П.Н. Цыгвинцев, Д.Н. Курбаков, В.В. Кречетников, И.Е. Титов

ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский»: П.В. Прудников, А.В. Сурков, В.Л. Лакиза

от Республики Беларусь:

РУП «Институт почвоведения и агрохимии»: Ю.К. Шишко, Г.В. Пироговская Г.В., С.С. Хмелевский, К.В. Даниленко, И.М. Богдевич, Ю.В. Путятин, А.М. Устинова, В.Б. Цырибко

Гомельская областная проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства А.Г. Подоляк

ГНУ «Институт радиобиологии Национальной академии наук Беларуси»: И.А. Чешик, А.А. Царенок, Е.В. Копыльцова, Т.В. Ласько, Э.Н. Цуранков, В.В. Касьянчик

**Единые рекомендации по обеспечению производства сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям,** **на радиоактивно загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС территориях. Москва-Минск. 2022**

Рекомендации определяют порядок ведения растениеводства, кормопроизводства и животноводства на загрязненных радионуклидами территориях с целью обеспечения производство продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам и ветеринарным требованиям.

Рекомендации предназначены для специалистов министерств, ведомств и организаций, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность на землях, загрязненных в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС; руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности; работников научных и проектных организаций; преподавателей и учащихся образовательных учреждений.

**СОДЕРЖАНИЕ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Введение |  |
| 1. | Общие положения |  |
| 1.1. | Область применения |  |
| 1.2. | Нормативно-правовые документы, регулирующие производство сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим и ветеринарным требованиям |  |
| 2. | Современная радиационная обстановка на загрязненных сельскохозяйственных угодьях Республики Беларусь и Российской Федерации |  |
| 2.1. | Республика Беларусь |  |
| 2.1.1. | Загрязнение сельскохозяйственных угодий радионуклидами |  |
| 2.1.2. | Динамика загрязнения сельскохозяйственной продукции: растениеводство, кормопроизводство и животноводство |  |
| 2.2. | Российская Федерация |  |
| 2.2.1. | Загрязнение сельскохозяйственных угодий радионуклидами |  |
| 2.2.2. | Динамика загрязнения сельскохозяйственной продукции: растениеводство, кормопроизводство и животноводство |  |
| 3. | Ведение растениеводства и применение новых форм комплексных удобрений на радиоактивно загрязненных территориях |  |
| 3.1. | Республика Беларусь |  |
| 3.1.1. | Ведение растениеводства на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях: система реабилитационных мероприятий |  |
| 3.1.2. | Эффективность применения стандартных и медленнодействующих удобрений |  |
| 3.1.3. | Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения новых видов комплексных удобрений |  |
| 3.1.4. | Рекомендации по применению новых видов комплексных удобрений |  |
| 3.2. | Российская Федерация |  |
| 3.2.1. | Ведение растениеводства на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях: система реабилитационных технологий |  |
| 3.2.2. | Эффективность применения природных агромелиорантов и комплексных удобрений |  |
| 3.2.3. | Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения агромелиорантов и новых видов комплексных удобрений |  |
| 3.2.3.1. | Характеристика наиболее перспективных агромелиорантов и новых видов комплексных удобрений |  |
| 3.2.3.2. | Агрохимическая, радиологическая и экономическая эффективность применения агромелиорантов и новых видов комплексных удобрений при возделывании зерновых культур и картофеля |  |
| 3.2.3.3. | Рекомендации по применению новых видов комплексных удобрений при возделывании зерновых культур и картофеля |  |
| 4. | Ведение кормопроизводства и применение новых форм комплексных удобрений на радиоактивно загрязненных территориях |  |
| 4.1. | Республика Беларусь |  |
| 4.1.1. | Ведение кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях: система реабилитационных мероприятий |  |
| 4.1.2. | Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения новых видов комплексных удобрений |  |
| 4.2. | Российская Федерация |  |
| 4.2.1. | Ведение кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях: система реабилитационных мероприятий |  |
| 5.2.2. | Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения новых видов комплексных удобрений |  |
| 5. | Ведение животноводства с применением новых форм кормовых добавок и препаратов на радиоактивно загрязненных территориях |  |
| 5.1. | Республика Беларусь |  |
| 5.1.1. | Основные принципы производства продукции животноводства в условиях радиоактивного загрязнения |  |
| 5.1.2. | Применение комплексных минеральных добавок для обогащения рациона животных |  |
| 5.1.3. | Кормовые добавки и сорбенты с вводом ферроцина для снижения перехода 137Cs из рациона в продукцию животноводства (молоко, мясо) |  |
| 5.2. | Российская Федерация |  |
| 5.2.1. | Ведение животноводства на радиоактивно загрязненных территориях: защитные и реабилитационные мероприятия |  |
| 5.2.2. | Характеристика новых форм кормовых добавок и препаратов |  |
| 5.2.3. | Радиологическая и экономическая эффективность применения новых форм кормовых добавок и препаратов |  |
| 5.2.3.1 | Обоснование необходимости применения новых форм кормовых добавок и препаратов с ферроцианидами |  |
| 5.2.3.2 | Оценка экономической эффективности применения новых форм кормовых добавок с ферроцианидами |  |
|  | Заключение |  |
|  | Список публикаций |  |
|  | Приложения |  |

**ВВЕДЕНИЕ**

Масштабное радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель в зоне интенсивного ведения агропромышленного производства на территории Республики Беларусь и Российской Федерации является одним из наиболее тяжелых социально-экономических последствий аварии на Чернобыльской АЭС. В ходе выполнения программ по ликвидации последствий аварии Чернобыльской АЭС проведен огромный объем защитных и реабилитационных мероприятий по минимизации ее негативных последствий в агропромышленном комплексе, что позволило существенно улучшить радиационную обстановку на загрязненных территориях Российской Федерации и Республики Беларусь.

Реализован комплекс научно обоснованных организационных, агротехнических, агрохимических, зооветеринарных и технологических мероприятий, направленных на снижение содержания нормируемых радионуклидов (долгоживущие изотопы 90Sr и 137Cs) в растениеводческой и животноводческой продукции, получаемой в сельскохозяйственных предприятиях различных форм собственности и в личных подсобных хозяйствах. В результате системной реализации реабилитационных мер, а также естественного радиоактивного распада, сорбции и миграции радионуклидов в почве поступление их в сельскохозяйственную и пищевую продукцию существенно снизилось, что обеспечило уменьшение дозовых нагрузок на население за счет внутреннего облучения. Позитивная динамика радиационной обстановки определяет необходимость совершенствования стратегии ведения сельскохозяйственного производства и реабилитационных мероприятий в условиях радиоактивного загрязнения на восстановительной стадии после аварии при переходе к ситуации существующего облучения [1].

На ближайшую перспективу в основу государственной политики по преодолению последствий чернобыльской аварии заложен переход от послеаварийных защитных и реабилитационных мероприятий к возрождению социального и экономического потенциала пострадавших регионов, создание предпосылок устойчивого функционирования территорий и поселений, а также условий для их развития.

В агропромышленном производстве ключевой задачей является реализация стратегии использования загрязненных сельскохозяйственных земель, обеспечивающей минимальное накопление радионуклидов в производимой продукции растениеводства и животноводства; исключение производства продуктов питания, не соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам и ветеринарным требованиям; рентабельность производства.

Настоящие рекомендации разработаны на основании современных исследований и новых разработок научных учреждений и организаций аграрного сектора, выполненных в рамках государственных программ и Программы совместной деятельности России и Беларуси в рамках Союзного государства по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

**1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

**1.1. Область применения**

Настоящие «Рекомендациипо обеспечению производства сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, на радиоактивно загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС территориях» (*далее – Рекомендации*) предназначены для применения на территориях, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Рекомендации определяют порядок, технологии и системы применения реабилитационных мероприятий при ведении растениеводства, кормопроизводства и животноводства на загрязненных радионуклидами территориях с целью обеспечения производство продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам и ветеринарным требованиям.

Рекомендации направлены на решение проблем ведения сельского хозяйства на радиоактивно загрязненных территориях на основе оптимизации применения традиционных и новых видов агромелиорантов, кормовых добавок и препаратов, обеспечивающих повышение продуктивности агроценозов и высокую производительность сельскохозяйственных земель; производство кормов с минимальными рисками производства продукции животноводства с превышением допустимых уровней по содержанию радионуклидов; повышение рентабельности сельскохозяйственного производства.

Основной целью рекомендаций является обеспечение перехода от послеаварийных защитных и реабилитационных мероприятий к возрождению социального и экономического потенциала сельского хозяйства пострадавших регионов, создание предпосылок устойчивого функционирования территорий и поселений, а также условий для их развития.

Рекомендации предназначены для специалистов министерств, ведомств и организаций, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность на землях, загрязненных в результате аварии на Чернобыльской АЭС; для руководителей и специалистов сельскохозяйственных предприятий различных форм собственности; для работников научных и проектных организаций, а также преподавателей и учащихся образовательных учреждений.

**1.2. Нормативно-правовые документы, регулирующие производство сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим и ветеринарным требованиям**

Проживание населения, его хозяйственная и производственная деятельности в зоне радиоактивного загрязнения регламентируется законами двух государств, обеспечивающими социальную защиту граждан, пострадавших от катастрофы на ЧАЭС (Приложения 1, 2). В сельском хозяйстве обеспечение производства безопасной продукции регламентируется санитарно-гигиеническими норматива и ветеринарными требованиями по допустимым уровням содержания радионуклидов (Приложения 3-8). Основным критерием эффективности реабилитационных мероприятий является снижение доз облучения населения, в том числе за счет уменьшение дозы внутреннего облучения в результате снижения поступления радионуклидов (137Cs, 90Sr) в рацион питания населения. В Республике Беларусь установлены более жесткие требования по содержанию в продукции 90Sr, что обусловлено спецификой сложившейся радиационной обстановкой.

В рамках Таможенного Союза обе страны осуществляют торговые операции на основе Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденный решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880 (Приложение 9).

**2. СОВРЕМЕННАЯ РАДИАЦИОННАЯ ОБСТАНОВКА НА ЗАГРЯЗНЕННЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДЬЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

В результате аварии на Чернобыльской АЭС 3.2% территории бывшего СССР были загрязнены 137Cs с плотностью выше 37 кБк⋅м-2. Зоны с наиболее высокими уровнями загрязнения сконцентрированы в радиусе до 200-300 км от Чернобыльской АЭС, а максимальные уровни загрязнения зарегистрированы в 30-км зоне – более 1500 кБк⋅м-2 по 137Cs [2]. Северо-северо-восточная зона загрязнения (на расстоянии до 200 км), включающая в себя районы Гомельской, Могилевской областей Республики Беларусь и Брянской области Российской Федерации, сформировалась в результате радиоактивных выпадений в период 26-29 апреля 1986 г. Зона загрязнения сформировались также на территории Витебской, Брестской, Гродненской и Минской областей РБ. Зона загрязнения на расстоянии до 500 км от ЧАЭС включает некоторые районы Калужской, Тульской и Орловской областей РФ. Для большинства этих регионов уровни загрязнения 137Cs не превышают 37-185 кБк⋅м-2. В настоящее время радиационную обстановку на загрязненных сельскохозяйственных угодьях определяют долгоживущие радионуклиды 137Cs и 90Sr в Республике Беларусь и 137Cs в Российской Федерации.

**2.1. Республика Беларусь**

***2.1.1. Загрязнение сельскохозяйственных угодий радионуклидами***

За послеаварийный период радиационная обстановка на сельскохозяйственных землях значительно улучшилась. Концентрация 137Cs и 90Sr в почве снизилась более, чем на 50% в результате радиоактивного распада. Наблюдается постепенное уменьшение площади используемых земель с контролируемой минимальной плотностью загрязнения 137Cs выше 37 кБк⋅м-2 (1,0 Ки⋅км-2) и 90Sr выше 5,55 кБк⋅м-2 (0,15 Ки⋅км-2).

По состоянию на 01.01.2022 г. сельскохозяйственное производство ведется на 836,6 тыс. га земель, загрязненных 137Cs с плотностью 37-1480 кБк⋅м-2 (1-40 Ки⋅км-2), в т.ч. 568,3 тыс. га пахотных и 268,3 тыс. га луговых земель. По уровню загрязнения преобладают земли с плотностью 37-185 кБк⋅м-2 (1-5 Ки⋅км-2), которые занимают 680,8 тыс. га (81,4% от общей площади), в том числе 462,5 тыс. га пахотные и 218,3 тыс. га – луговые земли. Площади земель с плотностью загрязнения от 185 до 555 кБк⋅м-2 (5-15 Ки⋅км-2) составляют 141,6 тыс. га (16,9%), включая 96,3 тыс. га пашни. Сельскохозяйственное производство ведется на 14,2 тыс. га земель с плотностью загрязнения 137Cs – от 555 до 1480 кБк⋅м-2 (15-40 Ки⋅км-2) (табл. 2.1). В Гомельской области сосредоточено 60% от общей площади загрязненных земель, в Могилёвской области - 30%. В Брестской, Гродненской и Минской областях доля загрязненных земель незначительная.

Загрязнение земель 90Sr носит более локальный, по сравнению с 137Cs, характер. По состоянию на 01.01.2022 г. сельскохозяйственное производство ведется на 281,5 тыс. га с плотностью более 5,55 кБк⋅м-2 (0,15 Ки⋅км-2), в том числе 185,8 тыс. га пахотных и 95,7 тыс. га луговых земель. По уровню загрязнения преобладают земли плотностью 5,55–11,10 кБк⋅м-2 (0,15-0,30 Ки⋅км-2), занимающие 174,6 тыс. га (62% от общей площади) (табл. 2.2).

В Гомельской области имеется 106,9 тыс. га земель, загрязненных 90Sr с плотностью от 11,47 до 111,00 кБк⋅м-2 (0,31-3,00 Ки⋅км-2), где наблюдаются превышения допустимых уровней загрязнения продукции растениеводства, в первую очередь зерна на пищевые цели. В Гомельской области сосредоточено 96,4% земель, загрязненных 90Sr, в Могилевской и Брестской областях − 3,5 и 0,03%, соответственно.

Таблица 2.1. Экспликация сельскохозяйственных земель Республики Беларусь по плотности загрязнения 137Cs (по состоянию на 01.01. 2022 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид земель | Всего >37 кБк⋅м-2 (1 Ки⋅км-2) тыс. га | В том числе по плотностям загрязнения, кБк⋅м-2 (1 Ки⋅км-2) | | | | | |
| 37-185 (1–5) | | (185-555) 5–15 | | 55-1480 (15–40) | |
| тыс. га | % | тыс. га | % | тыс. га | % |
| Сельскохозяйственные земли | 836,588 | 680,816 | 81,4 | 141,616 | 16,9 | 14,156 | 1,7 |
| Пахотные земли и многолетние насаждения | 568,261 | 462,539 | 81,4 | 96,272 | 16,9 | 9,450 | 1,7 |
| Луговые земли | 268,327 | 218,277 | 81,3 | 45,344 | 16,9 | 4,706 | 1,8 |

Таблица 2.2. Экспликация сельскохозяйственных земель Республики Беларусь по плотности загрязнения 90Sr (по состоянию на 01.01. 2022 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид земель | Всего >5,55  кБк⋅м-2  (0,15 Ки⋅км-2),  тыс. га | В том числе по плотностям загрязнения, кБк⋅м-2 (Ки⋅км2) | | | | | |
| 5,55-11,1 (0,15-0,30) | | 11,47-37,0 (0,31-1,00) | | 37-111 (1-3) | |
| тыс. га | % | тыс. га | % | тыс. га | % |
| Сельскохозяйственные земли | 281,500 | 174,574 | 62,0 | 96,177 | 34,2 | 10,749 | 3,8 |
| Пахотные земли и многолетние насаждения | 185,801 | 120,553 | 64,9 | 58,739 | 31,6 | 6,509 | 3,5 |
| Луговые земли | 95,699 | 54,021 | 56,4 | 37,438 | 39,1 | 4,240 | 4,4 |

***2.1.2. Динамика загрязнения сельскохозяйственной продукции: растениеводство, кормопроизводство и животноводство***

*Динамика загрязнения продукции растениеводства*

В первые годы после аварии на ЧАЭС объемы производимого зерна с превышением норматива по 137Cs колебались от 25 до 340 тыс. т в год, а в 2011-2020 годы зарегистрировано только 68 т зерна (90 Бк⋅кг-1 - допустимый уровень на пищевые цели, ДУ). Не было выявлено случаев превышения содержания радионуклида в картофеле на пищевые цели (ДУ 80 Бк⋅кг-1) (табл. 2.3). В течение послеаварийного периода поступление 137Cs в продукцию снизилось в 10-12 раз, а 90Sr – в 2,5-3,0 раза. Коэффициенты накопление в 90Sr выше, чем 137Cs в зерновые культуры более чем на порядок, в клубни картофеля – в среднем в 5 раз.

Наблюдается тенденция к снижению производства зерна с содержанием 90Sr выше нормативов (11 Бк кг-1) (рис. 2.1) и картофеля (рис. 2.2).

Таблица 2.3. Динамика объемов производства зерна и картофеля на пищевые цели с превышением допустимых уровней по содержанию 137Cs по периодам

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Период,  годы | Зерно на пищевые цели | | Картофель на пищевые цели | |
| общий объем, тонн | в среднем,  т в год | общий объем, тонн | в среднем,  т в год |
| 1986-1990 | 897500 | 179500 | 117400 | 23500 |
| 1991-1995 | 6800 | 1360 | 200 | 40 |
| 1996-2000 | 1150 | 230 | 20 | 5 |
| 2001-2005 | 1020 | 205 | 0 | 0 |
| 2006-2010 | 150 | 30 | 900 | 180 |
| 2011-2015 | 68 | 15 | 0 | 0 |
| 2016-2020 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Рисунок 2.1. Динамика объемов производства зерна с содержанием 90Sr

выше допустимого уровня на зерно продовольственное (11 Бк⋅кг-1)

Рисунок 2.2. Динамика объемов производства картофеля с содержанием 90Sr

выше допустимого уровня (3,7 Бк⋅кг-1)

*Динамика загрязнения продукции кормопроизводства*

В 2015-2020 гг. наиболее высокие объемы производства кормов с превышением РДУ по содержанию 90Sr и 137Cs были зарегистрированы для сенажа и силоса, минимальные для зернофуража (табл. 2.4.). Загрязнение травостоя пастбищ выше допустимого уровня отмечалось ежегодно на площади от 300 до 817 га. Из общего количества разных видов кормов (зернофураж, сено, сенаж, силос и зеленая масса), производимых с превышением РДУ по содержанию радионуклидов (137Cs и 90Sr), 98% приходится на сенаж и силос и только 2% на остальные виды кормов.

Таблица 2.4. Объемы производства разных видов кормов с превышением допустимых уровней по содержанию 137Cs и 90Sr за 2015-2020 гг.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Годы | Объемы по видам кормов, тонн | | | | | | | | Пастбища, га | |
| зернофураж | | сено | | силос и сенаж | | зеленая масса | |
| 137Cs | 90Sr | 137Cs | 90Sr | 137Cs | 90Sr | 137Cs | 90Sr | 137Cs | 90Sr |
| 2015 | 57 | - | 156 | - | 2880 | 2000 | - | 8 | 817 | 100 |
| 2016 | - | - | 20 | - | 3386 | 34572 | 5 | 458 | 675 | 579 |
| 2017 | 10 | - | 375 | - | 3295 | 7446 | - | 50 | 300 | 170 |
| 2018 | 28 | - | 1 | - | 2490 | 24817 | 11 | 126 | 300 | 399 |
| 2019 | 96 | - | - | - | 2360 | 21218 | 100 | 323 | 465 | 465 |
| 2020 | 37 | - | - | - | 8811 | 23096 | 5 | 118 | 620 | 160 |
| Всего | 228 | - | 552 | - | 23222 | 113149 | 121 | 1083 | 3177 | 1873 |

*Динамика загрязнения продукции животноводства*

Загрязнение кормов определяет динамика загрязнения продукции животноводства. Количество молока, поступившего на перерабатывающие предприятия из сельскохозяйственных организаций Гомельской области, с удельной активностью 137Cs более 100 Бк кг-1 уменьшилось с 1022 тонн в 2000 году до 1,2 тонн в 2013 году и, начиная с 2014 года, соответствовало РДУ-99 (рис. 2.3). Однако сохраняется проблема в получении нормативно чистого молока, произведенного в личных подсобных хозяйствах как по содержанию 137Cs, так и по 90Sr.

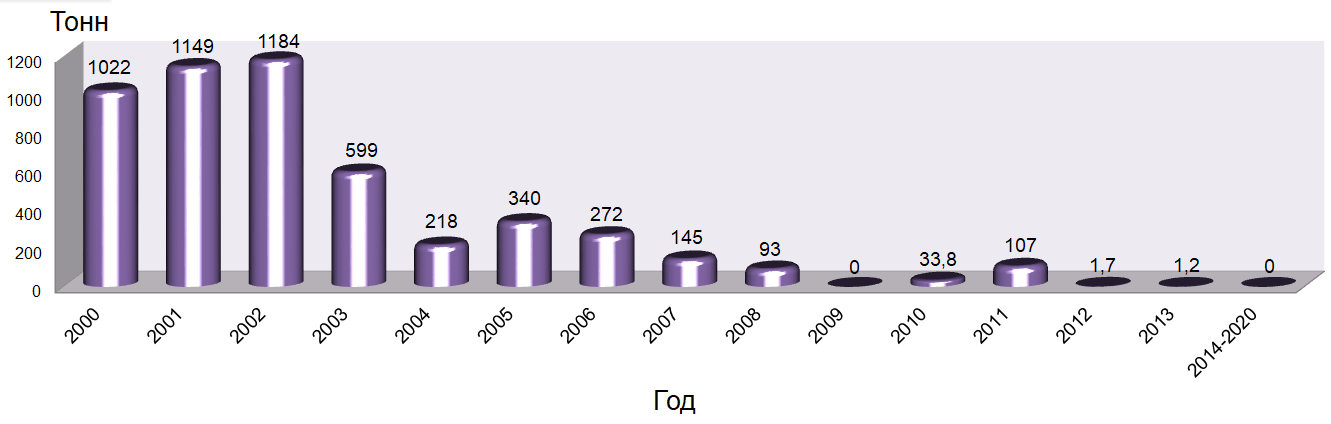


Рисунок 2.3. Динамика производства молока в общественном секторе Гомельской области с превышением допустимого уровня по содержанию 137Cs (100 Бк⋅л-1), тонн

По данным радиационного контроля содержания 137Cs в говядине и телятине в период 2013-2020 гг., поступившей на мясокомбинаты из организаций Гомельской области, не зарегистрировано случае превышения РДУ-99 500 Бк⋅кг-1, при этом около 93-95% измеренных значений были ниже 37 Бк⋅кг-1.

В Могилевской области практически все зерно, картофель и овощи, производимые сельскохозяйственными предприятиями и в личных подсобных хозяйствах, соответствуют требованиям санитарно-гигиенических нормативов по содержанию 137Cs и 90Sr. За последние три года содержание 137Cs в молоке, поступившем на молокоперерабатывающие предприятия Могилевской области, не превышало 37 Бк⋅кг-1. Объемы производства мяса крупного рогатого скота (в живом весе) с превышением 200 Бк⋅кг-1 колебались с 2014-2019 гг. от 0,8 до 7,9 тонн.

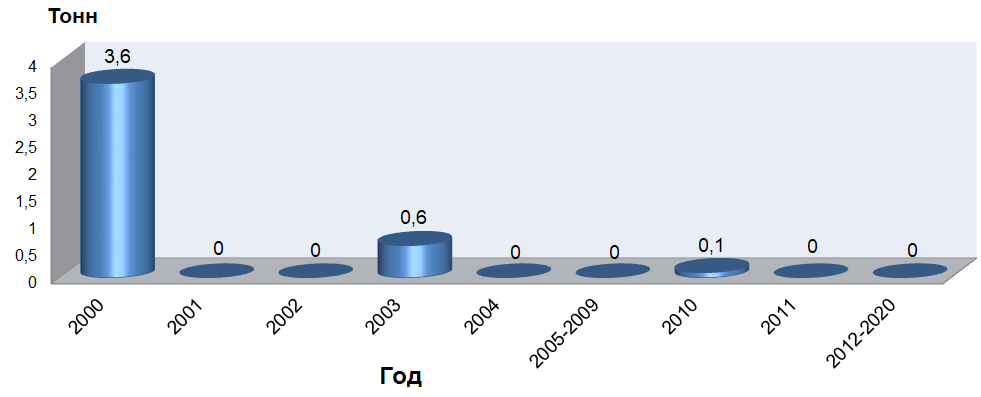


Рис. 2.4. Динамика поступления на перерабатывающие предприятия Гомельской области мяса с превышением норматива РДУ-99 (500 Бк/кг) по содержанию 137Cs, тонн

Значительная доля производимых на территории радиоактивного загрязнения мяса и продуктов его переработки экспортируется в страны-участницы Таможенного союза, где принят более низкий показатель предельного содержания в мясе 137Cs 200 Бк⋅кг-1 (Приложение 9). В 2013-2020 гг. случаи производства мяса крупного рогатого скота, удельная активность 137Cs в котором превышала допустимый уровень ТР ТС 021/2011 отмечались в 7 районах Гомельской области. Ежегодные объемы производства не соответствующей нормативам продукции варьировали от 1,1 до 37,4 тонн.

**2.2. Российская Федерация**

***2.2.1. Загрязнение сельскохозяйственных угодий радионуклидами***

В результате аварии на ЧАЭС в зону загрязнения попало более 2,3 млн. га сельскохозяйственных земель. Наиболее высокие уровни загрязнения зарегистрированы в Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областях. Сельскохозяйственное производство в этих областях велось на площади 6,69 млн. га, из которых около 2,30 млн. га имели уровни загрязнения 137Cs свыше 37 кБк⋅м-2. Доля земель с плотностью загрязнения от 37 до 185 кБк⋅м-2 составляла 79,2%; от 185 до 555 - 15,8%; 555-1480 кБк⋅м-2 – 4,3%. Максимальные плотности радиоактивных выпадений 137Cs (свыше 1480 кБк⋅м-2) были выявлены в Брянской области, где 17,1 тыс. га сельскохозяйственных угодий временно выведены из землепользования, в том числе сенокосов и пастбищ - 9,8 тыс. га, а пахотных земель - 7,3 тыс. га (табл. 2.5). Загрязнение земель 90Sr было незначительным и не потребовало применения защитных мероприятий.

На начало 2021 г. площадь сельскохозяйственных земель с плотностью загрязнения 137Cs 37 кБк⋅м-2 (1,0 Ки⋅км-2) и выше составляла 1063,8 тыс. га. В силу особенностей почвенного покрова проблемы с возможным получением продукции с превышением санитарно-гигиенических и ветеринарных требований сохраняются только в Брянской области, где площадь земель с плотностью загрязнения загрязненных земель (37 кБк⋅м-2 и выше) составляет 346,1 тыс. га, из которых доля земель с плотность свыше 185 кБк∙м-2 (5,0 Ки/км2) - 113,1 тыс. га (32,7%).

За время, прошедшее после аварии, радиационная обстановка существенно улучшилась [3]. В результате радиоактивного распада сократились площади отнесенных к зонам загрязнения земель сельскохозяйственного назначения и составляют 36-50% по сравнению с 1987 г. При этом основная часть из них имеет плотность загрязнения 137Cs ниже 185 кБк∙м-2 – 67,9% в Брянской области; 96,3 – в Калужской; 98,0 – в Орловской и 99,8% в Тульской области (табл. 2.5). Площадь земель, находящихся в зоне отчуждения в Брянской области (плотность загрязнения 137Cs свыше 1480 кБк⋅м-2), сократилась и составляет 1,6 тыс. га.

Таблица 2.5. Динамика площадей сельскохозяйственных земель, загрязненных 137Cs, по зонам радиоактивного загрязнения, га

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Территория | Год | Плотность загрязнения почв137Cs, кБк∙м-2 | | | | |
| 37-185 | 185-555 | 555-1480 | >1480 | Всего |
| Всего по РФ  (4 области) | 1987 | 1 818 186 | 362 068 | 98 300 | 17 106 | 2 295 660 |
|  | 2007 | 1 284 691 | 200 361 | 30 900 | 5 450 | 1 521 402 |
|  | 2015 | 1 103 350 | 145 851 | 27 900 | 4 600 | 1 281 701 |
|  | 2019 | 941 577 | 100 747 | 19 836 | 1 614 | 1 063 774 |
|  | 2020 | 918 045 | 100 747 | 19 836 | 1 614 | 1 040 242 |
| Брянская область | 1987 | 401 400 | 186 600 | 97 600 | 17 106 | 702 706 |
|  | 2007 | 260 400 | 125 400 | 30 900 | 5 450 | 422 150 |
|  | 2015 | 235 200 | 110 600 | 27 900 | 4 600 | 378 300 |
|  | 2019 | 238 931 | 91 630 | 19 836 | 1 614 | 352 011 |
|  | 2020 | 233 006 | 91 630 | 19 836 | 1 614 | 346 086 |

Прогноз возможности ведения сельскохозяйственного производства без ограничения по радиологическому фактору, показал, что для загрязненных районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей снижение плотности загрязнения земель до уровня менее 37 кБк⋅м-2 будет достигнуто к 2050 г. в 42% из них, к 2100 г. – в 88% и к 2150 г. – в 99% (табл. 2.6). Прогнозные оценки позволяют выделить существующие проблемы и корректировать стратегию реабилитации сельскохозяйственных территорий в отдаленный период после аварии.

Таблица 2.6. Год, когда плотность загрязнения 137Сs сельскохозяйственных угодий в 11 наиболее загрязненных районах Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей не превысит 37 кБк⋅м-2 (1 Ku⋅км-2)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | Всего | | Пашня | | Сенокосы и пастбища | |
| Мин. | Макс. | Мин. | Макс. | Мин. | Макс. |
| *Брянская область* | | | | | | |
| Гордеевский | 2050 | 2120 | 2035 | 2110 | 2060 | 2135 |
| Злынковский | до 2015 | 2140 | до 2015 | 2135 | до 2015 | 2150 |
| Климовский | до 2015 | 2080 | до 2015 | 2075 | до 2015 | 2110 |
| Клинцовский | до 2015 | 2110 | до 2015 | 2095 | до 2015 | 2130 |
| Красногорский | 2015 | 2165 | 2015 | 2165 | 2015 | 2180 |
| Новозыбковский | 2070 | 2145 | 2065 | 2130 | 2080 | 2155 |
| *Калужская область* | | | | | | |
| Жиздринский | до 2015 | 2070 | до 2015 | 2070 | до 2015 | 2075 |
| Ульяновский | до 2015 | 2080 | до 2015 | 2080 | до 2015 | 2080 |
| Хвастовичский | до 2015 | 2080 | до 2015 | 2075 | до 2015 | 2080 |
| *Орловская область* | | | | | | |
| Болховский | до 2015 | 2075 | до 2015 | 2075 | до 2015 | 2080 |
| *Тульская область* | | | | | | |
| Плавский | до 2015 | 2085 | до 2015 | 2085 | до 2015 | 2090 |

***2.2.2. Динамика загрязнения сельскохозяйственной продукции: растениеводство, кормопроизводство и животноводство***

В первый год после аварии на значительной территории Брянской, Калужской, Тульской и Орловской областей уровни радиоактивных выпадений оказались настолько высоки, что не позволяли получать продукцию, соответствующую нормативам. В пяти наиболее загрязненных районах Брянской области (Гордеевском, Новозыбковском, Красногорском, Клинцовском и Климовском) до 80% произведенного зерна, молока и кормов не отвечало ВДУ-86. В Калужской области (Жиздринский, Хвастовичский, Ульяновский районы) превышение нормативов отмечалось для 70% зерна, в Тульской области (Плавский район) - до 15%.

В последующие годы произошло снижение содержания 137Cs в сельскохозяйственной продукции, что было обусловлено как сорбцией радионуклидов в почве, а также применением защитных мероприятий и радиоактивным распадом. В Тульской области превышение нормативов в продукции растениеводства отмечалось только в 1987 г., а в Орловской области, благодаря принятым мерам, вся производимая продукция полностью соответствовала нормативам. В Калужской области превышение нормативов на содержание радионуклидов в растениеводческой продукции (в зерне и картофеле) отмечалось до 1988 г., в кормах – до 1995 г., в травостое естественных сенокосов и пастбищ, а также в продукции животноводства – до 2000 г. В настоящее временя вся продукция соответствует санитарно-гигиеническим и ветеринарным требованиям.

В Брянской области содержание 137Cs в зерне и картофеле к 1990 г. снизилось в среднем в 5-20 раз. Начиная с 1995 г. темпы снижения содержания 137Cs замедлились, что было связано с резким снижением объемов проведения защитных мероприятий. В последующие годы снижение загрязнения продукции было обусловлено в основном радиоактивным распадом 137Cs. Начиная с 2010 г. ситуация стабилизировалась, сохраняется тенденция постепенного снижения загрязнения продукции. Однако, сокращение объемом контроля и проведение его в основном в «критически» хозяйствах обуславливает выявление значительной доли продукции, с содержанием 137Cs выше нормативов. Так, в 2020 году при среднем содержании 137Cs 22 Бк⋅кг-1, в 12% отобранных проб зерна было зарегистрировано превышение норматива 60 Бк⋅кг-1 составила 12% (объем производства 6565 тонн). С 2000 г. практически не регистрировалось превышение нормативов в картофеле (табл. 2.7).

Таблица 2.7. Динамика содержания 137Cs в продукции растениеводческой продукции и ддоля продукции с превышением нормативов в юго-западных районах Брянской области

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Зерно, Бк⋅кг | | | Доля продукции с превышением нормативов, % | Картофель, Бк⋅кг | | | Доля продукции с превышением нормативов, % |
| Среднее | мин | макс | среднее | мин | макс |
| 1986 | 750 | 37 | 5550 | 78 | 185 | 3,7 | 1443 | 2 |
| 1987 | 444 | 3,7 | 3700 | 32 | 555 | 18,5 | 18500 | 7 |
| 1988-1990 | 40,0 | 0,4 | 1147 | 5-18 | 30 | 0,4 | 740 | 2-3 |
| 1991-1995 | 21,0 | 3,7 | 496 | 1 | 16 | 3,7 | 600 | 1-2 |
| 1996-2000 | 19,0 | 1,0 | 643 | 1-13 | 15,0 | 2,0 | 148 | 1 |
| 2000-2005 | 19,0 | 1,0 | 594 | 1-15 | 10,0 | 1,0 | 103 | - |
| 2006-2010 | 16,0 | 1,0 | 166 | 1-19 | 8,0 | 0,0 | 46 | - |
| 2011-2015 | 24,0 | 2,0 | 159 | 3-4 |  |  |  |  |
| 2016-2021 | 26,0 | 0,0 | 216 | 1-12 |  |  |  |  |

Основную проблему представляет получение продукции кормопроизводства и животноводства, соответствующей нормативам. В Брянской области в результате применения защитных мероприятий содержание 137Cs к 1990 г. снизилось в сене в 5-6 раз. В 2014 году доля кормов с превышением нормативов варьировала от 10 до 34%. Высокое содержание 137Сs в кормах определяет превышение гигиенических нормативов в продукции животноводства - молоко и молочная продукция в 4-12% проб; мясо и мясная продукция – в 5-8% проб. В настоящее время ситуация стабилизировалась: доля кормов с содержанием 137Сs КУ-94 составляет не более 1-5%, а доля проб с превышением СанПиН 2.3.2.2650-10 в мясе и мясной продукции в 2017-2020 гг. составила 3,6-4,8%, а в молоке и молокопродуктах - 2,2-4,2%.

Таблица 2.8. Динамика содержания 137Cs в основных видах кормов в юго-западных районах Брянской области и доля кормов с превышением нормативов (%) (КУ-94: зеленая масса - 370, сено - 600, сенаж - 600 Бк/кг)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Зеленая масса | | Сено | | Сенаж | |
| A137Сs Бк\кг | %, | A137Сs  Бк\кг | % | A137Сs  Бк\кг | % |
| 2002 | 373 | 49 | 434 | 23 | 166 | 36 |
| 2003 | 274 | 52 | 458 | 33 | 119 | 38 |
| 2004 | 256 | 46 | 396 | 29 | 80 | 34 |
| 2005 | 257 | 37 | 325 | 26 | 72 | 34 |
| 2006 | 223 | 40 | 244 | 23 | 71 | 33 |
| 2007 | 257 | 37 | 263 | 20 | 71 | 29 |
| 2008 | 268 | 38 | 230 | 23 | 90 | 38 |
| 2009 | 188 | 37 | 162 | 22 | 70 | 40 |
| 2010 | 155 | 38 | 187 | 21 | 80 | 40 |
| 2011 | 102 | 43 | 196 | 21 | 74 | 32 |
| 2012 | 99 | 30 | 216 | 19 | 71 | 38 |
| 2013 | 93 | 30 | 152 | 12 | 64 | 46 |
| 2014 | 116 | 34 | 142 | 10 | 43 | 12 |
| 2015 | 105 | 38 | 109 | 5 | 40 | 6 |
| 2016 | 62 | 14 | 104 | 3 | 37 | 14 |
| 2017 | 56 | 13 | 101 | 3 | 29 | 9 |
| 2018 | 55 | 13 | 105 | 4 | 25 | 4 |
| 2019 | 44 | **5** | 114 | **4** | 21 | 0 |
| 2020 | 54 | **3** | 113 | **4** | 24 | **1** |

\*данные ФГБУ Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский»

\*\*A137Сs– среднее содержание 137Сs, Бк⋅кг-1

\*\*\*% проб с превышением ветеринарных нормативов

**3. ВЕДЕНИЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

Для получения продукции растениеводства с допустимым содержанием радионуклидов и обеспечения радиационной безопасности, занятых на загрязненных радионуклидами территориях работников, в Республике Беларусь и Российской Федерации проводятся реабилитационные мероприятия, которые подразделяются на следующие группы: организационные, агротехнические, агрохимические, технологические [4-6].

Эффективность применения тех или иных мероприятий зависит от времени после радиационной аварии. В первый период после аварии в растениеводстве применялись такие мероприятия как исключения некоторых технологических операций при обработке почв и уборке урожая; увеличенные дозы применения калийно-фосфорных удобрений; ограничение использования органических удобрений, в частности, загрязнённого навоза и др.

В настоящее время при переходе от поставарийных мероприятий к традиционным технологиям ведения растениеводства рекомендуется применения агрохимических мероприятий с использованием наиболее эффективных агромелиорантов с учетом радиационной обстановки и почвенных параметров; агротехнические приемы обработки загрязненного радионуклидами слоя почвы; оптимизация структуры землепользования и системы севооборотов и т.д.

**3.1. Республика Беларусь**

**3.1.1. Ведение растениеводства на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях: система реабилитационных технологий**

В Республике Беларусь на загрязненных радионуклидами землях растениеводство должно осуществляться с обязательным соблюдением требований технологических регламентов возделывания культур, которые представлены в нормативном документе *«Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур. Сборник отраслевых регламентов».*

Комплекс приемов возделывания сельскохозяйственных культур на радиоактивно загрязненных территориях включает систему обработки почв и применения удобрений, подбор высокоурожайных сортов, размещение культур по лучшим предшественникам, соблюдение сроков выполнения технологических операций и т.п. Технологии возделывания сельскохозяйственных культур должны, с одной стороны, обеспечивать производство продукции растениеводства с содержанием радионуклидов, соответствующим санитарно-гигиеническим нормативам, а с другой, – повышение почвенного плодородия и урожайности.

***Система обработки почв.*** Совершенствование системы обработки почвы в условиях радиоактивного загрязнения обусловлено необходимостью ограничивать биологическую доступность радионуклидов. Основными условиями, которые определяют любую систему обработки почвы, являются биологические особенности культур, порядок чередования их в севообороте, характер и степень засоренности полей, гранулометрический состав почвы, мощность пахотного слоя.

*Озимые зерновые культуры*.Под озимые зерновые культуры возможно применение широкого набора приемов основной обработки. На дерново-подзолистых суглинистых, супесчаных и песчаных почвах рекомендуется безотвальная обработка чизельными культиваторами. На легких супесчаных и песчаных почвах, нормального увлажнения, а также на почвах с высокой плотностью радиоактивного загрязнения (> 5 Ки/км2 по 137Cs и/или >0,5 Ки/км2 по 90Sr) целесообразно применение минимальной обработки с прямым посевом комбинированными посевными агрегатами. На почвах нормального увлажнения возможно применение наряду с безотвальной чизельной и поверхностной обработкой также минимальной обработки с прямым посевом комбинированными посевными агрегатами. Отвальная обработка почвы под озимую рожь проводится после многолетних трав, а также при внесении органических удобрений и сильной засоренности полей многолетними сорняками.

*Яровые зерновые культуры*. Для яровой пшеницы и ячменя после пропашных культур на дерново-подзолистых автоморфных почвах легкого гранулометрического состава рекомендуется безотвальное чизельное рыхление на глубину 14-16 см, на суглинистых и переувлажненных почвах – чизельная обработка на глубину 20-25 см. На дефляционноопасных супесчаных и песчаных почвах, а также на почвах с высокой плотностью загрязнения 137Cs и 90Sr рекомендуется минимальная обработка с прямым посевом комбинированными агрегатами. Отвальная обработка проводится после многолетних бобовых или бобово-злаковых трав, кукурузы и при сильной засоренности полей многолетними сорняками. При засоренности многолетними сорняками зяблевая культурная вспашка проводится на глубину пахотного слоя с последующей обработкой (культивация, дискование).

*Для овса о*сновная обработка почвы проводится так же, как под яровую пшеницу и ячмень. После многолетних трав основная обработка включает дискование пласта многолетних трав на глубину 5-7 см в 2 следа, а в засушливый период – чизельным культиватором. Лучший способ зяблевой обработки после многолетних трав – вспашка плугами с предплужниками.

*Зернобобовые культуры (горох и люпин на зерно).* В качестве основной обработки проводится зяблевая вспашка на глубину пахотного слоя плугами с предплужниками. На дерново-подзолистых автоморфных и полугидроморфных почвах на чистых от сорняков полях вспашку целесообразно заменять безотвальной чизельной обработкой на глубину 20-25 см. На дефляционноопасных почвах легкого гранулометрического состава (песчаные и супесчаные) посев поукосных культур рекомендуется проводить без предварительной основной обработки почвы.

***Применение известковых мелиорантов.*** Известкование кислых почв проводится с целью оптимизации показателей реакции почвенной среды (рНKCl), при которых наблюдается максимальное снижение поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию (до 2 раз 137Cs и до 3 раз 90Sr): для торфяных почв рНKCl 5,0-5,3; для дерново-подзолистых почв в зависимости от типа севооборота и гранулометрического состава – глинистые и суглинистые – 5,5-6,7, супесчаные – 5,5-6,2, песчаные – 5,3-5,8.

Первоочередному известкованию подлежат почвы I–II групп кислотности в связи с высоким переходом радионуклидов из почвы в растения.

Для достижения оптимального уровня кислотности почвы применяются дозы извести согласно «Инструкции по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель», утвержденной постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 18 января 2019 года (табл. 3.1).

Таблица 3.1. Средние дозы известковых материалов (т/га, СаСО3) для известкования кислых почв пахотных земель

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Группы почв | Содержание гумуса, % | рН солевой вытяжки | | | | | | | |
| 4,25 и менее | 4,26-4,50 | 4,51-4,75 | 4,76-5,00 | 5,01-5,25 | 5,26-5,50 | 5,51- 5,75 | 5,76-6,00 |
| Плотность загрязнения 137Сs - 1,0-4,9; 90Sr - 0,15-0,29 Ки/км2 | | | | | | | | | |
| Песчаные | менее 1,50 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | 2,5 | - | - |
| 1,51-3,00 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | - | - |
| более 3,00 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | - | - |
| Рыхлосупесчаные | менее 1,50 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | 3,0 | **2,5** | - |
| 1,51-3,00 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | 3,5 | **3,0** | - |
| более 3,00 | 6,5 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | **3,5** | - |
| Связносупесчаные | 2,0 и менее | 6,5 | 6,0 | 5,5 | 5,0 | 4,5 | 4,0 | **3,5** | **3,0** |
| более 2,0 | 7,5 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 5,5 | 4,5 | **4,0** | **3,5** |
| Легко- и средне-суглинистые | 2,0 и менее | 8,0 | 7,5 | 7,0 | 6,5 | 6,0 | 5,0 | 4,5 | 3,5 |
| более 2,0 | 9,0 | 8,5 | 8,0 | 7,5 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 |
| Тяжелосуглинис-тые и глинистые | любое | 10,0 | 9,5 | 9,0 | 8,5 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 |
| Торфяно-болотные |  | 13,0  19,0\* | 10,0 | 7,5 | 5,0 | - | - | - | - |
| Плотность загрязнения 137Сs - 5,0-40,0; 90Sr - 0,3-3,0 Ки/км2 | | | | | | | | | |
| Песчаные | менее 1,50 | 8,0 | 7,5 | 6,5 | 5,5 | 4,5 | 3,5 | - | - |
| 1,51-3,00 | 8,5 | 8,0 | 7,0 | 6,0 | 5,0 | 4,0 | - | - |
| более 3,00 | 9,0 | 8,5 | 7,5 | 6,5 | 5,5 | 4,5 | - | - |
| Рыхлосупесчаные | менее 1,50 | 10,0 | 9,0 | 8,5 | 7,0 | 5,5 | 5,0 | 3,0 | - |
| 1,51-3,00 | 10,5 | 9,5 | 9,0 | 8,0 | 6,5 | 6,0 | 3,5 | - |
| более 3,00 | 11,0 | 10,0 | 9,5 | 8,5 | 7,5 | 7,0 | 4,5 | - |
| Связносупесчаные | 2,0 и менее | 12,0 | 10,5 | 10,0 | 9,0 | 8,0 | 6,5 | 5,0 | 4,0 |
| более 2,0 | 13,0 | 11,5 | 11,0 | 10,0 | 8,5 | 7,0 | 5,5 | 4,5 |
| Легко- и средне-суглинистые | 2,0 и менее | 15,0 | 14,0 | 13,0 | 12,0 | 11,0 | 9,5 | 7,0 | 6,0 |
| более 2,0 | 16,0 | 15,0 | 14,0 | 13,0 | 12,0 | 10,5 | 8,0 | 7,0 |
| Торфяные | - | 13,0  (19,0)\* | 10,0 | 7,5 | 5,0 | - | - | - | - |

\* для почв с рН 4,0 и ниже

***Особенности применения удобрений.*** Обеспеченность почв гумусом является одним из параметров их плодородия, влияющих на накопление радионуклидов в растениях. С повышением содержания гумуса в почвах от 1 до 3,5% накопление 137Cs и 90Sr в растениеводческой продукции снижается в 1,5-3,5 раза. Органические удобрения на загрязненных радионуклидами почвах применяются в соответствии с имеющимися региональными технологиями (табл. 3.2).

Азотные удобрения на загрязненных радионуклидами почвах являются важным элементом регулирования азотного питания растений. Однако повышенные дозы азотных удобрений усиливают накопление 137Cs и 90Sr в растениеводческой продукции. Определены максимально допустимые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры (табл. 3.3).

Таблица 3.2. Рекомендуемые дозы органических удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на загрязненных радионуклидами землях

|  |  |
| --- | --- |
| Культура | Дозы удобрений, т/га |
| Картофель | 60-70 |
| Озимые зерновые | 30-40 |
| Сахарная свекла | 60-70 |
| Кукуруза | 70-80 |

Таблица 3.3. Рекомендуемые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Культура | Органические удобрения  (фон), т/га | Доза удобрений,  кг/га д. в. |
| Картофель | 60-70 | 120 |
| Озимые зерновые | 30-40 | 200\* |
| Яровые зерновые | - | 120 |
| Сахарная свекла | 60-70 | 150 |
| Кукуруза | 70 | 150 |
| Капуста | 70 | 120 |
| Морковь | - | 90 |
| Томаты | 40 | 120 |
| Огурцы | 120 | 90 |
| Столовая свекла | 40 | 120 |
| Лук-репка | 40 | 90 |

\*При планируемой урожайности 80 ц/га зерна

***Комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения.*** Рекомендуется обеспечить внесение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур с учетом содержания подвижных фосфатов в почве. Калийные удобрения оказывают наиболее сильное влияние на снижение поступления 137Cs в растения, что связан с антагонистическим характером отношения цезия и калия в почвенном растворе. Внесение дифференцированных доз калийных удобрений на слабо обеспеченных подвижным калием почвах (<150 мг/кг почвы) уменьшает поступление в растения 137Cs до 2,0 раза, а 90Sr – до 1,5 раза.

Основные и дополнительные дозы фосфорных и калийных удобрений дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного фосфора и калия в почве и трем уровням плотности загрязнения (табл. 3.4 и 3.5). Рекомендуется применение комплексных удобрений, содержащих, помимо фосфора и калия, азот в процентном соотношении, не превышающем половины содержания фосфора.

Таблица 3.4. Среднегодовые дозы фосфорных удобрений на загрязненных радионуклидами пахотных землях

| Почвы | Содержание Р2О5, мг/кг почвы | Основные дозы Р2О5,  кг/га | Дополнительные дозы Р2О5 (кг/га)  при плотности загрязнения (Ки/км2) | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 137Cs 1,0-5,0  90Sr 0,15- 0,30 | 137Cs 5,0-15,0  90Sr 0,30-1,00 | 137Cs 15,0 - 40,0  90Sr 1,00-3,00 |
| Дерново-подзолистые, дерновые | 60 и менее | 45 | 15 | 30 | 45 |
| 61 – 100 | 40 | 10 | 20 | 30 |
| 101 – 150 | 35 | 5 | 10 | 15 |
| 151 – 50 | 20 | – | 5 | 10 |
| более 250 | – | – | – | – |
| Торфяные | 200 и менее | 60 | 20 | 40 | 60 |
| 201 – 300 | 45 | 15 | 30 | 45 |
| 301 – 500 | 30 | 10 | 20 | 30 |
| 501 – 800 | 20 | – | 5 | 10 |
| более 800 | – | – | – | – |

Таблица 3.5. Среднегодовые дозы калийных удобрений на загрязненных радионуклидами пахотных землях

| Группы почв | Содержание К2О, мг/кг почвы | Основные дозы К2О, кг/га | Дополнительные дозы калийных удобрений (кг/га) при плотности загрязнения (Ки/км2) | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 137Cs 1,0-5,0  90Sr 0,15- 0,30 | 137Cs 5,0-15,0  90Sr 0,30-1,00 | 137Cs 15,0 - 40,0  90Sr 1,00-3,00 |
| Пахотные земли | | | | | |
| Дерново-  подзолистые,  дерновые | 80 и менее | 100 | 50 | 100 | 150 |
| 81 – 140 | 90 | 30 | 60 | 90 |
| 141 – 200 | 80 | 20 | 40 | 60 |
| 201 – 300 | 55 | 15 | 30 | 45 |
| более 300 | – | – | – | – |
| Торфяные | 200 и менее | 140 | 40 | 80 | 120 |
| 201 – 400 | 120 | 30 | 60 | 90 |
| 401 – 600 | 100 | 20 | 40 | 60 |
| 601 – 1000 | 60 | 10 | 20 | 30 |
| более 1000 | – | – | – | – |

***Размещение сельскохозяйственных культур.***Подбор культур в зависимости целевого назначения растениеводческой продукции и величины перехода радионуклидов в урожай является эффективным и доступным приемом получения продукции в соответствии с республиканскими допустимыми уровнями (РДУ-99, Приложение 3). При определении допустимой для возделывания культуры плотности загрязнения земель по 137Cs в качестве основных факторов учитывается гранулометрический состав и обеспеченность почв обменным калием (табл. 3.6), а при загрязнении 90Sr - гранулометрический состав и кислотность почв (табл. 3.7).

Таблица 3.6. Допустимые плотности загрязнения дерново-подзолистых почв 137Сs для возделывания культур на пищевые цели, Ки/км2

| Гранулометрический  состав почв | Содержание подвижного калия, мг/кг почвы | | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| < 80 | | | 81-140 | | | 141-200 | | | 201-300 | | > 300 | | |
| Озимая пшеница (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | - | | | - | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | |
| Супесчаные | - | | | - | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | |
| Песчаные | - | | | - | | | - | | | - | | - | | |
| Озимая рожь (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | До 40 | | | До 40 | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | |
| Супесчаные | До 40 | | | До 40 | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | |
| Песчаные | 32,4 | | | До 40 | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | |
|  |  | | |  | | |  | | |  | |  | | |
| Озимая тритикале (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | | - | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | | До 40 |
| Супесчаные | | | 32,4 | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | | До 40 |
| Песчаные | | | - | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | | До 40 |
| Яровая пшеница (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | | - | | | - | | | До 40 | | До 40 | | | До 40 |
| Супесчаные | | | - | | | - | | | До 40 | | До 40 | | | До 40 |
| Ячмень (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | | 32,4 | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | | До 40 |
| Супесчаные | | | 25,7 | | | 30,6 | | | 37,7 | | До 40 | | | До 40 |
| Песчаные | | | 18,0 | | | 20,3 | | | 23,2 | | До 40 | | | До 40 |
| Овес (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | 9,0 | | | 27,0 | | | До 40 | | | До 40 | | | До 40 |
| Супесчаные | | 7,4 | | | 19,8 | | | 29,5 | | | До 40 | | | До 40 |
| Песчаные | | 4,9 | | | 16,2 | | | 20,3 | | | 23,2 | | | 32,4 |
| Горох (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | 4,2 | | | 4,5 | | | 5,6 | | | 7,4 | | | 14,7 |
| Супесчаные | | 3,2 | | | 3,6 | | | 4,6 | | | 5,8 | | | 9,0 |
| Песчаные | | 2,3 | | | 2,5 | | | 3,1 | | | 4,1 | | | 7,7 |
| Гречиха на пищевые цели | | | | | | | | | | | | | | |
| Супесчаные | | | 5,9 | | | 8,0 | | | 9,0 | | 10,5 | | | 12,0 |
| Песчаные | | | 5,5 | | | 7,8 | | | 9,0 | | 10,0 | | | 11,0 |
| Просо на пищевые цели | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | | - | | | - | | | 18,5 | | 29,0 | | 37,0 | |
| Супесчаные | | | - | | | - | | | 16,5 | | 21,0 | | 29,5 | |
| Песчаные | | | - | | | - | | | 14,8 | | 24,5 | | 29,0 | |
| Картофель на пищевые цели | | | | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | | - | | | До 40 | | | До 40 | | До 40 | | До 40 | |
| Супесчаные | | | - | | | 38,6 | | | До 40 | | До 40 | | До 40 | |
| Песчаные | | | - | | | 27,0 | | | 37,9 | | До 40 | | До 40 | |

Таблица 3.7. Допустимые плотности загрязнения дерново-подзолистых почв 90Sr для возделывания культур на пищевые цели, Ки/км2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Гранулометрический  состав почв | | Уровень кислотности почвы, pHKCl | | | | | | | | | |
| < 4,5 | 4,6-5,0 | | 5,1-5,5 | | 5,6-6,0 | 6,1-7,0 | | > 7,0 | |
| Озимая пшеница (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | - | - | | 0,27 | | 0,29 | 0,33 | | 0,38 | |
| Супесчаные | | - | - | | 0,24 | | 0,27 | 0,33 | | 0,35 | |
| Песчаные | | - | - | | - | | - | - | | - | |
| Озимая рожь (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | 0,29 | 0,30 | | 0,34 | | 0,36 | 0,40 | | 0,46 | |
| Супесчаные | | 0,30 | 0,35 | | 0,37 | | 0,41 | 0,43 | | 0,48 | |
| Песчаные | | 0,20 | 0,22 | | 0,25 | | 0,27 | 0,30 | | 0,42 | |
| Тритикале (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | - | - | | 0,30 | | 0,35 | 0,44 | | 0,57 | |
| Супесчаные | | - | 0,23 | | 0,26 | | 0,33 | 0,40 | | 0,51 | |
| Песчаные | | - | - | | 0,25 | | 0,27 | 0,30 | | 0,41 | |
| Яровая пшеница (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | - | - | | 0,27 | | 0,27 | 0,37 | | 0,38 | |
| Супесчаные | | - |  | | 0,27 | | 0,27 | 0,34 | | 0,37 | |
| Ячмень (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | - | 0,20 | | 0,21 | | 0,23 | 0,23 | | 0,25 | |
| Супесчаные | | - | 0,20 | | 0,21 | | 0,23 | 0,23 | | 0,25 | |
| Песчаные | | 0,11 | 0,14 | | 0,16 | | 0,17 | 0,17 | | 0,19 | |
| Овес (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | 0,17 | 0,21 | | 0,23 | | 0,25 | 0,25 | | 0,27 | |
| Супесчаные | | 0,21 | 0,25 | | 0,27 | | 0,30 | 0,30 | | 0,30 | |
| Песчаные | | 0,14 | 0,17 | | 0,19 | | 0,20 | 0,21 | | 0,23 | |
| Горох (пищевое зерно) | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | | - | 0,13 | | 0,19 | | 0,21 | 0,21 | | 0,23 | |
| Супесчаные | | - | 0,12 | | 0,17 | | 0,19 | 0,20 | | 0,21 | |
| Песчаные | | - | 0,07 | | 0,10 | | 0,11 | 0,12 | | 0,12 | |
| Гречиха на пищевые цели | | | | | | | | | | | |
| Супесчаные | 0,16 | | 0,21 | 0,30 | | 0,32 | | | 0,32 | - | |
| Песчаные | 0,15 | | 0,16 | 0,25 | | 0,27 | | | 0,27 | - | |
| Просо на пищевые цели | | | | | | | | | | | |
| Суглинистые | - | | 0,39 | 0,54 | | 0,74 | | | 0,99 | | - |
| Супесчаные | - | | 0,35 | 0,48 | | 0,67 | | | 0,90 | | - |

Возделывание большинства зерновых культур на дерново-подзолистых почв практически не ограничено плотностью загрязнения почв 137Cs. При загрязнении 90Sr для производства зерна на пищевые цели допустимые плотности загрязнения почв зависят от гранулометрического состава: на песчаных почвах возделывания культур возможно при более низкой плотности загрязнения. Бобовые культуры отличается более высокими параметрами накопления и их возделывание возможно при более низких значениях плотности загрязнения почв по сравнению со злаковыми культурами и гречихой. Нет ограничений по плотности загрязнения суглинистых и супесчаных почв 137Сs для возделывания картофеля, а на песчаных почвах допустимая плотность загрязнения составляет 27,0 и 37,9 Ки/км2 при низком и среднем содержании К2О, соответственно. На дерново-подзолистых почвах, загрязненных 90Sr, при оптимальном уровне их кислотности, картофель на пищевые цели возможно возделывать при плотности загрязнения от 0,31 до 0,50 Ки/км2.

Существенные ограничения по возделыванию сельскохозяйственных культур имеются при использовании торфяных почвах. При низких и средних значениях по содержанию подвижного калия в почве для получения продукции соответствующей РДУ допустимые уровни загрязнения почв как 137Cs, так и 90Sr ниже, чем для минеральных (табл. 3.8, 3.9)

Таблица 3.8. Допустимые плотности загрязнения торфяных почв 137Сs для возделывания культур на пищевые и фуражные цели, Ки/км2

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Целевое назначение зерна | Содержание подвижного калия, мг/кг почвы | | | |
| <200 | 201-400 | 401-600 | 601-1000 |
| Озимая рожь | | | | |
| Пищевые цели | 4,0 | 8,0 | 16,0 | До 40 |
| Фуражные цели | 10,0 | 20,0 | До 40 | До 40 |
| Озимая тритикале | | | | |
| Пищевые цели | 2,3 | 3,2 | 4,1 | 5,4 |
| Фуражные цели | 5,8 | 8,1 | 10,1 | 13,5 |
| Яровая пшеница | | | | |
| Пищевые цели | 2,3 | 3,2 | 4,1 | 5,4 |
| Фуражные цели | 5,8 | 8,1 | 10,1 | 13,5 |
| Ячмень | | | | |
| Пищевые цели | 2,3 | 2,7 | 3,2 | 5,4 |
| Фуражные цели | 5,8 | 6,8 | 8,1 | 13,5 |
| Овес | | | | |
| Пищевые цели | 1,8 | 2,3 | 2,7 | 3,2 |
| Фуражные цели | 4,5 | 5,8 | 6,8 | 8,1 |

Таблица 3.9. Допустимые плотности загрязнения торфяных почв 90Sr для возделывания культур на пищевые и фуражные цели, Ки/км2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Целевое назначение зерна | Уровень кислотности почвы, pHKCl | | |
| 4,51-5,00 | 5,01-5,50 | 5,51-6,00 |
| Озимая рожь | | | |
| Пищевые цели | 0,49 | 0,59 | 0,74 |
| Фуражные цели | До 3,00 | До 3,00 | До 3,00 |
| Озимая тритикале | | | |
| Пищевые цели | 0,30 | 0,50 | 0,99 |
| Фуражные цели | 2,70 | До 3,0 | До 3,0 |
| Яровая пшеница | | | |
| Пищевые цели | 0,59 | 0,74 | 0,99 |
| Фуражные цели | До 3 | До 3 | До 3 |
| Ячмень | | | |
| Пищевые цели | 0,42 | 0,50 | 0,59 |
| Фуражные цели | До 3 | До 3 | До 3 |
| Овес | | | |
| Пищевые цели | 0,37 | 0,50 | 0,59 |
| Фуражные цели | До 3 | До 3 | До 3 |

***Технические культуры*** являются наиболее пригодными для возделывания на землях с высокими уровнями загрязнения. Сахарную свеклу, озимый и яровой рапс, лен можно возделывать на пахотных землях без ограничений по плотности загрязнения 137Cs и 90Sr.

**3.1.2. Эффективность применения стандартных и медленнодействующих удобрений**

К числу наиболее эффективных приемов ограничения поступления радионуклидов в продукцию относятся агрохимические приемы: известкование, применение органических удобрений, мелиорантов, сорбентов, минеральных удобрений, в том числе новых форм. Все они создают агрохимические барьеры на пути поступления радионуклидов в растения. Снижение концентрации радионуклидов в урожае достигается за счет улучшения условий питания растений, а также за счет повышения концентрации в почве обменных катионов, в первую очередь, калия и кальция. При этом происходит усиление антагонизма между ионами радионуклидов и вносимых солей, а также изменяется доступность радионуклидов, вследствие перевода их в труднодоступные соединения и обменной фиксации в почвенном поглощающем комплексе.

В Республике Беларусь в последнее десятилетие исследования РУП «Институт почвоведения и агрохимии» были направлены на разработку новых составов твердых и жидких комплексных удобрений с различными модифицирующими добавками (ингибиторами нитрификации, биоразлагаемыми полимерами, микроэлементами) для основного внесения в почву и некорневых подкормок по вегетирующим растениям основных сельскохозяйственных культур. Агрономическая эффективность их изучалась на почвах разного гранулометрического состава под различными сельскохозяйственными культурами [8]. В то же время на почвах, загрязненных радионуклидами, исследования с новыми формами комплексных удобрений не проводились.

В опытах с ячменем, овсом и озимой пшеницей на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах (2020-2022 гг.) применяли комплексные удобрения с модифицирующими добавками, разработанные и изготовленные в лабораторных условиях в РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и изготовленные в опытном масштабе на ООО «Белагроферт» (г. Гродно, Республика Беларусь).

В качестве модифицирующих добавок использовали биологически разлагаемые полимеры, регуляторы роста растений природного происхождения, ингибиторы нитрификации и другие экологически безопасные добавки, т.е. препараты нового поколения, обеспечивающие повышение эффективности удобрений и снижающие экологическую нагрузку на окружающую среду [9].

Удобрения, применяемые в полевых опытах (2020-2022 гг.), а также модифицирующие добавки к удобрениям, разрешены для применения в сельском хозяйстве, в том числе:

– удобрения, изготовленные в РУП «Институт почвоведения и агрохимии», которые внесены в «Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» (2020 г.) [10]:

– удобрения азотно-фосфорно-калийные комплексные для *озимых зерновых культур* (N5-7Р16-21К31-36 с S (до 1%), Cu(0,1-0,3%) и Mn (0,05-0,25%), возможно и введение гуминовых веществ (0,06-0,1%); для *яровых зерновых культур*

(N13-16Р8-12К17-20 с S (1-5%), Cu(0,05-0,25%) и Mn (0,04-0,20%), возможно и введение гуминовых веществ (0,06-0,1%).

В удобрения NРК c Cu и Mn (микроэлементы включались в форме сульфатов или хелатов), дополнительно были введены в отдельные варианты связующие (биоразлагаемые полимеры), полученные на основе растительного масла (FS-OPAN); отечественный ингибитор нитрификации «СтабилиNoрм» и отходы дрожжевых производств:

Модифицирующие добавки разрешены для применения в сельскохозяйственном производстве:

– FS-OPAN – биоразлагаемый полимер, зарегистрирован как вещество поверхностно-активное катионное с «Filsoft-OPAN» (технические условия ТУ BY 192265110.011-2021), регистрационный номер в БелГИСС–№ 062829 от 04.08.2021 г.;

– раствор ингибитора уреазы (нитрификации) «СтабилиNoрм» – разрешен для применения в качестве сырья при производстве удобрений, стимуляторов роста, кормовых добавок, почвогрунтов (технические условия ТУ BY 391852399.012-2020), регистрационный номер в БелГИСС–№ 060180 от 22.09.2020 г.

– отходы дрожжевых производств «Ростмомент» – регулятор роста растений, содержит дрожжи, р. Saccharomyces и продукты их метаболизма, зарегистрирован в качестве опрыскивания посевов озимых (в фазу кущения и фазу выхода в трубку – флаглист) и яровых зерновых культур (в фазу кущения и в начале трубкования);

Комплексные удобрения, опытные партии которых приобретены на ООО «Белагроферт» (г. Гродно, Республика Беларусь):

– комплексные органо-минеральные удобрения (NPK+2S+12Сорг и NPK+6S+12Сорг) с бурым углем (леонардитом);

- комплексные (NPK+ 2S+7CaO+5MgO);

– сульфат аммония гранулированный с добавками регулятора роста растений «Ростмомент».

Эти удобрения зарегистрированы в «Государственном реестре средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» под марками «Биокарбон Баланс» (№ 5283), «БиокарбонСтарт» (№ 5760) и сульфат аммония с отходами дрожжевых производств (марка «Пауер», № 5080).

При разработке новых форм комплексных минеральных удобрений учитывалось, что они должны соответствовать определенным требованиям, предъявляемым к ассортименту и качеству по гранулометрическому составу, статической прочности гранул, по слеживаемости, по рассыпчатости, содержанию пыли и др. показателям, т.е. иметь преимущества перед стандартными формами удобрений. Ежегодно проводился анализ отдельных физико-химических свойств удобрений (прочность, гигроскопичность, слеживаемость и др.) и определялось содержание макро- и микроэлементов в удобрениях.

**3.1.3. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения новых видов комплексных удобрений**

В последние годы наметилась тенденция применения на почвах, загрязненных радионуклидами, комплексных удобрений, с оптимальным соотношением элементов питания под каждую конкретную возделываемую культуру, в том числе медленнодействующих, содержащих микроэлементы и регуляторы роста растений. Соотношение N:P:K в балансе питания различных сельскохозяйственных культур при возделывании на минеральных почвах загрязненных 137Cs должно соответствовать 1:1,5:2. На торфяно-болотных почвах соотношение N:P:K должно быть в пределах 1:1,0–1,5:2,0–2,5.

РУП «Институт почвоведения и агрохимии» проведены исследования по разработке новых составов твердых и жидких комплексных удобрений с различными модифицирующими добавками (ингибиторами нитрификации, биоразлагаемыми полимерами, микроэлементами) для основного внесения в почву и некорневых подкормок по вегетирующим растениям.

***Агрономическая эффективность новых видов комплексных удобрений***

***Ячмень.*** Разработан состав комплексного удобрения для основного внесения в почву (марка NРК = 13-8,7-6,5). В качестве базового варианта применяли стандартные удобрения (карбамид, аммонизированный суперфосфат, калий хлористый). Доза удобрений в опыте составила N60Р40К30. В схеме опыта есть варианты, где снижены дозы фосфора, а также вариант, где калийные удобрения вовсе не вносили, так как содержание подвижного калия в пахотном горизонте почвы высокое или очень высокое (более 300 мг/кг почвы).

Урожайность зерна ячменя, полученная в различные по влагообеспеченности годы, приведена в таблице 3.10.

На дерново-подзолистой связносупесчаной почве, загрязненной 137Cs и 90Sr, урожайность зерна ячменя в среднем за три года (2020-2022 гг.) изменялась в зависимости от применяемых удобрений и находилась в пределах от 35,6 ц/га (контроль) до 42,2-49,5 ц/га (с удобрениями).

Применение разных форм комплексных удобрений с модифицирующими добавками обеспечивало тенденцию или достоверное повышение урожайности зерна ячменя в пределах от 1,6 до 6,1 ц/га по сравнению с базовым вариантом (стандартными удобрениями).

Установлено, что наиболее эффективными формами комплексных удобрений в дозе N60Р40К30 были: NРК с S (6%) и С12% (вар. 5), где урожайность зерна составила 49,5 ц/га, а прибавка к базовому равна 6,1 ц/га, далее NРК c Cu и Mn (вар. 12) с урожайностью 49,3 ц/га, соответственно, с прибавкой в размере 5,9 ц/га и комплексные NРК c Cu и Mn и другими модифицирующими добавками (вар. 8 и 9) – прибавкой (4,0-5,3ц/га), при урожайности в пределах от 47,4 до 48,7 ц/га.

При внесении комплексных удобрений с добавками отходов дрожжевых производств (вар. 10, 11) наблюдалась только тенденция увеличения урожайности зерна –1,6-2,1 ц/га.

Таблица 3.10. Урожайность зерна ячменя Бацька на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, 2020-2022 гг.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Урожайность, зерно (14% влажности), ц/га | | | | |
| 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. | сред-  нее | +,– к базо-вому |
|
| 1. Контроль без удобрений | 41,6 | 38,5 | 26,6 | 35,6 | – |
| 2. N60Р40К30 – *базовый* | 49,6 | 44,1 | 36,4 | 43,4 | – |
| 3. N60Р40К0 | 50,4 | 42,8 | 33,4 | 42,2 | -1,2 |
| 4. N60Р20К30 | 47,5 | 44,6 | 43,5 | 45,2 | 1,8 |
| 5. N60Р40К30 S7,8 (6% от массы удобрения) и С15,6 (12%) углерода (марка 13-8,7-6,5) | 52,2 | 52,8 | 43,5 | 49,5 | 6,1 |
| 6. N60Р40К30 S2,6 (2%) и С15,6 (12%) углерода (марка 13-8,7-6,5) | 51,2 | 53,1 | 36,7 | 47,0 | 3,6 |
| 7. N60Р40К30 S2,6 (2%) с СаО9,1 (7%) и МgО7,0 (5%), (марка 13-8,7-6,5) | 52,8 | 45,0 | 44,0 | 47,3 | 3,9 |
| 8. N60 Р40К30 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%), (марка 13-8,7-6,5) | 53,0 | 49,0 | 44,2 | 48,7 | 5,3 |
| 9. N60Р40К30 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%) (ЕДТА) + связующее на основе растительного масла (FS-OPAN), (марка 13-8,7-6,5) | 52,8 | 48,6 | 40,9 | 47,4 | 4,0 |
| 10. Nаа60 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент, из расчета  4 кг/га) + Р40К30 | 49,8 | 45,4 | 41,2 | 45,5 | 2,1 |
| 11. N60Р40К30 с отходами дрожжевых производств (НПЦ по продовольствию, 4 кг/га), (марка 13-8,7-6,5) | 51,1 | 45,1 | 38,8 | 45,0 | 1,6 |
| 12. N50Р65К90 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%) + ингибитор нитрификации («СтабилиNорм»), (марка 13-17-23) | 51,9 | 49,1 | 46,8 | 49,3 | 5,9 |
| НСР05 | 3,18 | 4,23 | 3,58 | 3,69 | – |

С учетом содержания фосфора и калия в почве разработаны составы комплексных удобрений для основного внесения в почву под яровые зерновые культуры с соотношением 1:0,67:0,50 и под озимые зерновые (внесение перед посевом, осенью) 1:1,71:3,43. В качестве базовых вариантов для яровых зерновых культур выбрана доза N60Р40К30, озимых зерновых культур – N35Р**6**0К120.

***Овес.*** Наблюдалась почти аналогичная закономерность по влиянию комплексных удобрений с добавками на урожайность зерна овса (табл. 3.11). Самая низкая урожайность овса получена на дерново-подзолистых связносупесчаных почвах в засушливом 2022 г. В условиях 2020 г. на контроле получено 42,2 ц/га, в 2021 г. – 46,3, в 2022 г. – 32,9, в среднем за три года – 40,5 ц/га, в базовом варианте – соответственно, 51,9, 50,0, 41,2 и 47,7 ц/га, с комплексными удобрениями с модифицирующими добавками – 54,1-59,5, 52,6-58,6, 38,8-42,4 и 48,2-52,3 ц/га, с тенденцией или достоверной прибавкой от новых форм удобрений в среднем за 3 года в размере от 0,5 до 4,6 ц/га по сравнению с базовым вариантом.

В среднем за три года достоверные прибавки зерна овса по сравнению с базовым вариантом получены при применении комплексных удобрений: NРК c Cu и Mn + связующее FS-OPAN (4,6 ц/га), далее NРК c Cu и Mn (4,0 ц/га), NРК S(2-6%) и С(12%), (3,0-3,9 ц/га).

Таблица 3.11. Урожайность зерна овса Лидия на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, 2020-2022 гг.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Урожайность, зерно (14% влажности), ц/га | | | | |
| 2020 г. | 2021 г. | 2022 г. | сред-нее | +,– к базо-вому |
|
| 1. Контроль без удобрений | 42,2 | 46,3 | 32,9 | 40,5 | – |
| 2. N50Р20К30 – *базовый* | 51,9 | 50,0 | 41,2 | 47,7 | – |
| 3. N70Р40К60 | 51,1 | 52,9 | 40,7 | 48,2 | 0,5 |
| 4. N50Р20К0 | 53,4 | 50,8 | 38,2 | 47,5 | -0,2 |
| 5. N50Р20К30 S6,0 (6% от массы удобрения) и С12,0 (12%) углерода, (марка 13-5,2-7,8) | 54,1 | 55,6 | 42,4 | 50,7 | 3,0 |
| 6. N50Р20К30 S2,0 (2%) и С12,0 (12%) углерода, (марка 13-5,2-7,8) | 59,5 | 54,6 | 40,7 | 51,6 | 3,9 |
| 7. N50Р20К30 S2,0 (2%), СаО7,0 (7%) и МgО5,0 (5%), (марка 13-5,2-7,8) | 56,5 | 52,6 | 41,0 | 50,0 | 2,3 |
| 8. N50Р20К30 Cu0,200 (0,20%) и Mn0,100 (0,10%), (марка 13-5,2-7,8) | 56,4 | 57,8 | 41,0 | 51,7 | 4,0 |
| 9. N50Р20К30 Cu0,200 (0,20%) и Mn0,100 (0,10%) (c EDTA) + связующее на основе растительного масла (FS-OPAN), (марка 13-5,2-7,8) | 56,7 | 58,6 | 41,5 | 52,3 | 4,6 |
| 10. Nаа50 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент, из расчета  4 кг/га) + Р20К30 | 52,0 | 53,9 | 38,8 | 48,2 | 0,5 |
| 11. N50Р20К30 с отходами дрожжевых производств (НПЦ по продовольствию,  4 кг/га), (марка 13-5,2-7,8) | 55,0 | 58,6 | 39,1 | 50,9 | 3,2 |
| НСР05 | 4,33 | 3,50 | 2,75 | 3,59 | – |

***Пшеница озимая.*** Учет урожайности основной продукции пшеницы озимой в условиях 2021 г. на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве показал, что наиболее эффективными формами комплексных удобрений при дозе внесения перед посевом N35Р60К120 на фоне 2-х подкормок азотом N70+N40 были: удобрения пролонгированного срока действия – комплексные NРК c Cu и Mn и ингибитором нитрификации «СтабилиNoрм» (вар. 11), далее комплексные NРК, обработанные биоразлагаемым полимером «FS-OPAN»,с добавками отходов дрожжевых производств (вар. 9) и комплексные NРК, обработанные биоразлагаемым полимером «FS-OPAN» с добавками микроэлементов Cu и Mn (вар. 12). Соответственно, прибавки зерна пшеницы по сравнению с базовым вариантом (вар. 2) вышеуказанными удобрениями составили 5,9, 5,5 и 5,0 ц/га (при НСР05 = 2,79 ц/га). Достоверное повышение урожайности зерна пшеницы (3,3-4,2 ц/га) получено и при внесении комплексных удобрений, обработанных биоразлагаемым полимером и препаратом «Ростмомент», полученном на основе дрожжевых производств (вар. 8), комплексных, обработанных ингибитором нитрификации «СтабилиNорм» (вар.10) и NРКс S (2%), СаО(7%) и МgО(5%), (вар. 7) (табл. 3.12).

Учет урожайности основной продукции пшеницы озимой в условиях 2022 г. на дерново-подзолистой связносупесчаной почве свидетельствует, что наиболее эффективными формами комплексных удобрений при дозе внесения перед посевом N35Р60К120 на фоне 2-х подкормок азотом N70+N40 были: удобрения комплексные с добавками углерода (12%) и серы (2%) (52,9 ц/га, вар.6), далее комплексные удобрения, обработанные биоразлагаемым полимером и препаратом «Ростмомент», полученном на основе дрожжевых производств (50,4 ц/га, вар. 8). Удобрения, обработанные ингибитором нитрификации СтабилиNoрм (46,5 ц/га, вар.10) и комплексные с серой, кальцием и магнием (46,7 ц/га, вар. 7) по своей эффективности были равнозначны. Следует отметить, что в условиях 2022 г. все комплексные удобрения с модифицирующими добавками, которые применяли под озимую пшеницу в основное внесение в почву, были эффективными, так как прибавки зерна пшеницы были достоверными по сравнению с базовыми вариантами и находились в пределах от 8,5 до 17,3 ц/га.

В среднем за 2021 и 2022 гг. все применяемые формы комплексных удобрений, были эффективны на пшенице озимой и обеспечили прибавку зерна в размере от 3,1 до 9,6 ц/га по сравнению с применением стандартных удобрений.

Следует отметить, что на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной (2021 г.) в варианте № 3, где калийные удобрения перед посевом пшеницы были снижены до К60 на фоне N35Р60, а также в варианте № 4 – калийные удобрения вовсе не вносили (К0 на фоне N35Р60) по сравнению с базовым вариантом наблюдалось снижение урожайности зерна. При этом на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в условиях 2022 г. при тех же дозах применения минеральных удобрений эта закономерность не прослеживалась.

Таблица 3.12. Урожайность зерна озимой пшеницы на дерново-подзолистой рыхло- и связносупесчаной почвах, 2021-2022гг.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Урожайность, зерно (14% влажности), ц/га | | | |
| 2021 г. | 2022 г. | среднее | +, – к базовому |
| 1. Контроль без удобрений | 21,0 | 26,3 | 23,7 | – |
| 2. N35Р60К120 + N70+40 – *базовый* | 28,5 | 35,6 | 32,0 | – |
| 3. N35Р60К60 + N70+40 | 26,0 | 43,1 | 34,6 | 2,6 |
| 4. N35Р60К0 + N70+40 | 26,5 | 40,1 | 33,3 | 1,3 |
| 5. N35Р60К120 S12,3 (6% от массы удобрения) и С24,6 (12%) углерода (марка 7-12-24) + N70+40 | 25,6 | 44,5 | 35,1 | 3,1 |
| 6. N35Р60К120  S4,1 (2%) и С24,6 (12%) углерода (марка 7-12-24) + N70+40 | 26,3 | 52,9 | 39,6 | 7,6 |
| 7. N35Р60К120  S4,1 (2%), СаО14,4 (7%) и МgО10,3 (5%), (марка 7-12-24) + N70+40 | 31,8 | 46,7 | 39,3 | 7,3 |
| 8. N35Р60К120 с Ростмомент (из расчета 3-5 кг/га) + связующее «FS-OPAN», (марка 7-12-24) + N70+40 | 32,7 | 50,4 | 41,6 | 9,6 |
| 9. N35Р60К120 с отходами дрожжевых производств (3-5 кг/га) + «FS-OPAN», (марка 7-12-24) + N70+40 | 34,0 | 45,9 | 40,0 | 8,0 |
| 10. N35Р60К120, обработанный ингибитором нитрификации «СтабилиNорм» (марка 7-12-24) + N70+40 | 32,6 | 46,5 | 39,6 | 7,6 |
| 11. N35Р60К120, обработанный ингибитором «СтабилиNoрм» с Cu0,41 (0,20%) и Mn0,21 (0,10%) + N70+40 | 34,4 | 44,1 | 39,3 | 7,3 |
| 12. N35Р60К120, обработанный связующим «FS-OPAN» с Cu0,41 (0,20%) и Mn0,21 (0,10%) + N70+40 | 33,5 | 44,5 | 39,0 | 7,0 |
| НСР05 | 2,79 | 3,81 | 2,36 | – |

Таким образом, самая высокая агрохимическая эффективность с существенными прибавками зерна по сравнению с базовыми вариантами наблюдалась:

– при возделывании ячменя: от NРК с серой (6%) и углеродом (12%), прибавка к базовому 6,1 ц/га, далее NРК с Cu и Mn, в том числе и с ЕДТА), с прибавками от 4,0 до 5,9 ц/га по сравнению с базовым вариантом;

– при возделывании овса: NРК с серой (2%) и углеродом (12%) (4,6 ц/га), далее NРК с S (2%), СаО (7%) и MgO (5%) (4,0 ц/га) и NРК с Cu и Mn+EDTA, с прибавкой зерна 3,9 ц/га;

– на озимой пшенице: от NРК с отходами дрожжевых производств и биоразлагаемым полимером «FS-OPAN», NРК с ингибитором нитрификации «СтабилиNoрм», в том числе и с Cu и Mn и NРК с S и С, с прибавками зерна от 7,3 до 9,6 ц/га.

***Радиологическая эффективность новых видов комплексных удобрений***

***Ячмень.*** На дерново-подзолистой связносупесчаной почве с плотностью загрязнения (по средним данным за 2020-2022 гг.) 137Cs – от 322,3 до 388,5 кБк/м2 и 90Sr – от 9,8 до 17,1 кБк/м2 содержание 137Cs в зерне ячменя, в зависимости от варианта опыта с разными формами удобрений, находилось в пределах в среднем за 3 года – от 3,00 до 4,81 Бк/кг, в том числе по годам в 2020 г. от 0,00 (ниже предела обнаружения) до 3,43 Бк/кг, в 2021 г. – от 3,58 до 6,54 Бк/кг, в 2022 г. – от 2,52 до 7,39 Бк/кг и было значительно ниже РДУ-99 (90 Бк/кг), (табл. 3.13).

Зерно ячменя было пригодно как на ищевые цели, так и для использования на фураж и производство комбикормов. При внесении в опыте разных форм комплексных удобрений наблюдалось снижение содержания 137Cs в зерне ячменя в большинстве вариантов опыта по сравнению с базовым. Однако судить о влиянии комплексных удобрений на поступление 137Cs в зерно ячменя не представляется возможным, так как содержание радионуклида в зерне ниже РДУ-99 (90 Бк/кг).

Коэффициенты перехода радионуклидов (137Cs и 90Sr)в основную и побочную продукцию зерновых культур рассчитаны по средним данным за три года по формуле: содержание радионуклида в продукции в Бк/кг/плотность загрязнения почвы этим радионуклидом на единицу площади (кБк/м2).

Коэффициенты перехода 137Cs в зерно ячменя, в зависимости от вариантов опыта составляли от 0,009 до 0,015.

Таблица 3.13. Содержание 137Cs в зерне ячменя и коэффициенты перехода радионуклида в основную и побочную продукцию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, 2020-2022 гг.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Содержание 137Cs в почве, кБк/ м2 | Зерно | | |
| Содержание  137Cs в зерне (2020-2022 гг.) | | КП |
| Бк/кг | +, - базо-вому |
| Зерно | | |
| 1. Контроль без удобрений | 371,4 | 4,24 | – | 0,011 |
| 2. N60Р40К30 – *базовый* | 379,2 | 4,53 | – | 0,012 |
| 3. N60Р40К0 | 374,6 | 3,75 | -0,78 | 0,010 |
| 4. N60Р20К30 | 360,8 | 3,21 | -1,32 | 0,009 |
| 5. N60Р40К30 S7,8 (6% от массы удобрения) и С15,6 (12%) углерода (марка 13-8,7-6,5) | 373,2 | 4,17 | -0,36 | 0,011 |
| 6. N60Р40К30 S2,6 (2%) и С15,6 (12%) углерода (марка 13-8,7-6,5) | 376,3 | 3,47 | -1,06 | 0,009 |
| 7. N60Р40К30 S2,6 (2%) с СаО9,1 (7%) и МgО7,0 (5%), (марка 13-8,7-6,5) | 322,3 | 4,81 | 0,28 | 0,015 |
| 8. N60 Р40К30 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%), (марка 13-8,7-6,5) | 335,8 | 4,52 | -0,01 | 0,013 |
| 9. N60Р40К30 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%) (ЕДТА) + связующее на основе растительного масла (FS-OPAN), (марка 13-8,7-6,5) | 374,1 | 3,48 | -1,05 | 0,009 |
| 10. Nаа60 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент, из расчета | 370,9 | 3,69 | -0,84 | 0,010 |
| 11. N60Р40К30 с отходами дрожжевых производств (НПЦ по продовольствию, 4 кг/га), (марка 13-8,7-6,5) | 351,5 | 3,00 | -1,53 | 0,009 |
| 12. N50Р65К90 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%) + ингибитор нитрификации («СтабилиNорм»), (марка 13-17-23) | 388,5 | 3,47 | -1,06 | 0,009 |
| РДУ-99 |  | 90 | |  |

Содержание 90Sr в зерне ячменя изменялось также в зависимости от вариантов опыта и в среднем за три года составляло от 3,4 до 7,6 Бк/кг и было ниже значений, определенных регламентом (11 Бк/кг). Данная продукция также могла использоваться на любые цели без ограничения во все годы исследований.

Коэффициенты перехода 90Sr в зерно ячменя в зависимости от вариантов опыта составляли от 0,27 до 0,63, в солому ячменя – от 2,49 до 5,34 (в среднем за три года) (табл. 3.14).

Таблица 3.14. Содержание 90Sr в зерне ячменя и коэффициенты перехода радионуклида в основную и побочную продукцию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, 2020-2022 гг.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Содержа-ние 90Sr в почве, кБк/ м2 | Зерно | | |
| Содержание  90Sr в зерне | | КП |
| Бк/кг | +, - базо-вому |
| Зерно | | |
| 1. Контроль без удобрений | 10,3 | 4,5 | – | 0,43 |
| 2. N60Р40К30 – *базовый* | 13,0 | 4,2 | – | 0,33 |
| 3. N60Р40К0 | 11,2 | 5,4 | 1,2 | 0,49 |
| 4. N60Р20К30 | 17,1 | 7,6 | 3,4 | 0,45 |
| 5. N60Р40К30 S7,8 (6% от массы удобрения) и С15,6 (12%) углерода (марка 13-8,7-6,5) | 13,2 | 5,6 | 1,4 | 0,42 |
| 6. N60Р40К30 S2,6 (2%) и С15,6 (12%) углерода (марка 13-8,7-6,5) | 13,2 | 6,6 | 2,4 | 0,50 |
| 7. N60Р40К30 S2,6 (2%) с СаО9,1 (7%) и МgО7,0 (5%), (марка 13-8,7-6,5) | 12,3 | 4,7 | 0,5 | 0,38 |
| 8. N60 Р40К30 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%), (марка 13-8,7-6,5) | 11,9 | 6,6 | 2,4 | 0,56 |
| 9. N60Р40К30 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%) (ЕДТА) + связующее на основе растительного масла (FS-OPAN), (марка 13-8,7-6,5) | 9,8 | 4,2 | 0,0 | 0,43 |
| 10. Nаа60 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент, из расчета | 11,0 | 4,4 | 0,2 | 0,40 |
| 11. N60Р40К30 с отходами дрожжевых производств (НПЦ по продовольствию, 4 кг/га), (марка 13-8,7-6,5) | 10,1 | 6,3 | 2,1 | 0,63 |
| 12. N50Р65К90 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%) + ингибитор нитрификации («СтабилиNорм»), (марка 13-17-23) | 12,8 | 3,4 | -0,8 | 0,27 |
| РДУ-99 |  | 11 | |  |

***Овес.*** Содержание 137Cs в зерне овса приводится за 2021 и 2022 гг., так как значения этих показателей определялись в одной лаборатории (КУП «Гомельская ОПИСХ») на одном приборе-спектрометре МКС-АТ1315, а в 2020 г. – на приборе гамма-радиометре РКГ АТ 1320 А (табл. 3.15).

Таблица 3.15. Содержание 137Cs в зерне и коэффициенты перехода радионуклида в основную и побочную продукцию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, 2020-2021 гг.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Содержа-ние 37Cs в почве, кБк/ м2 | Зерно | | |
| содержание  137Cs в зерне | | КП |
| Бк/кг | +, - базо-вому |
| Зерно | | |
| 1. Контроль без удобрений | 359,3 | 6,52 | – | 0,018 |
| 2. N50Р20К30 – *базовый* | 374,7 | 5,29 | – | 0,014 |
| 3. N70Р40К60 | 410,7 | 9,18 | 3,89 | 0,022 |
| 4. N50Р20К0 | 390,4 | 4,14 | -1,16 | 0,011 |
| 5. N50Р20К30 S6,0 (6% от массы удобрения) и С12,0 (12%) углерода, (марка 13-5,2-7,8) | 393,8 | 4,11 | -1,19 | 0,010 |
| 6. N50Р20К30 S2,0 (2%) и С12,0 (12%) углерода, (марка 13-5,2-7,8) | 399,4 | 4,94 | -0,36 | 0,012 |
| 7. N50Р20К30 S2,0 (2%), СаО7,0 (7%) и МgО5,0 (5%), (марка 13-5,2-7,8) | 380,7 | 5,75 | 0,45 | 0,015 |
| 8. N50Р20К30 Cu0,200 (0,20%) и Mn0,100 (0,10%), | 395,7 | 6,14 | 0,85 | 0,016 |
| 9. N50Р20К30 Cu0,200 (0,20%) и Mn0,100 (0,10%) (c EDTA) + связующее на основе растительного масла (FS-OPAN), (марка 13-5,2-7,8) | 380,7 | 5,48 | 0,19 | 0,014 |
| 10. Nаа50 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент, из расчета | 429,4 | 3,76 | -1,54 | 0,009 |
| 11. N50Р20К30 с отходами дрожжевых производств (НПЦ по продовольствию, | 438,8 | 4,50 | -0,79 | 0,010 |
| РДУ-99 |  | 90 | |  |

При возделывании овса на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в условиях 2021 г. содержание 137Cs в зерне в зависимости от вариантов находилось в пределах от 3,18 до 7,41 Бк/кг, в 2022 г. – от 1,75 до 14,85 Бк/кг, а в среднем за два года – от 3,76 до 9,18 Бк/кг и во всех вариантах опыта было значительно ниже РДУ-99 (90 Бк/кг). Зерно было пригодно как на пищевые цели, так и для использования на фураж и как сырье для получения комбикормов.

Данные показывают, что содержание 137Cs в зерне овса в условиях 2021-2022 гг. не превышало предельно допустимые уровни и продукция была пригодна для использования на любые цели.

Коэффициенты перехода (Кп)137Cs в зерне овса в среднем за два года составили в вариантах с удобрениями от 0,009 до 0,022.

В среднем за три года исследований содержание 90Sr в зерне овса изменялось по вариантам опыта от 7,4 до 12,9 Бк/кг, с максимальными значениями на контрольном варианте (12,9 Бк/кг), в варианте с повышенной дозой минеральных удобрений (11,9 Бк/кг) и с внесением сульфата аммония в дозе N50 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент) на фоне Р40К30 (11,2 Бк/кг), что было выше РДУ-99 (11 Бк/кг).

В условиях влажного вегетационного периода 2020 г. даже при низкой плотности загрязнения 90Sr дерново-подзолистой связносупесчаной почвы зерно овса было непригодно для переработки на пищевые цели, как на контроле без внесения минеральных удобрений (11,5 Бк/кг), так и в варианте с повышенной нормой (N70Р40К60) минеральных удобрений (11,2 Бк/кг). В остальных вариантах зерно было пригодно для переработки на пищевые цели.

В оптимальном по влагообеспеченности 2021 г. превышение 90Sr в зерне отмечалось в варианте с повышенной дозой минеральных удобрений и где калийные удобрения не вносились.

В слабозасушливом 2022 г. в большинстве вариантов зерно овса было непригодно на продовольственные цели, так как содержание 90Sr было выше РДУ-99 (более 11 Бк/кг). Однако, в варианте с комплексными удобрениями с добавками серы (6%) и углерода (12%), а также с NРК сCu(0,20%) и Mn(0,10%) (c EDTA) + связующим на основе растительного масла (FS-OPAN) достоверно снижалось поступление 90Sr в зерно овса.

Коэффициенты перехода 90Sr в зерно овса на дерново-подзолистой связносупесчаной почве в среднем за 3 года находились в пределах: комплексные удобрениям – от 0,61 до 1,01, контроль – 1,17, базовый вариант – 0,85. Преимущественно, в большинстве вариантов с комплексными удобрениями, отмечалась тенденция снижения величины Кп 90Sr в зерне (табл. 3.16).

Таблица 3.16. Содержание 90Sr в зерне и и коэффициенты перехода радионуклида в основную и побочную продукцию на дерново-подзолистой связносупесчаной почве, 2020-2022 гг.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Содержа-ние 90Sr в почве, кБк/ м2 | Зерно | | |
| Содержание  90Sr в зерне | | КП |
| Бк/кг | +, - базо-вому |
| Зерно | | |
| 1. Контроль без удобрений | 11,0 | 12,9 | – | 1,17 |
| 2. N50Р20К30 – *базовый* | 11,6 | 9,9 | – | 0,85 |
| 3. N70Р40К60 | 12,7 | 11,9 | 2,0 | 0,94 |
| 4. N50Р20К0 | 18,1 | 10,9 | 1,0 | 0,60 |
| 5. N50Р20К30 S6,0 (6% от массы удобрения) и С12,0 (12%) углерода, (марка 13-5,2-7,8) | 11,8 | 7,4 | -2,5 | 0,63 |
| 6. N50Р20К30 S2,0 (2%) и С12,0 (12%) углерода, (марка 13-5,2-7,8) | 11,4 | 8,3 | -1,6 | 0,73 |
| 7. N50Р20К30 S2,0 (2%), СаО7,0 (7%) и МgО5,0 (5%), (марка 13-5,2-7,8) | 11,2 | 8,7 | -1,2 | 0,78 |
| 8. N50Р20К30 Cu0,200 (0,20%) и Mn0,100 (0,10%), | 13,1 | 11,0 | 1,1 | 0,84 |
| 9. N50Р20К30 Cu0,200 (0,20%) и Mn0,100 (0,10%) (c EDTA) + связующее на основе растительного масла (FS-OPAN), (марка 13-5,2-7,8) | 10,7 | 8,6 | -1,3 | 0,80 |
| 10. Nаа50 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент, из расчета | 11,1 | 11,2 | 1,3 | 1,01 |
| 11. N50Р20К30 с отходами дрожжевых производств (НПЦ по продовольствию, | 12,4 | 7,6 | -2,3 | 0,61 |
| РДУ-99 |  | 11 | |  |

**Озимая пшеница.** По озимой пшенице приводим данные по радиологической эффективности применения новых форм комплексных удобрений отдельно по годам исследований, так как в 2021 г. опыт проводился на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве, в 2022 г. – связносупесчаной почве. Данные показывают, что на дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве с плотностью загрязнения 137Cs – 5,6 (среднее) Ки/км2, в условиях 2021 г. содержание 137Cs в зерне пшеницы в зависимости от вариантов опыта с разными формами удобрений находилось в пределах от 7,82 до 26,22 Бк/кг и было пригодно как на пищевые цели, так и для использования зерна на фураж и как сырье для получения комбикормов (табл. 3.17).

Таблица 3.17. Содержание 137Cs в зерне пшеницы озимой на дерново-подзолистых рыхло- и связносупесчаной почвах, 2021-2022 гг.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Содержание радионуклида | | | | | | | | | |
| 2021 г. | | | | 2022 г. | | | | | |
| 137Cs,  в почве, кБк/м2 | 137Cs, Бк/кг | +, - базо-вому | КП | 137Cs,  в почве, кБк/м2 | 137Cs, Бк/кг | | +, -  базо-вому | | КП | |
| 1. Контроль без удобрений | 215,5 | 26,22 | – | 0,122 | 347,3 | 0,73 | | – | | 0,002 | |
| 2. N35Р60К120 + N70+40 – *базовый* | 218,3 | 12,90 | – | 0,059 | 309,4 | 0,81 | | – | | 0,003 | |
| 3. N35Р60К60 + N70+40 | 336,2 | 14,40 | 1,50 | 0,043 | 321,8 | 2,93 | | 2,12 | | 0,009 | |
| 4. N35Р60К0 + N70+40 | 242,8 | 25,31 | 12,41 | 0,104 | 302,3 | 3,39 | | 2,58 | | 0,011 | |
| 5. N35Р60К120 S12,3 (6% от массы удобрения) и С24,6 (12%) углерода (марка 7-12-24) + N70+40 | 399,4 | 12,60 | -0,30 | 0,032 | 302,6 | 3,10 | | 2,29 | | 0,010 | |
| 6. N35Р60К120  S4,1 (2%) и С24,6 (12%) углерода (марка 7-12-24) + N70+40 | 465,5 | 9,63 | -3,27 | 0,021 | 327,4 | 4,33 | | 3,52 | | 0,013 | |
| 7. N35Р60К120  S4,1 (2%), СаО14,4 (7%) и МgО10,3 (5%), (марка 7-12-24) + N70+40 | 342,0 | 11,70 | -1,20 | 0,034 | 311,3 | 4,43 | | 3,62 | | 0,014 | |
| 8. N35Р60К120 с Ростмомент (из расчета 3-5 кг/га) + связующее «FS-OPAN», (марка 7-12-24) + N70+40 | 405,8 | 7,82 | -5,38 | 0,019 | 312,4 | 1,05 | | 0,24 | | 0,003 | |
| 9. N35Р60К120 с отходами дрожжевых производств (3-5 кг/га) + «FS-OPAN»,  (марка 7-12-24) + N70+40 | 355,4 | 9,47 | -3,43 | 0,027 | 298,8 | 2,33 | | 1,52 | | 0,008 | |
| 10. N35Р60К120, обработанный ингибитором нитрификации «СтабилиNорм»  (марка 7-12-24) + N70+40 | 355,2 | 14,20 | 1,30 | 0,040 | 288,0 | 2,56 | | 1,75 | | 0,009 | |
| 11. N35Р60К120, обработанный ингибитором «СтабилиNoрм» с Cu0,41 (0,20%) и Mn0,21 (0,10%) + N70+40 | 389,4 | 13,42 | 0,52 | 0,034 | 298,9 | 2,15 | 1,34 | | 0,007 | |
| 12. N35Р60К120, обработанный связующим «FS-OPAN» с Cu0,41 (0,20%) и Mn0,21 (0,10%) + N70+40 | 277,2 | 10,57 | -2,33 | 0,038 | 292,9 | 1,30 | 0,49 | | 0,004 | |
| РДУ-99 | 90 | | | | | | | | | |

Применяемые в опыте удобрения обеспечивали снижение поступления 137Cs в зерно пшеницы озимой по сравнению с вариантом, где они не вносились (контроль). Следует отметить, что в варианте с внесением стандартных форм азотных и фосфорных удобрений без внесения калийных, наблюдалось максимальное накопление 137Cs в зерне (25,31 Бк/кг) по отношению к другим вариантам с удобрениями. Применение в опыте новых форм удобрений преимущественно снижало поступление данного радионуклида в зерно по отношению к базовому варианту со стандартными удобрениями (базовым вариантом).

В условиях 2022 г. на дерново-подзолистой связносупесчаной почве содержание 137Cs в зерне значительно ниже (в зависимости от вариантов от 0,73 до 4,43 Бк/кг), чем в 2021 г.

Коэффициенты перехода (Кп) 137Cs в зерне озимой пшеницы в 2021 г. были более высокие на контроле и в вариантах со стандартными удобрениями. В вариантах с комплексными удобрениями наблюдалось их снижение в большинстве вариантов. В 2022 г. отмечена тенденция повышения Кп 137Cs в вариантах с внесением как стандартных, так и комплексных удобрений по отношению к контролю.

Содержание 90Sr в зерне озимой пшеницы как в 2021 г., так и в 2022 г. находилось ниже предельно допустимых уровней (11 Бк/кг) и было пригодно на продовольственные цели. В 2021 г. зерно было пригодно и на детское питание, так как его содержание было менее 3,7 Бк/кг, а в 2022 г. только на продовольственные цели (от 4,7 до 8,2 Бк/кг) (табл. 3.18).

Таблица 3.18. Содержание 90Sr в зерне пшеницы озимой на дерново-подзолистых рыхло- и связносупесчаной, 2021-2022 гг.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Содержание радионуклида | | | | | | | |
| 2021 г. | | | | 2022 г. | | | |
| 90Sr,  в почве, кБк/м2 | 90Sr, Бк/кг | +, - ба-зово-му | КП | 90Sr,  в почве, кБк/м2 | Бк/кг, 90Sr, | +, - ба-зовому | КП |
| 1. Контроль без удобрений | 4,2 | 3,6 | – | 0,86 | 14,2 | 4,8 | – | 0,34 |
| 2. N35Р60К120 + N70+40 – *базовый* | 6,8 | 2,3 | – | 0,34 | 11,8 | 7,3 | – | 0,62 |
| 3. N35Р60К60 + N70+40 | 4,7 | 3,2 | 0,9 | 0,69 | 14,2 | 8,2 | 0,9 | 0,58 |
| 4. N35Р60К0 + N70+40 | 5,7 | 3,5 | 1,2 | 0,61 | 14,1 | 7,2 | -0,1 | 0,51 |
| 5. N35Р60К120 S12,3 (6% от массы удобрения) и С24,6 (12%) углерода (марка 7-12-24) + N70+40 | 5,1 | 2,6 | 0,3 | 0,51 | 13,4 | 7,4 | 0,1 | 0,55 |
| 6. N35Р60К120  S4,1 (2%) и С24,6 (12%) углерода (марка 7-12-24) + N70+40 | 5,0 | 2,7 | 0,4 | 0,54 | 13,8 | 6,5 | -0,8 | 0,47 |
| 7. N35Р60К120  S4,1 (2%), СаО14,4 (7%) и МgО10,3 (5%), (марка 7-12-24) + N70+40 | 4,5 | 2,4 | 0,1 | 0,53 | 10,8 | 6,5 | -0,8 | 0,60 |
| 8. N35Р60К120 с Ростмомент (из расчета 3-5 кг/га) + связующее «FS-OPAN», (марка 7-12-24) + N70+40 | 6,6 | 2,5 | 0,2 | 0,38 | 12,8 | 6,5 | -0,8 | 0,51 |
| 9. N35Р60К120 с отходами дрожжевых производств (3-5 кг/га) + «FS-OPAN»,  (марка 7-12-24) + N70+40 | 5,0 | 2,6 | 0,3 | 0,52 | 14,7 | 5,5 | -1,8 | 0,37 |
| 10. N35Р60К120, обработанный ингибитором нитрификации «СтабилиNорм»  (марка 7-12-24) + N70+40 | 5,2 | 3,2 | 0,9 | 0,61 | 8,9 | 6,1 | -1,2 | 0,69 |
| 11. N35Р60К120, обработанный ингибитором «СтабилиNoрм» с Cu0,41 6.2(0,20%) и Mn0,21 (0,10%) + N70+40 | 5,6 | 2,8 | 0,5 | 0,50 | 12,4 | 6,7 | -0,6 | 0,54 |
| 10,712. N35Р60К120, обработанный связующим «FS-OPAN» с Cu0,41 (0,20%) и Mn0,21 (0,10%) + N70+40 | 6,2 | 2,4 | 0,1 | 0,39 | 10,7 | 4,7 | -2,6 | 0,44 |
| РДУ-99 | 11 | | | | | | | |

Коэффициенты перехода (Кп) 90Sr в зерне озимой пшеницы в 2021 г. были более высокие на контроле. В большинстве вариантов вариантах со стандартными и комплексными удобрениями наблюдалось их снижение относительно контроля.

В 2022 г. коэффициенты перехода 90Sr в зерне были близкими с предыдущим годом и в большинстве вариантов с комплексными удобрениями были ниже базового варианта.

Приведенные данные показывают, что содержание 137Cs и 90Sr в зерне пшеницы озимой было значительно ниже предельно допустимых уровней содержания (значений РДУ-99), и, соответственно зерно могло использоваться на продовольственные цели.

***Для сравнения:***

Согласно «Рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021-2025 годы», изданных в 2021 г. средние значения коэффициентов перехода (Кп) на дерново-подзолистых супесчаных почвах составляли [6]:

– 137Cs – в зерно ячменя – от 0,04 до 0,08 (в зависимости от обменного калия в почвах), зерно овса – от 0,032 до 0,22, зерно озимой пшеницы – от 0,010 до 0,028;

– 90Sr – в зерно ячменя – от 1,20 до 1,78 (в зависимости от уровня кислотности почвы), зерно овса – от 1,0 до 1,4, зерно озимой пшеницы – от 0,85 до 1,1.

***Заключение***

Лучшими комплексными удобрениями, с точки зрения радиоционной эффективности, обеспечивающими снижение величины коэффициентов перехода 137Cs в зерно по сравнению со стандартными удобрениями (базовыми вариантами) оказались:

– *ячмень* – NPK c S(2%) C(12%), NPK c Cu и Mn, в том числе и с добавкой EDTA) и NPK c отходами дрожжевых производств;

– *овес* – NPK c отходами дрожжевых производств, NPK c S(6%) C(12%) и NPK c Cu и Mn + EDTA;

– *в озимая пшеница* – NPK с отходами дрожжевых производств + FS-OPAN, NPK c S(2%) C(12%).

*Кп 90Sr в зерно:*

*- ячмень* – NPK c Cu и Mn, в том числе и с добавкой EDTA, NPK с S(2%), СаО(7%) и MgO(5%); NPK с S(6%) C(12%), NPK с отходами дрожжевых производств и NPK c S(6%) C(12%);

*– овес* – NPK с отходами дрожжевых производств, NPK c S (2-6%) C(12%), NPK c Cu и Mn +EDTA;

*– озимая пшеница* – NPK c FS-OPAN + Cu и Mn, NPK + FS-OPAN и отходами дрожжевых производств, NPK c S(6%) C(12%) и NPK c Cu и Mn+СтабилиNорм (ингибитор).

В отдаленный период после катастрофы на Чернобыльской АЭС содержание только 90Sr в зерне овса превышало допустимые уровни содержания согласно РДУ-99; зерно ячменя и озимой пшеницы можно использовать на продовольственные цели без каких-либо ограничений.

***Экономическая эффективность новых видов комплексных удобрений***

Расчет экономической эффективности применения удобрений проводили по «Методике определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений (2010)» [11] в ценах 2022 г. Так как цены в этот год на минеральные удобрения значительно повысились, то и прибыль от их применения уменьшилась по сравнению с 2020 и 2021 гг.

Под вышеуказанные культуры вносили:

Стандартные удобрения: азотные (карбамид) по стоимости 1 т д.в. с НДС равной 770,4 долл. США, фосфорные (аммонизированный суперфосфат, марка 8-30) – по стоимости 1215,58 долл. США; калийные (калий хлористый гранулированный) – по стоимости 68,62 долл. США.

Стоимость гектарной дозы комплексных удобрений указана в таблице 3.19. Стоимость 1 т к.ед. при Госзакупках в 2022 г. принята за 100 долл. США.

Нормативы затрат на внесение минеральных удобрений проводили из расчета от базы СХХ до хозсклада равном 20 км и расстоянии от склада до поля 10 км (26,4 USD /га), нормативы затрат на уборку и доработку продукции (25,0 USD на 1 т к. ед.).

Установлено, что применение перспективных комплексных удобрений экономически целесообразно: при возделывании ячменя прибыль находилась в пределах от 21,1 до 56,2 USD /га, овса – от 1,8 до 37,0 USD /га, озимой пшеницы – от 41,0 до 86,5 USD /га по сравнению с применением стандартных форм удобрений.

*Для сравнения:*

При расчете экономической эффективности применения отдельных марок комплексных удобрений с модифицирующими добавками за 2020-2021 гг. при возделывании ячменя прибыль находилась в пределах от 28,5 до 40,4 USD /га, на овсе – от 28,4 до 33,4 USD /га, на озимой пшенице – от 66,3 до 73,7 USD /га по сравнению с применением стандартных форм удобрений (карбамид, аммонизированный суперфосфат и хлористый калий).

Таблица 3.19. Экономическая эффективность применения новых видов комплексных удобрений при возделывании зерновых культур (2020-2022 гг.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Варианты | Продуктив-ность средне  годовая, ц/га к.ед. / прибавка к базовому\* | Стои-мость прибав-ки,  USD/га | Затраты, USD/га | | | | Затраты на получение дополнитель-ной продукции | +, При-быль, USD /га,  к базовому |
| стоимость удобрений (с НДС | внесе-  ние | на уборку и доработку продукции | всего затрат |
| Ячмень | | | | | | | | |
| 1 Контроль без удобрений | 53,4 | – | – | – | – | – | – | – |
| 2. N60Р40К30 – *базовый* | 65,1 | – | 88,7 | 7,7 | 29,3 | 125,7 | – | – |
| 5. N60Р40К30 S7,8 (6% от массы удобрения) и С15,6 (12%) углерода (марка 13-8,7-6,5) | 74,3  9,2\* | 92 | 104,6 | 4,6 | 52,3 | 161,5 | 35,8 | 56,2 |
| 6. N60Р40К30 S2,6 (2%) и С15,6 (12%) углерода (марка 13-8,7-6,5) | 70,5  5,4 | 54 | 102,6 | 4,6 | 42,8 | 150 | 24,3 | 29,7 |
| 8. N60Р40К30 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%), (марка 13-8,7-6,5) | 73,1  8,0 | 80 | 104,2 | 4,6 | 49,3 | 158,1 | 32,4 | 47,6 |
| 12. N50Р65К90 Cu0,26 (0,20%) и Mn0,13 (0,10%) + ингибитор нитрификации («СтабилиNорм»), (марка 13-17-23) | 74,0  8,6 | 86 | 102,8 | 4,6 | 51,5 | 158,9 | 33,2 | 52,8 |
| 10. Nаа60 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент, из расчета  4 кг/га) + Р40К30 | 68,3  3,2 | 32 | 94,7 | 4,6 | 37,3 | 136,6 | 10,9 | 21,1 |
| НСР05 | 2,65 | – | – |  | – | – | – | – |
| Овес | | | | | | | | |
| 1. Контроль без удобрений | 53,1 | – | – | – | – | – | – | – |
| 2. N50Р20К3 – *базовый* | 62,5 | – | 60,8 | 5,6 | 23,5 | 89,9 | – | – |
| 5. N50Р20К30 S6,0 (6% от массы удобрения) и С12,0 (12%) углерода, (марка 13-5,2-7,8) | 66,4  3,9 | 39 | 71,7 | 4,1 | 33,3 | 109,1 | 19,2 | 19,8 |
| 9. N50Р20К30 S2,0 (2%) и С12,0 (12%) углерода, (марка 13-5,2-7,8) | 68,5  6,0 | 60 | 70,3 | 4,1 | 38,5 | 112,9 | 23,0 | 37,0 |
| 6. N50Р20К30 Cu0,200 (0,20%) и Mn0,100 (0,10%) (c EDTA) + связующее на основе растительного масла (FS-OPAN), (марка 13-5,2-7,8) | 67,6  5,1 | 51 | 71,4 | 4,1 | 36,3 | 111,8 | 21,9 | 29,1 |
| 8. N50Р20К30 S2,0 (2%), СаО7,0 (7%) и МgО5,0 (5%), (марка 13-5,2-7,8) | 67,7  5,2 | 52 | 70,4 | 4,1 | 36,5 | 111,0 | 21,1 | 30,9 |
| 10. Nаа50 с отходами дрожжевых производств (Ростмомент, из расчета  4 кг/га) + Р20К30 | 63,1  0,6 | 6 | 65,0 | 4,1 | 25,0 | 94,1 | 4,2 | 1,8 |
| НСР05 | 2,78 | – | – |  | – | – | – | – |
| Озимая пшеница | | | | | | | | |
| 1 Контроль без удобрений | 32,2 | – | – | – | – | – | – | – |
| 2. N35Р60К120 + N70+40 – *базовый* | 43,5 | – | 95,8 | 11,7 | 28,3 | 135,8 | – | – |
| 6. N35Р60К120  S4,1 (2%) и С24,6 (12%) углерода (марка 7-12-24) + N70+40 | 53,9  10,4 | 104 | 115,2 | 9,3 | 54,3 | 178,8 | 43,0 | 61,0 |
| 7. N35Р60К120  S4,1 (2%), СаО14,4 (7%) и МgО10,3 (5%), (марка 7-12-24) + N70+40 | 53,4  9,9 | 99 | 119,8 | 9,3 | 53,0 | 182,1 | 46,3 | 52,7 |
| 8. N35Р60К120 с Ростмомент (из расчета 3-5 кг/га) + связующее «FS-OPAN»,  (марка 7-12-24) + N70+40 | 56,6  13,1 | 131 | 110,0 | 9,3 | 61,0 | 180,3 | 44,5 | 86,5 |
| 10. N35Р60К120, обработанный ингибитором нитрификации «СтабилиNорм»  (марка 7-12-24) + N70+40 | 53,9  10,4 | 104 | 127,5 | 9,3 | 54,3 | 191,1 | 55,3 | 48,7 |
| 11. N35Р60К120, обработанный ингибитором «СтабилиNoрм» с Cu0,41 (0,20%) и Mn0,21 (0,10%) + N70+40 | 53,4  9,9 | 99 | 131,5 | 9,3 | 53,0 | 193,8 | 58,0 | 41,0 |
| 12. N35Р60К120, обработанный связующим «FS-OPAN» с Cu0,41 (0,20%) и Mn0,21 (0,10%) + N70+40 | 53,0  9,5 | 95 | 127,9 | 9,3 | 52,0 | 189,2 | 53,4 | 41,6 |
| НСР05 | 2,79 | – | – |  | – | – | – | – |

**Заключение.** На основании полученных экспериментальных данных в условиях 2020-2022 гг. установлено положительное влияние комплексных минеральных удобрений с добавками микроэлементов (Cu и Mn), в том числе и комплексных удобрений пролонгированного срока действия с добавками биоразлагаемого полимера (FS-OPAN») и ингибитора нитрификации («СтабилиNoрм»), а также комплексных с добавками регуляторов роста растений на основе дрожжевых производств на продуктивность озимых и яровых зерновых культур, снижение накопления 137Cs и 90Sr в продукции и экономические показатели на сравнению с применением стандартных удобрений:

– урожайность зерна ячменя повышалась в зависимости от форм, применяемых комплексных удобрений, в размере от 1,6 до 6,1 ц/га; отмечалось снижение поступления 137Cs и 90Sr (преимущественно, 90Sr) в основную и побочную продукцию, при увеличении прибыли на 1 га от 21,1 до 56,2 USD /га по до сравнению с базовым вариантом;

– наблюдалась тенденция или достоверное повышение урожайности зерна овса от 2,3 до 4,6 ц/га, прибыли на 1 га в размере от 1,8 до 37,0 USD /га, при одновременном снижение поступления 137Cs и 90Sr в основную и побочную продукцию;

– основное внесение в почву комплексных удобрений с дополнительными подкормками азотом в течение вегетации, повышало урожайность зерна озимой пшеницы на 3,1-9,6 ц/га и прибыль на 1 га на 41,0-86,5 USD /га, при снижении поступления 137Cs и 90Sr в продукцию.

Производство новых форм комплексных удобрений в Республике Беларусь осуществляется в промышленном масштабе по заявкам потребителей и предоплате на ОАО «Гомельский химический завод» и на ОАО «Беларуськалий». Для яровых зерновых культур выпускаются комплексные удобрения с содержанием N13-16P8-12K17-20 с S, микроэлементами (Cu, Mn), возможно и с регуляторами роста растений; для озимых зерновых культур (основного внесения в почву) – N5-7P16-21K31-36 с микроэлементами (Cu, Mn). Удобрения внесены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» [10].

**3.1.4. Рекомендации по применению новых видов комплексных удобрений**

При возделывании ячменя рекомендуется применение комплексных удобрений (NРК) с серой и углеродом; NРК с Cu и Mn (в том числе и в хелатной форме), обеспечивающих повышение урожайности зерна ячменя от от 4,1 до 5,6 ц/га; снижение поступления 137Cs и 90Sr в основную и побочную продукцию, при увеличении прибыли на 1 га в размере от 28,4 до 40,4 USD /га по до сравнению с базовым вариантом.

При возделывании овса: NРК с серой и углеродом; NРК с S, СаО и MgO; NРК с Cu и Mn (в том числе в хелатной форме), обеспечивающих повышение урожайности зерна овса от 6,1 до 6,7 ц/га; снижение поступления 137Cs и 90Sr в основную и побочную продукцию, при увеличении прибыли на 1 га в размере от 28,4 до 33,4 USD /га по до сравнению с базовым вариантом;

При возделывании озимой пшеницы: комплексные удобрения пролонгированного срока действия с ингибитором нитрификации («СтабилиNoрм»), микроэлементами и связующими на основе биоразлагаемых полимеров (FS-OPAN»), а также с регуляторами роста растений на основе дрожжевых производств и связующих, обеспечивающих повышение урожайности зерна пшеницы от 5,0 до 5,9 ц/га; снижение поступления 137Cs и 90Sr в основную и побочную продукцию, при увеличении прибыли на 1 га в размере от 66,3 до 73,7 USD /га по до сравнению с базовым вариантом.

Новые формы удобрений внесены в «Государственный реестр средств защиты растений (пестицидов) и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь» [10], а отдельные марки комплексных удобрений будут зарегистрированы в 2023-2024 гг.

**3.2. Российская Федерация**

**3.2.1. Ведение растениеводства на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях: система реабилитационных технологий**

Реабилитация радиоактивно загрязненных земель сельскохозяйственного назначения – это система организационных, агротехнических, агрохимических и мелиоративныхмероприятий, направленных на обеспечение производства продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам, а также способствующих восстановлению и поддержанию почвенного плодородия.

Эффективность реабилитационных мероприятий зависит от времени после аварии. В первый период применение контрмер является наиболее эффективным. С течением времени радиологическая эффективность различных приемов снижается, а стоимость возрастает, что выдвигает на первый план вопрос об оптимизации системы защитных мероприятий и поиска новых технологических приемов.

Критериями для принятия решения о необходимости проведения реабилитационных мероприятий в АПК на радиоактивно загрязненных территориях является превышение санитарно-гигиенических нормативов содержания радионуклидов в производимой продукции и/или превышение дозовых нагрузок на население и сельскохозяйственных работников.

В отдалённый период после аварии реализуются стратегии адресной реабилитации, учитывающие специфику отдельного сельскохозяйственных предприятия или группы хозяйств [1, 12]. Виды и масштабы применения реабилитационных мероприятий зависят от типа радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий, возделываемой культуры, ландшафтно-почвенных характеристик территории, особенностей производственной деятельности, социально-экономических условий, наличия технических, материальных и финансовых ресурсов и т.п.

*Обоснование необходимости реабилитационных мероприятий.* Проведение реабилитационных мероприятий на загрязненных сельскохозяйственных территориях определяется на основании оценки радиационной обстановки, включая: плотность загрязнения сельскохозяйственных угодий; содержание радионуклидов в продукции; возможность производства продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям. Прогноз ведения сельскохозяйственного производства на восстановительной стадии после аварии показал, что для загрязненных районов Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей снижение плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий 137Cs до уровня менее 37 кБк⋅м-2 будет достигнуто к 2050 г. в 42% из них, к 2100 г. – в 88% и к 2150 г. – в 99% (табл. 3.20). Полученные оценки выявили территории, на которых необходимо продолжение реабилитационных мероприятий в сельском хозяйстве, включая растениеводство.

Таблица 3.20. Год, когда плотность загрязнения 137Сs сельскохозяйственных угодий в 11 наиболее загрязненных районах Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областей не превысит 37 кБк⋅м-2 (1 Ku⋅км-2) [3]

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | Всего | | Пашня | | Сенокосы и пастбища | |
| Мин. | Макс. | Мин. | Макс. | Мин. | Макс. |
| *Брянская область* | | | | | | |
| Гордеевский | 2050 | 2120 | 2035 | 2110 | 2060 | 2135 |
| Злынковский | до 2015 | 2140 | до 2015 | 2135 | до 2015 | 2150 |
| Климовский | до 2015 | 2080 | до 2015 | 2075 | до 2015 | 2110 |
| Клинцовский | до 2015 | 2110 | до 2015 | 2095 | до 2015 | 2130 |
| Красногорский | 2015 | 2165 | 2015 | 2165 | 2015 | 2180 |
| Новозыбковский | 2070 | 2145 | 2065 | 2130 | 2080 | 2155 |
| *Калужская область* | | | | | | |
| Жиздринский | до 2015 | 2070 | до 2015 | 2070 | до 2015 | 2075 |
| Ульяновский | до 2015 | 2080 | до 2015 | 2080 | до 2015 | 2080 |
| Хвастовичский | до 2015 | 2080 | до 2015 | 2075 | до 2015 | 2080 |
| *Орловская область* | | | | | | |
| Болховский | до 2015 | 2075 | до 2015 | 2075 | до 2015 | 2080 |
| *Тульская область* | | | | | | |
| Плавский | до 2015 | 2085 | до 2015 | 2085 | до 2015 | 2090 |

***Реабилитационные мероприятий в растениеводстве.***Растениеводство является одной из ключевых отраслей сельскохозяйственного производства на загрязненных после аварии на ЧАЭС территориях Российской Федерации, включая зерновое хозяйство, культуры которого занимают более половины посевных площадей. Комплекс мер, направленных на получение продукции растениеводства, отвечающей санитарно-гигиеническим нормативам, включает организационные, агротехнические, агрохимические и технологические мероприятия [4, 5].

***Организационные мероприятия в растениеводстве*** применяются для оценки радиационной ситуации, обоснования необходимости проведения реабилитации, разработки адресной системы реабилитации и включают:

- обследование загрязненных сельскохозяйственных угодий, инвентаризацию их по плотности загрязнения и составление картографического материала;

- прогнозирование накопления 137Сs сельскохозяйственными культурами;

- обоснование необходимости изменения структуры посевных площадей на основании прогнозирования содержания радионуклида в урожае;

- совершенствование технологических операций по уходу за посевами и при уборке урожая сельскохозяйственных культур.

Прогнозирование перехода 137Сs сельскохозяйственными культурами является одним из первых этапов при обосновании необходимости проведения реабилитационных мероприятий. Накопление радионуклидов в различных видах продукции растениеводства определяется на основе коэффициентов перехода (Кп), рассчитываемых как отношение содержания 137Сs в растениях к плотности загрязнения почвы (Бк⋅кг-1)/(кБк⋅км-2). Накопление 137Cs в растениях на дерново-подзолистых почвах коррелирует с гранулометрическим составом и обеспеченностью обменным калием, как основным конкурирующим элементом (табл. 3.21).

Таблица 3.21. Коэффициенты перехода 137Cs в продукцию растениеводства \*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Культура | Коэффициенты перехода 137Cs , (Бк⋅кг-1)/(кБк⋅м-2) | | |
| мин | макс | среднее |
| *Дерново-подзолистая суглинистая* | | | |
| Овес | 0,03 | 0,18 | 0,07 |
| Озимая рожь | 0,01 | 0,04 | 0,02 |
| Озимая пшеница | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| Яровая пшеница | 0,01 | 0,03 | 0,02 |
| Ячмень | 0,02 | 0,08 | 0,04 |
| Картофель | 0,01 | 0,04 | 0,02 |
| *Дерново-подзолистая супесчаная* | | | |
| Овес | 0,04 | 0,25 | 0,10 |
| Озимая рожь | 0,02 | 0,05 | 0,03 |
| Озимая пшеница | 0,01 | 0,03 | 0,02 |
| Яровая пшеница | 0,02 | 0,04 | 0,03 |
| Ячмень | 0,03 | 0,09 | 0,06 |
| Картофель | 0,02 | 0,06 | 0,03 |
| *Дерново-подзолистая песчаная* | | | |
| Овес | 0,05 | 0,33 | 0,15 |
| Озимая рожь | 0,03 | 0,17 | 0,05 |
| Яровая пшеница | 0,04 | 0,15 | 0,06 |
| Ячмень | 0,04 | 0,24 | 0,09 |
| Картофель | 0,03 | 0,09 | 0,05 |

\* - средние значения за 2019-2021 гг. по результатам радиационного контроля (Брянская область)

На основании Кп 137Cs определены плотности загрязнения почв сельскохозяйственных угодий, при которых возможно получение продукции растениеводства, соответствующей радиологическим нормативам:

*Ппд = Cпр / Кп, (1)*

где *Ппд –* допустимая плотность загрязнения, кБк⋅м-2; *Cпр* – допустимое содержание 137Cs в продукции (Бк⋅кг-1) в соответствии с СанПиН 2.3.2.2650–10: зерно продовольственное 60 Бк⋅кг-1; картофель – 80 Бк⋅кг-1 (табл. 3.22).

Таблица 3.22. Допустимые плотности загрязнения почв 137Сs для получения продукции растениеводства на пищевые цели, соответствующей СанПиН 2.3.2.2650–10

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Культура | Допустимые плотности загрязнения почв 137Сs, кБк⋅м-2 | | |
| макс | мин | среднее |
| *Дерново-подзолистая суглинистая* | | | |
| Овес | 2000 | 330 | 860 |
| Озимая рожь | 6000 | 1500 | 3000 |
| Озимая пшеница | 6000 | 3000 | 3000 |
| Яровая пшеница | 6000 | 2000 | 3000 |
| Ячмень | 3000 | 750 | 1500 |
| Картофель | 8000 | 2000 | 4000 |
| *Дерново-подзолистая супесчаная* | | | |
| Овес | 1500 | 240 | 600 |
| Озимая рожь | 3000 | 1200 | 2000 |
| Озимая пшеница | 6000 | 2000 | 3000 |
| Яровая пшеница | 3000 | 1500 | 2000 |
| Ячмень | 2000 | 670 | 1000 |
| Картофель | 4000 | 1330 | 2670 |
| *Дерново-подзолистая песчаная* | | | |
| Овес | 1200 | 180 | 400 |
| Озимая рожь | 2000 | 350 | 1200 |
| Яровая пшеница | 1500 | 400 | 1000 |
| Ячмень | 1500 | 250 | 670 |
| Картофель | 2670 | 890 | 1600 |

При определении структуры землепользования на радиоактивно загрязненных угодьях предпочтение отдается культурам, которые отличаются более низким накоплением радионуклидов. По степени уменьшения накопления 137Сs культуры образуют следующий ряд: бобовые и зернобобовые > зерновые > овощные > картофель > технические культуры. Одним из ведущих факторов, определяющих возможность возделывания различных культур, являются почвенные характеристики – минимальные Кп 137Cs отмечены для автоморфных средне- и тяжелосуглинистых почв, а максимальные – для песчаных. При возделывании культур на торфяных почвах следует учитывать высокие коэффициенты накопления 137Cs растениях по сравнению с автоморфными почвами, что определяет боле низкие уровни загрязнения, при которых возможно получение продукции, соответствующей нормативным требованиям.

Учитывая, что на территории Российской Федерации сельскохозяйственные угодья с плотность загрязнения 137Cs свыше 1480 кБк⋅м-2 были выведены из оборота, риск превышение нормативов по содержанию 137Cs в зерне различных культур, в первую очередь в овсе, наиболее высок в диапазоне плотностей загрязнения 555-1480 кБк⋅м-2, т.е. на площади около 20 тыс. га в Брянской области на почвах с низким содержанием обменного калия. На остальных землях возделывание большинства зерновых культур на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах практически не ограничено. Однако, при низкой обеспеченности почв калием возможно производство продовольственного зерна с превышением нормативов при возделывании на дерново-подзолистой песчаной почве. Для зерновых культур на угодьях с различной плотностью загрязнения следует учитывать, что озимые культуры накапливают в 2,0-2,5 раза меньше радионуклидов по сравнению с яровыми, а межсортовые различия могут составить до 3 раз. Бобовые культуры характеризуются более высокими Кп по сравнению с зерновыми и могут возделываться при более низких значениях плотности загрязнения почв. При возделывании картофеля на тяжело-и среднесуглинистых дерново-подзолистых почвах практически нет ограничений по плотности загрязнения. На песчаных почвах необходимо учитывать обеспеченность почв калием, при этом допустимая плотность загрязнения не превышает 890 кБк⋅м-2.

Размещение сельскохозяйственных культур на угодьях с различной плотностью загрязнения 137Cs в зависимости накопления радионуклида в продукции растениеводства является эффективным приемом оптимизации производства.

***Агротехнические мероприятия.*** Система обработки почвы определяется особенностями культуры, ее местом в севообороте, свойствами почвы, мощностью пахотного слоя и т.п. Агротехнические мероприятия делятся на две группы: традиционные, направленные на повышение плодородия почв, и специальные, направленные на снижение накопления радионуклидов в продукции растениеводства. На восстановительной стадии после аварии при переходе к зональным системам ведения растениеводства система обработки почвы совершенствуется в направлении максимально возможного совмещения операций основной и дополнительной обработок, а также применения новых высокопроизводительных машин.

Основная обработка почвы под яровые зерновые культуры включает зяблевую обработку осенью, боронование и культивирование весной для сохранения влаги и борьбы с сорняками. Под озимые культуры обработку проводят после предшественника, целесообразна поверхностная обработка (на 10—12 см) дисковыми или плоскорезными орудиями. Озимые размещают после раноубираемых культур, особенно бобовых, по чистым и занятым парам. Яровые зерновые размещают после пропашных культур, озимых, многолетних трав и зернобобовых. На песчаных и супесчаных почвах, а также на почвах с высокой плотностью загрязнения 137Cs рекомендуется минимальная обработка с прямым посевом комбинированными агрегатами.

Основная обработка почвы под зернобобовые культуры включает зяблевую вспашка на глубину пахотного слоя. На чистых от сорной растительности полях целесообразно применять безотвальную чизельную обработку на глубину 20-25 см.

При возвращении в хозяйственное использование земель, выведенных из оборота из-за высоких уровней загрязнения, обработка почвы (при поверхностном загрязнении 137Сs) является одним из приемов, обеспечивающих уменьшение накопления радионуклида в растениях. Дискование почвы на глубину 10-12 см уменьшает поступление 137Cs в сельскохозяйственные культуры в 1,5 раза; вспашка на глубину 20-22 см - в 1,5-2,0 раза. Глубокая обработка дерново-подзолистой почвы с помощью чизельного плуга (на глубину 40-45 см) и последующее уменьшение глубины основной обработки (18-20 см) способствуют снижению поступления 137Cs в растения в 1,5-3,0 раза. Глубокая вспашка (с оборотом или без оборота пласта) проводится на вновь осваиваемых или залежных землях с мощным гумусовым горизонтом и не должна превышать мощности пахотного слоя.

***Агрохимические мероприятия.*** В растениеводстве агрохимические мероприятия включают: известкование кислых почв; применение глинистых минералов и сорбентов; внесение органических удобрений; применение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений; оптимизация азотного питания растений; внесение микроудобрений; снижение пестицидной нагрузки [**12, 13**].

Поступление радионуклидов в растения зависит от параметров плодородия почв, которые можно расположить в следующий убывающий ряд: содержание гумуса > содержание подвижного калия > величина pH > содержание подвижного фосфора. При внесении удобрений снижение концентрации радионуклидов в урожае достигается за счет улучшения условий питания растений и связанным с этим увеличением биомассы и соответственно, «разбавлением» радионуклидов; повышением концентрации в почве обменных катионов, в первую очередь, калия и кальция; усиление антагонизма между ионами радионуклидов и ионами вносимых солей; изменением доступности для корневых систем радионуклидов вследствие перевода их в труднодоступные соединения и обменной фиксации.

Эффективность агрохимических приемов в растениеводстве зависит от времени применения после аварии, почвенных условий, характеристик радиоактивного загрязнения, видовых особенностей сельскохозяйственных культур.

***Известкование кислых почв.*** Благодаря оптимизации кислотности почв, известкование приводит к снижению поступления радионуклидов в сельскохозяйственные культуры в 1,5-3,0 раза. В качестве известковых материалов используется известняковая мука, торфотуф, сапропель, мел рыхлый, мергель, мартеновские и электроплавильные шлаки, доломитовая мука и др. Дозы применения известковых материалов зависят от кислотности почв и уровня радиоактивного загрязнения (табл. 3.23). Минимальное накопление 137Cs происходит при оптимальных значениях pHКСl: 6,0-6,7 для глинистых и суглинистых почв; 5,8-6,2 – для супесчаных; 5,6-5,8 – для песчаных и 5,0-5,3 – для торфяно-болотных.

Таблица 3.23. Рекомендуемые дозы внесения известковых материалов в зависимости от степени их кислотности при различных плотности загрязнения почв 137Cs

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Кислотность почв (pHКСl) | Плотность загрязнения 137Cs, кБк⋅м-2 | | |
| 37 -185 | 185 – 555 | 555 -1480 |
| Дозы СаСО3 (т/га) | | |
| Сильнокислые (4,5) | 8,0 | 9,0 | 10,0 |
| Среднекислые (4,6-5,0) | 6,0 | 8,0 | 9,0 |
| Слабокислые (5,1-5,5) | 5,0 | 7,0 | 9,0 |
| Близкие к нейтральным (5,6-6,0) | 3,0 | 6,0 | 8,0 |
| Нейтральные (около 7) | - | 5,0 | 6,0 |

***Органические удобрения.*** Обеспеченность почв гумусом является одним из параметров плодородия, влияющих на накопление радионуклидов в растениях. С повышением содержания гумуса в почвах от 1 до 3,5% накопление 137Cs и 90Sr в растениеводческой продукции снижается в 1,5-3,5 раза. При интенсивном ведении земледелия минерализация гумуса существенно возрастает и недостаточные дозы органических удобрений могут привести к снижению почвенного плодородия. Поддержание бездефицитного баланса гумуса в почвах непосредственно связано с применением органических удобрений.

Органические удобрения на загрязненных почвах применяются в соответствии с имеющимися региональными технологиями. Используются все имеющиеся источники обогащения почв органическим веществом – навоз, солома, торф, сапропель, зеленые удобрения и др. Применение органических удобрений способствует снижению накопления 137Cs сельскохозяйственными культурами в 1,2-2,5 раза в зависимости от уровня плодородия почв и вида культуры (табл. 3.24). Действие органических удобрений на размеры накопления радионуклидов в растениях более резко проявляется на песчаной и супесчаной почве и значительно слабее – на тяжелосуглинистой дерново-подзолистой почве.

Таблица 3.24. Рекомендуемые дозы органических удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на загрязненных радионуклидами землях

|  |  |
| --- | --- |
| Культура | Дозы удобрений, т/га |
| Картофель | 60-70 |
| Озимые зерновые | 30-40 |
| Сахарная свекла | 60-70 |
| Кукуруза | 70-80 |

***Минеральные удобрения.*** Эффективность применения минеральных удобрений зависит от характеристик радионуклидов, показателей почвенного плодородия, вида культуры. При загрязнении почв 137Cs рекомендуется сбалансированное внесение азотных, фосфорных и калийных удобрений в соотношении NPK = 1:1:1,5 и NPK = 1:1,5:2,0. Калийные удобрения обеспечивают снижение поступления 137Cs в растения за счет антагонизма катионов цезия и калия в почвенном растворе, а также прибавки урожая культур на бедных калием дерново-подзолистых почвах. Фосфорные удобрения способствуют закреплению 137Cs в почвах. Применение фосфорных удобрений вызывает снижение накопления 137Cs в урожае в 1,1-2,5 раза, а повышенных доз фосфорно-калийных - до 3 раз.

Азотные удобрения являются важным элементом регулирования азотного питания растений. Однако повышенные дозы азотных удобрений усиливают накопление 137Cs в растениеводческой продукции. Расчет доз азотных удобрений проводят исходя из потребности в азоте для формирования планируемого урожая. Оптимизации азотного питания растений способствует применение аммиачной формы азота в виде медленнодействующих карбамида (Со(NН2)2 и сульфата аммония (NН4)2SO4 с добавкой гуматов и других биологически активных компонентов. Определены максимально допустимые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры (табл. 3.25).

Таблица 3.25. Рекомендуемые дозы внесения минеральных удобрений под сельскохозяйственные культуры при различной плотности загрязнения почв 137Cs

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Культура | Плотность загрязнения 137Cs, кБк⋅м-2 | | | | | | | | |
| 37 -185 | 185 – 555 | 555 -1480 | 37 -185 | 185 - 555 | 555 -1480 | 37 -185 | 185 - 555 | 555 -1480 |
| Дозы минеральных удобрений, кг/га по д.в. | | | | | | | | |
| Азотные | | | Фосфорные | | | Калийные | | |
| Озимая рожь | 60 | 60 | 90 | 60 | 90 | 90 | 60 | 90 | 120 |
| Озимая пшеница | 60 | 60 | 90 | 60 | 90 | 90 | 60 | 90 | 120 |
| Ячмень | 60 | 60 | 90 | 60 | 90 | 90 | 60 | 90 | 120 |
| Овес | 60 | 60 | 90 | 60 | 90 | 90 | 60 | 90 | 120 |
| Картофель | 60 | 60 | 90 | 60 | 90 | 90 | 60 | 90 | 120 |

***Комплексное применение средств химизации.*** Комплексное применение известкования, органических и минеральных удобрений является наиболее эффективным приемом получения нормативной сельскохозяйственной продукции – накопление 137Cs снижается до 3,5 раз. При этом азотные удобрения должны вноситься в расчете на планируемый урожай, т.к. повышенные дозы приводят к увеличению перехода радионуклидов в растения (табл. 3.26, 3.27).

Таблица 3.26. Дозы применения агромелиорантов и удобрений при возделывании зерновых культур на различных типах почв при разной плотности загрязнения 137Cs

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Почвы | Плотность  загрязнения 137Cs, кБк⋅м-2 | Дозы минеральных  удобрений, кг/га по д. в. | | | Дозы  извести, т/га | Дозы  органических удобрений, т/га |
| N | P2O5 | K2O |
| Дерново-подзолистые  песчаные  и супесчаные | 37-185\* | 60 | 60 | 60 | 5 | 30 |
| 185-555 | 90 | 90 | 90 | 7 | 40 |
| 555-740 | 120 | 120 | 140 | 9 | 50 |
| 740-1480\*\* | 160 | 160 | 180 | 12 | 70 |
| Дерново-подзолистые  Суглинистые | 37-185\* | 60 | 60 | 60 | 5 | 30 |
| 185-555 | 90 | 90 | 90 | 7 | 40 |
| 555-740 | 120 | 120 | 120 | 9 | 60 |
| 740-1480\*\* | 160 | 160 | 160 | 12 | 80 |
| Серые лесные,  черноземы  выщелоченные | 37-185\* | 30 | 30 | 60 | 3 | 10 |
| 185-555 | 60 | 60 | 90 | 5 | 20 |
| 555-740 | 90 | 90 | 120 | 8 | 30 |
| 740-1480\*\* | 120 | 120 | 160 | 10 | 40 |
| Торфяные  Осушенные | 37-185\* | 30 | 30 | 60 | 5 | - |
| 185-555 | 60 | 60 | 90 | 7 | - |
| 555-740 | 90 | 90 | 120 | 10 | - |
| 740-1480\*\* | 120 | 120 | 160 | 13 | - |

\* - зональные технологии ведения сельскохозяйственного производства

\*\* - риск получения продукции, не соответствующей нормативам

Таблица 3.27. Дозы применения агромелиорантов и удобрений при возделывании картофеля на различных типах почв при разной плотности загрязнения 137Cs

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Почвы | Плотность  загрязнения 137Cs, кБк⋅м-2 | Дозы минеральных  удобрений, кг/га по д. в. | | | Дозы  извести, т/га | Дозы  органических удобрений, т/га |
| N | P2O5 | K2O |
| Дерново-подзолистые  песчаные  и супесчаные | 37-185\* | 60 | 60 | 60 | 5 | 50 |
| 185-555 | 90 | 90 | 90 | 7 | 60 |
| 555-740 | 120 | 120 | 180 | 9 | 80 |
| 740-1480\*\* | 160 | 160 | 220 | 12 | 100 |
| Дерново-подзолистые  Суглинистые | 37-185\* | 60 | 60 | 60 | 4 | 40 |
| 185-555 | 90 | 90 | 90 | 6 | 50 |
| 555-740 | 90 | 120 | 140 | 8 | 60 |
| 740-1480\*\* | 120 | 160 | 180 | 10 | 80 |
| Серые лесные,  черноземы  выщелоченные | 37-185\* | 60 | 60 | 90 | 3 | 20 |
| 185-555 | 80 | 80 | 90 | 5 | 30 |
| 555-740 | 90 | 90 | 140 | 8 | 40 |
| 740-1480\*\* | 120 | 120 | 180 | 10 | 50 |
| Торфяные  Осушенные | 37-185\* | 60 | 60 | 90 | 5 | - |
| 185-555 | 90 | 90 | 120 | 7 | - |
| 555-740 | 90 | 120 | 140 | 10 | - |
| 740-1480\*\* | 120 | 160 | 180 | 13 | - |

\* - зональные технологии ведения сельскохозяйственного производства

\*\* - риск получения продукции, не соответствующей нормативам

Сбалансированное питание растений предусматривает обеспечение их не только макроэлементами, но и микроэлементами для повышения урожайности и обеспечения качества продукции. Сокращение внесения навоза и увеличение доли высококонцентрированные безбалластные удобрения приводит к обеднению почв микроэлементами. На пахотных почвах Брянской области на 95-98% угодий требуются внесения кобальтовых, цинковых и молибденовых удобрений; доля почв, слабо обеспеченных медью и бором, составляет 56 и 53%, соответственно.

Потребность в микроэлементах в значительной мере удовлетворяется при внесении навоза, в 20 т которого содержится: > 1 кг Mn, 480 г Zn, 101 г B, 78 г Cu, в незначительных количествах присутствуют также Mo и Co. Однократное за ротацию внесение 40 т/га навоза полностью компенсирует вынос Cu, Mn, Mo четырьмя или пятью обычными культурами и почти полностью восполняет вынос Zn. Внесение минеральных удобрений в разной степени насыщает почву микроэлементами. С фосфоритной мукой Полпинского месторождения (4 т/га) на 1 га посевов поступает больше всего B – 75 г, Zn – 45 г, Cu – 12, Co – 6 г. С 4 т/га известковых материалов может быть внесено: Mn – 2,2 кг; Zn – 64 г; Co – 42 г (табл. 3.28).

Таблица 3.28. Количество микроэлементов, вносимых в почву с минеральными удобрениями, г/га

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Удобрения | Mn | Cu | Zn | Mo | B | Co |
| Простойсуперфосфат | 62-204 | 2,6-11,0 | 4,5-45,0 | 0,2-0,5 | 1,3 | - |
| Двойной суперфосфат | 52-122 | 2,4-4,6 | 2,0-11,0 | 0,2 | 0,7 | - |
| Аммофос | 44-299 | 2,2-20,0 | 2,0-8,7 | 0,1-0,2 | 0,3 | - |
| Нитроаммофоска | 42 | 1,8 | 2,6 | 0,3 | 0,7 | - |
| Азофоска | 31,9 | 5,6 | 3,7 | 11,2 | - | 3,0 |
| Диаммофос | 5,1 | 0,3 | 4,3 | 4,7 | - | 0,5 |
| Диаммофоска | 56 | 2,4 | 3,9 | 4,8 | - | 2,9 |
| Суперфос | 59-159 | 1,8-4,4 | 4,4-5,9 | 5,7-6,8 | 0,0-4,9+ | 0,2-1,6 |
| ЖКУ 10-34-0 | 39 | 2,1 | 2,6 | 1,4 | - | - |
| Фосфоритная мука | 4 | 12 | 45 | 1,2 | 75 | 6 |

По результатам многолетних полевых опытов на дерново-подзолистой песчаной почве в Новозыбковского района Брянской области с плотностью загрязнения 137Cs 1362 ± 285 кБк⋅м-2 было показано, что обработка вегетирующих растений картофеля растворами, содержащими микроэлементы: Cu (0,05%), B (0,1%), Zn (0,1%) и смесью растворов на органо-минеральном фоне (80 т/га торфонавозного компоста - ТНК) повышала урожай клубней на 19, 24, 35 и 24% в среднем за 3 года, а также снижала Кп137Cs (Бк⋅кг-1)/(кБк⋅м-2) в 1,7; 1,8; 1,6 и 1,9 раза, соответственно [15].

**3.2.2. Эффективность применения природных агромелиорантов и комплексных удобрений**

***Природные агромелиоранты.*** Применение природных агромелиорантов и сорбентов на радиоактивно загрязненных территориях направлен на снижение подвижности радионуклидов в почвах и, как следствие, уменьшение их накопления в производимой продукции. Для этих целей могут быть использованы доломиты, фосфориты, сапропель, целитосодержащие силициты); индустриальное сырье (каолины, глины) и др. Эффективность применения природных минераловзависит от множества факторов и проявляется нестабильно, как правило, на 2-3-й год после внесения. При наличии положительного эффекта применение природных мелиорантов (палыгорскитовая глина и опока – 20 т/га) снижает переход радионуклидов из почвы в растения в 1,5-3,0 раза. Внесение вермикулита (5 т/га) и бентонита (10 т/га) на фоне N90P90K90 снижает накопление 137Cs в продукции растениеводства в 1,5-2,5 раза. Природные мелиоранты вносят осенью под вспашку или дисковую обработку почвы.

Перспективным путем повышения почвенного плодородия, а также получение продукции с минимальным содержанием радионуклидов является использование месторождений минерального сырья [15]. Особый интерес представляют агрохиммелиоранты, производимые из агроруд: известняковая мука, мел, сапропель, фосфоритная мука и цеолиты. В Брянском регионе имеются залежи фосфоритов, кремнийсодержащих пород цеолитовой природы (трепелы), серия кальций-магнийсодержащих карбонатных пород и другие. Эффективность агроруд определяется комплексным воздействием на почвенную среду ряда макро-, микроэлементов. Применение карбонатсодержащих пород (известняк, сапропель, торфотуф, мел, мергель), молотых фосфоритов, цеолитсодержащего трепела обеспечивается повышение урожайности культур, а также снижение поступления 137Cs в растения в среднем в 2-3 раза.

***Комплексные удобрения, разработанные на базе природных агроруд.*** ФГБУ «Центр химизации и сельскохозяйственной радиологии «Брянский» разработано новое комплексное минеральное удобрение «Борофоска гранулированная» марки А и Б, производимое на основе фосфоритов Полпинского месторождения, калия хлористого и борной кислоты. Удобрение содержит в своем составе 10-12 % Р2О5, 12-19 % К20, а также оксиды кальция, магния, кремния, бора ряд микроэлементов и является эффективным агрохимическим средством для создания антирадиационных барьеров на загрязненных радионуклидами почвах. При применении «Борофоски гранулированной» в семи наиболее загрязненных юго-западных районах Брянской области получено снижение накопления 137Сs в зерне озимых зерновых культур и картофеля до 6,8 раза и гарантированно обеспечено производство продукции, соответствующей нормативам [15].

Разработанное в ФГБНУ ВНИИРАЭ новое комплексное удобрение пролонгированного действия СУПРОДИТ на основе трепела Зикеевского месторождения Калужской области представляет собой смесь комплексного сорбента и органической фракции, обогащенную азотом в легко усваиваемой растениями форме и содержащую биологически активное вещество (гумат калия). Удобрение содержит азот (14,0%), фосфор (15,7%), калий (11,2%), 41,7% органического вещества, и обладает высокими сорбционными свойствами. Емкость поглощения комплексного удобрения - 126±2 мг-экв/100 г. Супродит применяется в дозах, общепринятых для сложных удобрений (800-1200 кг/га), в качестве основного удобрения.Супродит снижает переход 137Cs в зерно зерновых культур в 1,4-1,6 раза и сохраняет свое действие на второй год после внесения [16].

**3.2.3. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения агромелиорантов и новых видов комплексных удобрений**

Опыт проведения реабилитационных мероприятий на загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС сельскохозяйственных угодьях показал, что наиболее эффективными являются агрохимические мероприятия, которые, с одной стороны, обеспечивают повышение почвенного плодородия и урожайности культур, а, с другой, - снижение накопления радионуклидов в растениях и производство продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям. Необходимость оптимизации реабилитационных мероприятий как по радиологическим, так и по экономическим критериям определяет необходимость поиска новых эффективных средств химизации [17].

В рамках выполнения Программы совместной деятельности России и Беларуси в рамках Союзного государства по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС (утверждена Советом Министров Союзного Государства 29 августа 2019 года) в 2019-2022 гг. на территории Брянской области (Новозыбковский и Красногорский районы) проведены исследования и производственные испытания новых агромелиорантов и комплексных органо-минеральных удобрений на посевах озимой ржи, ячменя и картофеля для обеспечения производства продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, на территориях, загрязненных радионуклидами после аварии на Чернобыльской АЭС .

При разработке новых подходов к разработке агрохимических технологий по снижению накопления радионуклидов в сельскохозяйственной продукции предложены наиболее перспективные агромелиоранты, а также различные формы микроудобрений и новых органоминеральных комплексов [14, 15, 18].

***3.2.3.1. Характеристика наиболее перспективных видов агромелиорантов и новых форм комплексных удобрений***

В отдаленный период после аварии на ЧАЭС большое значение в практике реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязненных кислых малогумусных почвах сельскохозяйственных угодий придается применению удобрений, содержащих макро – (N, P2O5, K2O, Ca, Mg) и микроэлементы (B, Mn, Mo, S и др.) и активные гумусовые вещества. Для обоснования перечня наиболее эффективных агромелиорантов и новых комплексных удобрений были исследованы известные и новые агромелиоранты и удобрения, такие как «ФОСАГРО» NPK (S) 8:20:30 (2); «ФОСАГРО» NP (S) 16:20 (12); доломитовая мука, Калиймаг гранулированный; Боркалимагнезия аммонизированная. Из последних отечественных разработок были выбраны гуминовые препараты для листовой обработки вегетирующих растений и для предпосевной обработки семенного материала: Гумитон, Геотон и Гумистим.

**1. Доломитовая мука (Агрохимикат)**

Изготовитель: ООО "СЕЛЬХОЗХИМИЯ +", Брянская область, г. Клинцы

Доломитовая мука производится из минерала доломит, относящегося к классу карбонатов (формула CaCO3⋅MgCO3), предназначена для известкования кислых почв для нормализации кислотности и улучшения структуры плодородного слоя.

*Элементный состав муки известняковой (доломитовой) марки С   
(% на сухую массу):*

суммарная массовая доля карбонатов кальция и магния – 96,4;

в том числе:

карбонатов кальция – 46,5;

карбонатов магния – 49,9;

массовая доля влаги – 0,90.

*Эффективность, дозы внесения*

Доза внесения на песчаных и супесчаных почвах – 2,0 т/га.

Эффективность доломитовой муки:

- стабилизирует кислотность почв;

- обогащает почвы минеральными соединениями, способствует повышению содержания кальция и восстановлению запаса питательных элементов;

– повышает эффективность использования применяемых минеральных и органических удобрений;

– повышает урожайность культур.

**2. Калимаг гранулированный**

Изготовитель: ООО «ЦТК», Брянская обл., г. Дятьково

Калимаг - гранулированное калийно-магниевое удобрение. По химическому составу представляет собой смесь хлорида калия, магния, кальция и натрия.

*Элементный состав Калиймага гранулированного, в %:*

массовая доля воды - 1,3;

массовая доля хлористого калия (KCl) в пересчете на K2O - 46,8;

массовая доля хлористого Mg (MgCl2) - 4,8.

*Эффективность*

Рекомендован для использования под все культуры, а также для их корневой подкормки. Для картофеля, подсолнечника, свеклы, капусты, овса и рапса (как зимних кормов), силосных культур (смешанного посева «горох-овес-подсолнечник») применение удобрения предпочтительнее хлористого калия для повышения и урожайности, и пищевой ценности продукции.

Наилучшие результаты дает использования данного удобрения на почвах легкого механического состава - песчаных, супесчаных и легкосуглинистых. На дерново-подзолистых супесчаных почвах эффективно применение Калимага для корнеплодов и овощей, силосных, зерновых и кормовых культур. Сроки внесения – основное до посева (осень – весна) и в подкормках. Расход удобрения (0,4 т/га) зависит от времени внесения и особенностей подкармливаемых растений.

**3. Боркалимагнезия аммонизированная (гранулированная удобрительная смесь)**

Изготовитель: ООО «АИП-ФОСФАТЫ», г. Брянск.

Боркалимагнезия - комплексное смешанное удобрение на основе доломитовой муки, калия хлористого, сульфата аммония и бора. **Содержит калий, кальций, бор, магний, кремний, которые участвуют в различных физико-химических процессах почвы и растений. Рационально использовать как мелиорант для известкования и калиевания почв.**

*Элементный состав Боркалимагнезия марки А:*

Содержание элементов питания, %

MgO – 11; CaO – 12; K2O – 12; N – 4; B – 0,25; Si – 2

***Эффективность, дозы применения***

**Боркалимагнезию можно использовать под все сельскохозяйственные культуры на всех типах почв. Хорошо использовать под зерновые и зернобобовые культуры, многолетние и однолетние травы, лен, кормовые культуры и многолетние насаждения. Повышает урожайность и качество продукции при применении под сахарную свеклу, картофель и овощи.**

**Боркалимагнезия приводит к снижению поступления радионуклидов из почвы в продукцию растениеводства. Механизм блокировки радиоактивных изотопов стронция и цезия связан с антагонистическим характером отношения цезия и калия, стронция и кальция в почвенном растворе.**

**В юго-западных районах Брянской области применение Боркалимагнезии снижает поступление 137Cs в продукцию растениеводства в 1,5–5,5 раза.**

Рекомендуется применять в виде основного (допосевного) удобрения под вспашку или под культивацию до посева сельскохозяйственных культур.

Нормы внесения (2 т/га) рассчитывают по потребности культуры в магнии, калии и кальции с учетом содержания этих элементов в почве.

**4. «ФОСАГРО» NP(S) 16:20 (12)**

Изготовитель: АО «Апатит», Россия, Вологодская область, г. Череповец

Комплексное трёхкомпонентное удобрение, содержащее азот, фосфор и серу. Хорошо подходит для почв с высокой обеспеченностью подвижным калием и низким содержанием подвижной серы. Высокое содержание серы делает данную марку незаменимой для масличных культур – рапса, подсолнечника, льна, так как сера способствует накоплению масла в семенах. Оптимизация серного питания важна также и для пшеницы, сои, так как сера способствует накоплению белка в зерне.

*Элементный состав:*

P2O5 воднорастворимый – 90% от общего содержания;

P2O5 ц. растворимый – 95% от общего содержания;

MgO – 0,3 – 1;

N – 16;

P2O5 – 20;

S – 12.

*Эффективность, дозы применения:*

– повышение урожайности культур на почвах с низкой обеспеченностью подвижной серой;

– стартовое весеннее удобрение для нута, сои, рапса, подсолнечника и льна;

– повышает содержание белка в зёрнах и масла в семенах;

– хорошо смешивается с другими удобрениями.

Вносится при посеве в дозе 0,5 т/га. Применимо для сельскохозяйственных культур: сахарная свёкла, овес, кукуруза на зерно, ячмень, рожь, картофель, подсолнечник, соя, рапс.

**5. «ФОСАГРО» NPK (S) 8:20:30 (2)**

Изготовитель: АО «Апатит», Россия, Вологодская область, г. Череповец

Марка с высоким содержанием калия и фосфора и низким содержанием азота, хорошо подходящая для основного внесения с осени. Имеет особую ценность для культур, требующих высокого содержания доступного фосфора и калия в почве. Высокоэффективна на почвах с низким содержанием подвижного калия: легких по гранулометрическому составу и с промывным водным режимом.

*Элементный состав:*

P2O5 воднорастворимый – 90% от общего содержания;

P2O5 ц. растворимый – 95% от общего содержания;

MgO – 0,3 – 1;

N – 8;

P2O5 – 20;

K2O – 30;

S – н.м. 2.

*Эффективность, дозы применения:*

– универсальное удобрение, идеальное для многолетних трав, сахарной свёклы и картофеля, а также зерновых и зернобобовых культур на почвах с высокой обеспеченностью серой;

– высокоэффективно при использовании в качестве основного удобрения, вносимого до посева многолетних трав;

– идеальное соотношение элементов питания для осеннего внесения под картофель, сахарную свёклу и другие корнеплоды.

Применяется при посеве или вразброс в дозе 0,3-0,5 т/га, для любых типов почв, для сельскохозяйственных культур: сахарная свёкла, многолетние травы, кукуруза на силос, картофель, подсолнечник, соя, рапс, пшеница, ячмень, рожь.

*Сертификат на соответствие Стандарту* СТО-56171713-023-2020 «Удобрения минеральные. Требования экологической безопасности и методы оценки» (разработан Экологическим Союзом и признан Всемирной ассоциацией экомаркировки (GEN), получен АО «Апатит» (Группа «ФосАгро»)).

**6. ГЕОТОН (Биологически активный органо-минеральный комплекс)**

Изготовитель: ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск

ГЕОТОН является органо-минеральным комплексом, полученным на основе биологически активных компонентов торфа, представляет собой жидкий концентрат темного цвета.Предназначен для предпосевной обработки семенного материала и для обработки вегетирующих растений;

*Элементный состав**(% на сухую массу):*

общий азот (N) – 9-14;

общий фосфор в пересчете на P2O5 – 23-25;

общий калий в пересчете на K2O – 23-29;

гуматы калия – 9-12.

*Характеристика и дозы применения:*

- высокоэффективное удобрение на основе биологически активных компонентов торфа;

- хорошо растворим в воде и может применяться с использованием традиционных технологий внесения жидких препаратов;

- совместим с большинством промышленно используемых удобрений и средств защиты растений;

- применяется в малых дозах – 0,8-1,0 л/га.

При предпосевной обработке семенного материала концентрат разводится в воде в соотношении 1:40. Расход препарата – 10 л рабочего раствора на 1 тонну семян;

При листовой обработке вегетирующих растений концентрат разводится водой в соотношении 1 л концентрата ГЕОТОНа на 200-300 л рабочего раствора на 1 га посевов.

Проводится 1-2 обработки за вегетационный период.

*Эффективность:*

- повышает эффективность использования минеральных и органических удобрений;

- повышение урожайности яровых зерновых культур на 15-40%;

- повышение урожайности озимых зерновых культур на 15-25%;

- предпосевная обработка семенного материала картофеля препаратом «ГЕОТОН» повышает его урожайность на 20-30%;

- 1-2-х- кратная обработка вегетирующих растений повышает урожайность овощных культур и картофеля от 10 до 35%

- повышение урожайности кормовых культур (люпин) на 10-15%;

- повышение содержания протеина в зерне яровых культур до 3%;

- снижение содержания нитратов в овощных культурах на 9-21%.

**6. ГУМИТОН (Биологически активный органо-минеральный комплекс)**

Изготовитель: ФГБНУ ВНИИРАЭ, г. Обнинск

ГУМИТОН является органо-минеральным комплексом, полученным на основе биологически активных компонентов торфа с добавлением микроэлементов, представляет собой жидкий концентрат темного цвета.Предназначен для предпосевной обработки семенного материала и для листовой обработки вегетирующих растений. Применяется при выращивании зерновых культур, картофеля, овощных, кормовых, технических культур в открытом и защищенном грунтах. Содержит макро – (N, P2O5 и K2O), микро (B, Mo, Mn) элементы, гуматы.

*Элементный состав**(% на сухую массу):*

общий азот (N) – 10-12;

общий фосфор в пересчете на P2O5 – 20-24;

общий калий в пересчете на K2O – 27-30;

органическое вещество – 18-22,

в том числе водорастворимые гуматы калия – 11-14;

бор (B) – 0,2;

молибден (Mo) – 0,1;

марганец (Mn) – 0,1.

Зольный остаток, содержащий окислы и соли Ca, Mg, Fe – 10,6-25,6.

*Характеристика:*

- высокоэффективный комплекс на основе биологически активных компонентов торфа;

- растворим в воде и может применяться с использованием традиционных технологий внесения жидких препаратов;

- совместим с большинством промышленно используемых удобрений и средств защиты растений (кроме гербицидов) (обработка ГУМИТОНом проводится минимум за 7 дней до и 7 дней после обработки гербицидами);

- повышает эффективность использования растениями ресурсов почвенного плодородия, вносимых минеральных и органических удобрений;

*Технология применения*

*Листовая обработка* проводится путем опрыскивания вегетирующих растений в фазу массовых всходов и в период формирования генеративных органов, 1-2 раза за сезон. *Дозировка:* 1 литр концентрата ГУМИТОНа в 200-300 литрах воды на 1 гектар.

*Предпосевная обработка* проводится путем протравливания или опрыскивания семенного материала рабочим раствором. *Дозировка:* 0,25 литра концентрата ГУМИТОНа в 10 литрах воды на 1 тонну семян.

*Эффективность:*

- повышение урожайности яровых зерновых культур на 15-40%;

- повышение урожайности озимых зерновых культур на 15-25%;

- повышение урожайности кормовых культур (люпин) на 10-15%;

- повышение урожайности овощных культур (морковь) на 15-30%;

- повышение содержания протеина в зерне яровых культур до 3%;

- снижение содержания нитратов в овощных культурах на 9-21%.

*Патент на изобретение №2709737 от 19 декабря 2019 г.;*

*Свидетельство на товарный знак (знак обслуживания) №718667 от 05 июля 2019 г.*

**7. ГУМИСТИМ (Экологически чистое жидкое органическое удобрение)**

Изготовитель: ООО "ССХП "Женьшень", Брянская область, Унечский район, д. Пески

ГУМИСТИМ является жидким экологически чистым органическим удобрением, произведенным из биогумуса. Рекомендуется в качестве жидкого водорастворимого органического удобрения для предпосевного замачивания семян и подкормки зерновых, овощных, кормовых, плодово-ягодных, цветочных и др. культур, возделываемых в сельскохозяйственном производстве, фермерских и личных хозяйствах.

*Элементный состав:*

- массовая доля гуминовых веществ не менее 0,25%;

- гуматов, на сухое вещество не менее 3-4%;

- NPK не менее 5% на сухое вещество;

- значение рН 7,0…9,5

*Характеристика, эффективность, дозы применения*

**ГУМИСТИМ -** комплекс натуральных и безопасных стимуляторов роста для развития растений. Его использование оказывает положительное действие на процессы роста, обмена и фотосинтеза, что способствует повышению урожая сельскохозяйственных культур.

Препарат оказывает следующее действие:

- повышает всхожесть и энергию прорастания семян,

- стимулирует корнеобразование у растений,

- способствует быстрому укоренению черенков,

- стимулирует рост и ускоряет развитие растений,

- снижает содержание нитратов в плодах и овощах,

- препятствует поступлению ТМ и радионуклидов в растения,

- увеличивает содержание сахаров, белков и витаминов,

- устраняет хлороз и стимулирует цветение и плодоношение,

- усиливает устойчивость растений к заболеваниям,

- повышает качество урожая и продляет сроки его хранения,

- ускоряет созревание - полноценный урожай созревает на 2-3 недели раньше срока.

Применяется в дозе 2 л/га.

***3.2.3.2. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения агромелиорантов и новых видов комплексных удобрений при возделывании зерновых культур и картофеля***

По результатам полевых исследований и производственных испытаний на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях юго-западных районов Брянской области оценена эффективность применения агромелиорантов и новых форм комплексных удобрений на показатели агрономической, радиологической и экономической эффективности.

Агрономическая эффективность определялась на основании оценки изменения показателей почвенного плодородия, урожайности культур и качества продукции растениеводства.

Радиологическая эффективность определялась по кратности снижения содержания 137Cs в растениях и коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в растения, а также возможности получения продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническими требованиями (СанПиН 2.3.2. 2650–10).

Технология производства продукции растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях эффективна, если она обеспечивает получение экологически безопасной по содержанию радионуклидов продукции при условии экономической оправданности затрат на ее производство. В растениеводстве в целом (в том числе при возделывании зерновых культур и картофеля) для оценки экономической эффективности новых видов удобрений используются такие показатели, как чистая прибыль от реализации продукции, полученной с применением новых удобрений, в тыс. руб./га; дополнительные затраты на применение удобрений и увеличение уровня рентабельности производства. На сельскохозяйственных предприятиях важным показателем является Условно чистый полученный доход от применения удобрений в звене севооборота, в руб./га или в рублях на 1 рубль затрат (Приложение 10).

***Эффективность применения агромелиорантов и новых форм комплексных удобрений при возделывании ячменя***

В полевых опытах испытывали действие традиционных агромелиорантов и новых видов удобрений (Доломитовая мука, Калимаг, ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2), ФосАгро NP 16:20, Боркалимагнезия), а также новых комплексных органо-минеральных удобрений (Геотон, Гумитон, Гумистим) на посевах ячменя сорт Владимир в СПК «Заречье» Новозыбковского района на дерново-подзолистых супесчаных почвах при плотности загрязнения 137Cs 601,4 кБк⋅м-2 (16,3 Ku⋅rм-2).

При применении традиционных агромелиорантов и новых видов удобрений увеличивается содержание в почве калия и гумуса, а при внесении Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP - бора и молибдена.

По критерию повышения урожайности ячменя наибольшая эффективность получена при сочетании доломитовой муки с Калимагом и ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2)– 19,6 ц/га, а также доломитовой муки с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) - 15,4 ц/га. Наименее эффективно применение Боркалимагнезии (табл. 3.29).

По кратности снижения поступления 137Cs в зерно ячменя наиболее эффективными оказались ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2)в чистом виде и в сочетании с доломитовой мукой (2,8 и 3,5 раза, соответственно). Содержание 137Cs в зерне ячменя во всех вариантах опытов было ниже допустимого содержания в соответствии с СанПиН 2.3.2. 2650–10 (60 Бк⋅кг-1) при достаточно высокой средней плотности загрязнения угодий 137Cs 601,4 кБк⋅м-2 (16,3 Ku⋅км-2).

Обработка вегетирующих растений Гумитоном повышает урожай зерна ячменя на фоне технологии хозяйства на 29,1% (максимальное значение для всех используемых гуминовых препаратов). Наибольший эффект от действия Гумитона (повышение урожая зерна на 28,9 и 30,6 %) получен при внесении Боркалимагнезии и Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NPК (S) 8:20:30 (2), соответственно. Эффект на вариантах с внесением ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) и доломитовой муки оказался слабее (23,9 и 23,0 % соответственно).

Наибольший эффект по снижению перехода 137Cs в зерно в опыте с применением Гумитона получен при внесении доломитовой муки в сочетании с Калимагом и в сочетании с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) и Калимагом (4,4 и 3,3 раза соответственно), а также при применении Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP (3,8 раза). Применение Боркалимагнезии и Калимагом в чистом виде не влияют или влияют незначительно на переход 137Cs в зерно ячменя.

Обработка посевов Гумитоном при любом агрофоне доказала свою эффективность как в повышении продуктивности, так и в снижении поступления 137Cs в продукцию (табл. 3.30).

Из применяемых органо-минеральных гуминовых препаратов (Геотон, Гумитон, Гумистим) Гумитон оказался наиболее эффективным как в отношению повышения урожая зерна ячменя (на 17-31%), так и снижения перехода 137Cs в зерно (максимальная кратность снижения достигала 4,4 раза по сравнению с 2,5 раза при применении Геотона и 3,0 раза - Гумистима).

Содержание 137Cs в зерне во всех вариантах опыта, в том числе на контроле было ниже нормативов СанПиН 2.3.2. 2650-10 (60 Бк/кг).

Таблица 3.29. Влияние агромелиорантов и новых видов удобрений на урожайность и накопление 137Cs в зерне ячменя (СПК «Заречье», Новозыбковский район Брянской области, 2020 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Урожай-ность, ц/га | Прибавка урожая, ц/га | % | Содержание 137Cs в зерне, Бк/кг | Кп 137Cs | Кратность снижения Кп 137Cs, раз |
| **Схема I**  Фон – технология хозяйства | 22,0 | – | – | 15,2 | 0,028 | – |
| Фон + доломитовая мука | 28,2 | 6,2 | 28,2 | 17,3 | 0,030 | – |
| Фон + доломитовая мука + Калимаг | 28,3 | 6,3 | 28,6 | 12,7 | 0,022 | 1,3 |
| Фон + ФосАгро NPK8:20:30 | 30,6 | 8,6 | 39,1 | 6,1 | 0,010 | 2,8 |
| Фон + доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 | 37,4 | 15,4 | 70,0 | 5,6 | 0,008 | 3,5 |
| Фон + доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 + Калимаг | 41,6 | 19,6 | 89,1 | 7,3 | 0,013 | 2,2 |
| НСР05 | 3,9 | – | – | – | – | – |
| **Схема II**  Фон – технология хозяйства | 22,0 | – | – | 15,2 | 0,028 | – |
| Фон + Боркалимагнезия | 29,8 | 7,8 | 35,5 | 15,6 | 0,028 | – |
| Фон + Боркалимагнезия + ФосАгро NP | 22,2 | 0,2  (НД) \* | – | 16,9 | 0,030 | – |
| НСР05 | 2,8 | – | – | – | – | – |

\*НД – не достоверно

Таблица 3.30. Влияние агромелиорантов и новых видов удобрений при совместном применении с Гумитоном на урожайность и накопление 137Cs в зерне ячменя (СПК Новозыбковский район Брянской области, «Заречье», 2020 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Урожайность, ц/га | Прибавка общая, ц/га | % | Прибавка за счет Гумитона, ц/га | % | Содержание 137Cs в зерне, Бк/кг | Кп 137Cs | Кратность снижения  Кп 137, раз | Кратность снижения Кп 137Cs за счет Гумитона, раз |
| Схема 1  Фон–технология хозяйства +Гумитон | 28,4 | – |  | 6,4 | 29,1 | 5,5 | 0,012 | – | 2,3 |
| Фон + доломитовая мука +Гумитон | 34,7 | 6,3 | 22,2 | 6,5 | 23,0 | 14,0 | 0,025 | – | 1,2 |
| Фон + доломитовая мука + Калимаг+ Гумитон | 31,0 | 2,6  (НД)\* | – | 2,7  (НД)\* | – | 2,7 | 0,005 | 2,4 | 4,4 |
| Фон + ФосАгро NPK8:20:30 +Гумитон | 37,9 | 9,5 | 33,5 | 7,3 | 23,9 | 3,5 | 0,006 | 2,0 | 1,7 |
| Фон + доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 +Гумитон | 43,6 | 15,2 | 53,5 | 6,2 | 16,6 | 3,4 | 0,005 | 2,4 | 1,6 |
| Фон + доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30+ Калимаг +Гумитон | 44,4 | 16,0 | 56,3 | 2,8  (НД)\* | – | 2,2 | 0,004 | 3,0 | 3,3 |
| НСР05 | 4,8 | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Схема II  1. Фон – технология хозяйства +Гумитон | 28,4 | – |  | 6,4 | 29,1 | 5,5 | 0,012 | – | 2,3 |
| 2. Фон + Боркалимагнезия +Гумитон | 38,4 | 10,0 | 35,2 | 8,6 | 28,9 | 5,1 | 0,012 | – | 2,3 |
| 3. Фон + Боркалимагнезия + ФосАгро NP + Гумитон | 29,0 | 0,6  (НД)\* | – | 6,8 | 30,6 | 4,4 | 0,008 | 1,5 | 3,8 |
| НСР05 | 3,9 | – | – | – | – | – | – | – | – |

\*НД – не достоверно

*Производственные испытания* с применением наиболее эффективных по результатам полевых опытов новых форм удобрений (ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) и Гумитон) на посевах ячменя сорт Владимир на дерново-подзолистых супесчаных почвах в 2021-2022 г. подтвердили эффективность их применении.

При расчете экономической эффективности применения агрохимических средств основное внимание было уделено двум наиболее важным показателям: условно чистому доходу (руб./га) и окупаемости затрат (руб./руб.) (Приложение 10).

Средняя за три года прибавка урожая зерна при применении ФосАгро NPK(S) 8:20:30 (2) совместно с Гумитоном составила 45,5%, средняя кратность снижения содержания 137Cs - 2,2 раза, а условно чистый доход на 1 руб. затрат - 0,96 руб. (табл. 3.31).

Обработка вегетирующих растений ячменя препаратом Гумитон повышает урожайность ячменя на 17,3-29,0%. Радиологическая эффективность снижения поступления 137Cs в зерно ячменя составила в среднем 2,2 раза, словно чистый доход на 1 руб. затрат - 9,89 руб. (табл. 3.32).

Таблица 3.31. Радиологическая и экономическая эффективность сочетанного применения Гумитона с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) при возделывании ячменя (2020-2022 годы)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Урожайность, ц/га | Общая  прибавка, ц/га | % | Содержание 137Cs, Бк/кг | Кп137Cs | Кратность снижения Кп137Cs, раз | Условно чистый доход на 1 рубль затрат, руб. |
| 2020 | 37,9 | 15,9 | 72,3 | 3,5 | 0,006 | 2,0 | 1,23 |
| 2021 | 17,5 | 3,5 | 25,0 | 3,4 | 0,0053 | 2,1 | 0,42 |
| 2022 | 32,0 | 11 | 39,1 | 3,3 | 0,008 | 1,4 | 1,22 |
| **Среднее** | **29,1** | **10,1** | **45,5** | **3,4** | **0,006** | **1,8** | **0,96** |

Таблица 3.32. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения Гумитона при возделывании ячменя (2020-2022 годы)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год | Урожайность, ц/га | Прибавка за счет Гумитона, ц/га | % | Содержание 137Cs в вегетативной массе, Бк/кг | Кп137Cs | Кратность снижения Кп137Cs, раз | Условно чистый доход на 1 рубль затрат, руб. |
| 2020 | 28,4 | 6,4 | 29,0 | 5,5 | 0,012 | 2,3 | 17,6 |
| 2021 | 16,5 | 2,5 | 17,8 | 1,7 | 0,0028 | 2,0 | 6,13 |
| 2022 | 27,0 | 4,0 | 17,3 | 4,2 | 0,011 | - | 5,94 |
| **Среднее** | **23,9** | **4,3** | **21,4** | **3,8** | **0,009** | **2,2** | **9,89** |

***Эффективность применения агромелиорантов и новых форм комплексных удобрений при возделывании озимой ржи***

В полевых опытах испытывали действие традиционных агромелиорантов и новых видов удобрений (Доломитовая мука, Калимаг, ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2), ФосАгро NP 16:20, Боркалимагнезия), а также новых комплексных органо-минеральных удобрений (Геотон, Гумитон, Гумистим) на посевах озимой ржи сорта Валдай на сельскохозяйственных угодьях ИП ГКФХ Грибанов И.Н., расположенных в северо-восточной части Красногорского района Брянской области. Озимая рожь возделывалась по технологическим требованиям, типичным для региона.

При применении традиционных агромелиорантов и новых видов удобрений увеличивается содержание в почве калия, гумуса и фосфора, незначительно улучшаются показатели кислотность почвы.

По показателю повышения урожайности при возделывании озимой ржи эффективным было применение ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) в чистом виде и на фоне доломитовой муки – 36,4 и 38,5%, соответственно, а максимальный эффект получен при комплексном применении доломитовой муки + ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) + Калимаг (45,1%) (табл. 3.33).

По показателю снижения накопления 137Cs в зерне озимой ржи максимальный эффект достигался при применении доломитовая мука + ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) (3,6 раза). Не оказало влияние на переход радионуклида в зерно применение Боркалимагнезии как в чистом виде, так и с ФосАгро NP.

Обработка вегетирующих растений органо-минеральным комплексом Гумитон, содержащим гуматы калия и микроэлементы, повышает урожай зерна озимой ржи на фоне хозяйства на 25,1%. Близкий эффект получен от действия Гумитона (25,1%) получен при внесении Боркалимагнезии (табл. 3.34).

Наибольший эффект по снижению перехода 137Cs в зерно при обработке Гумитона получен при внесении доломитовой муки - 3,7 раза и на фоне хозяйства 2,4 раза. Применение Боркалимагнезия не влияет переход 137Cs в зерно озимой ржи.

При применении новых видов удобрений при выращивании озимой ржи показатель условно чистого дохода на 1 руб. затрат варьирует от 1,85 до 19,5 руб. и имеет максимальное значение при применении Гумитона по фону хозяйства.

Таблица 3.33. Эффективности новых видов удобрений для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs при возделывании озимой ржи (ИП ГКФХ Грибанов И.Н., Красногорский район Брянской области, 2021 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Урожай зерна, ц/га | Прибавка за счет удобрений, ц/га | % | Содержание 137Cs в продукции, Бк/кг | Кп137Cs | Кратность снижения Кп137Cs, раз |
| Схема I.  Фон 1 – технология хозяйства | 19,5 | - | - | 6,4 | 0,034 | - |
| Фон 1 + Доломитовая мука | 21,4 | 1,9 | 9,7 | 9,1 | 0,044 | - |
| Фон 1 + Доломитовая мука + Калимаг | 23,5 | 4,0 | 20,5 | 5,6 | 0,022 | 1,5 |
| Фон 1 + ФосАгро NPK8:20:30 | 26,6 | 7,1 | 36,4 | 7,8 | 0,051 | - |
| Фон 1 + Доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 | 27,0 | 7,5 | 38,5 | 2,5 | 0,011 | 3,1 |
| Фон 1 + Доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 + Калимаг | 28,3 | 8,8 | 45,1 | 5,3 | 0,021 | 1,6 |
| Схема II.  Фон 2 – технология хозяйства | 22,2 | - | - | 4,8 | 0,021 | - |
| Фон 2 + Боркалимагнезия | 26,8 | 4,6 | 20,7 | 4,4 | 0,014 | - |
| Фон 2 + Боркалимагнезия + ФосАгро NP | 29,2 | 7,0 | 31,5 | 9,7 | 0,025 | - |

Таблица 3.34. Влияние Гумитона на урожай и содержание 137Cs в зерне озимой ржи (ИП ГКФХ Грибанов И.Н., Красногорский район Брянской области, 2021 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Урожай зерна, ц/га | Прибавка за счет удобрений, ц/га | % | Прибавка за счет Гумитона, ц/га | % | Содержание 137Cs в продукции, Бк/кг | Кп  137Cs | Кратность снижения за счет Гумитона, раз |
| Схема I.  Фон 1 – технология хозяйства+  Гумитон | 24,4 | - | - | 4,9 | 25,1 | 3,1 | 0,014 | 2,4 |
| Фон 1 + Доломитовая мука + Гумитон\_ | 25,2 | - | - | 3,8 | 17,8 | 3,2 | 0,012 | 3,7 |
| Фон 1 + Доломитовая мука + Калимаг+ Гумитон | 28,1 | 3,7 | 15,2 | 4,6 | 19,6 | 6,2 | 0,021 | - |
| Фон 1 + ФосАгро NPK 8:20:30 +Гумитон | 31,0 | 6,6 | 27,0 | 4,4 | 16,5 | 9,2 | 0,038 | 1,3 |
| Фон 1 + Доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 | 32,5 | 8,1 | 33,2 | 5,5 | 20,4 | 3,9 | 0,018 | - |
| Фон 1 + Доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 + Калимаг | 34,4 | 10,0 | 41,0 | 6,1 | 21,6 | 3,0 | 0,014 | 1,5 |
| Схема II.  Фон 2 – технология хозяйства | 27,1 | - | - | 4,9 | 22,1 | 4,7 | 0,013 | 1,6 |
| Фон 2 + Боркалимагнезия | 33,6 | 6,5 | 24,0 | 6,8 | 25,4 | 4,5 | 0,016 | - |
| Фон 2 + Боркалимагнезия ФосАгро NP | 34,5 | 7,4 | 27,3 | 5,3 | 18,2 | 4,9 | 0,016 | 1,6 |

*Производственные испытания* по оценке эффективности применения органо-минерального комплекса Гумитон при возделывании озимой ржи сорта Московская 15 были проведены в 2022 году на сельскохозяйственных угодьях СПК «Заречье» Новозыбковского района Брянской области. Обработка посевов озимой ржи Гумитоном в дозе 1 л/га была проведена в фазу колошения.

Урожайность за счет применения Гумитона повысилась на 19%. Накопление 137Cs в зерне озимой ржи снизился в 1,8 раза, при этом содержание радионуклида было ниже норматива СанПиН 2.3.2. 2650-10 (60 Бк/кг) в 4,2-7,7 раза.

Экономическая оценка эффективности применения Гумитона показала, что чистый доход на 1 руб. затрат составил 2,0 руб. (табл. 3.35).

Таблица 3.35. Влияние Гумитона на урожай и содержание 137Cs в зерне озимой ржи (СПК «Заречье», Новозыбковский район Брянской области, 2022 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Урожай  ность зерна, ц/га | Прибавка за счет Гумитона, ц/га | % | Содержание 137Cs в продукции, Бк/кг | Кп137Cs | Кратность снижения Кп137Cs, раз | Условно чистый доход на 1 руб. затрат |
| Фон, технология хозяйства | 21 | - | - | 14 | 0,038 | - |  |
| Фон, технология хозяйства + Гумитон | 25 | 4,0 | 19 | 7,8 | 0,021 | 1,8 | 2,0 |

***Эффективность применения агромелиорантов и новых форм комплексных удобрений при возделывании картофеля***

В полевых опытах испытывали действие традиционных агромелиорантов и новых видов удобрений, созданных на базе агроруд (Доломитовая мука, Калимаг, ФосАгро NPK NPK 8:20:30, ФосАгро NP 16:20, Боркалимагнезия), а также новых комплексных органо-минеральных удобрений (Гумитон, Геотон, Гумистим) при возделывании картофеля Сорта Леди Клер на дерново-подзолистых супесчаных почвах в ООО ФХ «Пуцко» (Новозыбковский район Брянской области).

При применении традиционных агромелиорантов и новых видов удобрений увеличивается содержание в почве калия, фосфора и гумуса. После применения агромелиорантов незначительно улучшились показатели кислотность почвы.

Наиболее эффективными для повышения урожайности картофеля на дерново-подзолистой супесчаной почве являются следующие виды агромелиорантов и удобрений: Боркалимагнезия (прибавка урожая 53,8 % по отношению к контролю), Боркалимагнезия в сочетании с ФосАгро NP (38,5 %), доломитовая мука в сочетании с Калимагом и ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) (37,3 %), соответственно. Внесение доломитовой муки в чистом виде на нейтральной почве не повышает урожай клубней (табл. 3.36).

Наибольший эффект по снижению перехода 137Cs в клубни получен при внесении Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP; доломитовой муки в сочетании с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2); доломитовая мука с ФосАгро NPK ФосАгро NPK(S) 8:20:30 (2)+Калимаг; доломитовая мука с с Калимагом: кратность снижения составила соответственно 6,7; 6,7; 6,4 и 5,8 раза. Эффект как от внесения ФосАгро NPK(S) 8:20:30 (2), так и от внесения чистой доломитовой муки, оказался слабее (4,8 и 3,1 раза, соответственно).

Обработка вегетирующих растений ячменя Гумитон повышает урожайность картофеля на технологии хозяйства на 32,7 % (табл. 3.37). Эффект от действия Гумитона получен при внесении доломитовой муки и ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) -повышение урожая клубней на 18,2 и 12,3 %, соответственно. Наибольший эффект по снижению перехода 137Cs в клубни картофеля при применении Гумитона получен на технологии хозяйства – 6,4 раза.

Из трех изученных органо-минеральных комплексов Гумитон оказался наиболее эффективным в отношению снижения перехода 137Cs в клубни картофеля - кратность снижения на фоне хозяйства составила 6,4 раза (по сравнению с 5,0 раза при применении Геотона и Гумистима).

Таблица 3.36. Эффективность агромелиорантов и новых видов удобрений для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в технологиях возделывания картофеля (ООО «ФХ Пуцко», Новозыбковский район Брянской области, 2020 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Урожай-ность, ц/га | Прибавка за счет удобрений, ц/га | % | Содержание 137Cs в продукции, Бк/кг | Кп 137Cs | Кратность снижения, раз |
| Схема I  Фон – технология хозяйства | 260 | – | – | 16,3 | 0,134 | – |
| Фон + доломитовая мука | 275 | 15  (НД) | – | 6,0 | 0,043 | 3,1 |
| Фон + доломитовая мука + Калимаг | 328 | 68 | 26,2 | 3,7 | 0,023 | 5,8 |
| Фон + ФосАгро NPK 8:20:30 | 318 | 58 | 22,3 | 4,0 | 0,028 | 4,8 |
| Фон + доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 | 342 | 82 | 31,5 | 3,2 | 0,020 | 6,7 |
| Фон + доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 + Калимаг | 357 | 97 | 37,3 | 3,4 | 0,021 | 6,4 |
| Схема II  Фон – технология хозяйства | 260 | – | – | 16,3 | 0,134 | – |
| Фон + Боркалимагнезия | 400 | 140 | 53,8 | 12,0 | 0,075 | 1,8 |
| Фон + Боркалимагнезия + ФосАгро NP | 360 | 100 | 38,5 | 3,4 | 0,020 | 6,7 |

Таблица 3.37. Эффективность применения новых видов удобрений и органо-минерального комплекса Гумитон для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в технологиях возделывания картофеля (ООО «ФХ Пуцко», Новозыбковский район Брянской области, 2020 г.)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Урожай-ность, ц/га | Прибавка за счет удобрений, ц/га | % | Прибавка за счет Гумитона, ц/га | % | Содержание 137Cs в продукции, Бк/кг | Кп 137Cs | Кратность снижения за счет Гумитона, раз |
| Схема I  Фон – технология хозяйства +Гумитон | 345 | – | – | 85 | 32,7 | 4,2 | 0,021 | 6,4 |
| Фон + доломитовая мука +Гумитон | 325 | – | – | 50 | 18,2 | 10,1 | 0,055 | – |
| Фон + доломитовая мука + Калимаг +Гумитон | 351 | 6  (НД) | – | 23  (НД) | – | 6,8 | 0,036 | – |
| Фон + ФосАгро NPK 8:20:30 +Гумитон | 357 | 12  (НД) | – | 39 | 12,3 | 7,6 | 0,039 | – |
| Фон + доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 +Гумитон | 368 | 23  (НД) | – | 26  (НД) | – | 9,1 | 0,050 | – |
| Фон + доломитовая мука + ФосАгро NPK 8:20:30 + Калимаг+Гумитон | 390 | 45 | 13,0 | 33  (НД) | – | 5,1 | 0,030 | – |
| Схема II  Фон – технология хозяйства +Гумитон | 345 | – | – | 85 | 32,7 | 4,2 | 0,021 | 6,4 |
| Фон + Боркалимагнезия +Гумитон | 434 | 89 | 25,8 | 34 | 8,5 | 6,0 | 0,048 | 1,6 |
| Фон + Боркалимагнезия + ФосАгро NP +Гумитон | 403 | 58 | 16,8 | 43 | 11,9 | 2,5 | 0,017 | 1,2 |

По результатам полевых опытов для производственных испытаний по оценке эффективности новых видов удобрений для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в технологиях возделывания картофеля рекомендуется использовать Боркалимагнезию и ФосАгро NPK(S) 8:20:30 (2). Доломитовую муку, вследствие отсутствия достоверного влияния на урожайность, вносить под картофель, особенно на близких к нейтральным и нейтральным почвам, не рекомендуется. Из трех изучаемых видов органо-минеральных гуминовых препаратов следует применять Гумитон как наиболее эффективный в отношении влияния на урожайность клубней и снижения поступления 137Cs в продукцию, к тому же содержащий необходимые для сельскохозяйственных растений, особенно на легких почвах, микроэлементы (B, Mo, Mn).

*Производственные испытания* оценке эффективности новых видов удобрений ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) и органо-минерального комплекса Гумитон в технологиях возделывания картофеля сорта Леди Клер проводили в 2021-2022 гг. на базе ООО «ФХ Пуцко», Новозыбковский район Брянской области на дерново-подзолистой песчаной почве.

Применение Гумитона в среднем за три года работ обеспечило повышение урожайности на 33,1 %, а в комбинации с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) – на 48,2% (табл. 3.39, 3.40). При этом содержание нитратов в клубнях ниже нормативов (165-225 мг/кг). Содержание крахмала при внесении ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) увеличилось на 57% по отношению к фону хозяйства. Обработка посадок Гумитоном способствовала росту содержания крахмала на 23%.

Эффективность по критерию снижения перехода 137Cs в клубни в среднем составил 3,1 раза, а при комбинации с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) – 2,3 раза.

Условно чистый доход при обработке посевом Геотоном варьирует по годам, а в среднем составил 184,92 руб. на 1 руб. затрат. При совместном применении Гумитона и ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) составил 11,88 руб.

Таблица 3.39. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения Гумитона для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в технологиях возделывания картофеля за период 2020-2022 годы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год проведения работ | Урожайность, ц/га | Прибавка за счет Гумитона, ц/га | Прибавка, % | Содержание 137Cs в вегетативной массе, Бк/кг | Кп137Cs | Кратность снижения Кп137Cs, раз | Условно чистый доход на 1 рубль затрат, руб. |
| 2020 | 345 | 85 | 33,0 | 4,2 | 0,021 | 6,4 | 134,2 |
| 2021 | 300 | 110 | 58,0 | 11,9 | 0,040 | 1,4 | 381,5 |
| 2022 | 320 | 50 | 8,3 | 1,9 | 0,014 | 1,4 | 39,06 |
| **Среднее** | **321,7** | **81,7** | **33,1** | **6,0** | **0,025** | **3,1** | **184,92** |

Таблица 3.40. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность сочетанного применения Гумитона с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в технологиях возделывания картофеля за период 2020-2022 годы.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год проведения работ | Урожайность, ц/га | Общая  прибавка, ц/га | Прибавка, % | Содержание 137Cs в вегетативной массе, Бк/кг | Кп137Cs | Кратность снижения Кп137Cs, раз | Условно чистый доход на 1 рубль затрат, руб. |
| 2020 | 357 | 97 | 37,3 | 7,6 | 0,039 | 3,4 | 10,53 |
| 2021 | 320 | 130 | 68,4 | 7,2 | 0,037 | 1,7 | 18,73 |
| 2022 | 375 | 105 | 38,9 | 1,5 | 0,010 | 1,9 | 6,37 |
| **Среднее** | **350,7** | **110,7** | **48,2** | **5,4** | **0,028** | **2,3** | **11,88** |

**3.2.4. Рекомендации по применению новых видов комплексных удобрений при возделывании зерновых и картофеля**

Недостаточные объемы применения удобрений и ухудшение почвенного плодородия определяют необходимость, с одной стороны, поиска новых более дешевых альтернативных источников элементов питания, а, с другой, разработки новых более эффективных форм удобрений.

В условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий стоит задача повышения почвенного плодородия и урожайности культур, а также получения продукции растениеводства, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям. В последние годы разрабатываются и проходят испытания новые виды удобрений и препаратов, показывающих высокую эффективность как в отношении повышения продуктивности сельскохозяйственных культур и качества продукции, так и получения экологически безопасной продукции растениеводства на радиоактивно загрязненных территориях.

Следует отметить применение традиционных и новых комплексных удобрений (на базе агроруд): ФосАгро NPK (8:20:30), ФосАгро NP (16:20), Боркалимагнезия, доломитовая мука, калий маг. Из последних отечественных разработок наиболее перспективными являются гуминовые препараты для листовой обработки вегетирующих растений и для предпосевной обработки семенного материала: Гумитон, Геотон, Гумистим.

Внесение в почву новых агромелиорантов способствует закреплению 137Cs в почве и, как следствие, снижению перехода 137Cs в растения. Внесение доломитовой муки повышает содержание в почве фиксированной фракции 137Cs с 78,2 % (на контроле) до 81,7 %. Применение ФосАгро, КалийМага, как при раздельном внесении, так и в сочетании с доломитовой мукой, повышают долю фиксированного 137Cs до 85–86 %. Внесение Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP также повышает долю фиксированного 137Cs до 85 %, при этом снижается доля обменного 137Cs (с 6,5 % на контроле до 3,5–4,8 %). Данный эффект достигается взаимодействием кальция, магния, фосфора, калия, содержащих компонент этих удобрений, с почвенно-поглощающим комплексом.

Внесение Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP увеличивает содержание микроэлементов (бора и молибдена) в почве.

В целях снижения поступления 137Cs в растения и регулирования содержания подвижных форм микроэлементов в почве следует рекомендовать: на слабокислых, не требующих известкования почвах – внесение смеси ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2), на кислых почвах – в сочетании с доломитовой мукой.

Оценка эффективности новых видов удобрений по агрономическим, радиологическим и экономическим критериям позволила выделить новые комплексные удобрения ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2). Среди органо-минеральных комплексов выделен Гумитон как наиболее эффективный препарат как при чистом внесении, так и в комбинации с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2).

Наиболее перспективным приемом является комбинация обработки Гумитоном и внесением ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) или Боркалимагнезии. Необходимо отметить, что по критерию снижения накопления 137Сs, Боркалимагнезии является менее эффективной по сравнению с ФосАгро NPK 8:20:30.

Эффективность удобрений определяется их составом, сроком и дозами применения, а также возделываемой сельскохозяйственной культурой.

Результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний по оценке эффективности новых видов удобрений для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в сельскохозяйственных культурах показывают, что на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях в хозяйствах Новозыбковского и Красногорского районов Брянской области под ячмень, озимую рожь, картофель целесообразно применять следующие виды удобрений и их сочетаний: ФосАгро NPK, Боркалимагнезия, в том числе в сочетании с Гумитоном. Следует отметить, что Боркалимагнезия является менее эффективной комплексом для снижения накопления радионуклидов в растениях по сравнению с ФосАгро NPK *(S) 8:20:30 (2)*.

***Рекомендации по применению новых форм удобрений при возделывании ячменя***

Для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в технологиях возделывания ячменя рекомендуется использовать новые виды удобрений, такие как Боркалимагнезия и ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2). Доломитовую муку, вследствие ее слабого влияния на урожайность, вносить под зерновые культуры, особенно на нейтральных почвах, не рекомендуется.

Из трех изучаемых видов органо-минеральных гуминовых препаратов следует применять Гумитон как наиболее эффективный в отношении влияния на урожайность ячменя и снижения поступления 137Cs в зерно, к тому же содержащий необходимые для сельскохозяйственных растений, особенно на легких почвах микроэлементы (B, Mo, Mn). Обработка посевов Гумитоном доказала эффективность при любом агрофоне.

По результатам оценки применения агромелиорантов, удобрений на базе агроруд и новых форм органо-минеральных комплексных удобрений установлено, что для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в зерне ячменя наиболее эффективными являются:

- Гумитон: прибавка урожая 17,3-29,0 %; снижение накопления 137Сs в зерне ячменя в 2,0-2,3 раза; условно чистый доход на 1 руб. затрат 5,94-17,6 руб.

- ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2): прибавка урожая 8,6 ц/га (39,1%); снижение накопления 137Сs в зерне ячменя в 2,8 раза;

- ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон: прибавка урожая 3,5-15,9 ц/га; снижение накопления 137Сs в зерне ячменя в 1,4-2,1 раза;

- Боркалимагнезия + Гумитон: прибавка урожая 8,6 ц/га; снижение накопления 137Сs в зерне ячменя в 2,3 раза.

Технология применения комплексного удобрения «ФОСАГРО» NPK (S) 8:20:30 (2): применяется при посеве или вразброс в дозе 0,3-0,5 т/га; удобрение высокоэффективно на почвах с низким содержанием подвижного калия: легких по гранулометрическому составу и с промывным водным режимом; особенно ценно для культур, требующих высокого содержания доступного фосфора и калия в почве (сахарная свекла, картофель, зерновые и зернобобовые культуры, многолетние травы).

*Сертификат на соответствие Стандарту* СТО-56171713-023-2020 «Удобрения минеральные. Требования экологической безопасности и методы оценки» (разработан Экологическим Союзом и признан Всемирной ассоциацией экомаркировки (GEN), получен АО «Апатит» (Группа «ФосАгро»)).

*Технология применения Боркалимагнезия:* рекомендуется применять в виде основного (допосевного) удобрения под вспашку или под культивацию до посева сельскохозяйственных культур.

Нормы внесения (2 т/га) рассчитывают по потребности культуры в магнии, калии и кальции с учетом содержания этих элементов в почве.

*Технология применения Гумитона:* применяется в виде водных растворов различной концентрации; растворим в воде и может применяться с использованием традиционных технологий внесения жидких препаратов; совместим с большинством промышленно используемых удобрений и средств защиты растений (кроме гербицидов) (обработка ГУМИТОНом проводится минимум за 7 дней до и 7 дней после обработки гербицидами).

Листовая обработка проводится путем опрыскивания вегетирующих растений в фазу массовых всходов и в период формирования генеративных органов (1-2 раза за сезон). Дозировка: 1 л концентрата ГУМИТОНа в 200-300 л воды на 1 гектар.

Предпосевная обработка проводится путем протравливания или опрыскивания семенного материала рабочим раствором. Дозировка: 0,25 л концентрата ГУМИТОНа в 10 л воды на 1 т семян.

*Патент на изобретение* №2709737 от 19.12.2019 г.

*Свидетельство на товарный знак* (знак обслуживания) №718667 от 05.07.2019 г.

Свидетельство о депонировании файла «Применение органо-минерального комплекса Гумитон при возделывании зерновых культур». Рег. № 384-693-589. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Арышева С.П., Суслов А.А. Баланова О.Ю. Иванкин Н.Г., Панов А.В., Петров К.В. Хэш файла MD5. Сертификат ЭЦП № 5469A10072AB698E43EEO436E40B99EB от 14.05.2020 г. Регистрационный № 384-693-599.

***Рекомендации по применению агромелиорантов и новых форм удобрений при возделывании озимой ржи***

На основании оценки по двум критериям - повышение урожайности и снижение накопления 137Cs в зерне озимой ржи – наиболее эффективным является применение нового комплексного удобрения (на базе агроруд) ФосАгро NPK в чистом виде и на фоне доломитовой муки.

Из трех изучаемых видов органо-минеральных гуминовых препаратов наиболее эффективно по критериям повышения урожайности и снижения поступления 137Cs в зерно озимой ржи является применение Гумитона как на фоне технологий хозяйства, так и применения доломитовой муки.

По результатам оценки применения агромелиорантов, удобрений на базе агроруд и новых форм органо-минеральных комплексных удобрений установлено, что наиболее эффективными, по критериям повышения урожайности и снижения поступления 137Cs в зерно озимой ржи, являются:

- ФосАгро NPK(S) 8:20:30 (2) + доломитовая мука: повышение урожайности на 7,5 ц/га (38,5%); снижение накопления 137Cs в 3,1 раза;

- Гумитон: прибавка урожая 4,0-4,9 ц/га (19,0-25,1%); снижение накопления 137Сs в 2,0-2,4 раза;

- Гумитон на фоне доломитовой муки: прибавка урожая 3,8 ц/га (17,8%); снижение накопления 137Сs в 3,7 раза; условно чистый доход на 1 руб. затрат – 2,0 руб.

Технология применения комплексного удобрения «ФОСАГРО» NPK (S) 8:20:30 (2): применяется при посеве или вразброс в дозе 0,3-0,5 т/га; удобрение высокоэффективно на почвах с низким содержанием подвижного калия: легких по гранулометрическому составу и с промывным водным режимом; особенно ценно для культур, требующих высокого содержания доступного фосфора и калия в почве (сахарная свекла, картофель, зерновые и зернобобовые культуры, многолетние травы).

*Сертификат на соответствие Стандарту* СТО-56171713-023-2020 «Удобрения минеральные. Требования экологической безопасности и методы оценки» (разработан Экологическим Союзом и признан Всемирной ассоциацией экомаркировки (GEN), получен АО «Апатит» (Группа «ФосАгро»)).

*Технология применения Гумитона:* применяется в виде водных растворов различной концентрации; растворим в воде и может применяться с использованием традиционных технологий внесения жидких препаратов; совместим с большинством промышленно используемых удобрений и средств защиты растений (кроме гербицидов) (обработка ГУМИТОНом проводится минимум за 7 дней до и 7 дней после обработки гербицидами).

Листовая обработка проводится путем опрыскивания вегетирующих растений в фазу массовых всходов и в период формирования генеративных органов (1-2 раза за сезон). Дозировка: 1 л концентрата ГУМИТОНа в 200-300 л воды на 1 гектар.

Предпосевная обработка проводится путем протравливания или опрыскивания семенного материала рабочим раствором. Дозировка: 0,25 л концентрата ГУМИТОНа в 10 л воды на 1 т семян.

*Патент на изобретение* №2709737 от 19.12.2019 г.

*Свидетельство на товарный знак* (знак обслуживания) №718667 от 05.07.2019 г.

***Рекомендации по применению новых видов удобрений при возделывании картофеля***

Результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний по оценке эффективности новых видов удобрений и органо-минерально комплекса Гумитона для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в сельскохозяйственных культурах показывают, что на загрязненных радионуклидом территориях в Брянской области эффективно применение как отдельных видов удобрений, так и их комбинаций.

На основании оценки по двум критериям - повышение урожайности и снижение накопления 137Cs в зерне озимой ржи – наиболее эффективным является применение новых комплексных удобрений (на базе агроруд) ФосАгро NPK и Боркалимагнезия.

Из трех изучаемых видов органо-минеральных гуминовых препаратов наиболее эффективно по критериям повышения урожайности и накопления в клубнях картофеля 137Cs является применение Гумитона как на фоне технологий хозяйства, так и при внесении ФосАгро NPK(S) 8:20:30 (2).

По результатам производственных испытаний установлено, что наиболее эффективными, по критериям повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в клубнях картофеля, являются:

- ФосАгро NPK(S) 8:20:30 (2): повышение урожайности на 58,0 ц/га (22,3%); снижение накопления 137Cs в 4,8 раза;

- Гумитон на фоне технологий хозяйства: прибавка урожая 50-110 ц/га (в среднем 81,7 ц/га - 31,1%); снижение накопления 137Сs в 1,4-6,4 раза;

- ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон: прибавка урожая в среднем 97-130 ц/га; снижение накопления 137Сs в 1,7-3,4; Условно чистый доход на 1 руб. затрат – 189,92 руб. (39,06-381,5 руб.);

- Боркалимагнезия: повышение урожайности на 80-140 ц/га (42,0-53,8%); снижение накопления 137Cs в 1,8-2,0 раза;

- Боркалимагнезия + Гумитон: повышение урожайности на 89-130 ц/га (16,0-25,8%); снижение накопления 137Cs в 1,6-2,1 раза.

*Технология применения комплексного удобрения «ФОСАГРО» NPK (S) 8:20:30 (2):* применяется при посеве или вразброс в дозе 0,3-0,5 т/га; удобрение высокоэффективно на почвах с низким содержанием подвижного калия: легких по гранулометрическому составу и с промывным водным режимом; особенно ценно для культур, требующих высокого содержания доступного фосфора и калия в почве (сахарная свекла, картофель, зерновые и зернобобовые культуры, многолетние травы).

*Сертификат на соответствие Стандарту* СТО-56171713-023-2020 «Удобрения минеральные. Требования экологической безопасности и методы оценки» (разработан Экологическим Союзом и признан Всемирной ассоциацией экомаркировки (GEN), получен АО «Апатит» (Группа «ФосАгро»).

*Технология применения Боркалимагнезия:* рекомендуется применять в виде основного (допосевного) удобрения под вспашку или под культивацию до посева сельскохозяйственных культур.

Нормы внесения (2 т/га) рассчитывают по потребности культуры в магнии, калии и кальции с учетом содержания этих элементов в почве.

*Технология применения Гумитона:* применяется в виде водных растворов различной концентрации; растворим в воде и может применяться с использованием традиционных технологий внесения жидких препаратов; совместим с большинством промышленно используемых удобрений и средств защиты растений (кроме гербицидов) (обработка ГУМИТОНом проводится минимум за 7 дней до и 7 дней после обработки гербицидами).

Листовая обработка проводится путем опрыскивания вегетирующих растений в фазу массовых всходов и в период формирования генеративных органов (1-2 раза за сезон). Дозировка: 1 л концентрата ГУМИТОНа в 200-300 л воды на 1 гектар.

Предпосевная обработка проводится путем протравливания или опрыскивания семенного материала рабочим раствором. Дозировка: 0,25 л концентрата ГУМИТОНа в 10 л воды на 1 т семян.

*Патент на изобретение* №2709737 от 19.12.2019 г.

*Свидетельство на товарный знак* (знак обслуживания) №718667 от 05.07.2019 г.

*Свидетельство о депонировании файла «Применение органо-минерального комплекса Гумитон при возделывании картофеля». Рег. № 486-295-921 от. 20.04.2021 г. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (Ратников А.Н., Иванкин Н.Г., Свириденко Д.Г., Суслов А.А., Баланова О.Ю., Панов А.В., Семешкина П.С., Петров К.В.*

**4. ВЕДЕНИЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ ФОРМ КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**4.1. Республика Беларусь**

**4.1.1. Ведение кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях: система реабилитационных мероприятий**

В условиях радиоактивного загрязнения организация кормовой базы является наиболее важным звеном в производстве продукции животноводства, соответствующей санитарно-гигиеническим и ветеринарным требованиям.

Основной задачей кормопроизводства является обеспечение потребностей животноводства биологически полноценными кормами с наименьшим содержанием радионуклидов и при минимальных затратах средств на их производство. Размещение отраслей животноводства должно быть адаптировано в соответствии с особенностями кормопроизводства применительно к природным и экономическим условиям региона, подвергшегося радиоактивному загрязнению.

**Полевое кормопроизводство.** В настоящее время базовой системой кормопроизводства является зернокормовая, которая ориентирована на производство кормов преимущественно за счет кукурузы и однолетних трав.

Технология возделывания полевых кормовых культур на территории радиоактивного загрязнения должна обеспечивать производство нормативно чистой продукции по содержанию радионуклидов, стабильных максимально возможных урожаев с учётом плодородия почв и высококачественных кормов.

В качестве однолетних кормовых культур рекомендуется возделывать:

***– в группе злаковых*** – кукурузу, пайзу, просо, сорговые (сорго сахарное, сорго-суданковый гибрид, суданскую траву);

***– в группе бобовых*** – горох, вику, люпин и их смеси с другими культурами (ячменем, тритикале, овсом, подсолнечником);

***– в группе крестоцветных*** – сурепицу, редьку масличную, рапс и их смеси со злаковыми культурами.

В качестве многолетних кормовых культур рекомендуется возделывать;

***–*** ***в группе злаковых*** – фестулолиум, овсяницу тростниковую и красную, кострец безостый, ежу сборную, тимофеевку луговую;

***– в группе бобовых*** – люцерну посевную, лядвенец рогатый, донник белый, эспарцет, клевер луговой и ползучий.

Целесообразно однолетние травы возделывать в двухкомпонентных смесях, а многолетние травы в смешанных многокомпонентных травосмесях. Рекомендуется расширение посевов многолетних трав на пахотных землях.

Для обеспечения высокой урожайности и получения кормов с минимальным накоплением радионуклидов, рекомендуется поддерживать плодородие почвы на оптимальном уровне: на минеральных почвах: pH – 5,8-6,5 ед., содержание гумуса – 2,0-3,0 %, подвижных форм фосфора – 200-300 мг/кг почвы, подвиж­ных форм калия - 150-250 мг/кг почвы; на торфяных почвах - pH – 5,0-5,3, подвижных форм фосфора – 700-1000 мг/кг почвы, подвижных форм калия – 600-800 мг/кг почвы.

При уровнях плодородия почвы ниже оптимальных, параметры перехода 137Cs в корма увеличиваются в среднем на минеральных почвах в 1,5 раза, на торфяных почвах – в 2,5 раза. Коэффициенты перехода 90Sr в корма до 2 раз выше на минеральных почвах с агрохимическими показателями ниже оптимальных, на торфяных почвах – до 1,5 раз.

В качестве минеральных удобрений рекомендуется использование комплексных (NPK) минеральных удобрений, микроудобрений и биопрепаратов.

***Луговое кормопроизводство*** предусматривает создание и эксплуатацию высокопродуктивных луговых травостоев [6]. На загрязненных радионуклидами землях необходимо обеспечение продуктивности сенокосов и пастбищ на минеральных почвах на уровне 50-60 ц/га к. ед., на торфяных почвах – 80-100 ц/га к. ед., и производство грубых и сочных кормов (сено, зеленая масса), отвечающих нормативным требованиям по содержанию радионуклидов.

Система лугового кормопроизводства включает: выбор земельных участков по плотности радиоактивного загрязнения, подбор травосмесей в зависимости от типа использования (сенокосный или пастбищный); обработку почвы; систему применения удобрений; уход за вновь созданными сенокосами и пастбищами.

*Выбор земельных участков.* Для создания улучшенных сенокосов и пастбищ рекомендуется использовать земли, имеющие невысокую плотность загрязнения радионуклидами, особенно 90Sr, представленных дерново-подзолистыми почвами с режимом увлажнения (автоморфные или временно избыточно увлажняемые почвы).

Для сенокосного и пастбищного использования на дерново-подзолистых суглинистых почвах ограничения по плотности загрязнения почв 137Cs отсутствуют. На супесчаных и песчаных почвах получение сена, соответствующего нормативу по содержанию 137Cs, возможно при плотности до 30 Ки/км2. На торфяно-болотных почвах в зависимости от мощности торфяного слоя допустимые плотности загрязнения ниже.

*Подбор травосмесей.* Перезалужение луговых земель следует проводить травосмесями, поскольку превосходят чистые посевы злаковых трав по продуктивности. Межвидовые различия в аккумуляции 137Cs и 90Sr при корневом пути поступления могут достигать 10-30 и более раз, поэтому при подборе трав для травосмесей необходимо учитывать плотность загрязнения почвы радионуклидами.

На краткосрочных пастбищах (использование 4-5 лет) с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых почв (137Cs – до 15 Ки/км2, 90Sr – до 0,5 Ки/км2) преобладающим типом травостоя является бобово-злаковый, который форми­руется на основе клевера ползучего и лугового, овсяницы луговой и тимофеевки.

На пастбищах при плотности загрязнения почв 137Cs выше 15 Ки/км2 и 90Sr выше 0,6 Ки/км2 при перезалужении следует создавать высокопродуктивные злаковые травостои, включающие мятлик луговой на высокогу­мусированных низинных лугах на дерновых почвах с низкой степенью кислотности. Из верховых злаков в этих травостоях предпочтительны овсяница луговая и тимофеевка луговая.

Основными видами бобовых трав при создании сеяных травостоев для интенсивного укосного использования на суходольных и низинных лугах с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения (137Cs – до 15 Ки/км2, 90Sr – до 0,50 Ки/км2) в условиях Беларуси являются: клевер луговой, клевер гибридный, люцерна гибридная, лядвенец рогатый. Оптимальное содержание бобовых трав в составе бобово-злаковых травосмесей составляет 30-40 %, злаковых – 60-70 %.

На территориях с высокой плотностью радиоактивного загрязне­ния (137Cs – более 15 Ки/км2; 90Sr – более 0,50 Ки/км2) при создании культурных лугов многоукосного использования необходимо формировать чисто злаковые травостои, которые при применении умеренных доз азота по продуктивности и долголетию значительно превосходят бобово-злаковые.

*Осушенные земли.* На осушенных землях поступление радионуклидов в растительную продукцию зависит от положения уровня грунтовых вод (УГВ). Подъем УГВ на глубину 40-50 см от поверхности почвы приводит к увеличению поступления радионуклидов в растения до 5 раз, а его снижение до 150-200 см – к уменьшению в 1,5-2,0 раза.

*Обработка почвы.* К обработке почвы предъявляются следующие требования: соответствие глубины вспашки мощности гумусового слоя, хороший оборот пласта, глубокая заделка травянистой и древесной растительности, дернины, мелких древесных остатков, удовлетворительное крошение пласта. Технология обработки почвы суходольных лугов со слабой и средней дерниной состоит из подъема пласта, его разделки, планировки и предпосевного прикатывания.

Обработка почвы низинных лугов с мощной дерниной (более 20 см) включает фрезерование дернины в один след болотными фрезами ФБН-2,0; ФБК-1,5, последующую вспашку, разделку пласта, планировку и прикатывание перед посевом. Вспашка минеральных почв осуществляется на глубину до 20 см. Разделка пласта осуществляется в 2-3 следа дисковыми боронами. Затем проводится планировка поверхности и прикатывание.

При повторном залужении (перезалужении) суходольных и низинных лугов рекомендуется применять поверхностное фрезерование или обновлять травостой путем подсева в дернину травосмесей злаковых и бобовых трав.

*Внесение мелиорантов и удобрений.* Отличительной особенностью луговых трав является повышенное требование к элементам минерального питания, что связано с продолжительностью вегетационного периода и многократным использованием травостоя. В комплексе мероприятий по повышению урожайности и качественных показателей травостоя сенокосов и пастбищ решающая роль принадлежит минеральным, органическим и известковым удобрениям.

*Известкование.* Для луговых земель, загрязненных 137Cs и 90Sr, оптимальная величина pH находится в пределах: на дерново-подзолистых почвах – 5,2-6,2, на торфяных почвах – 4,6-5,5 для злаковых трав и 5,6-6,2 –для бобовых трав. Известкование обеспечивает снижение поступления радионуклидов в луговые травы до 2 раз 137Cs и до 3 раз 90Sr, а также увеличивает их урожайность, способствует повышению плодородия, увеличивает содержание кальция и фосфора (табл. 4.1).

Таблица 4.1. Средние дозы известковых материалов для известкования кислых почв луговых земель

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Почва | pH в KCI | Доза СаСОз (т/га) при плотности загрязнения, Ки/км2 | |
| 137Cs -1-5, 90Sr - 0,15-0,30 | 137Cs > 5, 90Sr > 0,3 |
| Суглинистые | <4,5 | 9.0 | 15,5 |
| 4,6-5,0 | 8,0 | 13,5 |
| 5,1-5,5 | 6.5 | 11,5 |
| 5,6-6,0 | 4,5 | 7,5 |
| Супесчаные | <4,5 | 7,0 | 11,5 |
| 4,6-5,0 | 6,0 | 10,0 |
| 5,1-5,5 | 4,5 | 7,5 |
| 5,6-6,0 | 3.5 | 5,0 |
| Песчаные | <4,5 | 6,0 | 9,0 |
| 4,6-5,0 | 5,0 | 7,0 |
| 5,1-5,5 | 4,0 | 5,0 |
| Торфяные | <4,0 | 19,0 | 19,0 |
| 4,1-4,5 | 11,0 | 11.0 |
| 4,6-5,0 | 6.5 | 6.5 |

*Органические удобрения.* При перезалужении сенокосов и пастбищ (один раз в 5 лет) необходимо вносить 20-40 т/га подстилочного навоза или компоста (соотношение навоза и торфа должно быть 1:1-1:2 для дерново- подзолистых почв; 1:4-1:6 для дерновых почв). Органические удобрения на загрязненных радионуклидами почвах применяются в соответствии с имеющимися региональными технологиями их внесения.

Наряду с органическими удобрениями, необходимо применять минеральные удобрения. Наиболее эффективным на сенокосах и пастбищах является полное минеральное удобрение – азот, фосфор и калий.

При сенокосном использовании луговых земель доза азотных удобрений под каждый укос не должна превышать 90 кг/га д. в., а при пастбищном использовании – не более 60 кг/га после каждого стравливания травостоя во избежание избыточного накопления нитратов и радионуклидов в корме. Азотные удобрения вносят дробно, под каждый укос. Бобово-злаковые травосмеси подкармливают, начиная со второго года жизни, дозами 40-90 кг/га. Чем старше травы, тем больше доза азота. Злаковые травосмеси нуждаются в азотных удобрениях в большей степени.

Эффективным способом снижения поступления радионуклидов в травяные корма являются медленнодействующие удобрения. Их применение в дозах 60-90 кг/га позволяет снизить на 10-30 % накопление 137Cs и 90Sr и получить на 30-50 % больше прибавку урожая, чем при использовании стандартных удобрений.

На посевах многолетних злаковых трав эффективно применение препаратов на основе ассоциативных штаммов азотфиксирующих бактерий, что позволяет экономить 20-40 кг/га азота минеральных удобрений и снизить загрязнение урожая на 25-50 %.

Обязательным приемом перезалужения сенокосов и пастбищ, обеспечивающим увеличение урожайности, улучшение качества сена и пастбищного корма, снижение перехода радионуклидов, должно быть применение фосфорных и калийных удобрений. Дозы фосфорных удобрений должны обеспечивать бездефицитный баланс, необходимый для питания луговых растений. Фосфорные удобрения не только способствуют повышению урожая трав, но и закреплению 90Sr за счет осаждения его фосфатами. Рекомендуется на загрязненных радионуклидами сенокосах и пастбищах обеспечить внесение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания культур с учетом содержания подвижных фосфатов в почве (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Нормативы потребности в фосфорных удобрениях на загрязненных радионуклидами луговых землях

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Почвы | Содержание  Р2O5,мг/кг  почвы | Основные  дозы  Р2O5,  кг/га | Дополнительные дозы Р2О5 (кг/га) при плотности загрязнения, Ки/км | | |
| 137Cs -1,0-4,9  90Sr 0,15-0,29 | 137Cs-5,0-14,9 90Sr - 0,30-0,99 | 137Cs-15,0-40,0 90Sr - 1,0-3,0 |
| Дерново-  подзолистые, дерновые | 60 и менее | 35 | 15 | 30 | 45 |
| 61-100 | 30 | 10 | 20 | 30 |
| 101-150 | 25 | 5 | 10 | 15 |
| 151-250 | 10 | - | 5 | 10 |
| более 250 | - | - | - | - |
| Торфяные | 200 и менее | 55 | 15 | 30 | 45 |
| 201-300 | 40 | 10 | 20 | 30 |
| 301-500 | 35 | 5 | 10 | 15 |
| 501-800 | 20 | - | 5 | 10 |
| более 800 | - | - | - | - |

Основной агрохимический прием, ограничивающий поступление 137Cs в травостой сенокосов и пастбищ, – применение повышенных доз калийных удобрений. Он связан с антагонистическим характером отношения цезия и калия в почвенном растворе и позитивным влиянием последнего на урожайность, особенно на низкообеспеченных подвижным калием (<200 мг/кг почвы) дерново-подзолистых песчаных и торфяных почвах.

Основные и дополнительные дозы калийных удобрений дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного калия в почве и трем уровням плотности загрязнения: первый – содержание 137Cs – 1-4,9 Ки/км2 или 90Sr – 0,15-0,29 Ки/км2; второй – содержание 137Cs – 5,0-14,9 Ки/км2 или 90Sr – 0,30-0,99 Ки/км2; третий – содержание 137Cs – 15,0-40,0 Ки/км2 или 90Sr – 1,0-3,0 Ки/км2 (табл. 4.3).

Таблица 4.3. Нормативы потребности в калийных удобрениях на загрязненных радионуклидами луговых землях

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Почвы | Содержание К2О, мг/кг почвы | Основные  Дозы К2О, кг/га | Дополнительные дозы К2О (кг/га) при плотности загрязнения, Ки/км2 | | |
| 137Cs-1,0-4,9 90Sr-0,15-0,29 | 137Cs-5,0-14,9 90Sr -0,3-0,99 | 137Cs-15,0-40,0 90Sr-1,0-3,0 |
| Дерново-  подзолистые,  дерновые | 80 и менее | 80 | 40 | 80 | 120 |
| 81-140 | 70 | 30 | 60 | 90 |
| 141-200 | 60 | 20 | 40 | 60 |
| 201-300 | 45 | 15 | 30 | 45 |
| более 300 | - | - | - | - |
| Торфяные | 200 и менее | 100 | 40 | 80 | 120 |
| 201-400 | 90 | 30 | 60 | 90 |
| 401-600 | 80 | 20 | 40 | 60 |
| 601-1000 | 60 | 10 | 20 | 30 |
| более 1000 | - | - | - | - |

*Новые виды бобовых культур для травосмесей.* Накопление радионуклидов в кормах во многом определяется видовой принадлежностью компонентов травосмесей. Поэтому при создании и обновлении бобово-злаковых агроценозов важное значение имеет подбор компонентов, которые обеспечивают высокую урожайность травосмесей и в меньшей степени накапливают радионуклиды.

Установлена зависимость накопления радионуклидов травосмесями от вида бобового компонента: параметры перехода 137Cs и 90Sr для сена бобово-злаковой травосмеси на основе галеги в 1,4 раза ниже, чем для травосмесей с лядвенцем и клевером, что позволяет использовать данную травосмесь на более загрязненных участках сельскохозяйственных земель.

Из бобовых трав (галега, лядвенец, клевер) при одинаковой обеспеченности почв элементами питания наименьшее накопление 137Сs наблюдается у галеги. Коэффициенты перехода 137Сs для травосмесей на основе лядвенца и галеги в 4-6 раз ниже, чем для злаковых травосмесей.

Коэффициенты перехода 90Sr при рНКСI 5,0-5,5 для сена галеги в 2 раза, а для лядвенца в 5,6 раза ниже, чем для клевера, что позволяет использовать галегу и лядвенец вместо клевера для производства нормативно чистых кормов на более загрязненных 90Sr участках сельхозугодий. Травосмеси на основе галеги накапливают 90Sr в 2,8 раза меньше, чем галега в чистом виде, а на основе лядвенца – в 1,9 раза ниже по сравнению с посевами лядвенца в чистом виде.

Возделывание сена лядвенца и галеги в чистом виде возможно без ограничений по плотности загрязнения 137Cs, а для выращивания на зеленую массу лядвенца плотность загрязнения этим радионуклидом не должна превышать 25 Ки/км2 при обеспеченности калием в диапазоне 81-200 мг/кг почвы.

Для производства молока цельного, соответствующего РДУ, может быть использовано сено галеги, произведенное при плотности загрязнения 90Sr до 0,36 Ки/км2 при pH 5,0-5,5, в то время как сено из травосмеси со злаковыми травами при плотности загрязнения 90Sr не выше 0,40 Ки/км2, а травосмесь лядвенца и злаковых трав – до 1,3 Ки/км2.

*Рекомендации для внедрения новых высокопродуктивных хозяйственно ценных бобовых трав (лядвинец, галега) в практику кормопроизводства на радиоактивно загрязненных землях*

1.Экономический эффект формируется за счет:

– более высокой кормовой продуктивности лядвенца и галеги по сравнению с другими кормовыми культурами;

– более длительного использования кормовых угодий (до 12-18 лет), что позволяет существенно уменьшить затраты на восстановление травостоя.

2. Снижение доз азотных удобрений при возделывании бобово-злаковых травостоев уменьшает вероятность повышенного накопления нитратов и радионуклидов в кормах.

3. Наиболее оптимальными вариантами по урожайности и уровню накопления радионуклидов при возделывании лядвенца, галеги и травосмесей в зоне загрязнения радионуклидами при внесении основных и дополнительных доз фосфорных и калийных удобрений на безазотном фоне будут:

– травосмесь лядвенца рогатого с кострецом безостым; как лучшим злаковым компонентом, который не угнетает лядвенец;

– двойная травосмесь галеги восточной с кострецом безостым или тимофеевкой луговой [19, 20].

4. Новые виды многолетних бобовых трав способны сформировать за вегетацию от 400 ц/га (лядвенец рогатый) до 500–560 (клевер луговой и ползучий, галега восточная) и до 635 ц/га зеленой массы (люцерна), или 87–153 ц/га сухого вещества. Сбор кормовых единиц составляет 91–133 ц/га, а сырого белка – 15,5–26,0 ц/га. При такой урожайности многолетние бобовые травы возвращают в почву с растительными остатками от 90 до 190 кг/га азота.

Продуктивное долголетие составляет от 2 лет у клевера лугового, до 5 лет – у люцерны и лядвенца и до 10 лет – у галеги восточной.

5. На торфяных почвах при оптимальном уровне обеспеченности подвижным калием и фосфором эффективно внесение калия в дозе 120 кг/га д.в., фосфора – в дозе 60 кг/га д.в., азотные удобрения вносятся в количестве 30 кг/га д.в. В год залужения на торфяных почвах под травы азотные удобрения не применяют.

6. На слабо обеспеченной калием торфяной почве внесение P60K180 способствует снижению коэффициент перехода 137Cs до 4 раз в зависимости от состава травосмеси. Повышение доз калийных удобрений от 180 кг/га д.в. до 240 кг/га д.в. позволяет снизить Кп 137Cs для сена в 1,5 раза. Внесение азотных удобрений в дозе 30 кг/га д.в. на фосфорно-калийном фоне на параметры накопления 137Cs и 90Sr сеном травосмесей существенного влияния не оказывает.

7. Обеспечение питания бобово-злаковой травосмеси за счет ежегодного внесения N30P60K180 + Cu100г + Mo50г + B50г позволяет снизить величину перехода 137Cs для травостоя третьего года пользования в 2 раза по сравнению с первым годом пользования и в 4 раза по сравнению с первым годом жизни трав.

Снижение параметров перехода 90Sr для урожая травосмесей в зависимости от года пользования происходит менее интенсивно: в 1,3 раза.

8. Накопление 137Cs и 90Sr многолетними бобово-злаковыми травосмесями зависит от укоса: переход 137Cs для травостоя многолетних травосмесей второго укоса до 2,5 раз выше, чем для урожая первого укоса, для 90Sr - до 1,5 раз.

9. Производство сена бобово-злаковых травосмесей для получения молока цельного, соответствующего РДУ-99, возможно без ограничений по плотности загрязнения 90Sr (2,4 Ки/км2). Плотность загрязнения почв 90Sr при производстве зеленой массы трав на цельное молоко не должна превышать 1,4 Ки/км2. Без ограничений по плотности загрязнения торфяных почв радионуклидами можно возделывать многолетние травы для производства семенного материала.

**4.1.2. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения новых видов комплексных удобрений в кормопроизводстве**

В последние годы в мировой практике наметилась тенденция применения на радиоактивно загрязненных почвах комплексных удобрений с оптимальным соотношением элементов питания под каждую конкретную возделываемую культуру, в том числе медленнодействующих, содержащих микроэлементы, регуляторы роста растений и другие добавки. Равномерность их внесения положительно сказывается как на урожае и качестве возделываемых культур, так и на поступлении радионуклидов в продукцию.

Преимущества новых форм медленнодействующих удобрений по сравнению с традиционными формами:

- позволяют повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 10–20 % с одновременным улучшением качества продукции;

- на 25–40 % снижают потери элементов питания растений в зависимости от формы удобрений;

- уменьшают загрязнение водных и питьевых ресурсов нитратными соединениями азота, хлор-, серосодержащими и органическими соединениями;

- позволяют наиболее равномерно распределять по площади поля питательные элементы и избегать переуплотнения почвы [7, 8].

При внесении комплексных удобрений, кроме повышения урожайности основных сельскохозяйственных культур, решаются вопросы экономической эффективности: рост производительности труда, снижение расхода топлива, снижение непроизводительных потерь элементов питания, уменьшения опасности загрязнения сельскохозяйственной продукции, рентабельность производства.

Применение комплексных удобрений с модифицирующими добавками под многолетние бобово-злаковые травы в целом за два укоса обеспечивало увеличение урожайности сена на 3,4-20,0 ц/га (в зависимости от формы удобрения) и окупаемости 1 кг NPK на 0,3-3,3 кг к.ед. сена по сравнению с использованием стандартных форм удобрений [19].

Введение в состав комплексных удобрений модифицирующих добавок меди и марганца дает возможность повысить урожайность зерна озимых (пшеница, тритикале) и яровых (пшеница, тритикале, ячмень продовольственный) зерновых культур и обеспечить более высокое содержание и сбор сырого белка, общее содержание незаменимых аминокислот [8, 9].

Некорневая подкормка азотом совместно с раствором гумата Na (0,01 % раствор гумата натрия) в фазу кущения повышает урожайность на 25-30 % и снижает накопление 137Cs в зерне овса в 2,5 раза, а в зерне ячменя в 1,5 раза.

В системе агрохимических приемов по снижению поступления радионуклидов в многолетние травы наиболее существенным является применение удобрений, в том числе микроэлементов. Снижение дефицита микроэлементов в травяных кормах и профилактика многих эндемических заболеваний животных может быть достигнута применением микроудобрений в период вегетации культур [21, 22].

Исследования РУП «Институт почвоведения и агрохимии» показали, что на дерново-подзолистой супесчаной почве некорневая подкормка кукурузы в фазу 6-8 листьев жидкими микроудобрениями МикроСтим-Цинк, Медь в дозе 0,1 кг/га д.в. на фоне минеральных удобрений способствовала повышению урожайности зеленой массы на 84 ц/га, при чистом доходе 71 USD/га, рентабельности 49 % [7]. Некорневая подкормка на фоне N18P63K96 комплексными удобрениями Экосил и МикроСтим В, повышала урожайность семян гороха на 4,3 и 4,0 ц/га соответственно. Обработка посадок картофеля МикроСтимом В, Cu на фоне N120P70K130 повышала урожайность клубней на 3,3 т/га. При комплексном применении удобрений, дробном внесении азота, микроэлементов и регуляторов роста (N135P90K120 + ЭлеГум-Медь+ЭлеГум-Бор + Экосил) получена урожайность 41,4 ц/га маслосемян озимого рапса, что на 12 % выше базового варианта.

Качество зеленой массы люпина на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве при внесении комплексных NPK с микроэлементами улучшалось за счет увеличения содержания протеина на 0,2—2,1 %, сбора сырого протеина – на 1,4-2,9 ц/га, или 10,5-21,3 %, обеспеченности 1 к.ед. переваримым протеином – на 3,3-14,7 г, или 3,0-13,4 % (113,2-124,6 г). Качество семян люпина также улучшалось: сбор протеина увеличивался на 0,7-1,3 ц/га (8,9-17,7 %), обеспеченность 1 к.ед. переваримым протеином — на 2,6-8,7 %, или 4,6-15,5 г (182,3-193,2 г/кг).

Применение в основное удобрение нового комплексного удобрения АФК с B, Cu, Mn повышает урожайность зерна по сравнению с использованием стандартных удобрений в эквивалентных дозах (N60P60K90 + N30) у пленчатого овса на 7,7 ц/га, а у голозерного овса на 5,8 ц/га.

Внесение комплексных удобрений в сочетании с внекорневой подкормкой биопрепаратами способствует получению урожайности зерна озимой тритикале до 45,2 ц/га, ярового ячменя – до 37,9 ц/га. Биопрепараты дают возможность повысить урожайность зерна до 6 ц/га.

Урожайность ярового ячменя в производственных посевах при внесении стандартных удобрений в дозах N80P80K100 составляет 26,2 ц/га. При внесении комплексных удобрений в эквивалентных дозах урожайность зерна ячменя достигает 33,1 ц/га.

При внесении комплексных удобрений в дозе N-P-K=7-16-32=(35-80-160) средняя урожайность сена бобово-злаковой травосмеси за три года составляет 79,2 ц/га, что выше на 7,6 ц/га при использовании стандартных удобрений.

Использование комплексных удобрений в сочетании с микроэлементами дает возможность повысить урожайность сена на 4,6 ц/га к варианту без микроэлементов.

Внесение комплексных удобрений в сочетании с МикроСтим-Сu Mn и Экогум АФ дает возможность снизить поступление 137Cs в зерно до 2,9 раз в сравнении с контролем. Использование комплексных удобрений без добавок снижает поступление 137Cs в 1,9 раза. Преимущество комплексных удобрений перед стандартными выражается в снижении Кп 137Cs в 1,3 раза. Параметры накопления 137Cs зерном озимой тритикале в 1,5 раза выше, чем для ярового ячменя.

Применение минеральных удобрений способствует снижению поступления 90Sr в зерно, но в меньшей степени, чем поступления 137Cs. Параметры перехода 90Sr при внесении комплексных удобрений с биопрепаратами снижаются до 1,8 раза по отношению к контролю. В 1,4 раза снижается Кп 90Sr при внесении биопрепаратов. При внесении стандартных удобрений с применением биопрепаратов в сравнении с эквивалентными дозами комплексных удобрений разница в накоплении радионуклидов 90Sr зерном составляет 4-8%. Накопление 90Sr зерном ярового ячменя происходит в 1,5 раза интенсивнее, чем зерном озимой тритикале.

При внесении комплексных удобрений в сочетании с микроэлементами под многолетнюю травосмесь до 2 раз снижается поступление 137Cs в сено по отношению к контролю и в 1,2 раза в сравнении с внесением стандартных удобрений в эквивалентных дозах

Параметры перехода 137Cs в последующие годы возделывания трав ниже в 1,7 раза, чем в первый год. Параметры перехода 90Sr для сена в контрольном варианте в 1,4 выше, чем в варианте с комплексными удобрениями в сочетании с микроэлементами.

Параметры перехода 90Sr выше во второй год жизни трав по сравнению с первым годом, что связано с увеличением в травостое бобовых трав с 30 до 52%. С внесением препаратов МикроСтим-Сu, Mn и Экогум АФ на фоне полных доз комплексных удобрений под зерновые культуры прослеживается тенденция увеличения количества содержание жира на 0,05%, переваримого протеина на 0,8-1,6% и кормовых единиц в зерне на 0,02, но достоверных различий не установлено.

Производство зеленой массы бобово-злаковой травосмеси для получения молока цельного, соответствующего РДУ-99, возможно при плотности загрязнения 137Cs не более 19,2 Ки/км2 при использовании стандартных удобрений и не более 26,1 Ки/км2 при внесении комплексных удобрений. Производство сена возможно без ограничений только при использовании комплексных удобрений и плотности загрязнения почвы 137Cs не более 32 Ки/км2 при стандартных удобрениях.

При повышении обеспеченности почвы подвижным калием плотность загрязнения почв 90Sr при производстве сена трав на цельное молоко не должна превышать 1,0 Ки/км2 при использовании стандартных удобрений и 1,3 Ки/км2 при внесении комплексных удобрений. Без ограничений по плотности загрязнения торфяных почв радионуклидами можно возделывать многолетние травы для производства семенного материала.

При превышении предельных плотностей загрязнения почвы радионуклидами, возможно выращивание данных культур для изготовления кормов при производстве молока-сырья, для заключительного откорма, для начальной стадии откорма КРС.

При внесении комплексных удобрений в сочетании с биопрепаратами под озимую тритикале на торфяных почвах, где в результате снижения затрат на горючее при однократном внесении удобрений и увеличении урожайности за счет сбалансированного питания растений, рентабельность увеличивается на 9% по сравнению со стандартными удобрениями и составляет 42 %, для ярового ячменя уровень рентабельности – 21%. От применения комплексных удобрений под травосмесь рентабельность возрастает на 7% по отношению к стандартным удобрениям. Рентабельность от внесения комплексных удобрений с микроэлементами составляет 39% при возделывании бобово-злаковой травосмеси.

**4.2. Российская Федерация**

**4.2.1. Ведение кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях: система реабилитационных мероприятий**

Создание прочной кормовой базы для животноводства на радиоактивно загрязненной территории достигается за счет агромелиорации природных сенокосов и пастбищ с использованием традиционных технологий (поверхностное и коренное улучшение травостоя). Создание сеяных травостоев на природных лугах в условиях техногенеза позволяет более рационально использовать пахотные земли для производства фуражного зерна, обеспечить животных грубыми и зелеными кормами в полном объеме и с минимальным содержанием радионуклидов.

Для получения продукции кормопроизводства с допустимым содержанием радионуклидов проводятся защитные мероприятия, которые подразделяются на следующие группы: организационные, агротехнические, агрохимические, технологические, санитарно-гигиенические, информационные [4, 5].

Организационные мероприятия включают:

- инвентаризацию угодий по плотности загрязнения радионуклидами;

- прогноз содержания радионуклидов в продукции кормопроизводства;

- определение угодий, на которых возможно производство кормов; соответствующих ветеринарным радиологическим требованиям

- подбор видов и сортов кормовых культур;

- оценку эффективности мероприятий.

В агротехнические мероприятия включают:

- коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ;

- гидромелиорация (осушение и оптимизация водного режима).

Агрохимические мероприятия включают:

- известкование кислых почв,

- внесение органических удобрений,

- внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений,

- оптимизацию азотного питания растений.

Основные принципы ведения лугопастбищного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения:

- окультуривание почв естественных кормовых угодий, включающее известкование, внесение минеральных удобрений для получения оптимальных урожаев трав;

- внесение органических удобрений (в дозе 40 т/га) при залужении сенокосов и пастбищ;

- качественная обработка почвы при залужении и перезалужении кормовых угодий;

- проведение агромелиоративных работ по улучшению водно-физических свойств почв кормовых угодий;

- применение агромелирантов (местных глин, бентонита, вермикулита, новых комплексных удобрений и гуматных препаратов) при коренном улучшении суходольных лугов для снижения подвижности 137Cs в почве;

- подбор травосмесей, накапливающих минимальное количество 137Cs.

Внесение извести и минеральных удобрений является наиболее эффективным приемом снижения поступления 137Cs в лугопастбищную растительность. Первоочередному известкованию подлежат почвы I-II групп кислотности. Наиболее эффективно послойное внесение извести: ½ нормы под основную обработку почвы и ½ нормы – под дискование (разделку пласта после вспашки).

При коренном улучшении пойменных лугов при первичной обработке почвы доза внесения азотных удобрений – 40-90 кг д.в. на 1 га. При перезалужении пойменных угодий вносят минеральные удобрения в дозе N120-180P90-120K120-180, если в дальнейшем планируется пастбищное использование сеяных трав, а при сенокосном использовании - N120-180P90-120K180-270. При коренном улучшении суходольных лугов в создании злакового травостоя вносится основное минеральное удобрение в дозе N60-90P60-90K120-180, с учетом обеспеченности почв подвижным фосфором и калием. При двухукосном использовании злакового травостоя дозы минеральных удобрений составляют N120P90-120K180-270.

Таблица 4.4. Дозы внесения извести и минеральных удобрений при коренном улучшении различных типов лугов с разной плотностью загрязнения 137Cs

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип луга | Почвы | Плотность загрязнения почв 137Сs, кБк/м2 | Дозы минеральных  удобрений, кг/га по  действующему веществу | | | Дозы  извести,  т/га |
| N | P2O5 | K2O |
| Суходольные | Дерново-подзолистые  песчаные и  супесчаные | \*37-185 | 45 | 40 | 60 | 5 |
| 185-555 | 60 | 90 | 120 | 7 |
| Дерново-подзолистые  суглинистые | \*37-185 | 40 | 6 | 80 | 6 |
| 185-555 | 90 | 100 | 180 | 8 |
| Торфяные  осушенные | Торфяно-глеевые | \*37-185 | 70 | 90 | 140 | 6 |
| 185-555 | 80 | 110 | 160 | 10 |

Таблица 4.5. Дозы внесения извести и минеральных удобрений при поверхностном улучшении различных типов лугов с разной плотностью загрязнения 137Cs

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип луга | Почвы | Плотность  загрязнения 137Сs, кБк/м2 | Дозы минеральных  удобрений, кг/га по д.в. | | | Дозы  извести,  т/га |
| N | P2O5 | K2O |
| Суходольные | Дерново-подзолистые  песчаные и  супесчаные | \*37-185 | 45 | 40 | 60 | 5 |
| 185-555 | 60 | 90 | 120 | 7 |
| Дерново-подзолистые  суглинистые | \*37-185 | 40 | 6 | 80 | 6 |
| 185-555 | 90 | 100 | 180 | 8 |
| Черноземы  выщелоченные,  серые лесные | \*37-185 | 30 | 45 | 60 | 3 |
| 185-555 | 45 | 60 | 90 | 5 |
| Пойменные | Аллювиальные супесчаные | \*37-185 | 45 | 60 | 100 | 5 |
| 185-555 | 60 | 80 | 120 | 7 |
| Аллювиальные суглинистые | \*37-185 | - | 30 | 60 | 6 |
| 185-555 | 40 | 60 | 80 | 8 |
| Низинные | Дерново-глеевые | \*37-185 | 50 | 75 | 100 | 5 |
| 185-555 | 60 | 90 | 120 | 8 |
| Торфяные  осушенные | Торфяно-глеевые | \*37-185 | 70 | 90 | 140 | 6 |
| 185-555 | 80 | 110 | 160 | 10 |

Таблица 4.6. Дозы внесения извести и удобрений при коренном улучшении сенокосов и пастбищ с разной плотностью загрязнения 137Cs

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип луга | Почвы | Плотность  загрязнения 137Сs, кБк/м2 | Дозы минеральных удобрений, кг/га по д.в. | | | Дозы  извести,  т/га | Органические  удобрения, т/га |
| N | P2O5 | K2O |
| Суходольные | Дерново-подзолистые  песчаные и  супесчаные | \*37-185 | 45 | 40 | 60 | 4 | 50-60 |
| 185-555 | 45 | 60 | 90 | 4 | 40-50 |
| 555-740 | 60 | 90 | 120 | 4 | - |
| \*\*740-1480 | 90 | 135 | 180 | 5 | - |
| Дерново-подзолистые  суглинистые  и глинистые | \*37-185 | 40 | 45 | 80 | 6 | 40-50 |
| 185-555 | 45 | 60 | 90 | 7 | 30-40 |
| 555-740 | 60 | 90 | 120 | 7 | - |
| \*\*740-1480 | 90 | 135 | 180 | 7 | - |
| Черноземы  выщелоченные, оподзоленные;  серые лесные | \*37-185 | 30 | 60 | 90 | 3 | - |
| 185-555 | 45 | 80 | 90 | 5 | - |
| 555-740 | 60 | 90 | 120 | 5 | - |
| \*\*740-1480 | 100 | 150 | 180 | 6 | - |
| Пойменные | Аллювиальные  песчаные  и супесчаные | \*37-185 | 30 | 45 | 60 | 3 | 20 |
| 185-555 | 45 | 60 | 90 | 3 | 10 |
| 555-740 | 60 | 90 | 120 | 3 | 10 |
| \*\*740-1480 | 70 | 100 | 140 | 4 | 10 |
| Низинные и осушенные торфяники | Дерново-луговые с гумусовым  горизонтом  22-25 см | \*37-185 | - | 45 | 60 | 5 | - |
| 185-555 | 40 | 60 | 90 | 5 | - |
| 555-740 | 60 | 90 | 120 | 6 | 10 |
| \*\*740-1480 | 80 | 120 | 160 | 8 | 10 |
| Торфяные с  мощностью  торфяного слоя свыше 50 см | \*37-185 | 40 | 60 | 90 | 4 | - |
| 185-555 | 45 | 60 | 90 | 4 | - |
| 555-740 | 60 | 90 | 120 | 6 | - |
| \*\*740-1480 | 80 | 100 | 160 | 8 | - |
| Осушенные низинные и переходные торфяники | Торфяные со слаборазложившимся  Торфом | \*37-185 | 60 | 60 | 90 | 5 | 10 |
| 185-555 | 60 | 80 | 120 | 6 | 15 |
| 555-740 | 80 | 100 | 160 | 8 | 15 |
| \*\*740-1480 | 90 | 135 | 180 | 10 | 20 |
| Торфяные с хорошо разложившимся  Торфом | \*37-185 | - | 45 | 60 | 6 | - |
| 185-555 | 45 | 70 | 90 | 6 | - |
| 555-740 | 60 | 90 | 120 | 7 | - |
| \*\*740-1480 | 80 | 120 | 160 | 8 | - |
| Торфяно-глеевые | \*37-185 | 30 | 45 | 60 | 5 | 30 |
| 185-555 | 45 | 60 | 90 | 5 | 25 |
| 555-740 | 60 | 90 | 120 | 10 | 25 |
| \*\*740-1480 | 80 | 120 | 160 | 10 | 25 |

Высокое качество кормов (зеленый корм, силос, сенаж, сено) по питательности и низкому содержанию радионуклидов регулируется сроками уборки трав: злаковые травосмеси скашивают в фазу колошения – начало цветения доминирующих злаков, уборка бобовых – начало цветения. При более ранних сроках скашивания наблюдается высокое содержание радионуклидов в корме по сравнению с оптимальными сроками уборки, но вместе с тем отмечается более высокое содержание протеина. Как правило, содержание радионуклидов во 2-м укосе трав выше, чем в первом. Запаздывание со сроками уборки приводит к потере сухого вещества, снижению выхода переваримого протеина, увеличению содержания клетчатки и ухудшению перевариваемости кормов.

**4.2.2. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения новых видов комплексных удобрений в кормопроизводстве**

Усовершенствование зональных технологий возделывания кормовых культур при применении новых видов комплексных удобрений и органо-минеральных комплексов на радиоактивно загрязненных территориях является перспективных направлений в кормопроизводстве.

По результатам полевых исследований и производственных испытаний на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях юго-западных районов Брянской области оценена эффективность применения агромелиорантов и новых форм комплексных удобрений на показатели агрохимической, радиологической и экономической эффективности при возделывании кукурузы (на силос), клевера, люпина, сеяных трав, сахарного сорго.

Агрономическая эффективность определялась на основании оценки изменения показателей почвенного плодородия, урожайности культур и качества продукции растениеводства.

Радиологическая эффективность определялась по кратности снижения содержания 137Cs в растениях и коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в растения, а также возможности получения продукции кормопроизводства, соответствующей санитарно-гигиеническими требованиями (СанПиН 2.3.2. 2650–10; ВП-13.5.13/06 -01).

Технология производства продукции кормопроизводства на радиоактивно загрязненных территориях эффективна, если она обеспечивает получение экологически безопасной по содержанию радионуклидов продукции при условии экономической оправданности затрат на ее производство.

Основной особенностью кормопроизводства является возможность оценки экономической эффективности на двух стадиях: на стадии производства кормов и на стадии их использования в качестве средства производства животноводческой продукции. На стадии производства кормов определение экономической эффективности затруднено тем, что в отрасли практически не создается товарная продукция, поскольку производство кормов существует в сельскохозяйственных организациях, занимающихся мясным и молочным скотоводством.

В кормопроизводстве в целом для оценки экономической эффективности новых видов удобрений используются такие показатели, как чистая прибыль от реализации продукции, полученной с применением новых удобрений, в тыс. руб./га; дополнительные затраты на применение удобрений и увеличение уровня рентабельности производства. При расчете экономической эффективности применения агрохимических средств, в том числе новых видов удобрений в, основное внимание уделяется двум наиболее важным показателям: условно чистому доходу (руб./га) и окупаемости затрат (руб./руб.).

Результаты исследований, проведенные в 2020 г. по оценке эффективности новых видов удобрений для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в различных кормовых культурах на радиоактивно загрязненных почвах Новозыбковского и Красногорского районов Брянской области РФ, определили наиболее перспективные виды новых комплексных удобрений, их сочетаний и комбинаций с традиционными мелиорантами (табл. 4.7).

***Эффективность применения новых видов комплексных удобрений при возделывании люпина***

Зеленая масса люпина широко используется в кормовых целях. Благодаря высокой азотфиксирующей способности и большого накопления [органического вещества](https://universityagro.ru/%d0%b7%d0%b5%d0%bc%d0%bb%d0%b5%d0%b4%d0%b5%d0%bb%d0%b8%d0%b5/%d0%be%d1%80%d0%b3%d0%b0%d0%bd%d0%b8%d1%87%d0%b5%d1%81%d0%ba%d0%be%d0%b5-%d0%b2%d0%b5%d1%89%d0%b5%d1%81%d1%82%d0%b2%d0%be-%d0%bf%d0%be%d1%87%d0%b2%d1%8b/) в почве люпин один из лучших сидератов.

На посевах люпина на дерново-подзолистой почве оценена эффективность применения доломитовой муки, ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) и Гумитона.

Кп 137Cs в вегетативную массу люпина (бобовая культура) высокий и составляет 1,63–3,54 по всем вариантам опытов. Наибольший эффект по снижению перехода 137Cs в вегетативную массу люпина получен при внесении ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) и доломитовой муки (кратность снижения соответственно 1,5 и 1,2 раза) (табл. 4.7).

Обработка вегетирующих растений люпина препаратом Гумитон, содержащим гуматы калия, повышает урожайность люпина на контроле (технология хозяйства) на 23,0 %. Максимальный эффект от действия Гумитона (повышение урожая вегетативной массы на 41,4 %) получен при внесении доломитовой муки. Наибольший эффект по снижению перехода 137Cs в зеленую массу люпина в эксперименте с применением Гумитона получен на фоне внесения доломитовой муки и доломитовой муки в сочетании с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) (1,8 и 2,1 раза по сравнению с вариантами без обработки препаратом).

Наилучшими удобрениями под люпин на дерново-подзолистой супесчаной среднекислой почве с высокой плотностью загрязнения 137Cs (без применения гуминовых препаратов) как в отношении повышения урожайности, так и снижения поступления 137Cs в растения люпина, являются ФосАгро NPK и доломитовая мука в сочетании с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2).

Использование Гумитона усиливает влияние доломитовой муки, внесенной в чистом виде, на среднекислой почве, как по повышению урожайности культуры, так и по снижению поступления 137Cs в зеленую массу люпина.

***Эффективность применения новых видов комплексных удобрений при возделывании сеяных трав (клевер с подсевом овса, 1-ый год)***

Для повышения урожайности сеяных бобовых трав (клевер с подсевом овса) на дерново-подзолистой супесчаной нейтральной почве следует вносить: ФосАгро NPK, в том числе в сочетании с доломитовой мукой (прибавка урожая составила 50,7–56,2 % по отношению к контролю), и Боркалимагнезию в сочетании с ФосАгро NPК (прибавка – 57,5 %) соответственно. Внесение Боркалимагнезии и доломитовой муки в чистом виде повышает урожай вегетативной массы сеяных трав на 30,1 и 18,5 % по отношению к контролю (фон хозяйства) соответственно (табл. 4.7).

Кп 137Cs в вегетативную массу трав был низким и составил всего 0,10–0,23 по всем вариантам опыта. Эффект по снижению перехода 137Cs в вегетативную массу при внесении Боркалимагнезии в сочетании с ФосАгро NP и доломитовой муки составил 1,6 раза.

Обработка вегетирующих растений клевера с подсевом овса препаратом Гумитон, достоверно не повышает урожайность зеленой массы на контроле (технология хозяйства). Максимальный эффект от действия Гумитона наблюдался при внесении Боркалимагнезии, в том числе с ФосАгро NP и составил 31,1–38,3 %. Влияние Гумитона на продуктивность сеяных трав по фону доломитовая мука и доломитовая мука в сочетании с ФосАгро NPK гораздо слабее (повышение урожайности – 14,5–16,2 % по сравнению с вариантами без применения препарата). Максимальный эффект по снижению перехода 137Cs в вегетативную массу сеяных трав при обработке посевов Гумитоном наблюдался на контроле (1,6 раза) и при внесении Боркалимагнезии (1,5 раза).

Таким образом, оптимальным видом удобрений под сеяные травы на нейтральных супесчаных почвах с низкой плотностью загрязнения 137Cs, как с точки зрения повышения урожайности, так и снижения поступления 137Cs в продукцию, является Боркалимагнезия (в том числе в сочетании с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2), а также ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2), в том числе в сочетании с доломитовой мукой.

***Эффективность применения новых видов комплексных удобрений при возделывании клевера***

На посевах клевера на пойменной дерново-слоистой (торфяной) почве наиболее эффективными для повышения урожайности являются следующие виды удобрений: доломитовая мука + ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) повышает урожайность зеленой массы клевера на 49,1 % относительно контроля, внесение Боркалимагнезии + ФосАгро NP на 40,4 %, внесение только ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) – на 29,8 % относительно контроля.

Кп 137Cs имеют средние значения и варьируют от 0,15 до 0,85Снижения перехода 137Cs в сено клевера при внесении традиционных промышленных мелиорантов не наблюдается.

Обработка клевера препаратом Гумитон повысила урожайность зеленой массы на 31,6 % в контрольном варианте, максимальные прибавки зеленой массы отмечены в вариантах с внесением Боркалимагнезии + ФосАгро NP – 88,8 % и ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) – 98,6 %.

При применении Гумитона максимальное снижение содержания 137Cs в урожае отмечено в варианте с внесением доломитовой муки + ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон – 6,49 раза и в варианте Боркалимагнезия + ФосАгроNP + Гумитон – 5,76 раз.

Для дальнейшего использования на территориях, занятых под выращивания клевера, рекомендованы следующие сочетания основных удобрений с Гумитоном:

- Доломитовая мука + ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон, увеличение урожайности на 85 %, снижение поступления 137Cs в 6,49 раза;

- Боркалимагнезия + ФосАгроNP + Гумитон, увеличение урожайности на 88,8%, снижение поступления 137Cs 5,76 раза.

***Эффективность применения новых видов комплексных удобрений при возделывании кукурузы***

При возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной нейтральной почве наиболее эффективными по показателю повышения урожайности являются следующие агромелиоранты и новые удобрения: ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) (прибавка урожая составила 56,8 % – максимальна), доломитовую муку в сочетании с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) (прибавка составила 52,3 %) и Боркалимагнезию, в том числе в сочетании с ФосАгро NP (прибавка – 37,9–48,1 %). Внесение доломитовой муки в чистом виде достоверно не повышает урожай вегетативной массы кукурузы.

Содержание 137Cs в зеленой массе кукурузы во всех вариантах опыта в десятки раз ниже существующих нормативов – ВП-13.5.13/06-01 (400 Бк/кг). Кп 137Cs в вегетативную массу кукурузы составл 0,05–0,22. Эффект по снижению перехода 137Cs в вегетативную массу кукурузы на дерново-подзолистой нейтральной почве с низкой плотностью загрязнения 137Cs (без применения гуминовых препаратов) получен только при внесении Боркалимагнезии (кратность снижения в 1,8 раза).

Обработка вегетирующих растений кукурузы препаратом Гумитон, содержащим гуматы калия, повышает урожайность зеленой массы кукурузы на контроле (технология хозяйства) на 21,0 %. Это соизмеримо с эффектом от применения Гумитоне на кукурузе на фоне Боркалимагнезии (на 26,0 % по сравнению с вариантом без внесения препарата. Эффект от действия Гумитона при внесении доломитовой муки в чистом виде был гораздо выше и составил 55,9 %. Максимальный эффект по снижению перехода 137Cs в зеленую массу кукурузы при обработке посадок Гумитоном наблюдался на фоне доломитовая мука + ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2) и составил 3,2 раза.

Таким образом, оптимальным видом удобрений под кукурузу на нейтральных супесчаных почвах с низкой плотностью загрязнения 137Cs, как с точки зрения повышения урожайности, так и снижения поступления 137Cs в продукцию, является сочетание доломитовой муки с ФосАгро NPK.

***Эффективность применения новых видов комплексных удобрений при возделывании сахарного согрго***

Сорго возделывался в соответствии с технологическими требованиями, типичными для региона. Минеральные удобрения и агромелиоранты вносились согласно схеме: доломитовая мука – 5 т/га, Калимаг – 0,5 т/га.

Внесенные удобрения, доломитовая мука и Калимаг повысили урожайность зеленой массы сахарного сорго на 9–49 ц/га на дерново-подзолистой почве и на 12–48 ц/га на низинных торфяных почвах.

Наибольшее повышение урожайности зеленой массы сорго на дерново-подзолистой почве обеспечило внесение доломитовой муки совместно с удобрением Калимаг – 28,5 %. На низинной торфяной почве наибольший эффект был получен при внесении одной доломитовой муки.

Обработка посевов Гумитоном повысила урожайность по всем вариантам опыта на 11–14,4 %, а при внесении доломитовой муки совместно с Калимагом на низинной торфяной почве – на 34,4 %.

Обработка вегетирующих растений сахарного сорго препаратом Гумитон, содержащим гуматы калия, повышает урожайность сорго на контроле (технология хозяйства) на 21 ц/га. Наибольший эффект от действия Гумитона (повышение урожая зеленой массы на 28 и 31 ц/га получен на 3 и 4 вариантах при внесении доломитовой + Калимаг соответственно.

Наибольший эффект по снижению перехода 137Cs в зеленую массу сорго в эксперименте с применением Гумитона на низинных торфяных почвах получен на контроле (технология хозяйства) – 5,8 раза.

На посевах сахарного сорго в качестве основного удобрении целесообразно использовать доломитовую муку с добавлением удобрения Калимаг и применение Гумитона.

Таблица 4.7. Эффективность применения агромелиорантов и новых видов удобрений и их сочетаний в 2020 г.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Культура/хозяйство | Агромелиоранты и новые виды удобрений | Урожай, ц/га | Прибавка  урожая,  ц/га | Кп137Cs | Кратность снижения 137Cs, раз |
| Кукуруза на силос сорт Каскад-195/ СПК «Заречье» Новозыбковского района | Гумитон | 460 | 60 | 0,071 | 1,7 |
| Кукуруза на силос сорт Лилии / СПК «Родина» Красногорского района | Доломитовая мука + ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон | 421 | 178 | 0,056 | 1,5 |
| Люпин сорт Витязь/ СПК «Заречье» Новозыбковского района | ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон | 330 | 78 | 2,167 | 1,7 |
| Доломитовая мука + ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон | 386 | 134 | 1,652 | 2,0 |
| Люпин сорт Витязь/ СПК «Родина» Красногорского района | ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон | 200 | 120 | 0,918 | 3,1 |
| Доломитовая мука +ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон | 210 | 130 | 1,021 | 2,8 |
| Клевер / СПК «Заречье» Новозыбковского района | Доломитовая мука + ФосАгро NPK NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон | 140 | 83,0 | 0,127 | 1,8 |
| Боркалимагнезия + ФосАгроNP + Гумитон | 151 | 94,0 | 0,032 | 7,7 |
| Костер / СПК «Заречье» Новозыбковского района | ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон | 266 | 152,0 | 0,219 | 2,6 |
| Боркалимагнезия + ФосАгро NP+ Гумитон | 204 | 90,0 | 0,088 | 2,7 |
| Сеяные травы (клевер с подсевом овса, 1-ый год)/  СПК «Родина» Красногорского района | Боркалимагнезия + Гумитон | 249 | 103,0 | 0,112 | 1,4 |
| Доломитовая мука + ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) + Гумитон | 265 | 119,0 | 0,122 | 1,3 |
| Сорго сахарное сорт Славяновское приусадебное / СПК «Родина» Красногорского района | \*Доломитовая мука + Калиймаг + Гумитон | 249 | 77 | 0,011 | 8,5 |
| \*\*Доломитовая мука + КалийМаг + Гумитон | 262 | 79 | 0,034 | 2,7 |

\* дерново-подзолистые почвы

\*\* низинные торфяные почвы

Результаты 3-хлетних опытов и производственных испытаний подтвердили высокую эффективность применения нового удобрения ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) и органо-минерального комплекса Гумитонпо трем показателям – агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность (табл. 4.8, 4.9).

Сочетанное действие нового органо-минерального комплекса Гумитона и нового комплексного удобрения ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) эффективно для повышения урожайности кукурузы на силос и сорго. При обработке растений Гумитоном и совместном применении Гумитона и удобрения в среднем за 3 года урожай вегетативной массы кукурузы повышается на 18,3 и 57,5%, сахарного сорго – на 11,8 и 35,3% (табл. 4.8, 4.9). Переход 137Cs в вегетативную массу кукурузы снижается в 2,9 раза, сахарного сорго – в 4,8 раза.

Во всех вариантах применения агромелиорантов и новых удобрений содержание 137Cs существенно ниже санитарно-гигиенических и ветеринарных требований.

Условно чистый доход на 1 рубль затрат при применении Гумитона составил: для кукурузы – 15,89 руб., для сахарного сорго – 5,32 руб.

**Заключение**

Агроклиматические ресурсы юго-западных районов Брянской области позволяют получать высокие урожаи кормовых культур (кукурузы на силос, люпина, сеяных трав, многолетних трав) и два укоса сена естественного травостоя.

Результаты экспериментальных исследований по оценке эффективности новых видов удобрений для повышения урожайности и снижения накопления 137Cs в кормовых культурах показывают, что на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях в хозяйствах юго-западных районов Брянской области под кукурузу на силос, люпин, клевер, сеяные травы и сорго, целесообразно использовать следующие виды удобрений и их сочетаний: ФосАгро NPK(S) 8:20:30 (2), в том числе в сочетании с Гумитоном; Боркалимагнезия, в том числе в сочетании с ФосАгро NP и Гумитоном, Доломитовая мука в сочетании с Калимагом и Гумитоном.

Использование органо-минерального комплекса Гумитон, как правило, усиливает эффективность влияние агромелиорантов и удобрений по сравнению с их внесением в чистом виде, на среднекислой почве, как по показателю повышения урожайности, так и снижению поступления 137Cs.

*ФГБНУ ВНИИРАЭ разработаны и получено Свидетельство о депонировании файла «Рукопись статьи «Применение органо-минерального комплекса Гумитон в технологии возделывания кукурузы на силос» от 08.08.2022 г. Регистрационный номер 710-322-371. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии» (Ратников А.Н., Суслов А.А., Иванкин Н.Г., Свириденко Д.Г., Панов А.В., Петров К.В., Шубина О.А., Семешкина П.С.)*

Таблица 4.8. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность применения Гумитона в технологиях возделывания кукурузы (на силос) и сахарного сорго за период 2020-2022 годы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год проведения работ | Наименование культуры | Урожайность, ц/га | Прибавка за счет Гумитона, ц/га | Прибавка, % | Содержание 137Cs в вегетативной массе, Бк/кг | Плотность загрязнения почвы, кБк/м2 | Кп137Cs | Кратность снижения Кп137Cs, раз | Условно чистый доход на 1 рубль затрат, руб. |
| 2020 | Кукуруза | 460 | 60 | 15,0 | 30,3 | 424 | 0,071 | 1,7 | 17,05 |
| 2021 | 350 | 70 | 25,0 | 40,9 | 712 | 0,057 | 2,7 | 3,12 |
| 2022 | 345 | 45 | 15,0 | 12,1 | 392 | 0,031 | 4,4 | 27,51 |
| **Среднее** |  | **385** | **58,3** | **18,3** | **27,8** | **509,3** | **0,053** | **2,9** | **15,89** |
| 2020 | Сахарное сорго | 214 | 23 | 12,0 | 2,0 | 159 | 0,013 | 7.2 | 4,47 |
| 2021 | 205 | 18 | 9,6 | 121 | 292 | 0,414 | 1,3 | 6,37 |
| 2022 | 205 | 25 | 13,9 | 21,6 | 316 | 0,068 | - | 5,13 |
| **Среднее** |  | **208** | **22** | **11.8** | **14,7** | **255,7** | **0,165** | **4,8** | **5,32** |

Таблица 4.9. Агрономическая, радиологическая и экономическая эффективность сочетанного применения Гумитона с ФосАгро NPK (S) 8:20:30 (2) в технологиях возделывания кукурузы на силос и сахарного сорго за период 2020-2022 годы

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Год проведения работ | Наименование культуры | Урожайность, ц/га | Общая  прибавка, ц/га | Прибавка, % | Содержание 137Cs в вегетативной массе, Бк/кг | Плотность загрязнения почвы, кБк/м2 | Кп137Cs | Кратность снижения Кп137Cs, раз | Условно чистый доход на 1 рубль затрат, руб. |
| 2020 | Кукуруза | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2021 | 570 | 290 | 103,6 | 36,1 | 662 | 0,055 | 3,45 | 0,54 |
| 2022 | 390 | 90 | 11,4 | 17,8 | 645 | 0,028 | 2,5 | 5,60 |
| **Среднее** |  | **480** | **190** | **57,5** | **27,0** | **654** | **0,044** | **3,0** | **3,07** |
| 2020 | Сахарное сорго | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 2021 | 246 | 59 | 31,6 | 88 | 240 | 0,367 | 1,5 | 1,02 |
| 2022 | 250 | 70 | 38,9 | 25 | 323 | 0,077 | 1,7 | 0,50 |
| **Среднее** |  | **248** | **65** | **35,3** | **56,5** | **281** | **0,222** | **1,6** | **0,76** |

**5. ВЕДЕНИЕ ЖИВОТНОВОДСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ ФОРМ КОРМОВЫХ ДОБАВОК И ПРЕПАРАТОВ НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**5.1. Республика Беларусь**

**5.1.1. Основные принципы производства продукции животноводства в условиях радиоактивного загрязнения**

Основной задачей ведения животноводства в условиях радиоактивного загрязнения является получение продукции, соответствующей требованиям республиканских допустимых уровней по содержанию радионуклидов [24]. В системе мероприятий по снижению концентрации радионуклидов в продукции животноводства применяются следующие приемы [5]:

– производство кормов с допустимым содержанием радионуклидов;

– изменение условий содержания и рационов кормления животных: использование наименее загрязненных кормов на заключительной стадии откорма;

– введение в рацион специальных добавок, снижающих переход радионуклидов в продукты животноводства

Возможность производства продукции животноводства, соответствующей нормативам, прогнозируется на основании плотности загрязнения почв сельскохозяйственных земель, коэффициентов перехода радионуклидов из почвы в корма, коэффициентов перехода радионуклидов из суточного рациона в 1 кг животноводческой продукции и республиканских допустимых уровней РДУ-99 (табл. 5.1).

Таблица 5.1. Средние значения коэффициентов перехода радионуклидов из суточного рациона в молочную и мясную продукцию животноводства радионуклидов и их предельное содержание в рационах (Бк/сутки)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид продукции | Радионуклид | | | |
| 137Cs | | 90Sr | |
| КП | Бк/сутки | КП | Бк/сутки |
| Молоко коровье | 1,0 | 10000 | 0,14 | 2600 |
| Говядина | 4,0 | 12500 | 0,04 | – |
| Свинина | 25,0 | 720 | 0,10 | – |
| Баранина | 15,0 | 3333 | 0,10 | – |

**Производство молока.** Согласно требованиям РДУ-99, содержание 137Cs в молоке и цельномолочной продукции на пищевые цели не должно превышать 100 Бк/л, 90Sr – 3,7 Бк/л. Для получения такого молока при переходе 137Cs около 1 % от суточного поступления с кормами, в рационе дойной коровы должно содержаться не более 10,0 кБк 137Cs. Предельно допустимое содержание 90Sr в суточном рационе дойных коров не должно превышать 2,6 кБк.

В пастбищный период концентрация 137Cs в зеленой массе трав не должна превышать 185 Бк/кг, 90Sr – 37 Бк/кг.

В стойловый период суточный рацион для дойных коров составляется в соответствии с существующими нормативами потребности животных в питательных веществах и скармливания отдельных видов кормов (табл. 5.2).

При загрязнении отдельных видов кормов выше предельно допустимых уровней нормирование в рационе радионуклидов производится за счет увеличения доли более чистых, прежде всего концентрированных кормов.

Таблица 5.2. Примерный рацион для лактирующих коров живой массой 500 кг, суточным удоем 16-18 кг и предельно допустимое содержание радионуклидов в стойловый период

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид корма | Масса, кг | Содержание 137Cs, Бк/кг | Всего 137Cs, Бк/сутки | Содержание 90Sr, Бк/кг | Всего 90Sr, Бк/сутки |
| Силос кукурузный | 18 | 35 | 630 | 45 | 810 |
| Сенаж злаковых трав | 15 | 350 | 5250 | 75 | 1125 |
| Сено | 3 | 1300 | 3900 | 180 | 540 |
| Комбикорм | 5 | 20 | 100 | 13 | 65 |
| **Итого** | **–** | **–** | **9880** | **–** | **2540** |

**Производство мяса (говядины, свинины, баранины, конины).** Для получения телятины и молодой говядины в соответствии с нормативными требованиями (<500 Бк/кг) рекомендуется проводить выпас животных при предельно допустимом содержании 137Cs в траве в зависимости от возраста молодняка при убое (табл. 5.3). Контроль рациона по содержанию 90Sr при откорме крупного рогатого скота проводить нет необходимости, поскольку переход его в мышечную ткань не превышает 0,04 %.

Для получения свинины в пределах требований РДУ-99 (180 Бк/кг) в суточном рационе животных содержание 137Cs не должно превышать 720 Бк (табл. 5.4).

Таблица 5.3. Предельно допустимое содержание 137Cs в пастбищном корме для получения говядины, соответствующей нормативу РДУ-99

|  |  |
| --- | --- |
| Возраст КРС, месяцев | Предельно допустимое содержание в травостое, Бк/кг |
| 5 | 60 |
| 6 | 75 |
| 7 | 90 |
| 8 | 115 |
| 9-10 | 160 |
| 11-12 | 235 |
| 13-14 | 300 |
| 15-16 | 340 |
| 17-18 | 350 |

Таблица 5.4. Примерные суточные рационы для откорма свиней

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Корм | Зимний период | | | Летний период | | |
| масса, кг | содержание 137Cs, Бк/кг | всего 137Cs, Бк | масса, кг | содержание 137Cs, Бк/кг | всего 137Cs, Бк |
| Концентраты(зерно) | 3 | 90 | 270 | 3 | 90 | 270 |
| Картофель | 8 | 50 | 400 | – |  |  |
| Зеленая масса | – | – | – | 10 | 25 | 250 |
| **Итого 137Cs, Бк** | **–** | **–** | **670** | – | **–** | **520** |

Для получения баранины в пределах допустимого уровня (500 Бк/кг) содержание 137Cs в суточном рационе овец не должно превышать 3,3 кБк. Если корма соответствуют требованиям, предъявляемым для дойного стада, то их можно скармливать овцам без ограничений.

*Дифференцированное использование кормов* в зависимости от содержания в них 137Cs является одним из основополагающих принципов ведения животноводства на загрязненных радионуклидами территориях [25]. Основой дифференцированного использования загрязненных кормов является их подбор в рационах животных, обеспечивающий получение пищевой продукции, отвечающей требованиям санитарно-гигиенических нормативов по содержанию радионуклидов.

Содержание 137Cs в рационе КРС зависит от концентрации радиоизотопа в его компонентах. Значительный вклад в формирование удельной активности рациона в зимне-стойловый период вносит сенаж (до 90%) и силос (до 70%), в несколько меньшей мере – сено (до 50%) и солома (до 40%). В летне-пастбищный период скармливают зеленные корма. В структуре рациона бычков на выращивании и откорме травяные корма должны составлять 65-70%, а концентраты 30-35%, а на откорме – соответственно 55-60% и 40-45%. 90% содержания 137Cs в рационе в летний период формирует зеленая масса.

Наиболее «критическим» рационом кормления, с точки зрения содержания радионуклидов, является сенажный рацион, а наименее «проблемным» является силосный рацион. Сравнительная оценка содержания 137Cs в рационах показала, что гораздо более высокой активностью по содержанию радионуклида отличаются корма, выращенные на торфяных, аллювиальных (пойменных) почвах или заготовленные на естественных луговых землях, чем корма, выращенные на дерново-подзолистой почве.

В случаях, когда невозможно получить продукции, соответствующую нормативам содержание 137Cs в организме животных и молоке можно снизить путем применения цезий-связывающих препаратов (ферроцианидов). Ферроцианид-содержащие препараты применяются в виде добавки в комбикорм, муку или мучную зерновую смесь. Для снижения накопления в продукции 30Sr рекомендуется добавлять в рацион животных сапропель и трепел. Включение указанных препаратов и кормовых средств позволяет уменьшить накопление радионуклидов в животноводческой продукции (табл. 5.5). Если при кормлении обычным рационом в молоко переходит около 1 % 137Cs, то из рациона с ферроцианидом – 0,3 %.

Таблица 5.5. Применение в рационах препаратов и кормовых средств для снижения перехода радионуклидов в продукцию животных

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вид продукции | 137Cs | | 90Sr | | | |
| Ферроцианид (сорбент) | | Сапропель | | Трепел | |
| доза препа­рата, г/сутки | КП, % на 1 кг (л) | доза препа­рата, г/сутки | КП, % на 1 кг (л) | доза препа­рата, г/сутки | КП, % на 1 кг (л) |
| Молоко коровье | 3,0 | 0,3 | 100,0 | 0,19 | 100,0 | 0,19 |
| Говядина | 3,0 | 2,0 | 100,0 | 0,03 | 100,0 | 0,03 |
| Баранина | 1,0 | 7,0 | 30,0 | 0,08 ' | 30,0 | 0,08 |

**5.1.2. Применение комплексных минеральных добавок для обогащения рациона животных**

Высокая продуктивность молочного скота в первую очередь, предполагает обеспечение животных высококачественными кормами и необходимыми балансирующими кормовыми добавками [26]. Основными источниками минеральных веществ для животных являются растительные корма. Республика Беларусь относится к нечерноземной зоне, где в результате анализа минерального состава кормов выявлен дефицит в них кальция, фосфора, кобальта, цинка, меди, марганца. Недостаток кальция в рационе увеличивает переход 90Sr из корма в молоко до 6,7 раз. Также на поступление радионуклидов в молоко, в частности 90Sr, большое влияние оказывает не только содержание в рационе кальция, но и его формы и соотношение с фосфором.

В Институте радиобиологии НАН Беларуси проведены эксперименты по обогащению рациона молочных коров минеральными добавками на основе трепела, фосфогипса и сапропеля, подтверждают способность макро- и микроэлементов снижать содержание радионуклидов (137Cs, 90Sr) в молоке. При этом доля снижения поступления 137Cs и 90Sr из рациона в молоко составляет 6 и 14-20%, соответственно.

**Сапропель** – осадок, образующийся на дне пресноводных водоемов (озер, болот) из мельчайших остатков животных и растительных организмов.

В составе сапропеля может содержать до 50% органических и азотсодержащих веществ, до 40% углеводов, битумные соединения, а также макроэлементы (кальций, фосфор, магний, калий), микроэлементы (марганец, медь, и др.), витамины (Д, В1, В2, В6, В12), каротин, гормоны, бактериофаги, гуминовые кислоты. Более 50% Са и до 20% Р2О5 содержащихся в сапропеле, входит в состав подвижных форм, легко усвояемых организмом животных. Наиболее высоким содержанием кальция отличается сапропель карбонатного типа – 95,6 г/кг. Кроме кальция зола сапропелей содержит другие жизненно необходимые макро- и микроэлементы, в том числе железо, медь, цинк, кобальт, марганец.

**Трепел** представляет собой порошок от светло-серого до серого цвета, не имеет посторонних запахов, не свойственных натуральному запаху нативной породы. Главными активно действующими компонентами трепела являются минералы-энтеросорбенты и микрокальцит. В своем составе трепел содержит 10-80 г/кг кальция. Дефицит этого химического элемента в организме повышенный переход 90Sr в молоко и костную ткань молодняка крупного рогатого скота. Содержание калия в трепеле варьирует от 5 до 20 г/кг, содержание магния составляет – 5,0 г/кг, натрия – 8 г/кг.

Трепел используется в качестве источника почти всех необходимых для животных и птиц макро- и микроэлементов, а также применяется в качестве адсорбента тяжелых металлов, микотоксинов, разбавителя при производстве премиксов и комплексных кормовых добавок. На базе Института радиобиологии НАН Беларуси разработана комплексная кормовая добавка на основе трепела месторождения «Стальное» Хотимского района и проведены ее производственные испытания.

**Фосфогипс** – это остаточный продукт при производстве фосфорных удобрений на Гомельском химическом заводе. В его состав входят: кальций – 33 %, сера – 22 %, в небольшом количестве микроэлементы. Содержание фтора не превышает 0,1-0,3 %. В фосфогипсе присутствуют в небольшом количестве: калий, натрий, алюминий, железо, барий, медь, цинк, марганец, редкоземельные элементы. Однако содержание их не превышает пределов соответствующего Кларка элементов. По внешнему виду фосфогипс представляет собой сыпучий, тонко измельченный порошок, который хорошо смешивается с другими минеральными добавками, концентратами или кормовыми смесями.

**Составы комплексных минеральных добавок на основе фосфогипса, трепела и сапропеля для лактирующих коров**

После проведения анализа уровня обеспеченности рационов лактирующих коров (живая масса 550-600 кг, среднесуточный удой молока 18-20 кг) макро- и микроэлементами, были рассчитаны адресные составы минеральных добавок на основе местных источников минерального сырья. Данные кормовые добавки могут скармливаться как в свободном виде, так и в составе комбикормов (табл. 5.6-5.7).

Таблица 5.6. Составы минеральных кормовых добавок на основе фосфогипса, трепела и сапропеля, для лактирующих коров (живая масса 550-600 кг, среднесуточный удой молока 12-16 кг, жирность 3,8-4 %) для сельскохозяйственных предприятий Гомельской области на территориях радиоактивного загрязнения в период летне-пастбищного содержания

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | Сельскохозяйственное предприятие | Состав добавки | | | | | | Всего в сутки, г |
| Фосфогипс | | Трепел | | сапропель | |
| г | % | г | % | г | % |
| Добрушский | ОАО «Добрушский Агросервис» | 66,4 | 45,8 | 31,8 | 21,9 | 46,8 | 32,3 | 145 |
| Брагинский | ОАО «Имени Жукова» | 70,0 | 42,7 | 38,4 | 23,4 | 55,6 | 33,9 | 164 |
| Брагинский | ОАО «Комаринский» | 68,7 | 44,3 | 38,0 | 24,5 | 48,4 | 31,2 | 155 |
| Брагинский | ОАО «Маложинский» | 65,8 | 46,7 | 32,6 | 23,1 | 42,6 | 30,2 | 141 |
| Брагинский | ОАО «Чемерисский» | 52,6 | 42,8 | 26,4 | 21,5 | 43,9 | 35,7 | 123 |
| Брагинский | ОАО «Брагинский» | 58,7 | 43,8 | 32,3 | 24,1 | 43,0 | 32,1 | 134 |
| Брагинский | ОАО «Брагинка» | 64,5 | 47,1 | 33,2 | 24,2 | 39,3 | 28,7 | 137 |
| Брагинский | ОАО «Брагинагросервис» | 60,2 | 42,7 | 31,4 | 22,3 | 49,4 | 35 | 141 |
| Брагинский | ОАО «Пераможник» | 65,1 | 48,6 | 36,7 | 27,4 | 32,2 | 24 | 134 |
| Хойникский | КСУП «Имени И.П. Мележа» | 58,8 | 41,7 | 38,8 | 27,5 | 43,4 | 30,8 | 141 |
| Хойникский | КСУП «Велетин» | 59,4 | 42,1 | 39,8 | 28,2 | 41,9 | 29,7 | 141 |
| Хойникский | КСУП «Оревичи» | 65,0 | 44,5 | 40,2 | 27,5 | 40,9 | 28 | 146 |
| Хойникский | КСУП «Судково» | 66,8 | 46,7 | 34,6 | 24,2 | 41,6 | 29,1 | 143 |
| Хойникский | КСУП «Экспериментальная база «Стреличево» | 69,8 | 46,2 | 32,8 | 21,7 | 48,5 | 32,1 | 151 |
| Хойникский | ОАО «Хойникский Агросервис» | 62,2 | 42,3 | 33,5 | 22,8 | 51,3 | 34,9 | 147 |

Таблица 5.7. Составы минеральных кормовых добавок на основе фосфогипса, трепела и сапропеля, для лактирующих коров (живая масса 550-600 кг, среднесуточный удой молока 12-16 кг, жирность 3,8-4 %) для сельскохозяйственных предприятий Гомельской области на территориях радиоактивного загрязнения в период зимне-стойлового содержания

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | Сельскохозяйственное предприятие | Состав добавки | | | | | | Всего в сутки, г |
| Фосфогипс | | Трепел | | сапропель | |
| г | % | г | % | г | % |
| Добрушский | ОАО «Добрушский Агросервис» | 57,3 | 41,2 | 21,3 | 15,3 | 60,5 | 43,5 | 139 |
| Брагинский | ОАО «Имени Жукова» | 59,3 | 40,1 | 32,7 | 22,1 | 55,9 | 37,8 | 148 |
| Брагинский | ОАО «Комаринский» | 59,9 | 39,7 | 35,0 | 23,2 | 56,0 | 37,1 | 151 |
| Брагинский | ОАО «Маложинский» | 54,5 | 39,8 | 27,0 | 19,7 | 55,5 | 40,5 | 137 |
| Брагинский | ОАО «Чемерисский» | 49,5 | 41,6 | 24,3 | 20,4 | 45,2 | 38 | 119 |
| Брагинский | ОАО «Брагинский» | 51,4 | 42,1 | 26,1 | 21,4 | 44,5 | 36,5 | 122 |
| Брагинский | ОАО «Брагинка» | 55,4 | 42,3 | 28,6 | 21,8 | 47,0 | 35,9 | 131 |
| Брагинский | ОАО «Брагинагросервис» | 51,4 | 41,8 | 24,7 | 20,1 | 46,9 | 38,1 | 123 |
| Брагинский | ОАО «Пераможник» | 48,8 | 38,1 | 30,0 | 23,4 | 49,3 | 38,5 | 128 |
| Хойникский | КСУП «Имени И.П. Мележа» | 54,4 | 39,4 | 31,3 | 22,7 | 52,3 | 37,9 | 138 |
| Хойникский | КСУП «Велетин» | 53,6 | 39,7 | 32,1 | 23,8 | 49,3 | 36,5 | 135 |
| Хойникский | КСУП «Оревичи» | 60,7 | 41,3 | 35,4 | 24,1 | 50,9 | 34,6 | 147 |
| Хойникский | КСУП «Судково» | 47,6 | 37,5 | 30,4 | 23,9 | 49,0 | 38,6 | 127 |
| Хойникский | КСУП «Экспериментальная база «Стреличево» | 46,8 | 39,7 | 24,5 | 20,8 | 46,6 | 39,5 | 118 |
| Хойникский | ОАО «Хойникский Агросервис» | 51,1 | 38,1 | 26,3 | 19,6 | 56,7 | 42,3 | 134 |

В комбикорма кормовую добавку на основе фосфогипса вводят на комбикормовых заводах или в кормоцехах сельскохозяйственных предприятий, используя существующие технологии смешивания, которые обеспечивают необходимый коэффициент однородности конечного корма.

**5.1.3. Кормовые добавки и сорбенты с вводом ферроцина для снижения перехода 137Cs из рациона в продукцию животноводства (молоко, мясо)**

***Кормовая добавка «Антикет».*** Кормовая добавка предназначена для балансирования рационов дойных коров по основным питательным веществам (протеину, сахару, витаминам, микроэлементам), а также для увеличения продуктивности и профилактики кетозы и снижения перехода137 Cs в молоко. Добавка выпускается в форме брикета-лизунца массой 10 кг, упакованного в полиэтиленовую пленку.

Высокое содержание в составе кормовой добавки углеводов, а в особенности сахара, обеспечивает организм энергией, способствует быстрому восстановлению после отела, а также нормализации сахара-протеинового отношения в рационе. За счет этого восстанавливается нормальный уровень глюкозы в крови, предотвращается накопление в ней кетоновых тел, что улучшает молочную продуктивность и повышает содержание белка в молоке.

Брикет содержит легко расщепляемый в рубце протеин, в результате чего наблюдается быстрый рост микрофлоры, особенно на фоне больших количеств ферментируемых углеводов (крахмала, сахара).

Суточная доза брикета составляет 0,15-0,5 кг/голову. Доза может быть увеличена для высокопродуктивных коров, а также для коров в начале лактации с целью повышения их продуктивности. Включение в состав кормового брикета ферроцина в количестве 0,6, 0,8 и 1,2% способствует снижению перехода 137Cs из рациона в молоко в 4-6 раз.

Производство данной кормовой добавки организовано на базе фермерского хозяйства «Василек» Дзержинского района Минской области.

***Композиционный энтеросорбент в составе кормовой добавки на основе торфа.*** Энтеросорбент представляет собой композиционный материал на основе торфа, содержащий 5 % ферроцина. Композиционный энтеросорбент получен путем модификации сфагнового торфа гексацианоферратом железа. Использование торфа в качестве активного энтеросорбционного материала обусловлено рядом ценных свойств, его низкой стоимостью и доступностью.

Производственные испытания энтеросорбента в качестве кормовой добавки в рационе бычков, проведенные в Институте радиобиологии НАН Беларуси, показали, что ее применение может способствовать снижению 137Cs в говядине и субпродуктах крупного рогатого скота в 6 раз, а в молоке в 4,6 раза по сравнению с контролем. Рекомендованная суточная доза скармливания энтеросорбента с концентратами: лактирующим коровам составляет 30 г/гол., а бычкам на откорме – 40 г/гол.

***Специальные цезийсвязывающие препараты.*** При отсутствии в сельскохозяйственных организациях кормов с «низким» содержанием 137Cs на заключительной стадии откорма рекомендуется применение специальных цезийсвязывающих препаратов (например, ферроцина (Fe4[Fe(CN)6]3)), сорбирующих радионуклиды в желудочно-кишечном тракте. Данные препараты уменьшают всасывание 137Cs в желудочно-кишечном тракте животных за счет образования с ним нерастворимых соединений, которые выводятся естественным путем из организма [27].

На практике ферроцин может применяться в составе комбикорма и соли лизунца. Рекомендуется использование комбикорма-концентрата с ферроцином (0,6%) для КРС (ТУ BY 400068342.004-2018) по 0,5 кг на голову в сутки на заключительном этапе откорма в течение 1-3 месяцев. Брикеты соли-лизунца с ферроцином (6%) раскладываются в кормушки или на пастбищах.

Эффективность применения кормовых добавок с ферроцином в конкретных условиях варьирует в зависимости от уровня содержания радионуклида в рационе (от 2 до 10 раз). Чем выше удельная активность кормов, тем выше кратность снижения концентрации 137Cs в мышечной ткани.

**5.2. Российская Федерация**

**5.2.1. Ведение животноводства на радиоактивно загрязненных территориях: защитные и реабилитационные мероприятия**

Получение продукции животноводства, отвечающей по содержанию радионуклидов установленным санитарно-гигиеническим требованиям, является наиболее сложной задачей. Оценка предельно допустимых плотностей загрязнения кормовых угодий, показала, что получение продукции животноводства с превышением нормативов возможно при относительно невысоких уровнях загрязнения – особенно для торфяников и минеральных почв легкого гранулометрического состава.

Перечень защитных мер, обеспечивающих снижение перехода радионуклидов в организм сельскохозяйственных животных, включает как мероприятия в кормопроизводстве, так и ветеринарные и зоотехнические приемы. Наиболее эффективной контрмерой является обеспечение животных кормами с низким содержанием радионуклидов. В животноводстве используют следующие специальные приемы, снижающие переход радионуклидов в продукцию: организация содержания и кормления животных с учетом специфик отраслей животноводства; применение ферроцианидных препаратов [4].

**Характеристика защитных и реабилитационных мероприятий.** При ведении животноводства на радиационно загрязненных территориях выделяют 3 категории специальных мероприятий по снижению перехода радионуклидов и ТМ в продукцию животноводства: организационно-хозяйственные, зоотехнические и ветеринарные, позволяющие снизить содержание 137Cs в продукции животноводства до десятков раз, в зависимости от первоначального содержания (табл. 5.8).

Таблица 5.8. Снижения содержания 137Cs в продукции животноводства при применении различных технологических приемов и защитных мероприятий

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Мероприятие, технологический прием | Вид животных | Вид продукции | Кратность снижения |
| *Ограничительные* | КРС | Молоко | 8,3-8,5 |
| *Организационные* | КРС | Молоко | 4,0-4,1 |
| КРС | Мясо | 3,3-3,5 |
| *Ветеринарные* | | | |
| Применение Cs-связывающих препаратов | КРС | Молоко | 1,5-21,8 |
| КРС | Мясо | 2,3- 7,5 |
| Применение сорбентов | КРС | Молоко | 1,2-2,0 |
| *Зоотехнические* | | | |
| Предубойный откорм "чистыми кормами" | КРС | Мясо | 2,0-15,2 |
| Лошади | Мясо | 1,9-9,5 |
| Овцы | Мясо | 2,8-76,4 |
| Рациональное использование сенокосов и пастбищ | КРС | Молоко | 1,3-10,4 |
| Подбор кормов для рациона | КРС | Молоко | 1,7-2,5 |
| КРС | Мясо | 32,6-41,8 |

*Организационно-хозяйственные мероприятия* включают в себя: эвакуацию животных, ограничение или запрещение выпаса животных; замену пастбищного содержания животных стойловым; перепрофилирование отраслей животноводства; подбор кормов в рационах по степени их загрязнения; предубойный откорм животных; организацию «зеленого конвейера и т.п.

*Зоотехнические мероприятия* включают приемы рациональной пастьбы и кормления животных. Пастьбу животных следует начинать при отрастании травостоя не менее 10-15 см. Регулирование пастбищного содержания животных обеспечивается системой пастьбы и соблюдением норм нагрузки животных на пастбища, а также использованием в рационах зеленой подкормки. Организация загонной пастьбы с порционным стравливанием пастбищ по сравнению с вольным бессистемным выпасом ограничивает потребление животными нижнего наиболее загрязненного яруса травостоя. При недостатке пастбищного корма в хозяйствах организуют пастбищно-стойловое или стойлово-лагерное содержание скота, при которых пастьба животных сочетается с подкормкой кормами «зеленого конвейера» и концентратами.

*Ветеринарные мероприятия* предусматривают использование в рационах животных кормовых добавок и специальных препаратов, предотвращающих всасывание техногенных загрязнителей в желудочно-кишечном тракте, дезактивацию кожных покровов, а также целенаправленную профилактическую диспансеризацию животных.

В ряду ветеринарных защитных мероприятий выделяют две основные группы контрмер, обеспечивающие гарантированное производство нормативно «чистых» продуктов животноводства (молоко, мясо). К первой группе относятся специфические цезий-связывающие препараты: ферроцин, бифеж, ферроцинсодержащие болюсы и брикеты соли-лизунца. Применение в рационах животных ферроцианидсодержащих препаратов (ФСП) является наиболее эффективным приемом для снижения перехода 137Cs в молоко и мясо.

Вторая группа - природные сорбенты: цеолиты, вермикулит, различные глины, трепелы и опоки. Состав сорбентов представлен широким спектром биофильных макро- и микроэлементов, обеспечивающих оптимизацию минерального питания животных, с одной стороны, и, в силу своих сорбционных свойств, уменьшающих поступление радиоцезия в организм животных, с другой.

**Технологические приемы, обеспечивающие получение молока с содержанием радионуклидов, соответствующим санитарно-гигиеническим нормативам.** Основными технологическими приемами, гарантирующими получение молока в пределах нормативов, являются: использование улучшенных пастбищ, применение “зеленого конвейера”, регулирование режима пастьбы животных; перевод лактирующих коров на стойлово-выгульное содержание с включением в рацион скошенной зеленой массы; двухстадийный откорм животных перед отправкой на мясокомбинат; применение в рационах 137Cs – связывающих препаратов и сорбентов (табл. 5.9).

Таблица 5.9. Эффективность технологических приемов (Fэфф) по снижению перехода 137Cs в молоко в производственных условиях хозяйств

|  |  |
| --- | --- |
| Технологические приемы | Fэфф, раз |
| Поверхностное улучшение пастбищ | 1,5-2,5 |
| Коренное улучшение пастбищ | 3-5 |
| Применение “зеленого конвейера” | 1,5-2 |
| Регулирование режима пастьбы животных (загонная пастьба) | 1,5-2 |
| Перевод животных с пастбищного на стойлово-выгульное содержание | 2-3 |
| Использование в рационах сорбентов 137Cs: |  |
| ферроцин, бифеж | 5-7 |
| ферроцинсодержащие болюсы и солевые брикеты | 1,5-2 |
| глинистые минералы | до 2 |

**5.2.2. Характеристика новых форм кормовых добавок и препаратов**

В ряду ветеринарных защитных мероприятий выделяют две основные группы сорбентов и препаратов, обеспечивающие производство нормативно «чистых» продуктов животноводства (молоко, мясо). К первой группе относятся специфические цезий-связывающие препараты: ферроцин, бифеж, ферроцинсодержащие болюсы и брикеты соли-лизунца. Применение в рационах животных ферроцианидсодержащих препаратов (ФСП) является наиболее эффективным приемом для снижения перехода 137Cs в молоко и мясо.

Вторая группа - природные сорбенты: цеолиты, вермикулит, различные глины, трепелы и опоки. Состав сорбентов представлен широким спектром биофильных макро- и микроэлементов, обеспечивающих оптимизацию минерального питания животных, с одной стороны, и, в силу своих сорбционных свойств, уменьшающих поступление радиоцезия в организм животных, с другой.

***Премиксы.*** Премиксы – это однородные смеси биологически активных веществ и наполнителя [28]. Биологически активные вещества в премиксах включают витамины, микроэлементы, минеральные вещества, аминокислоты, антиоксиданты, химико-терапевтические препараты и противомикробные препараты в оптимальных количествах и соотношениях. В состав премиксов входят наполнитель, который удерживает и растворяет активные вещества, это может быть овсяная мука, отруби, травяная мука, жмыхи, дрожжи.

Механизм действия премиксов обусловлен наличием в них витаминов (А, Д3, Е, К, С, группы В), микроэлементов (цинк, медь, железо, кобальт, марганец, селен и йод) и макроэлементов (кальций, фосфор, натрий, магний, сера), антиоксидантов, противомикробных препаратов (кормовые антибиотики). В состав премикса включены все те вещества, которые необходимы домашним животным, но которые они не могут получить в достаточном объеме из обычных кормов [24]. Если в состав премикса входят ферменты, то повышается перевариваемость питательных веществ кормов до 20 %. Премиксы являются добавкой к рациону животных. Введение премикса в рацион коров позволило повысить молочную продуктивность на 16,0 %. При использовании минерально-витаминного премикса на основе бентонита происходит увеличение макро- и микроэлементов [5, 25].

***Смектитный трепел.*** Добывают минерал на местном месторождении Гришина Слобода Жуковского района Брянской области. Минерал представляет собой осадочную породу, в состав которой входит аморфный кремнезем (45–65 %) и глинистая часть, представленная монтмориллонитом (35–55 %). Частицы кремнезема – округлой формы, без острых граней.

Находящийся в трепеле кремний регулирует обменные процессы на клеточном уровне, способствует усвоению кальция, фосфора и других минеральных элементов и положительно влияет на формирование костной, хрящевой и соединительной тканей.

*Монтмориллонит* – широко распространенный [глинистый](http://wiki.web.ru/wiki/%D0%93%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8B%D0%B5_%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB%D1%8B) [минерал](http://wiki.web.ru/wiki/%D0%9C%D0%B8%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BB) (наноглина)  из группы смектитов подкласса слоистых силикатов (диоктаэдрический смектит). Этот материал составляет основу фармацевтического препарата Смекта и его аналогов, которые назначают при диарее, дисбактериозе и в качестве сорбента при интоксикации.

В состав трепела входит комплекс макро- и микроэлементов (кальций, фосфор, натрий, калий, железо, марганец, селен и др.), необходимых организму.

Перед скармливанием минерал подвергают высокотемпературной активации, измельчению и разделению на фракции. Термическое воздействие оказывает обеззараживающий эффект и повышает сорбционные свойства. Измельчение и разделение на фракции облегчает использование трепельной муки для различных половозрастных групп животных.

По данным ФГБОУ ВО Брянский ГАУ использование смектитных трепелов на основе природного минерального сырья позволяет частично компенсировать дефицит по макро- и микроэлементам в кормах [29].

Оптимальной дозой скармливания смектитного трепела является 2 % от сухого вещества основного рациона. Молочная продуктивность коров опытной группы, получавшей указанную дозу трепела, увеличилась на 8,9 %, а в пересчете на базисную живность – на 12,9 % по сравнению с контрольной группой. Массовая доля жира в молоке при этом увеличилась на 0,15 %. Применение 2 % дозы смектитного трепела в кормлении лактирующих коров способствует увеличению условной прибыли от реализации молока в расчете на 1 корову на 14,5 %, а при скармливании комплексной кормовой добавки на его основе – на 13,4 %.

Введение в состав рационов лактирующих коров 2 % трепельной муки способствовало снижению затрат энергетических кормовых единиц на единицу продукции на 11,1 %, а переваримого протеина – на 11,4 %. Затраты энергетических кормовых единиц на производство 1 кг молока при использовании комплексной кормовой добавки снижаются на 12,5, а переваримого протеина на 11,5 %.

***Высокомолекулярный водорастворимый полимер ПЭККА (ВВП).*** Целесообразность применения ВВП в качестве кормовой добавки с для КРС обуславливается его физико-химическими и биологическими свойствам. Теоретической основой возможности использования ВВП в качестве активного вещества нового типа кормовых добавок, является свойство ВВП образовывать комплексы с молекулами других соединений, имеющих заряд, например, с белками, ионами металлов и некоторыми другими ионами, за счет группировок – «векторов», которые могут входить в состав молекулы ВВП. В производственных испытаниях использовался сополимер полиэтиленкарбоновой кислоты и его амида (ПЭККА), с молекулярной массой, равной 106 Да. В состав молекул ПЭККА входят амино – и карбоксильные группы, которые можно считать группировками – «векторами». В экспериментах in vitro выяснено, что полимер ПЭККА способен образовывать комплексы с белками крови животных (на примере бычьего сывороточного альбумина), а также с ионами тяжелых металлов (например, меди, свинца).

Механизм действия препарата:

– используя свойство ВВП образовывать комплексы с белками, можно связать в рубце часть кормового протеина («защитить» его от распадаемости под действием микрофлоры рубца) и увеличить его усвоение организмом жвачных животных в нижележащих отделах желудочно-кишечного тракта. За счет этого возможно добиться увеличения продуктивности жвачных животных. Существующие способы «защиты белка» имеют существенные недостатки, ограничивающие их применение. Этих недостатков лишен предлагаемый для испытаний полимер ПЭККА.

– способность полимеров образовывать комплексы с ионами металлов*,* будет препятствовать всасыванию радиоактивных элементов в организм и обусловит снижение уровня загрязнения радионуклидами животноводческой продукции.

***Сорбенты на основе гексацианоферратов (ферроцианиды).*** В настоящее время самыми эффективными сорбентами 137Cs являются специфические сорбенты на основе гексацианоферратов (ферроцианиды) [30]. В группу ферроцианидов, применяемых на радиоактивно загрязненной территории входят соединения: ферроцин (Ferrocinum) Fe4[Fe(CN)6]3 железо (III) гексацианоферрат (II) и соль Нигровича (Sal Nigrovich) KFe[Fe(CN)6] калий-железо (III) гексациано-феррат (II).

Может также применяться смесь вышеуказанных препаратов в различных пропорциях, носящих другое название (торговую марку), в зависимости от технологических особенностей производителя препарата.

Препараты ферроцианидов представляют собой тонкодисперсный порошок синего или темно-синего цвета без запаха и вкуса, практически нерастворимые в воде, спирте и эфире. Кормовая добавка с ферроцианидом представляет собой сложную однородную сухую сыпучую смесь различных кормовых средств и микродобавок, синеватого цвета, со свойственным запахом и вкусом для данных кормовых средств.

В качестве кормовых добавок, применяемых с ферроцианидами, могут использоваться:

- при недостатке в рационе белково-углеводных компонентов соответствующие нормам кормления животных комбикорма, размолотое зерно, шроты, жмыхи

- при недостатке в рационе минеральных компонентов различные минеральные препараты, премиксы, трепел.

При поступлении в желудочно-кишечный тракт крупного и мелкого рогатого скота с кормовыми добавками, ферроцианиды образуют с радиоактивным цезием комплексное нерастворимое соединение, предотвращающее всасывание радионуклида в кровеносную и лимфатическую системы и способствуют удалению поступившего с кормом радиоцезия из организма.

**5.2.3. Радиологическая и экономическая эффективность применения новых форм кормовых добавок и препаратов**

Обоснование применения кормовых добавок и препаратов в животноводстве обусловлено необходимостью производства продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам в условиях радиоактивного загрязнения территории. В ряде сельскохозяйственных предприятий юго-западных районов Брянской области количественные показатели средневзвешенной плотности загрязнения почв кормовых угодий остаются достаточно высокими (>200 кБк/м2), что создает риск производства ненормативной продукции и требует применения защитных мероприятий.

Высокое содержание 137Сs в кормах определяет превышение гигиенических нормативов в продукции животноводства – молоко и молочная продукция в 4–12 % проб, мясо и мясная продукция – в 5–8 % проб. В тоже время многолетний опыт ведения животноводства на радиоактивно загрязненных территориях показал, что применение сорбентов из класса ферроцинсодержащих препаратов (ФСП – ферроцин, бифеж, болюсы и брикеты соли-лизунца) способствовало снижению 137Cs и получению нормативно «чистой» продукции животноводства [**27, 30**].

Кроме радиологического эффекта - снижение перехода радионуклидов в организм животных и получение продукции с допустимыми уровнями содержания 137Cs, целесообразность применения феррацинсодержащих препаратов должна быть экономически обоснована.

**5.2.3.1. Обоснование необходимости применения новых форм кормовых добавок с ферроцианидами**

Радиологическая эффективность использования кормовых добавок с ферроцианидами зависит от радиоактивного загрязнения территории, типов почв, состояния сельскохозяйственных угодий и технологических особенностей содержания и кормления животных. Экономическая эффективность применения кормовых добавок с ферроцианидами зависит от степени радиоактивного загрязнения продуктов животноводства, продуктивности животных и стоимости кормовых добавок с ферроцианидами [17].

Необходимость применения ферроцианидов обусловлена при превышении нормативов (СанПиН 2.3.2.1078-01 с дополнением СанПиН 2.3.2. 2650–10) в молоке и мясе КРС, длительность применения лактирующим коровам может варьироваться в зависимости от концентрации 137Cs в кормах и составлять 1-6 месяцев.

При плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ на торфяных и торфо-глеевых почвах выше 185 кБк/м2, применение ферроцианидов требуется откормочному поголовью в течение месяца и лактирующим коровам в течение 1-3 месяцев. При плотности радиоактивного загрязнения выше 370 кБк/м2, применение ферроцианидов требуется откормочному поголовью в течение 2 месяцев и лактирующим коровам в течение 4-6 месяцев.

Экономически обосновано (имеет положительную рентабельность) применение кормовых добавок с ферроцианидами лактирующим коровам при среднегодовом удое свыше 2000 литров. Применение кормовых добавок с ферроцианидами КРС на откорме при уровне содержания 137Cs в мышечной ткани 500-700 Бк/кг рентабельно при стоимости суточной дозы кормовой добавки с ферроцианидами не выше 15-20 рублей.

Уровень радиоактивного загрязнения, как рациона, так и продукции животноводства в первую очередь зависит от величины плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ. Так, обобщая данные по хозяйствам четырех районов Брянской области (Гордеевский, Красногорский, Новозыбковский Клинцовский), можно констатировать, что плотность радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ с высокой степенью достоверности (R2>0,99) определяет как уровень загрязнения рациона, так и содержание 137Cs в мясе КРС (рис. 5.1).



Рисунок 5.1. Зависимость содержания 137Cs в откормочном рационе и мясе КРС от средневзвешенной плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ

Зависимость содержания 137Cs в сене и молоке коров от средневзвешенной плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ имеет меньшую достоверность, что обусловлено как рационом кормления дойных коров, так и различными возможностями заготовки сена в хозяйствах (рис. 5.2).

Используя полученные закономерности, можно ожидать, что при плотности радиоактивного загрязнения 150 кБк/м2 содержание 137Cs в молоке и мясе КРС составит 80 и 165 Бк/кг, соответственно.



Рисунок 5.2. Зависимость содержания 137Cs в сене и молоке коров от средневзвешенной плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ

Учитывая как погрешность расчетов, так и погрешности измерений, можно утверждать, что при таком уровне радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ в хозяйствах может возникнуть необходимость в периодическом применении ферроцинсодержащих препаратов.

При плотности радиоактивного загрязнения 270 кБк/м2 содержание 137Cs в молоке коров достигнет в среднем 100 Бк/кг, это означает, что половина производимого молока будет превышать нормативы СанПиН. И потребность в применении ферроцинсодержащих препаратов составит:

*Кд = Пк ×270 × 0,5 (7.30)*

где: Кд – количество кормодней (суточных доз препарата на голову);

Пк – поголовье коров, голов;

270 – длительность лактации, сутки;

0,5 – коэффициент, учитывающий вероятность превышения СанПин.

Учитывая, что коэффициент вариации содержания 137Cs в молоке составляет в среднем 40 %, в таблице 5.10 приведены значения коэффициента превышения при разной плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ.

Если рассматривать необходимые условия для применения ферроцинсодержащих препаратов при откорме КРС, то от плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ также будет зависеть продолжительность дополнительного откорма (табл. 5.11).

Таким образом, можно оценить потребность в применении ферроцинсодержащих препаратов для различных хозяйств или районов радиоактивного загрязнения, учитывая поголовье КРС, в том числе коров. При этом необходимо учитывать, что ежегодный откорм КРС перед убоем составляет около 30% от всего поголовья (табл. 5.12).

Таблица 5.10. Значения коэффициента вероятности превышения СанПин в молоке коров при различной плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Плотность радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ, кБк/м2 | Среднее содержание 137Cs в молоке коров, Бк/кг | Доля молока,  превышающая СанПиН |
| 50 | 53 | 0,01 |
| 100 | 69 | 0,13 |
| 150 | 80 | 0,27 |
| 200 | 89 | 0,38 |
| 250 | 96 | 0,46 |
| 270 | 100 | 0,5 |
| 350 | 110 | 0,6 |
| 550 | 130 | 0,7 |
| 800 | 150 | 0,8 |
| 1800 | 200 | 0,9 |

Таблица 5.11. Длительность дополнительного откорма КРС при применении ферроцинсодержащих препаратов при различной плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Плотность радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ, кБк/м2 | Содержание 137Cs в мясе, Бк/кг | Длительность дополнительного откорма, сутки |
| 50 | 67 | - |
| 100 | 119 | - |
| 150 | 165 | - |
| 200 | 209 | 5 |
| 250 | 251 | 10 |
| 300 | 292 | 14 |
| 350 | 331 | 18 |
| 400 | 369 | 21 |
| 450 | 406 | 23 |
| 500 | 443 | 26 |
| 550 | 478 | 28 |
| 600 | 514 | 30 |
| 650 | 548 | 32 |
| 700 | 583 | 33 |

Таблица 5.12. Особенности применения ферроцинсодержащих препаратов в зависимости от плотности радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Плотность радиоактивного загрязнения сенокосов и пастбищ, кБк/м2 | Применение ферроцинсодержащих препаратов | Среднее количество кормодней на 1 лактирующую корову, сутки | Среднее количество кормодней на 1 голову КРС, сутки |
| < 150 | Не требуется | - | - |
| 150-200 | Применяется для дойного стада и КРС на откорме (кормовые угодья расположены на торфяных и торфо-глеевых почвах) | 88 | - |
| 200-300 | Применяется для дойного стада и для откорма КРС | 126 | 10 |
| 300-500 | 160 | 20 |
| > 500 | 220 | 30 |

**5.2.3.2. Оценка экономической эффективности применения новых форм кормовых добавок с ферроцианидами**

Экономические критерии оценки эффективности технологии применения смеси комбикорма с ферроцинсодержащими препаратами включают в себя ряд показателей, учитывающие как непосредственные затраты, так и дополнительные доходы, которые могут быть получены от реализации экологически чистой сельскохозяйственной продукции (прибыль и рентабельность производства) [**10**].

В качестве критериев оценки эффективности применения ФСП в хозяйствах необходимо рассматривать:

– радиоэкологический – (кратность снижения содержания радионуклидов в продукции);

– нормативные – нормативы содержания радиоизотопов цезия в производимой продукции животноводства (СанПиН 2.3.2.2650-10);

– экономические – затраты на внедрение технологии (стоимость контрмер), дополнительная прибыль, полученная от реализации нормативно чистой продукции, рентабельность производства при внедрении контрмеры.

Затраты на внедрение контрмеры (стоимость) определяются как дополнительные расходы сельскохозяйственного предприятия по отношению к затратам на стандартные сельскохозяйственные работы.

***Оценка экономической эффективности применения ферроцинсодержащих препаратов для производства молока***

Экономическая эффективность определяется на основе расчета следующих показателей:

– прибыли от реализации экологически безопасной продукции;

– прироста прибыли в сравнении с заменяемой технологией;

– уровня рентабельности производства экологически безопасной продукции.

Методика оценки экономической эффективности применения ферроцинсодержащих препаратов для производства молока представлена в Приложении 14.

*Экономическая оценка эффективности применения феррацинсодержащих препаратов для производства молока в юго-западных районах Брянской области*

В хозяйствах юго-западных районов Брянской области для получения молока, соответствующего требованиям СаНПиН 2.3.3.1078-01, применяется смесь комбикормов с ферроцинсодержащими препаратами (ФСП). При расчете экономической эффективности исходят из возможности реализации нормативно чистого молока, при этом, молоко, несоответствующее установленным нормативам, используется для внутренних нужд.

Расчет затрат производится, исходя из суточной дозы препарата, включающей в данном случае 3 грамма ферроцина и 0,343 килограмма комбикорма (зерносмесь в виде муки) в расчете на 1 голову.

Стоимость 1 кг ферроцина составляет 5957,45 руб. Стоимость 1 кг ферроцина с учетом транспортных расходов составляет 6011 руб., стоимость 1 грамма – 6,01 руб.

Стоимость 1 кг комбикорма – 10 руб. Расходы на хранение, помол зерносмеси, смешивание ее с ферроцином и затаривание в мешки составляют 7,44 руб./кг.

Стоимость суточной дозы ФСП в расчете на 1 голову составит:

*Сдн = (6,011 руб × 3 г) + (0,343 кг × 10 руб./кг) + (0,343 кг × 7,44 руб./кг) = 24,02 руб./гол*

Дополнительные расходы (ΔЗ) в расчете на 1 литр молока при суточном надое по хозяйствам составляют от 1,32 до 5,16 рублей, в среднем 2,8 рублей.

Средняя цена реализации 1 л молока в хозяйствах составляет 15,0 руб.

Себестоимость 1 л молока в хозяйствах в среднем составляет 8,8 руб. При применении ФСП себестоимость молока возрастает до 11,0 руб. (8,8 руб. + 2,8 руб).

Прибыль от реализации молока в год от одной коровы при применении энтеросорбенов рассчитывается в соответствии с формулой (Пн = (Цн - Сн) × Ан) и составит в хозяйствах от -1499 до 18838 рублей (табл. 5.13).

Таблица 5.13. Прибыль от реализации молока при применении ФСП

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Район | Хозяйство | Прибыль (Пн), руб. | Среднегодовой предотвращенный ущерб (ΔВ), руб. | Прирост прибыли на 1 голову в год (ΔП), руб. |
| Гордеевский | ООО Петровобудское | 10177 | 16662 | 10177 |
| КФХ Заулочная В.С. | 5423 | 11909 | 5423 |
| СПК Рабочий | 6463 | 12948 | 6463 |
| СПК Надежда | 7701 | 14187 | 7701 |
| ООО СП Луч | 8046 | 14531 | 8046 |
| Клинцовский | СПК Заря | 6992 | 13477 | 6992 |
| СПК Рассвет | 4168 | 10653 | 4168 |
| СПК Ольховский | -516 | 5970 | -516 |
| СПК Труд | -1499 | 4987 | -1499 |
| Красногорский | МУП МТС Красногорская | 1807 | 8292 | 1807 |
| СПК Родина | 2202 | 8687 | 2202 |
| КФХ Шлома Н.Ф. | 18838 | 25323 | 18838 |
| СПК Прогресс | 4390 | 10876 | 4390 |
| Новозыбковский | СХОС ВНИИА люпина | 883 | 7369 | 883 |
| ФГУП Волна Революции | -1188 | 5297 | -1188 |
| СХПК Родина | 995 | 7480 | 995 |
| СХПК «Колхоз им. Ленина» | 4669 | 11155 | 4669 |
| В среднем по хозяйствам | | 4680 | 11165 | 4680 |

Рентабельность применения ФСП была различна в разных хозяйствах (от -16 до 40 %) и зависела от производительности (среднегодового удоя на 1 корову), с экономической точки зрения применение ФСП было рентабельно при среднегодовом удое свыше 1600 кг на одну корову (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Рентабельность применения ФСП по прибыли от реализации при различных уровнях продуктивности лактирующих коров

***Оценка экономической эффективности применения ферроцина при производстве говядины***

Производство мяса на радиоактивно-загрязненной территории имеет свои особенности. Тогда как производство молока осуществляется в течение всего года и требует нормативно-чистых кормов, сдача скота на мясокомбинат происходит только по достижении животными определенного веса или при выбраковке. Для снижения содержания 137Cs в мясе КРС до нормативных значений перед убоем необходимо проводить дополнительный откорм животных на рационе с низким содержанием радионуклида, таким образом, хозяйства на радиоактивно-загрязненных территориях вынуждены нести дополнительные затраты при превышении нормативов СанПиН по содержанию 137Cs в мясе КРС. Эти затраты могут быть снижены при применении ферроцинсодержащих препаратов за счет снижения сроков дополнительного откорма (табл. 5.14).

Таблица 5.14. Рекомендуемые сроки дополнительного откорма КРС для получения говядины

| Содержание 137Cs в мышечной ткани перед постановкой на откорм, Бк/кг | Содержание 137Cs в откормочном рационе, кБк/сутки | Время дополнительного откорма, сутки | |
| --- | --- | --- | --- |
| без применения ферроцианидов | с применением ферроцианидов |
| 300 | 1 | 11 | - |
| 2 | 22 | 11 |
| 3 | 54 | 15 |
| 500 | 1 | 54 | 46 |
| 2 | 76 | 54 |
| 3 | 121 | 63 |
| 700 | 1 | 83 | 73 |
| 2 | 109 | 83 |
| 3 | 157 | 94 |

Поскольку получение нормативной продукции (мясо) возможно и без использования ферроцианидов, но при дополнительных затратах, расчет рентабельности применения ферроцианидов осуществляется исходя из предотвращенного ущерба при дополнительном откорме на 1 голову КРС:

*Рф = ПУ / Зф × 100 % (5.21)*

где: Рф - рентабельность применения ферроцианидов для дополнительного откорма КРС; ПУ – предотвращенный ущерб; Зф – затраты на дополнительный откорм КРС с применением ферроцианидов.

В свою очередь, предотвращенный ущерб будет складываться из разницы затрат и дополнительной прибыли при откорме без применения и с применением ферроцианидов:

*ПУ = (Пф - Зф) - (П - З) (5.22)*

где: Пф и П – прибыль от получения продукции (мяса) при дополнительном откорме скота с применением и без применения ферроцианидов;

З – затраты на дополнительный откорм КРС без применения ферроцианидов.

Прибыль от получения продукции (мяса) при дополнительном откорме скота с применением и без применения ферроцианидов рассчитывают исходя из среднесуточных привесов и цены реализации мясо по хозяйству, затраты на дополнительный откорм КРС рассчитывают исходя из сроков дополнительного откорма в соответствии с таблицей, стоимости ферроцина и среднесуточных затрат по хозяйствам на содержание одной головы КРС:

*Зг = (В × ЦР - ПР) / Г / 365 × 1000 (5.23)*

где: Зг – среднесуточные затраты на содержание одной головы КРС, руб.; В – валовое производство мяса в живой массе, тонн; ЦР – средняя цена реализации 1 т мяса, тыс. руб.; ПР – прибыль +, убыток от реализации мяса, тыс. руб.; Г – поголовье КРС.

*П = СП × Д ×(ЦР-СТ) / 1000 (5.24)*

где: СП – среднесуточный привес КРС, грамм; Д – длительность дополнительного откорма без применения ферроцина, сутки; СТ – себестоимость, тыс. руб. за тонну.

*Пф = СПф × Дф ×(ЦР-СТ) / 1000 (5.25)*

где: СПф – среднесуточный привес КРС при применении добавки с ферроцином, грамм; Дф – длительность дополнительного откорма с применением ферроцина, сутки.

*З = Зг × Д (5.26)*

*Зф = (Зг + СФ) × Дф (5.27)*

где: СФ – стоимость применения кормовой добавки с ферроцином на голову в сутки, руб.

Для анализа используют показатели по хозяйству, отраженные в форме федерального статистического наблюдения № 24-СХ и данные из руководства по применению кормовых добавок с ферроцином. В случае отсутствия в форме № 24-СХ данных по себестоимости (СТ), ее вычисляют по формуле:

*СТ = ЦР / (РГ/100+1) (5.28)*

где: РГ – рентабельность производства говядины, %.

*Экономическая оценка эффективности применения феррацина для производства говядины в хозяйствах юго-западных районов Брянской области*

Анализ экономической эффективности производства говядины, проведенный по данным 2017 года, показал, что в целом данная отрасль животноводства являлась убыточной для хозяйств юго-западных районов Брянской области. При средней цене реализации говядины в живом весе 65 руб./кг себестоимость производства по разным хозяйствам варьировала от 40 до 182 руб./кг, в среднем составляя 100 руб./кг.

На фоне таких экономических показателей рентабельность применения ферроцина на этапе дополнительного откорма зависит от многих факторов. К ним относятся как комплекс экономических показателей производства говядины в хозяйствах, так и сроки дополнительного откорма, обусловленные содержанием 137Cs в мясе КРС и кормах.

Анализ экономической эффективности применения ферроцина на этапе дополнительного откорма КРС для снижения содержания 137Cs в мясе показал, что рентабельность применения ферроцина зависит как от его стоимости, так и от уровней радиоактивного загрязнения 137Cs мяса животных и их кормов.

Снижение экономической эффективности применения ферроцина на этапе дополнительного откорма с увеличением уровня исходного содержания 137Cs в мясе КРС обусловлено нелинейным характером выведения радионуклида из организма животных. Вследствие этого срок дополнительного откорма при применении ферроцина сокращается не пропорционально, так, например, на откормочном рационе при содержании 137Cs 3 кБк, для достижения нормативного значения 137Cs в мясе КРС при применении ферроцина требуется в 2,8, 1,9 и 1,6 меньше времени при исходном содержании 137Cs в мясе животных 300, 500 и 700 Бк/кг, соответственно.

В то же время при снижении радиоактивного загрязнения откормочного рациона рентабельность применения ферроцина резко снижается. Это обусловлено действием ферроцина, как сорбента, препятствующего дополнительному поступлению 137Cs из рациона в организм КРС во время откорма.

При дополнительном откорме животных на рационах, не содержащих 137Cs, ферроцин будет препятствовать вторичному всасыванию выводимого радионуклида в кишечнике животных. Данный путь выведения радионуклида не значителен, поэтому эффективность и рентабельность применения ферроцина резко снижаются при снижении содержания 137Cs в откормочном рационе животных.

Пример расчета в тестовом хозяйстве экономической эффективности производства говядины при применении премикса с ферроцином для бычков со средним содержанием 137Cs в мясе 450 Бк/кг и продолжительностью дополнительного откорма (Д) 130 суток, при применении препарата (Дф) 70 суток показал, что рентабельность составит 4,4 % и применение препарата в условиях хозяйства рентабельно. Предотвращенный ущерб составит 108 рублей на голову.

Как правило отсутствие рентабельности при применении препаратов при производстве производства мяса в хозяйствах Брянской области связано с тем, что они ориентированы на молочное производство.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Единые рекомендации по обеспечению производства сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим требованиям, на радиоактивно загрязненных после аварии на Чернобыльской АЭС территориях рекомендации разработаны на основании современных исследований и новых разработок, выполненных в Республике Беларусь и Российской Федерации.

Предложенные системы мероприятий определяют возможность и технологии ведения растениеводства, кормопроизводства и животноводства на радиоактивно загрязненных территориях, которые обеспечивают производство продукции, соответствующих санитарно-гигиеническим нормативам и ветеринарным требованиям, и являются экономически оправданными.

Рекомендации направлены на решение задачи преодоления последствий чернобыльской аварии на стадии перехода от послеаварийных защитных мероприятий к ведению сельскохозяйственного производства без ограничений по радиологическим критериям.

**Список публикаций**

1.Алексахин Р.М., Фесенко С.В., Санжарова Н.И., Ульяненко Л.Н., Филипас А.С., Панов А.В. Концепция реабилитации загрязненных сельскохозяйственных угодий в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС // Вестник РАСХН, 2003. - № 3. - С. 14-17

2. Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси / Под. ред. Ю. А. Израэля, И. М. Богдевича. М.: Фонд "Инфосфера - НИА - Природа"; Мн.: Белкартография, 2009. - 140 с.

3. Российский национальный доклад «35 лет Чернобыльской аварии. Итоги и перспективы преодоления ее последствий в России. 1986—2021». *Под общей редакцией Л.А. Большова. Москва. ИБРАЭ. 104 c.*

4. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 1991-1995 гг. М. – 1991. - 58 с.

5. Руководство по ведению сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязнённых территориях Республики Беларусь и Российской Федерации. Минск-Москва, 2005

6. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021-2025 годы / Н. Н. Цыбулько и др.]. Национальная академия наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Институт почвоведения и агрохимии. Минск: ИВЦ Минфина, 2021. - 144 с.

7. Комплексные минеральные удобрения: разработка, применение, эффективность / Г.В. Пироговская, В.В. Лапа: Ин-т почвоведения и агрохимии. Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 336 с.

8. Пироговская Г.В. Медленно действующие удобрения. Белорусский Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии. Минск, 2000. - 287 с.

9. Комплексное удобрение с модифицирующими добавками для многолетних и однолетних трав и способ его внесения: патент 14250 Республики Беларусь, МПК (2009) C 05 G 1/00, C 05 G 3/00 / Г.В. Пироговская, А.М. Русалович, В.И. Сороко, В.В. Лапа, О.П. Сазоненко, О.И. Исаева, П.Г. Машинский

10. Государственный реестр средств защиты растений и удобрений, разрешенных к применению на территории Республики Беларусь / под ред Пискун А.В. [и др.]. – ООО «Земледелие и защита растений». Минск, 2020. – 742 с.

11.Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных и органических удобрений. РУП «Институт почвоведения и агрохимии». Минск, 2010. 24с.

12. Ратников А.Н. Система защитных мероприятий и технологические приемы ведения растениеводства на сельскохозяйственных угодьях, подвергшихся радиоактивному загрязнению после аварии на ЧАЭС. Диссертация на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук, Москва: РАСХН, 2002. – 256 с.

13. Роль химии в реабилитации сельскохозяйственных угодий, подвергшихся радиоактивному загрязнению / Н.И. Санжарова, А.А. Сысоева, Н.Н. Исамов (мл) [и др.] // Российский химический журнал. ЖРХО им. Д.И. Менделеева. 2005. Т. 49. № 3. С. 26–34.

14. Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Санжарова Н.И., Жигарева Т.Л. и др. Влияние новых комплексных удобрений на продуктивность ярового ячменя и накопление Cd, 137Cs в урожае // Плодородие, 2015. - № 1. - С. 45-48

15. Прудников П.В. Использование агрономических руд и новых комплексных минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных почвах. Брянск, 2012. - 296 с.

16. Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Петров К.В., Попова Г.И. и др. Эффективность удобрения пролонгированного действия Супродит М и органо-минерального комплекса Геотон при возделывании кукурузы в условиях радиоактивного загрязнения *//* Проблемы агрохимии и экологии, 2019. - № 2. - С. 37-41

17. Методика определения экономической эффективности технологических приемов, используемых при ведении растениеводства, кормопроизводства и животноводства на техногенно загрязненных территориях. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. - 55 с.

18. Ерошенко Ф.В., Сторчак И.Г., Бильдиева Е.А., Калашникова А.А. Оценка влияния новых органоминеральных препаратов на формирования урожая и качества зерна озимой пшеницы // Агрохимический вестник, 2020. – №2. – С. 7-12

19. Ласько Т.В. и др. Рекомендации по возделыванию многолетних бобово-злаковых многокомпонентных травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах. РНИУП «Институт радиологии». Минск, 2015. - 33 с.

20. Рекомендации по возделыванию лядвенца рогатого и галеги восточной на загрязненных радионуклидами землях. РНИУП «Институт радиологии». Гомель, 2009. – 66 с.

21. Применение некорневых подкормок сельскохозяйственных культур микроудобрениями на загрязненных радионуклидами почвах: Рекомендации/ М.В. Рак, И.М. Богдевич, З.С. Ковалевич, М.Ф. [и др.]. РУП «Институт почвоведения и агрохимии» НАН Беларуси. Минск, 2004. – 19 с.

22. Эффективность применения жидких хелатных микроудобрений микростим при возделывании кукурузы. / М.В. Рак [и др.]. Почвоведение и агрохимия, 2015. – №1 – С. 200-206.

23. Степочкина И.Ю. Организационно-экономические аспекты повышения эффективности кормопроизводства (на материалах Пензенской области) / Автореферат на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Пенза, 2007.- 27 с.

24. Сироткин А.Н. Принципы и критерии нормирования в радиоэкологии сельскохозяйственных животных / Сельскохозяйственная биология, 1983. – №5. – С.130-134

25. Рекомендации по дифференцированному использованию кормов для крупного рогатого скота на территориях радиоактивного загрязнения / Под ред. д.б.н В.С. Аверина. Гомель, 2003

26. Орлинский Б.С. Добавки и премиксы в рационах. Россельхозиздат, 1984. - С. 151–157

27. Алексахин Р.М., Ратников А.Н., Васильев А.В. и др. Использование ферроцианид-содержащих препаратов в животноводстве// Вестник РАСХН. 1999. № 1, С. 15–17

28. Кузнецов С.Г., Калашник В.И. Эффективность использования премиксов в кормлении дойных коров// Журнал «Зоотехния», 2002. - №2. - С.18–23

29. Рекомендации по применению трепелов Брянских месторождений в рационах сельскохозяйственных животных / В.Е. Подольников, Л.Н. Гамко, Ю.А. Сезин, И.И. Сидоров. Брянск: Издательство Брянского ГАУ, 2018. - 56 с.

30. Исамов Н.Н. (мл.), Цыгвинцев П.Н., Исамов Н.Н., Пишенина Л.В. Эффективность применения ферроцина для снижения содержания 137Cs в молоке и мышечной ткани коров // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. №6. С. 46–47

**Приложение 1**

**Нормативные документы Республики Беларусь**

Хозяйственную деятельность на территории радиоактивного загрязнения регламентируют следующие нормативные правовые и технические нормативные правовые акты Республики Беларусь, международные стандарты безопасности:

Закон Республики Беларусь от 26 мая 2012 г. №385-З «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС»;

Закон Республики Беларусь от 18 июня 2019 г. № 198-З «О радиационной безопасности»;

Закон Республики Беларусь от 6 января 2009 года №9-З «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий»;

Закон Республики Беларусь от 07 января 2012 года №340-З «О санитарно-эпидемическом благополучии населения»;

Гигиенические нормативы ГН 10–117–99 «Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ–99);

Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах;

Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в различных видах кормов для получения разных видов конечной продукции;

Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденный решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880.

**Приложение 2**

**Нормативные документы Российской Федерации**

Регулирование радиационной безопасности проживания населения и ведения хозяйственной деятельности на радиоактивно загрязненных территориях осуществляется в Российский Федерации на основе следующих законодательных и нормативных документов:

Закон РФ от 15 мая 1991 г. №1244-1 «О социальной защите граждан, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»;

Федеральный закон от 9 января 1996 г. № 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»;

Федеральный закон от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения»;

Федеральный закон от 10 июля 2001 г. №92-ФЗ «О специальных экологических программах реабилитации загрязненных участков территории»;

Федеральный закон от 10 января 2002 г. №7-ФЗ «Об охране окружающей среды»;

Постановление Правительства РФ от 25 декабря 1992 г. №1008 «О режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС;

Постановление Правительства РФ от 8 октября 2015 г. №1074 «Об утверждении перечня населенных пунктов, находящихся в границах зон радиоактивного загрязнения вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС»;

Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01СанПиН 2.3.2.2650–10 (Дополнения и изменения № 18 к СанПиН 2.3.2.1078-01);

Инструкция о радиологическом контроле качества кормов (утв. Главным государственным ветеринарным инспектором РФ 1 декабря 1994 г. № 13-7-2/216);

Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденный решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года № 880.

**Приложение 3**

**Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)\*\***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Н/п | Наименование продукта | Бк/кг, Бк/л |
| Для цезия-137 | | |
| 1. | Вода питьевая | 10 |
| 2. | Молоко и цельномолочная продукция | 100 |
| 3. | Молоко сгущенное и концентрированное | 200 |
| 4. | Творог и творожные изделия | 50 |
| 5. | Сыры сычужные и плавленые | 50 |
| 6. | Масло коровье | 100 |
| 7. | Мясо и мясные продукты, в том числе: |  |
| 7.1. | Говядина, баранина и продукты из них | 500 |
| 7.2. | Свинина, птица и продукты из них | 180 |
| 8. | Картофель | 80 |
| 9. | Хлеб и хлебобулочные изделия | 40 |
| 10. | Мука, крупы, сахар | 60 |
| 11. | Жиры растительные | 40 |
| 12. | Жиры животные и маргарин | 100 |
| 13. | Овощи и корнеплоды | 100 |
| 14. | Фрукты | 40 |
| 15. | Садовые ягоды | 70 |
| 16. | Консервированные продукты из овощей, фруктов и ягод садовых | 74 |
| 17. | Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них | 185 |
| 18. | Грибы свежие | 370 |
| 19. | Грибы сушеные | 2500 |
| 20. | Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде | 37 |
| 21. | Прочие продукты питания | 370 |
| Для стронция-90 | | |
| 1. | Вода питьевая | 0,37 |
| 2. | Молоко и цельномолочная продукция | 3,7 |
| 3. | Хлеб и хлебобулочные изделия | 3,7 |
| 4. | Картофель | 3,7 |
| 5. | Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде | 1,85 |

Примечание: для продуктов питания, потребление которых составляет менее 5 кг/год на человека (специи, чай, мед), устанавливаются допустимые уровни, в 10 раз более высокие, чем установленные величины для прочих пищевых продуктов.

\*\* Действие РДУ-99 продлено Постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 16 мая 2001 г. № 26 «Об утрате силы подпункта 1.2 пункта 1 Республиканских допустимых уровней содержания радионуклидов цезия и стронция в пищевых продуктах и воде (РДУ-99)».

**Приложение 4**

**Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2. 2650–10 (с изм. и дополнениями №18 к СанПиН 2.3.2.1078-01)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид продукции | 137Cs Бк/кг, л | 90Sr Бк/кг, л |
| Мясо, в том числе полуфабрикаты (все виды убойных, промысловых и диких животных | 200 (без костей) | 50 (без костей) |
| тоже оленина, мясо диких животных | 300 (без костей) | - |
| Кости (все виды) | 200 | - |
| Рыба (кроме вяленой и сушеной) | 130 | 100 |
| Рыба вяленая и сушеная | 260 | - |
| Картофель, овощи, бахчевые | 80 | 40 |
| Фрукты, ягоды, виноград | 40 | - |
| Семена масличных | 70 | 90 |
| Молоко коровье | 100 | 25 |
| Зерно продовольственное, в т.ч. пшеница, рожь, тритикале, овес, ячмень, просо, рис, кукуруза, сорго | 60 | - |
| Ягоды дикорастущие сушеные | 800 | - |
| Грибы сушеные | 2500 | - |
| Масло коровье | 200 | 60 |
| Вода питьевая | общая α-радиоактивность 0,1 Бк/л | общая β-радиоактивность 1,0 Бк/л |

**Приложение 5**

**Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах для переработки на пищевые цели \***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Продукция | Содержание, Бк/кг | |
|  | Цезий-137 | Стронций-90 |
| Молоко для переработки на:   * сливочное масло | 370 | 18 |
| * цельномолочные продукты | 100 | 3,7 |
| * молоко сухое и концентрированное | 30 | 3,7 |
| Мясо:   * говядина, баранина | 500 | Не нормируется |
| * свинина, птица | 180 | Не нормируется |
| Растительное сырье:   * овощи | 100 | Не нормируется |
| * фрукты | 40 | Не нормируется |
| * садовые ягоды | 70 | Не нормируется |
| * зерно | 90 | 11 |
| * зерно на детское питание | 55 | 3,7 |
| Прочее сырье | 370 | Не нормируется |

\* Для переработки на пищевые цели допускается прием на перерабатывающие предприятия:

\*Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах вводятся на срок действия РДУ-99

**Приложение 6**

**Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в различных видах кормов для получения различных видов конечной продукции**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Виды кормов | Содержание, Бк/кг | | | | |
| Цезий-137 | | | Стронций-90 | |
| молоко цельное\* | молоко- сырье для переработки  на масло | мясо, заключи- тельный откорм | молоко цельное | молоко- сырье для переработки  на масло |
| Сено | 1300 | 1850 | 1300 | 260 | 1300 |
| Солома | 330 | 900 | 700 | 185 | 900 |
| Сенаж | 500 | 900 | 500 | 100 | 500 |
| Силос | 240 | 600 | 240 | 50 | 250 |
| Корнеплоды | 160 | 600 | 300 | 37 | 185 |
| Зерно на фураж, комбикорм | 180 | 600 | 480 | 100 | 500 |
| Зеленая масса | 165 | 600 | 240 | 37 | 185 |
| Хвойная, травяная мука, дробина пивная, жом, патока, барда, мясокостная мука | 900 | - | - | - | - |
| Мезга, молочные продукты (обрат) | 600 | - | - | - | - |
| Прочие виды кормов | 900 | - | - | - | - |

*\** Корма для производства молока-сырья для переработки на сыры и творог, а также для откорма свиней и птицы должны соответствовать тем же требованиям

**Приложение 7**

**Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания радионуклидов 90Sr и 137Cs. Ветеринарные правила и нормы ВП 13.5.13/06-01**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование корма, кормовой добавки | Допустимый уровень радионуклидов Бк/кг, л | |
| 90Sr | 137Cs |
| Грубые корма (сено, солома) | 180 | 400 |
| Сочные корма (силос, сенаж) | 150 | 80 |
| Корне-клубнеплоды, бахчевые | 80 | 60 |
| Травы естественные и сеяные | 50 | 100 |
| Комбикорм, зерно злаковых и бобовых культур, дерть | 140 | 200 |
| Жом, барда | 120 | 65 |
| Жмых, шрот | 200 | 600 |
| Травяная мука, хвойная мука | 100 | 600 |
| Ягель | 100 | 300 |
| Мясо, рыба, субпродукты, жир и др. | 100 | 600 |
| Корма сухие животного происхождения с растительными и др. добавками | 100 | 600 |
| Консервы мясные, рыбные, в том числе с растительными и др. добавками | 100 | 600 |
| Мука костная, мясная, рыбная | 200 | 600 |
| Цельное молоко, заменители молока | 50 | 370 |
| Сухие молочные смеси и заменители молока | 200 | 800 |
| Белково-витаминные, минеральные добавки. Премиксы, корма микробиологического синтеза | 150 | 750 |

Примечания:

– приведены нормативы для получения цельного молока

– допустимые уровни содержания 90Sr и 137Cs в прочих, не перечисленных в данной таблице кормах и кормовых добавках, устанавливают по аналогии видовой принадлежности корма.

– содержание 137Cs в комбикормах для кур-несушек не может превышать 140 Бк/кг.

**Приложение 8**

**Контрольные уровни содержания радионуклидов цезия-134, -137 и стронция-90 в кормах и кормовых добавках [Инструкция о радиологическом контроле качества кормов. Контрольные уровни содержания радионуклидов цезия-134, -137 и стронция-90 в кормах и кормовых добавках (утв. Минсельхозпродом РФ 01.12.1994 № 13-7-2/216)]**

| Наименование корма, кормовой добавки | КУ радионуклидов Бк/кг, л (Ки/кг, л) | |
| --- | --- | --- |
| цезий 137, - 134 | Стронций-90 |
| Грубые корма (сено, солома, мякина) | 600 (1,6х10-8) | 100 (3,0х10-9) |
| Сочные корма (силос, сенаж, корнеплоды, бахчевые и др.) | 600 (1,6х10-8) | 600 (1,6х10-9) |
| Зеленые корма (травы естественные, сеяные травы и др.) | 370 (1,0х10-8) | 50 (1,35х10-9) |
| Концентрированные корма (зерно, злаковые и бобовые культуры, отруби), комбикорма и др. | 600 (1,6х10-8) | 65 (1,75х10-9) |
| Жом, меласса, жмых, шрот, мезга, барда, Пивная дробина и др. | 600 (1,6х10-8) | 100 (3,0х10-9) |
| Мясо, рыба, субпродукты, жир т др. на корм животным | 600 (1,6х10-8) | 100 (1,6х10-9) |
| Корма сухие животного происхождения (мясные, мясо-костные, в том числе мука кормовая, мясные с растительными и др. добавками) | 600 (1,6х10-8) | 100 (3,0х10-9) |
| Консервы кормовые животного происхождения, в том числе с растительными и др. добавками | 600 (1,6х10-8) | 100 (3,0х10-9) |
| Заменители молока, молоко, молочные корма | 370 (1,0х10-8) | 50 (1,35х10-9) |
| Сухие молочные смеси, заменители молока и др. на корм животным, | 600 (1,6х10-8) | 600 (1,6х10-8) |
| Белково-витаминные минеральные добавки, премиксы, корма микробиологического синтеза | 370 (1,0х10-8) | 50 (1,35х10-9) |

\*КУ-94 регламентируют содержание цезия-134, -137 и стронция-90 в импортируемых и произведенных на территории России кормах и кормовых добавках для всех видов животных и птицы

**Приложение 9**

**Допустимые уровни радионуклидов цезия-137 и стронция-90 (Приложение 4 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции») (ТР ТС 021/2011)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группы продуктов питания | Удельная активность цезия-137,  Бк/кг (л) | Удельная активность стронция-90, Бк/кг (л) |
| Мясо, мясная продукция и субпродукты | 200 | - |
| Оленина, мясо диких животных | 300 | - |
| Рыба и рыбные продукты | 130 | 100 |
| Рыба сушеная и вяленая | 260 | - |
| Молоко и продукты переработки молока (кроме сгущенных, концентрированных, консервов, сухих, сыров и сырных продуктов, масла и масляной пасты из коровьего молока, сливочно-растительного спреда и сливочно-растительной топленой смеси, концентратов молочных белков, лактулозы, сахара молочного, казеина, казеинатов, гидролизатов молочных белков) | 100 | 25 |
| Концентраты молочных белков, лактулоза, сахар молочный, казеин, казеинаты, гидролизаты молочных белков | 300 | 80 |
| Продукты переработки молока сухие, сублимированные | 500 | 200 |
| Сыры и сырные продукты | 50 | 100 |
| Продукты переработки молока концентрированные, сгущенные; консервы молочные, молочные составные, молокосодержащие | 300 | 100 |
| Масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир | 200 (для молочного жира 100) | 60 (для молочного жира 80) |
| Сливочно-растительный спред, сливочно-растительная топленая смесь | 100 | 80 |
| Питательные среды сухие на молочной основе | 160 | 80 |
| Овощи, корнеплоды включая картофель | 80 (600 [<\*\*>](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342943/ad914e6740c23bdf5c5c84cfcc00192ce596c69e/#dst101209)) | 40 (200 [<\*\*>](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342943/ad914e6740c23bdf5c5c84cfcc00192ce596c69e/#dst101209)) |
| Хлеб и хлебобулочные изделия | 40 | 20 |
| Мука, крупы, хлопья, макаронные изделия | 60 | - |
| Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них | 160 (800 [<\*\*>](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342943/ad914e6740c23bdf5c5c84cfcc00192ce596c69e/#dst101209)) | - |
| Грибы свежие | 500 | - |
| Грибы сушеные | 2500 | - |
| Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде [<\*>](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_342943/ad914e6740c23bdf5c5c84cfcc00192ce596c69e/#dst101208) | 40 | 25 |
| Масла растительные | 40 | 80 |
| Масла (жиры) переэтерифицированные рафинированные дезодорированные; масла (жиры) гидрогенизированные рафинированные дезодорированные; маргарины; жиры специального назначения, в том числе жиры кулинарные, кондитерские, хлебопекарные; заменители молочного жира; эквиваленты масла какао, улучшители масла какао SOS-типа, заменители масла какао POP-типа, заменители масла какао нетемперируемые, спреды растительно-жировые, смеси топленые растительно-жировые, соусы на основе растительных масел, майонезы, соусы майонезные, кремы на растительных маслах | 60 | 80 |
| Спреды растительно-сливочные, смеси топленые растительно-сливочные | 100 | 80 |

 Примечания:

<\*> Для сублимированных продуктов удельная активность определяется в восстановленном продукте

<\*\*> Допустимый уровень в сухом продукте

**Приложение 10**

**Методика оценки эффективности применения новых видов удобрений для снижения накопления 137Cs в технологиях возделывания зерновых (яровых и озимых) культур и картофеля**

**Зерновые культуры**

Фактически экономическая эффективность технологий получения экологически безопасной продукции растениеводства, в том числе яровых и озимых зерновых культур, определяется по результатам их внедрения в производство на основе расчета показателей прибыли (прибыль от реализации, чистая прибыль), прироста прибыли и уровня рентабельности. Фактором формирования дополнительного дохода и прироста прибыли являются предотвращенный ущерб от нецелевого использования растениеводческой продукции или ее реализации по заниженным ценам и рост урожайности. Ожидаемая величина предотвращенного производственного ущерба, как и прироста доходов за счет роста урожайности, рассчитывается на основе определения доли продукции, отвечающей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов, до и после применения соответствующих технологий.

Таким образом, для расчета экономической эффективности применения новых видов удобрений при возделывании зерновых культур (яровые, озимые), используют следующие показатели: урожайность культуры (т/га посевов); валовый сбор (т/га); % отходов; учетный вес, т/га; товарность продукции, %; удельный вес товарной и нетоварной продукции, т/га; затраты на производство, руб./га; себестоимость продукции, руб./га; цена товарной и нетоварной продукции, руб./га; выручка от реализации товарной продукции (зерно), руб./га; нетоварной продукции (корм скоту), руб./га; суммарная выручка, руб./га; чистая прибыль, руб./га; прирост прибыли, руб./га; экономическая эффективность применения нового удобрения (руб./га); рентабельность, %; величина предотвращенного ущерба от нецелевого использования растениеводческой продукции (в частности, зерна) или ее реализации по заниженным ценам, руб. На крупных сельскохозяйственных предприятиях наиболее важными показателями являются: условно чистый полученный доход от применения новых видов удобрений в звене используемого севооборота, в руб./га или в рублях на 1 рубль затрат; а также суммарный дополнительный доход (прирост выручки) за счет предотвращенного ущерба и роста урожайности культур [1а].

Если в производственных условиях норма удобрений выше максимальной, то доля урожая определяется на уровне опытной, соответствующей максимальной норме. Доля урожая за счет удобрений пересчитывается при очень низкой урожайности. Примерный уровень урожайности, ниже которого не рассчитывается экономическая эффективность составляет: зерновые - 7 ц/га, картофель - 80 ц/га.

Прибыль от реализации – рассчитывается по разности между выручкой от реализации экологически безопасной продукции и затратами на ее производство:

**Пн = (Вн –Зн) x O (1),**

где:Пн – прибыль от реализации продукции по новой технологии, руб.;

Вн – выручка от реализации продукции по новой технологии, руб.;

Зн – затраты на производство продукции по новой технологии, руб.;

О – объем внедрения новой технологии, га.

Формула (1) может быть представлена в виде:

**Пн = (Цн – Сн) x Ан x О (2),**

где: Цн – цена реализации экологически безопасной продукции, руб./т;

Cн – себестоимость единицы экологически безопасной продукции, руб./т;

Ан – количество продукции на единицу объема работ, т.

Выручка от реализации продукции (стоимость валовой продукции с единицы объема работы) определяется как произведение продукции, полученной с гектара земельной площади, на ее реализационную цену. Затраты на производство продукции также определяются на единицу объема работы (на 1 га), при этом учитываются расходы, связанные с производством и уборкой дополнительного объема продукции.

При определении экономической эффективности агрохимических защитных мероприятий для получения экологически безопасной продукции в производственных условиях расчет фактической прибыли от реализации радиологически безопасной продукции (Пн), а также чистой прибыли (ЧПн) производся с учетом действующей в хозяйстве системы налогообложения. Так, для предприятий, не перешедших на налогообложение в виде единого сельскохозяйственного налога (ЕСХН), расчет прибыли от реализации (Пн) производится с учетом действующей ставки НДС (по видам продукции) и доли НДС в выручке:

**Пн = [Вн x (1-НДС) - Зн] x О (3),**

где: НДС – доля налога в выручке, в долях единицы.

При этом чистая прибыль (ЧПн) определяется с учетом действующей в хозяйстве ставки налога на прибыль:

**ЧПн = [Пн x (1 - н)] x О (4),**

где: н – ставка на прибыль, в долях единицы.

Для предприятий, перешедших на ЕСХН, расчет чистой прибыли производится с учетом ставки ЕСХН (при этом значение Пн определяется по формулам 1-2):

**ЧПн = [Пн x (1 - ЕСХН)] x О (5),**

где: ЕСХН – ставка налога, в долях единицы.

Прирост прибыли (ΔП) – является показателем сравнительной экономической эффективности технологии по производству экологически безопасной продукции:

**ΔП = [(Вн – Зн) – (Вб – Зб)] x О (6),**

где: Вб – выручка от реализации продукции в заменяемом варианте, руб.;

Зб – затраты на производство продукции в заменяемом варианте, руб.

Формула (6) может быть представлена в виде разности между приростом дохода (выручки) от производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции и приростом затрат по новой технологии по сравнению с заменяемой [2а, 3а]:

**ΔП = (ΔВ – ΔЗ) x О (7),**

где: ΔВ - дополнительный доход (прирост выручки) в сравнении с заменяемым вариантом, руб.;

ΔЗ – дополнительные затраты в сравнении с заменяемым вариантом, руб.

Прирост выручки (ΔВ) является совокупным дополнительным доходом от применения технологий по производству экологически безопасной продукции. Факторами формирования дополнительного дохода и прироста прибыли являются предотвращенный ущерб и рост урожайности (продуктивности) [15, 17]:

**ΔВ = (ПУ + ΔДу) x О (8),**

где: ПУ – предотвращенный ущерб, руб.;

ΔДу – дополнительный доход за счет роста урожайности, руб.

Для предприятий, не перешедших на ЕСХН, расчет прироста прибыли от реализации (ΔП) производится с учетом действующей ставки НДС:

**ΔП = [ΔВ x (1 – НДС) - ΔЗ] x О (9),**

Прирост чистой прибыли (ΔЧП) при этом также определяется с учетом действующей в хозяйстве ставки налога на прибыль:

**ΔЧП = [ΔП x (1-н)] x О (10)**

Для предприятий, перешедших на ЕСХН, расчет прироста чистой прибыли (ΔЧП) производится с учетом ставки ЕСХН (при этом значение ΔП определяется по формулам 6-7:

**ΔЧП = [ΔП x (1-ЕСХН)] x О (11).**

Использование только показателя прироста прибыли при определенных условиях может привести к ошибочным выводам относительно экономической эффективности новой технологии. Для случаев, когда себестоимость продукции выше закупочной цены, значение ΔП может быть представлено положительной величиной при убыточном производстве (т.е. при отрицательном значении Пн). В этом случае положительное значение ΔП свидетельствует только о снижении убыточности производства.

Уровень рентабельности производства экологически безопасной продукции (Рн) – рассчитывается как отношение прибыли (чистой прибыли) к затратам на производство продукции в новом варианте, в процентах. Показатель в равной степени может рассчитываться как на основе соотношения прибыли и затрат на единицу объема работ (формула 12), так и на единицу продукции (формула 13):

**Рн = Пн (ЧПн)/Зн x 100% (12),**

**Рн = пн (чпн)/Сн x 100% (13),**

где: пн (чпн) – прибыль (чистая прибыль) от реализации единицы продукции.

Показатель уровня рентабельности используется при выборе альтернативных вариантов мероприятий по производству экологически безопасной продукции, имеющих примерно одинаковые значения прогнозируемой прибыли.

В случае, когда в силу объективных причин, отсутствуют данные о размерах затрат и прибыли при использовании новой технологии, расчет рентабельности нередко производится на основе соотношения прироста прибыли к приросту затрат в новом варианте в сравнении с заменяемым, т.е. фактически рассчитывается рентабельность дополнительных затрат (Рдоп). Практика показывает, что значение Рдоп. весьма существенно – до двух и более порядков – превышает реальный уровень рентабельности производства продукции по новой технологии. Рентабельность дополнительных затрат может иметь место даже при убыточном производстве.

Нередко для оценки экономической эффективности также используется показатель, характеризующий величину дополнительно произведенной продукции (в стоимостном выражении) на рубль дополнительных затрат, но и это соотношение также нельзя рассматривать в качестве показателя экономической эффективности.

Еще одним важным показателем для расчета ожидаемой величины дополнительного дохода при применении новых видов удобрений является предотвращенный ущерб от нецелевого использования растениеводческой продукции (зерна, картофеля, кормов) или ее реализации по заниженным ценам.

**Вариант 1**. Если вся продукция соответствует нормативу по содержанию 137Cs в зерне (соломе) (СанПиН 2.3.2.2650-10) при применении новых видов удобрений, расчет ожидаемой величины предотвращенного ущерба (ПУ) от нецелевого использования продукции (или ее реализации по заниженным ценам) производится по формулам:

**ПУ = дб x Уб x ΔЦ (14),**

**ΔЦ = Цн - Цб (15),**

где: дб – доля продукции, не соответствующей нормативным требованиям до применении новых видов удобрений (прогноз для данной плотности загрязнения почв 137Cs и вида продукции). В долях единицы;

Уб – среднегодовая урожайность при применении новых видов удобрений, т/га;

Цб – цена реализации продукции, не соответствующей нормативам (себестоимость продукции при внутрихозяйственном ее использовании), руб./т;

Цн – цена реализации экологически безопасной продукции, руб./т.

Ожидаемый прирост доходов за счет роста урожайности культур (ΔДу) в расчете на гектар определяется как:

**ΔДу = ΔУ x Цн (16),**

**ΔУ = Ун –Уб (17),**

где: Ун – урожайность с применением новых видов удобрений, т/га.

При расчете ожидаемой величины предотвращенного ущерба и роста доходов за счет роста урожайности культур в качестве базовой урожайности (Уб) используются среднегодовые показатели хозяйства (района, области), где предполагается применение новых удобрений. Цена реализации экологически безопасной продукции и продукции, не соответствующей установленным нормативам, определяется по ценам на момент расчета, действующим там же. Значение показателя (Ун) определяется по результатам экспериментальной проверки применения разработанной технологии производства экологически безопасной продукции (с использованием новых видов удобрений).

**Вариант 2.** Если не вся продукция (зерно, солома) соответствует нормативу после применения новых удобрений, расчет ожидаемой удельной величины предотвращенного ущерба от нецелевого использования продукции (или ее реализации по заниженным ценам) производится с учетом прироста доли экологически безопасной продукции:

**ПУ= Δд x Уб x ΔЦ (18),**

где: Δд – прирост доли экологически безопасной продукции при применении новых видов удобрений (прогноз для данной плотности загрязнения почв 137Cs и вида продукции), в долях единицы.

Ожидаемый прирост доходов за счет роста урожайности зерновых культур определяется в этом случае также с учетом прироста доли экологически безопасной продукции:

**ΔДу = Δд x ΔУ x Цн (19).**

Если до внесения в почву новых видов удобрений уровень концентрации 137Cs в зерне и соломе исключал реализацию продукции или ее внутрихозяйственное использование, в формулы расчета величины предотвращенного ущерба (формулы 14 и 18) вместо ΔЦ подставляется Цн, так как Цб = 0.

С учетом прогнозируемого объема применения новых видов удобрений определяется суммарное значение предотвращенного ущерба и прироста доходов, а также суммарная величина дополнительного дохода от внесения новых удобрений (формула 8).

Дополнительные затраты в растениеводстве (в том числе при выращивании яровых и озимых зерновых культур) включают расходы на расходы по внесению новых видов удобрений, а также расходы, связанные с уборкой дополнительного (по сравнению с технологией хозяйства) урожая. Например, дополнительные расходы по внесению удобрений рассчитываются по формуле:

**ΔЗ = (УД + Зв + Зу) x О (20),**

где: УД – стоимость гектарной нормы удобрений (или стоимость ее превышения в сравнении с базовой технологией), руб./га;

Зв – затраты на внесение удобрений, руб./га;

Зу – затраты на уборку дополнительного урожая, руб./га.

Ожидаемая величина прибыли от реализации экологически безопасной продукции (в частности, зерна) – Пн и ЧПн, а также ее прирост (ΔП и ΔЧП) рассчитываются в соответствии с формулами 1-11. Прогнозируемый уровень рентабельности при применении новых видов удобрений рассчитывается на основе формул 12-13 [2а].

В растениеводстве (в том числе при возделывании зерновых культур) нередко для оценки экономической эффективности новых видов удобрений предлагается использовать так называемые показатели оплаты (иначе окупаемости) удобрений урожаем [4а].

Таким образом, для расчета экономической эффективности применения новых видов удобрений при возделывании зерновых культур (яровые, озимые), используют следующие показатели: урожайность культуры (т/га посевов); валовый сбор (т/га); % отходов; учетный вес, т/га; товарность продукции, %; удельный вес товарной и нетоварной продукции, т/га; затраты на производство, руб./га; себестоимость продукции, руб./га; цена товарной и нетоварной продукции, руб./га; выручка от реализации товарной продукции (зерно), руб./га; нетоварной продукции (корм скоту), руб./га; суммарная выручка, руб./га; чистая прибыль, руб./га; прирост прибыли, руб./га; экономическая эффективность применения нового удобрения (руб./га); рентабельность, %; величина предотвращенного ущерба от нецелевого использования растениеводческой продукции (в частности, зерна) или ее реализации по заниженным ценам, руб. На крупных сельскохозяйственных предприятиях наиболее важными показателями являются: условно чистый полученный доход от применения новых видов удобрений в звене используемого севооборота, в руб./га или в рублях на 1 рубль затрат; а также суммарный дополнительный доход (прирост выручки) за счет предотвращенного ущерба и роста урожайности культур.

Если в производственных условиях норма удобрений выше максимальной, то доля урожая определяется на уровне опытной, соответствующей максимальной норме. Доля урожая за счет удобрений пересчитывается при очень низкой урожайности. Примерный уровень урожайности, ниже которого не рассчитывается экономическая эффективность составляет: зерновые - 7 ц/га, картофель - 80 ц/га.

В рамках выполнения работ по Программе совместной деятельности России и Беларуси в рамках Союзного государства по защите населения и реабилитации территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС (утверждена Советом Министров Союзного Государства 29 августа 2019 года) в 2019-2022 гг. на территории Брянской области для оценки экономической эффективности применения агрохимических средств, в том числе новых видов агромелиорантов, основное внимание было уделено двум наиболее важным показателям: условно чистому доходу (руб./га) и окупаемости затрат (руб./руб.).

**Картофель**

Картофелеводство – одна из прибыльных отраслей растениеводства. Но урожайность картофеля составляет не более 50% биологического потенциала. Для ведения картофелеводства, особенно на загрязненных угодьях, необходимо комплексное окультуривание почв, внедрение районированных сортов и перспективных ресурсосберегающих технологий. Соблюдение комплекса технологических приемов возделывания картофеля позволяет получать в зависимости от сорта до 40-50 т/га клубней.

Для расчета экономической эффективности применения новых видов удобрений при возделывании картофеля в целом используются те же показатели, что и при возделывании зерновых культур. Фактическая экономическая эффективность применения новых видов удобрений на картофеле определяется по результатам их внедрения в производство на основе расчета показателей прибыли, прироста прибыли и уровня рентабельности (формулы 1-2, 5-7, 12-13).

Прибыль от реализации – рассчитывается по разности между выручкой от реализации экологически безопасной продукции и затратами на ее производство:

**Пн = (Вн –Зн) x O (1),**

где:Пн – прибыль от реализации продукции по новой технологии, руб.;

Вн – выручка от реализации продукции по новой технологии, руб.;

Зн – затраты на производство продукции по новой технологии, руб.;

О – объем внедрения новой технологии, га.

Формула (1) может быть представлена в виде:

**Пн = (Цн – Сн) x Ан x О (2),**

где: Цн – цена реализации экологически безопасной продукции, руб./т;

Cн – себестоимость единицы экологически безопасной продукции, руб./т;

Ан – количество продукции на единицу объема работ, т.

Для предприятий, перешедших на ЕСХН, расчет чистой прибыли производится с учетом ставки ЕСХН (при этом значение Пн определяется по формулам 1-2):

**ЧПн = [Пн x (1 - ЕСХН)] x О (5),**

где: ЕСХН – ставка налога, в долях единицы.

Прирост прибыли (ΔП) – является показателем сравнительной экономической эффективности технологии по производству экологически безопасной продукции:

**ΔП = [(Вн – Зн) – (Вб – Зб)] x О (6),**

где: Вб – выручка от реализации продукции в заменямом варианте, руб.;

Зб – затраты на производство продукции в заменямом варианте, руб.

Формула (6) может быть представлена в виде разности между приростом дохода (выручки) от производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции и приростом затрат по новой технологии по сравнению с заменяемой [9, 15, 16]:

**ΔП = (ΔВ – ΔЗ) x О (7),**

где: ΔВ - дополнительный доход (прирост выручки) в сравнении с заменяемым вариантом, руб.;

ΔЗ – дополнительные затраты в сравнении с заменяемым вариантом, руб.

Уровень рентабельности производства экологически безопасной продукции (Рн) – рассчитывается как отношение прибыли (чистой прибыли) к затратам на производство продукции в новом варианте, в процентах. Показатель в равной степени может рассчитываться как на основе соотношения прибыли и затрат на единицу объема работ (формула 12), так и на единицу продукции (формула 13):

**Рн = Пн (ЧПн)/Зн x 100% (12),**

**Рн = пн (чпн)/Сн x 100% (13),**

где: пн (чпн) – прибыль (чистая прибыль) от реализации единицы продукции.

Показатель уровня рентабельности используется при выборе альтернативных вариантов мероприятий по производству экологически безопасной продукции, имеющих примерно одинаковые значения прогнозируемой прибыли.

Основными факторами прироста доходов и экономической эффективности применения минеральных удобрений являются предотвращенный ущерб от нецелевого использования продовольственного картофеля, не соответствующего нормативным требованиям, и рост урожайности (формулы 14-15).

При расчете экономической эффективности применения агрохимических средств, в том числе новых видов агромелиорантов, основное внимание уделяется двум наиболее важным показателям: условно чистому доходу (руб./га) и окупаемости затрат (руб./руб.).

**Литература**

1а. Прудников П.В. Использование агрономических руд и новых комплексных минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных почвах. Брянск, 2012. - 296 с.

2а. Методика определения экономической эффективности технологических приемов, используемых при ведении растениеводства, кормопроизводства и животноводства на техногенно загрязненных территориях. Обнинск: ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. – 55 с.

3а. Методика оценки радиологической безопасности и экономической эффективности применения реабилитационных мероприятий в агропромышленном комплексе. Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2007. – 23 с.

4а. Методика и нормативы по определению экономической эффективности применения удобрений в колхозах и совхозах Брянской области. Брянск, ЦНТИ, 1988. – 12 с.

**Приложение 12**

**Методика оценки экономической эффективности применения ферроцинсодержащих препаратов для производства молока**

Прибыль от реализации – рассчитывается по разности между выручкой от реализации экологически безопасной продукции и затратами на ее производство:

*Пн = (Вн – Зн) × Г (5.1),*

где: Пн - прибыль от реализации продукции при применении добавок, руб.; Вн – выручка от реализации продукции при применении добавок, руб.; Зн - затраты на производство продукции при применении добавок, руб.; Г – число коров, гол.

Выручка от реализации продукции (здесь – стоимость валового производства молока с единицы объема работы) определяется как произведение продукции, полученной от одного животного, на ее реализационную цену. Затраты на производство молока также определяются на 1 голову, при этом учитываются расходы, связанные с производством дополнительного объема сельскохозяйственной продукции.

Формула 5.1 может быть представлена в виде:

*Пн = (Цн - Сн) × Ан × Г (5.2),*

где: Цн – цена реализации экологически безопасной продукции (молоко), руб./л; Сн – себестоимость единицы экологически безопасной продукции, руб./л; Ан – среднесуточный удой коров, л.

Расчет фактической прибыли от реализации экологически безопасной продукции (Пн), а также чистой прибыли (ЧПн) должен производиться с учетом действующей в хозяйстве системы налогообложения. Так, для предприятий, не перешедших на налогообложение в виде единого сельскохозяйственного налога (ЕСХН), расчет прибыли от реализации (Пн) производится с учетом действующей ставки НДС (по видам продукции) и доли НДС в выручке:

*Пн = [Вн × (1 - НДС) – Зн] × Г (5.3),*

где: НДС – доля налога в выручке, в долях единицы.

При этом чистая прибыль (ЧПн) определяется с учетом действующей в хозяйстве ставки налога на прибыль:

*ЧПн = [Пн × (1 - н)] × Г (5.4),*

где: н – ставка налога на прибыль, в долях единицы.

Для предприятий, перешедших на ЕСХН, расчет чистой прибыли производится с учетом ставки ЕСХН (при этом значение Пн определяется по формулам 5.1–5.2):

*ЧПн = [Пн × (1 - ЕСХН)] × Г (5.5),*

где: ЕСХН – ставка налога, в долях единицы.

Прирост прибыли (∆П) – является показателем сравнительной экономической эффективности технологии по производству экологически безопасной продукции:

*∆П = [(Вн – Зн) - (Вб – Зб)] × Г (5.6),*

где: Вб – выручка от реализации продукции в заменяемом варианте, руб.;

Зб - затраты на производство продукции в заменяемом варианте, руб.

Формула (5.6) может быть представлена в виде разности между приростом дохода (выручки) от производства экологически безопасной сельскохозяйственной продукции и приростом затрат при применении кормовых добавок в сравнении с заменяемой:

*∆П = (∆В - ∆З) × Г (5.7),*

где: ∆В – дополнительный доход (прирост выручки) в сравнении с заменяемым вариантом, руб.; ∆З – дополнительные затраты в сравнении с заменяемым вариантом, руб.

Прирост выручки (∆В) является совокупным дополнительным доходом от применения кормовых добавок по производству экологически безопасной продукции. Факторами формирования дополнительного дохода и прироста прибыли являются предотвращенный ущерб и рост продуктивности коров:

*∆В = (ПУ + ∆Ду) × Г (5.8),*

где: ПУ – предотвращенный ущерб, руб.; ∆Ду – дополнительный доход за счет роста продуктивности коров, руб.

В производственных условиях расчет прироста прибыли и чистой прибыли при применении кормовых добавок также должен производиться с учетом действующей в хозяйстве системы налогообложения. Так, для предприятий, не перешедших на единый сельскохозяйственный налог, расчет прироста прибыли от реализации (∆П) производится с учетом действующей ставки НДС:

*∆П = [∆В × (1 - НДС) - ∆З] × Г (5.9)*

Прирост чистой прибыли (∆ЧП) при этом также определяется с учетом действующей в хозяйстве ставки налога на прибыль:

*∆ЧП = [∆П × (1 - н)] × Г (5.10)*

Для предприятий, перешедших на ЕСХН, расчет прироста чистой прибыли (∆ЧП) производится с учетом ставки ЕСХН (при этом значение ∆П определяется по формулам 5.6–5.7):

*∆ЧП = [∆П × (1 - ЕСХН)] × Г (5.11)*

Необходимо отметить, что использование только показателя прироста прибыли при определенных условиях может привести к ошибочным выводам относительно экономической эффективности новой технологии. Так, для случаев, когда себестоимость производства молока выше закупочной цены, значение ∆П может быть представлено положительной величиной при убыточном производстве (т. е. при отрицательном значении Пн). В этом случае положительное значение ∆П свидетельствует только о снижении убыточности производства.

Уровень рентабельности производства экологически безопасной продукции (Рн) - рассчитывается как отношение прибыли (чистой прибыли) к затратам на производство продукции при применении кормовой добавки, в процентах. Показатель в равной степени может рассчитываться как на основе соотношения прибыли и затрат на единицу объема работ (формула 5.12), так и на единицу продукции (формула 5.13):

*Рн = Пн (ЧПн) / Зн × 100 % (5.12),*

*Рн = Пн (ЧПн) / Сн × 100 % (5.13),*

где: Пн (ЧПн) – прибыль (чистая прибыль) от реализации единицы продукции.

Показатель уровня рентабельности используется при выборе альтернативных вариантов кормовых добавок, имеющих примерно одинаковые значения прогнозируемой прибыли.

Экономическая эффективность технологий по производству экологически безопасной продукции (молока) определяется на основе оценки прогнозируемых (ожидаемых) значений показателей эффективности. Их расчет производится на основе соответствующих параметров базовой технологии с использованием отдельных параметров, полученных в ходе экспериментальных проверок применения разработанной технологии. В качестве параметров базовой технологии используются формы федерального статистического наблюдения № 24-СХ, содержащие соответствующие показатели производства молока в хозяйстве, где предполагается применение кормовых добавок:

– себестоимость продукции;

– среднегодовая удой коров;

– цена реализации молока и его товарность;

– себестоимость производства молока;

– прибыль и рентабельность производства молока.

Доля, не соответствующей установленным нормативам (СанПиН) в общем объеме производимого в хозяйстве молока, рассчитывается из данных радиологического контроля.

Исходные данные базового варианта берутся за год, предшествующий расчетному году.

В качестве исходных параметров применения кормовых добавок используются следующие данные, полученные при экспериментальной проверке:

– дополнительные затраты (в сравнении с технологией, применяемой в хозяйстве);

– продуктивность при применении кормовой добавки;

– прогнозируемая доля экологически безопасной продукции после применения кормовой добавки, исходя из существующих уровней загрязнения сельскохозяйственных угодий и молока в хозяйстве.

Расчет показателей экономической эффективности производится исходя из их ожидаемых удельных величин и предполагаемого объема применения кормовой добавки в хозяйстве.

Если на момент проведения расчетов по экономическому обоснованию вопрос с выбором хозяйства не решен, то в качестве параметров базовой технологии принимаются: соответствующие среднеобластные (среднерайонные) показатели производства молока – среднегодовая продуктивность, себестоимость, цена реализации, прибыль и рентабельность;

При этом прогнозируемыми величинами являются доля (удельный вес) продукции, не соответствующей установленным нормативам при использовании кормовых добавок (при данной плотности загрязнения сельскохозяйственных угодий), и доля экологически безопасной продукции (молока) после внедрения новой технологии.

Ожидаемая величина прибыли, прироста прибыли и уровня рентабельности рассчитывается в данном случае на единицу объема работ – на 1 гол.

При проведении расчетов затраты на единицу объема работ (1 гол.) и себестоимость литра молока определяются с учетом продуктивности в новом и заменяемом вариантах.

Так, если в качестве базовых затрат используются данные о затратах по типовой технологии (приводятся, как правило, на единицу объема работ – на 1 гол.), затраты и себестоимость продукции при применении кормовой добавки (Зн и Сн) рассчитываются по формулам:

*Зн = Зб + ∆З (5.14),*

*Сн = Зн / ПРн (5.15),*

где: Зб – затраты по типовой технологии, (руб./гол.);

ПРн – продуктивность при применении кормовой добавки, (л / гол).

Расчет дополнительных затрат (∆З) желательно производить с учетом доли накладных расходов (общепроизводственных и общехозяйственных) в себестоимости продукции в среднем по хозяйствам.

Если в качестве базовых затрат используются среднеобластные (среднерайонные) статистические данные о себестоимости конкретного вида продукции, расчет затрат по новой технологии на 1 гол. производится по формуле:

*Зн = [Собл. × ПРобл.] + ∆З (5.16),*

где: Собл – среднеобластная (среднерайонная) себестоимость молока, руб./ц;

ПРобл. – среднеобластная (среднерайонная) продуктивность по видам продукции, ц / гол.

Расчет себестоимости единицы продукции при применении кормовой добавки (Сн) в этом случае производится в соответствии с формулой 5.15.

По тому же принципу, т. е. на основе формул 5.14–5.16, производится расчет показателей Зн и Сн в случае, когда в качестве базовых параметров используются соответствующие показатели хозяйства, где предполагается внедрение кормовой добавки. При этом в формуле 5.16 вместо показателей Собл. и ПРобл. используются данные о себестоимости и продуктивности в хозяйстве.

Поскольку полная себестоимость продукции включает накладные расходы (общепроизводственные и общехозяйственные), расчет дополнительных затрат желательно производить с их учетом, увеличивая сумму прямых расходов, составляющих ∆З, в соответствии с долей накладных расходов в себестоимости продукции в среднем по хозяйствам.

Прогнозируемая величина выручки от реализации экологически безопасной продукции (на единицу объема работ или на единицу продукции) определяется на основе данных о выручке в заменяемом (базовом) варианте (Вб) и расчете прогнозируемой величины дополнительного дохода (∆В) в новом варианте. Ожидаемое значение (∆В) рассчитывается в соответствии с формулой 5.8.

На основе расчета прогнозируемых значений затрат (Зн) и их прироста (∆З) при использовании кормовой добавки, выручки (Вн) и прироста выручки (∆В) рассчитывается ожидаемое значение прибыли (Пн и ЧПн) и прироста прибыли (∆П и ∆ЧП) в соответствии с формулами 5.1–5.11.

Прогнозируемый уровень рентабельности при использовании кормовой добавки рассчитывается на основе формул 5.12–5.13.

В зависимости от изменения доли продукции, не соответствующей установленным нормативам после применения ферроцин содержащих препаратов ФСП, возможны следующие варианты расчета ожидаемой величины предотвращенного ущерба.