

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Г. А. Чернуха, Ю. В. Азаренко

РАДИОЭКОЛОГИЯ

*Курс лекций
для студентов, обучающихся по специальности
1-33 01 06 Экология сельского хозяйства*

В двух частях

Часть 2

Горки
БГСХА
2024

УДК 631.95(075.8)

ББК 28.080.1я73

Ч-49

*Рекомендовано методической комиссией
агротехнологического факультета 30.05.2023 (протокол № 9)
и Научно-методическим советом БГСХА 31.05.2023 (протокол № 9)*

Авторы:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Г. А. Чернуха*;
заведующий лабораторией кафедры сельскохозяйственной
биотехнологии, экологии и радиологии *Ю. В. Азаренко*

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Л. А. Веремейчик*;
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент *Г. В. Седукова*

Чернуха, Г. А.

Ч-49 Радиоэкология : курс лекций. В 2 ч. Ч. 2 / Г. А. Чернуха,
Ю. В. Азаренко. – Горки : БГСХА, 2024. – 127 с.
ISBN 978-985-882-454-9.

Подробно рассмотрены теоретические вопросы курса, что позволит изучить особенности поведения радиоактивных веществ в атмосфере, гидросфере, почве, растительном и животном мире.

Для студентов, обучающихся по специальности 1-33 01 06 Экология сельского хозяйства.

УДК 631.95(075.8)

ББК 28.080.1я73

ISBN 978-985-882-454-9 (ч. 2)

ISBN 978-985-882-307-8

© УО «Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Радиоэкология» изучается студентами специальности 1-33 01 06 Экология сельского хозяйства в течение двух семестров: на 4-м курсе в 2-м семестре и на 5-м курсе в 1-м семестре. В связи с этим курс лекций разделен на две части. На 4-м курсе формой текущей аттестации является зачет, на 5-м курсе – экзамен.

Первая часть дисциплины содержит 6 разделов: естественная и искусственная радиоактивность окружающей среды, радиоэкология агроценозов, радиоэкология животных, радиоэкология лесных экосистем, радиоэкология луговых фитоценозов и радиоэкология водных систем. Здесь изложены основные закономерности миграции техногенных радионуклидов в экологических цепочках (почва – растение, корм – животное и др.).

Во второй части приведены защитные мероприятия, направленные на снижение содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, продуктах питания, дарах леса. Все эти мероприятия основаны на закономерностях миграции техногенных радионуклидов.

Науке и практике неизвестны более эффективные методы снижения коллективной дозы облучения населения, чем проведение комплексных защитных мероприятий в сельском хозяйстве и личных подсобных хозяйствах, направленных на снижение содержания техногенных радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, и прежде всего растениеводческой продукции.

Следует также учитывать, что в настоящее время основной вклад в дозу внутреннего облучения населения загрязненных районов вносят лесные пищевые продукты – грибы, ягоды, мясо диких животных. Поэтому в курсе лекций рассмотрены основные методы снижения содержания радионуклидов в продукции леса.

Дисциплина «Радиоэкология» включена в состав комплексного государственного экзамена по специальности 1-33 01 06 Экология сельского хозяйства.

1. АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

1.1. Общие принципы организации агропромышленного производства

Главной задачей сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами землях является получение сельскохозяйственной продукции с допустимым содержанием радионуклидов.

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» (в редакции Закона Республики Беларусь от 5 января 2022 г. № 148-З);

- Закон Республики Беларусь от 18 июня 2019 г. № 198-З «О радиационной безопасности» (в редакции Закона Республики Беларусь от 10 октября 2022 г. № 208-З);

- Закон Республики Беларусь от 6 января 2009 г. № 9-З «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий» (в редакции Закона Республики Беларусь от 17 июля 2023 г. № 300-З);

- Закон Республики Беларусь от 7 января 2012 г. № 340-З «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (в редакции Закона Республики Беларусь от 10 октября 2022 г. № 208-З);

- ГН 10-117-99 Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) (прил. 1);

- Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах (прил. 2);

- Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в различных видах кормов для получения различных видов конечной продукции (прил. 3);

- Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции», утвержденный решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 (прил. 4);

- Допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в кормах, кормовых добавках и сырье для производства комбикормов (прил. 5);

- Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы.

Возделывание сельскохозяйственных культур в соответствии с законодательством Республики Беларусь разрешено на землях с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs до 1480 кБк/м² (до 40 Ки/км²) и ^{90}Sr до 111 кБк/м² (до 3,0 Ки/км²). Территории с превышением этих уровней подлежат выводу из оборота.

На 1 января 2020 г. в сельскохозяйственном пользовании находилось 848,0 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1,0 Ки/км² и выше, в том числе 281,6 тыс. га земель одновременно загрязнены ^{90}Sr с плотностью 0,15 Ки/км² и выше. Долгоживущие изотопы (^{137}Cs и ^{90}Sr) еще в течение длительного времени будут определять радиоактивное загрязнение почвы, сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и уровни дозовых нагрузок на население.

Указанные рекомендации регламентируют порядок ведения сельскохозяйственного производства на загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных землях и являются методической основой для производства продуктов питания, сырья для них и кормов с содержанием радионуклидов в пределах республиканских допустимых уровней и международных стандартов.

В целях ограничения доз внутреннего облучения населения Министерством здравоохранения Республики Беларусь установлены предельно допустимые уровни содержания радионуклидов в продуктах питания. Постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 26 апреля 1999 г. № 16 введены Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99). На основании РДУ для пищевых продуктов и результатов исследований, полученных научно-исследовательскими институтами Национальной академии наук, участвующими в реализации Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, разработаны и утверждены Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственном сырье и кормах.

В республике в рамках государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС (в настоящее время реализуется 6-я Государственная программа по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2021–2025 годы) применяется система защитных мероприятий в сельскохозяйственном про-

изводстве. Данная система включает комплекс научно обоснованных мероприятий, направленных на снижение содержания нормируемых радионуклидов в растениеводческой и животноводческой продукции, получаемой в общественном производстве и личных подсобных хозяйствах. За послеаварийный период в результате системной реализации защитных мер, а также естественного распада, сорбции и миграции радионуклидов в почве, поступление их в пищевые цепи существенно снизилось.

1.1.1. Классификация защитных мероприятий, направленных на снижение содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции

Защитные мероприятия (контрмеры) подразделяются на следующие группы: организационные, агротехнические, агрохимические, технологические, зооветеринарные, санитарно-гигиенические, информационные.

Организационные мероприятия предусматривают:

- инвентаризацию угодий по плотности загрязнения радионуклидами и составление картограмм;
- прогноз содержания радионуклидов в урожае и продукции животноводства;
- инвентаризацию сельхозугодий в соответствии с результатами прогноза и определение площадей, на которых возможно выращивание культур для использования на продовольственные цели, для производства кормов, для получения семенного материала и т. д.;
- изменение структуры посевных площадей и севооборотов;
- переспециализацию отраслей животноводства;
- исключение угодий из хозяйственного использования или перевод выведенных из землепользования угодий в хозяйственный оборот;
- оценку эффективности защитных мероприятий и уровня загрязнения урожая после их проведения;
- организацию радиационного контроля продукции.

Агротехнические приемы предусматривают:

- увеличение доли площадей под культуры с низким уровнем накопления радионуклидов;
- коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ;
- предотвращение вторичного загрязнения почв и поверхностного загрязнения растениеводческой продукции за счет выполнения комплекса противоэрозионных мероприятий;

- оптимизацию водного режима (осушение).

Агрохимические мероприятия предусматривают оптимизацию физико-химического режима почв посредством:

- известкования кислых почв;
- внесения органических удобрений;
- внесения повышенных доз фосфорных и калийных удобрений;
- регулирования азотного питания растений;
- применения микроудобрений;
- применения средств защиты растений.

Технологические приемы включают:

- промывку и первичную очистку убранной плодоовощной и технической продукции;
- переработку полученной продукции с целью снижения в ней концентрации радионуклидов.

Зооветеринарные мероприятия включают:

- специальную систему кормления животных (с применением специальных кормовых добавок);
- двухстадийный откорм животных перед отправкой на мясокомбинат;
- раздельный выпас скота для производства цельного молока и молока-сырья;
- постоянный контроль за иммунологическим и гормональным статусом, состоянием обмена веществ, воспроизводительной функцией, проявлением и течением острых и хронических болезней сельскохозяйственных животных.

Санитарно-гигиенические мероприятия предусматривают:

- соблюдение необходимых санитарно-гигиенических и других требований, установленных действующим в республике законодательством;
- обеспечение дополнительным комплектом спецодежды.

Информационные контрмеры включают:

- информирование населения, заинтересованных министерств и ведомств о результатах радиационного контроля и эффективности проводимых защитных мероприятий;
- информирование работников и населения о новых эффективных мерах по снижению перехода радионуклидов в возделываемые культуры и готовую продукцию;
- научные исследования;
- подготовку и повышение квалификации специалистов сельского хозяйства.

1.1.2. Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель

За длительный послеаварийный период радиационная обстановка на сельскохозяйственных землях значительно улучшилась. Произошел распад короткоживущих радионуклидов. Концентрация долгоживущих радионуклидов (^{137}Cs и ^{90}Sr) в почве снизилась более чем на 50 % по причине естественного распада. Наблюдается постепенное уменьшение площади используемых земель с контролируемой минимальной плотностью загрязнения ^{137}Cs более 1,0 Ки/км² и ^{90}Sr более 0,15 Ки/км² вследствие естественного распада радионуклидов и перехода части земель в категорию незагрязненных.

В категорию незагрязненных перешло около 630 тыс. га, или около 45 % земель, ранее загрязненных ^{137}Cs . По состоянию на 1 января 2020 г. сельскохозяйственное производство ведется на 848,0 тыс. га земель, загрязненных ^{137}Cs с плотностью 1–40 Ки/км², в том числе 566,1 тыс. га пахотных и 281,9 тыс. га луговых земель.

Основные массивы сельскохозяйственных земель, загрязненных ^{137}Cs , сосредоточены в Гомельской (42,5 % общей площади) и Могилевской (22,8 %) областях. В Брестской, Гродненской и Минской областях доля загрязненных земель невелика и составляет 3,1, 1,4 и 2,5 % соответственно.

За послеаварийный период площадь земель, загрязненных ^{90}Sr , уменьшилась примерно на 300 тыс. га. По состоянию на 1 января 2020 г. сельскохозяйственное производство ведется на 281,6 тыс. га с плотностью более 0,15 Ки/км², в том числе 182,0 тыс. га пахотных и 99,6 тыс. га луговых земель. По областям Беларуси из общей площади земель, загрязненных ^{90}Sr , более 270,8 тыс. га сосредоточены в Гомельской области. Здесь доля загрязненных пахотных и луговых земель составляет 22,6 % от общей площади используемых сельскохозяйственных земель. В Могилевской области доля загрязненных ^{90}Sr земель незначительна – около 1,0 %.

В настоящее время преобладающая часть радионуклидов, выпавших на почву, находится в ее верхних слоях. Миграция ^{137}Cs и ^{90}Sr вглубь происходит очень медленно. Средняя скорость такой миграции составляет 0,3–0,5 см/год, поэтому угрозы водоносным горизонтам практически нет. Скорость миграции ^{90}Sr несколько выше, чем ^{137}Cs . Темпы миграции увеличиваются с возрастанием степени увлажнения почв. На необрабатываемых землях основное количество ^{137}Cs (70–85 % от его валового содержания) и ^{90}Sr (58–61 %) сконцентрировано в корнеобитаемом слое в 0–5 см. В обрабатываемых дерново-подзолистых

супесчаных почвах около 90 % валового запаса ^{137}Cs и 75 % ^{90}Sr находится в пахотном слое в 0–25 см. Наибольший переход радионуклидов из почвы в растения отмечается на минеральных песчаных и торфяно-болотных почвах в естественных условиях, наименьший – на окультуренных землях. В целом основные количества ^{137}Cs и ^{90}Sr находятся в корнеобитаемом слое и интенсивно включаются в биологический круговорот.

На поступление радионуклидов в растения существенно влияют формы их соединений в почве. Различают четыре такие формы: водорастворимая, обменная (растворимая в лабораторных условиях ацетатом аммония), подвижная (растворимая слабым раствором соляной кислоты), неподвижная (связанная или фиксированная). Если радионуклиды находятся в одной из первых трех указанных форм, то возможен их переход в растения.

В дерново-подзолистых суглинистых почвах с высоким содержанием глинистых частиц за послеаварийный период доля доступных для растений форм ^{137}Cs значительно уменьшилась по сравнению с 1986 годом и не превышает 5 %. Основная доля данного радионуклида находится в связанной форме, в том числе внедренной в кристаллическую решетку глинистых минералов. В дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах доля доступных растениям форм находится в пределах 10–20 %. Примерно столько же содержится доступных форм его в торфяно-болотных почвах. Удельный вес доступного ^{90}Sr , наоборот, возрос и достигает 70 % в дерново-подзолистых почвах и 50 % в торфяно-болотных почвах.

Поступление радионуклидов в растения существенно зависит от гранулометрического состава почв. На песчаных почвах оно вдвое выше, чем на суглинистых. Значительное влияние на накопление радионуклидов в сельскохозяйственных культурах оказывает режим увлажнения почв. На переувлажненных почвах легкого гранулометрического состава, преобладающих в Полесье, высокая степень загрязнения травяных кормов наблюдается даже при относительно низких плотностях радиоактивного загрязнения. Особенно высокими переходами радионуклидов в растения характеризуются торфяные почвы. При одинаковой плотности загрязнения поступление ^{137}Cs в растения на торфяных почвах в 4–10 раз выше, чем на минеральных. Это осложняет получение растениеводческой и животноводческой продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых уровней.

1.1.3. Динамика плодородия загрязненных радионуклидами почв

Агрохимические свойства, определяющие потенциал плодородия почв, оказывают сильное влияние на накопление радионуклидов всеми сельскохозяйственными культурами. При повышении содержания гумуса в дерново-подзолистых супесчаных почвах от 1,0 до 3,5 % переход ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения снижается до 2,0–2,5 раз. По мере повышения содержания в почве обменных форм калия от низкого (менее 100 мг/кг) до оптимального (200–300 мг/кг) и изменения реакции почв от кислого интервала (рН 4,5–5,0) к нейтральному (рН 6,5–7,0) переход радионуклидов в продукцию уменьшается от 3 до 10 раз.

Радиологическая и экономическая эффективность защитных мер закономерно повышается по мере снижения исходных агрохимических параметров от оптимальных диапазонов, установленных в полевых опытах. Поэтому внесение известковых мелиорантов на почвах с показателем рН выше оптимального уровня недопустимо, так как может привести к снижению качества продукции за счет уменьшения доступности растениям микроэлементов (Mn, Cu, Zn). Внесение повышенных доз калийных и фосфорных удобрений на почвах с высоким содержанием подвижных форм этих элементов не окупается прибавкой урожайности и только повышает себестоимость сельскохозяйственной продукции. При оценке эффективности агрохимических защитных мер необходимо учитывать изменение показателей плодородия почв в сопоставлении с оптимальными параметрами.

Динамика доли почв с оптимальными агрохимическими параметрами в процентах от соответствующей общей площади пахотных земель или улучшенных сенокосов и пастбищ является важным критерием эффективности защитных мер. Оценка по этому критерию может проводиться один раз в четыре года путем сравнения результатов двух туров агрохимического обследования по хозяйствам и районам.

Почвы загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель характеризуются различным плодородием и особенно отличаются по областям по содержанию гумуса, подвижных форм фосфора и калия. При возделывании культур на почвах с низким содержанием элементов питания переход радионуклидов в растения выше, чем на хорошо обеспеченных ими почвах. Поэтому важно поддерживать оптимальные показатели плодородия почв на загрязненных радионуклидами землях. Благодаря применению защитных мероприятий на загрязненных землях за послеаварийный период произошло существен-

ное улучшение основных показателей агрохимических свойств почв.

Систематическое известкование существенно улучшает реакцию почв. Доля пахотных земель с благоприятной реакцией ($\text{pH} > 5,5$) увеличивается от 66,7 % в Гродненской до 75,4 % Гомельской областях.

Известкование кислых почв, загрязненных радионуклидами, финансировалось по потребности в рамках Государственной программы по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011–2015 гг. и на период до 2020 г. Однако в последние годы наблюдается некоторое их подкисление. В целом по республике доля сильно- и среднекислых ($\text{pH} < 5,0$) почв составляет 8,6 % на пахотных землях и 8,2 % на луговых землях.

Загрязненные радионуклидами почвы пахотных земель характеризуются низким содержанием гумуса (< 2 %) на 38 % площади. Необходимо использовать все имеющиеся источники обогащения почв органическим веществом: навоз, компосты, солому, зеленые удобрения. При недостатке органических удобрений для достижения положительного баланса гумуса в почве необходимо расширение доли многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей, оптимизация соотношения площадей многолетних трав и пропашных культур.

Почвы сенокосов и пастбищ характеризуются сравнительно более высоким содержанием гумуса, которое в целом по Беларуси стабилизировалось за последние годы на уровне 2,71 %, а в Гомельской области – 2,81 %. Доля луговых почв с низким (< 2 %) содержанием гумуса составляет 16,3 %. Систематическое обновление дернины (перезалужение) сенокосов и пастбищ в комплексе со сбалансированным минеральным удобрением позволит поддерживать бездефицитный баланс гумуса и постепенно повышать плодородие почв.

Дополнительные дозы фосфорных и калийных удобрений на загрязненных землях вносили совместно с основными дозами, рассчитанными на формирование запланированной урожайности сельскохозяйственных культур. Следовательно, дополнительное внесение фосфора и калия предназначалось для ускоренного повышения содержания этих элементов в почве. Всего за послеаварийный период на загрязненные земли внесено 3,0 млн. т K_2O и 1,1 млн. т P_2O_5 , что позволило снизить концентрацию радионуклидов в продукции, создать фундамент плодородия почв, гарантирующий производство нормативно-чистой продукции и продуктов питания на перспективу.

Среднее содержание подвижных форм фосфора в загрязненных пахотных почвах Беларуси за послеаварийный период повысилось до 212 мг/кг почвы, в Гомельской области этот показатель составил

231 мг/кг почвы, калия – 233 и 234 мг/кг почвы соответственно. На основных массивах загрязненных пахотных земель содержание подвижных форм фосфора и калия в почвах на 10–20 % выше, чем на незагрязненных землях.

В целом по республике доля загрязненных радионуклидами пахотных земель с оптимальным и высоким содержанием подвижного фосфора в почве составила 64,3 %, подвижного калия – 56,2 %. Распределение почв по группам обеспеченности фосфором и калием различается по областям и районам, и это необходимо учитывать с целью эффективного проведения защитных мер. Несмотря на большой объем проведенных защитных мероприятий, требуется улучшить фосфатный и калийный режимы на половине площади луговых земель и 30 % пашни.

1.2. Мероприятия по уменьшению содержания радионуклидов в продукции растениеводства

1.2.1. Инвентаризация сельскохозяйственных угодий по плотности загрязнения радионуклидами

Радиологическое обследование сельхозугодий проводится специалистами областных проектно-изыскательских станций химизации сельского хозяйства (ОПИСХ) в соответствии с Методикой крупномасштабного агрохимического и радиологического исследования почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь (Минск, 2020), разработанной специалистами РУП «Институт почвоведения и агрохимии». При проведении очередного тура исследования почв почвовед отбирает в хозяйствах с каждого элементарного участка пробы для выполнения агрохимических анализов и для определения в них содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr .

1.2.2. Прогноз содержания радионуклидов в урожае

Прогноз – это предварительный расчет содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в будущем урожае. Прогноз загрязнения радионуклидами продукции растениеводства позволяет заблаговременно планировать набор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами угодьях, размещение их по полям севооборотов и отдельным участкам с учетом различного использования получаемой продукции (продовольственные цели, фураж, промышленная переработка и т. д.). На основе прогноза осуществляется раздельный выпас дойных коров и откормочного молодняка, а также заготовка кормов.

Накопление радионуклидов сельскохозяйственными культурами зависит от плотности загрязнения почв, типа, гранулометрического состава, агрохимических свойств почв, биологических особенностей культур. Поэтому прогноз удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственной продукции строится на основе следующей исходной информации:

- средняя плотность загрязнения элементарных участков сельскохозяйственных земель ^{137}Cs и ^{90}Sr (кБк/м²) по данным последнего тура радиологического обследования сельскохозяйственных земель;
- тип почвы и ее гранулометрический состав, величина обменной кислотности и содержание подвижного калия по данным последнего тура агрохимического обследования сельскохозяйственных земель (берется из агрохимических паспортов полей и совмещенных картограмм загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr , которые имеются в хозяйствах);
- коэффициенты перехода (Бк/кг:кБк/м²) радионуклидов в основную и побочную продукцию сельскохозяйственных культур;
- перечень сельскохозяйственных культур для возделывания на продовольственные, технические цели, на переработку, сырье, корма.

Для прогноза используются экспериментально полученные усредненные значения коэффициентов перехода радионуклидов (K_n) из почвы в урожай. K_n – это отношение удельной активности растениеводческой продукции в беккерелях на килограмм к плотности загрязнения почвы в килобеккерелях на квадратный метр, дифференцированное в зависимости от типа и разновидности почв, культуры, содержания подвижного калия в почве и ее кислотности. Справочные значения коэффициентов перехода приведены в приложениях к Рекомендациям по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы (Минск, 2021). Значения K_n получены путем обработки результатов многолетних полевых опытов, а также анализов растительных и почвенных образцов, взятых на производственных посевах по единой методике.

Расчет уровня загрязнения продукции производится по формуле

$$YA = K_n \cdot A_s,$$

где YA – удельная активность продукции, Бк/кг;

K_n – коэффициент перехода (Бк/кг:кБк/м²) в продукцию ^{137}Cs в зависимости от обеспеченности почв калием или коэффициент перехода ^{90}Sr в зависимости от кислотности;

A_s – плотность загрязнения почв, кБк/м².

1.2.3. Ограничения по плотности загрязнения почв при возделывании различных сельскохозяйственных культур

Предельно допустимая плотность загрязнения почв, при которой полученный урожай будет соответствовать Республиканским допустимым уровням, определяется путем деления нормативной предельно допустимой величины загрязнения продукции на коэффициент перехода при соответствующем уровне плодородия почв.

Например, необходимо определить предельно допустимую плотность загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв ^{90}Sr , при которой его содержание в сене многолетних злаковых трав не будет превышать допустимые нормы для производства цельного молока, если кислотность почвы составляет 5,3. Значение коэффициента перехода ($\text{Бк/кг}:\text{кБк/м}^2$) ^{90}Sr в сено многолетних злаковых трав при данной кислотности почвы равно 16,0. Допустимое содержание ^{90}Sr в сене для производства цельного молока составляет 260 Бк/кг. Предельно допустимая плотность загрязнения почв, исходя из расчета $(260:16)$, составит $16,25 \text{ кБк/м}^2$.

1.2.4. Система обработки почв в условиях радиоактивного загрязнения

Основным фактором выбора системы основной обработки почвы в условиях радиоактивного загрязнения является характер и глубина распределения радионуклидов в профиле почвенного горизонта. При этом необходимо учитывать степень гидроморфности почвы, поскольку на почвах разного увлажнения используются разные системы обработки. Традиционная отвальная система обработки почвы совершенствуется в направлении максимально возможного совмещения операций основной и дополнительной обработок, а также применения новых высокопроизводительных машин, особенно на землях со средне- и тяжелосуглинистыми почвами.

Система основной обработки почвы в условиях радиоактивного загрязнения зависит от характера и глубины распределения радионуклидов в обрабатываемом слое.

При высокой плотности радиоактивного загрязнения почвы (^{137}Cs – $15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$, ^{90}Sr – $1\text{--}3 \text{ Ки/км}^2$) рекомендуется комбинированная система обработки почвы, включающая чередование минимальных обработок с ярусной отвальной вспашкой 1–2 раза в севообороте под пропашные культуры при одновременной заделке органических удобрений.

ний и сидератов. Глубина ярусной вспашки не должна превышать мощности пахотного слоя.

При загрязнении верхней части обрабатываемого слоя почвы (5–10 см) с целью перемещения радионуклидов в более глубокие, малодоступные для растений слои почвы проводится глубокая (на 25–35 см) и сверхглубокая (более 35 см) вспашка с припахиванием нижележащего слоя почвы с полным оборотом пласта (на 180°) и сбрасыванием загрязненного слоя почвы и послеуборочных остатков на дно борозды. Эти приемы обработки использовали непосредственно после чернобыльской катастрофы. В настоящее время их целесообразно применять при возврате в сельскохозяйственное пользование ранее выведенных из оборота земель в связи с радиоактивным загрязнением. На таких землях радионуклиды вследствие их незначительной вертикальной миграции по-прежнему сосредоточены в верхней части пахотного горизонта.

Глубокая и сверхглубокая вспашка эффективна для культур с неглубоко залегающей корневой системой. Ограничения в применении этих приемов включают: возможное нарушение дренажных систем; потерю верхнего плодородного слоя почвы с перемещением на поверхность малоплодородных подпахотных слоев; практическое отсутствие эффекта на песчаных почвах.

Для разбавления радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы выполняется обычная вспашка. Эффективность ее зависит от типа почвы, глубины пахотного слоя и от вида возделываемых культур, особенно от глубины корневой системы.

При загрязнении всего пахотного слоя (0–25 см) на дерново-подзолистых почвах возможно применение как отвальной обработки почвы, так и безотвальных чизельной, поверхностной дисковой и минимальной обработок. На легких по гранулометрическому составу песчаных и супесчаных почвах, где радионуклиды распределены относительно равномерно по всей глубине обрабатываемого слоя, рекомендуется комбинированная безотвальная система обработки. При высоком уровне радиоактивного загрязнения (15 Ки/км² и выше) с целью снижения доз внешнего облучения персонала и уменьшения миграции радионуклидов с дефляцией почвы целесообразно применять минимальную и нулевую обработки, использование высокопроизводительных комбинированных почвообрабатывающих агрегатов.

При загрязнении нижней части обрабатываемого слоя (в пределах (30 ± 5) см) в условиях достаточного увлажнения рекомендуется проводить гладкую вспашку без припашки загрязненного слоя (с исполь-

зованием фронтальных и оборотных плугов), а в засушливых условиях – безотвальную чизельную обработку на 20–25 см или глубже. В данных условиях система основной обработки должна быть направлена на предотвращение вторичного загрязнения почвы ранее глубоко запаханым загрязненным слоем.

1.2.5. Подбор и размещение сельскохозяйственных культур

На загрязненных радионуклидами землях растениеводство должно осуществляться с обязательным соблюдением требований технологических регламентов возделывания культур, которые представлены в нормативном документе «Организационно-технологические нормы возделывания сельскохозяйственных культур. Сборник отраслевых регламентов».

Комплекс технологических приемов возделывания сельскохозяйственных культур включает размещение их по лучшим предшественникам, соблюдение сроков выполнения технологических операций, систему обработки почв и применения удобрений, подбор высокоурожайных сортов и т. п.

Технологии возделывания сельскохозяйственных культур на загрязненных радионуклидами землях должны, с одной стороны, обеспечивать производство продукции с содержанием радионуклидов, соответствующим санитарно-гигиеническим нормативам, а с другой – повышение почвенного плодородия и получение высоких урожаев.

Подбор культур в зависимости от величины перехода радионуклидов в урожай является эффективным и широкодоступным приемом получения растениеводческой и животноводческой продукции с содержанием радионуклидов в пределах допустимых республиканских уровней.

По величине накопления радионуклидов на единицу сухого вещества при одинаковой плотности загрязнения почв сельскохозяйственные культуры ранжированы в порядке убывания.

Убывающий ряд культур по накоплению ^{137}Cs :

- в зерне: люпин > горох > вика > рапс > овес > просо > ячмень > пшеница > озимая рожь;

- в соломе: овес > ячмень > яровая пшеница > озимая пшеница > озимая рожь;

- в зеленой массе, корнеплодах, клубнях: многолетние злаковые травы > люпин > рапс > многолетние бобово-злаковые смеси > кле-

вер > горох > горохо-овсяная смесь > вико-овсяная смесь > кукуруза > картофель > кормовая свекла;

- в сене многолетних злаковых трав: костер безостый > тимopheев-ка > мятлик луговой > ежа сборная > овсяница > райграс пастбищный;

- в естественных ценозах: осоковые > осоково-злаковые > злаковые.

Убывающий ряд культур по накоплению ^{90}Sr :

- в зерне: яровой рапс > люпин > горох > вика > ячмень > яровая пшеница > овес > озимая пшеница > озимая рожь;

- в соломе: ячмень > яровая пшеница > озимая пшеница > овес > озимая рожь;

- в зеленой массе, корнеплодах и клубнях: клевер > люпин > горох > многолетние злаковые травы на пойменных землях > многолетние злаково-бобовые смеси > вика > рапс яровой > горохо-овсяные смеси > вико-овсяные смеси > травы естественных сенокосов > кукуруза > кормовая свекла > картофель;

- в травах: разнотравье > осоки > мятлик луговой > ежа сборная.

1.2.6. Особенности размещения сельскохозяйственных культур на пищевые цели

В условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель наиболее жестко нормируются по содержанию радионуклидов сельскохозяйственные культуры на пищевые цели: зерновые (озимая рожь, озимая пшеница, ячмень, яровая пшеница, овес), зернобобовые (горох), картофель.

Для гарантированного получения продовольственной продукции с минимальным содержанием ^{137}Cs и ^{90}Sr сельскохозяйственные культуры необходимо размещать на хорошо окультуренных дерново-подзолистых суглинистых, дерново-подзолистых связно- и рыхло-супесчаных почвах, подстилаемых моренным суглинком, с повышенным содержанием гумуса (>2 %), подвижных форм фосфора и калия (200–300 мг/кг), близкой к нейтральной реакцией (pH_{KCl} 5,6–7,0).

В соответствии с РДУ-99 предельное содержание радионуклидов в зерне на пищевые цели зерновых и зернобобовых культур не должно превышать: ^{137}Cs – 90 Бк/кг; ^{90}Sr – 11 Бк/кг. Согласно техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» предельное содержание ^{137}Cs в зерне на пищевые цели зерновых и зернобобовых культур не должно превышать 60 Бк/кг, ^{90}Sr – 11 Бк/кг.

Возделывание озимой пшеницы, озимой ржи и озимого тритикале на пищевые цели с содержанием ^{137}Cs до 60 Бк/кг не ограничено плотно-

стью загрязнения дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почв. На песчаных почвах с очень низким содержанием K_2O возделывать озимую рожь и озимое тритикале на пищевые цели возможно при плотности загрязнения до 32 Ки/км^2 . Существенные ограничения имеются по возделыванию озимой ржи и озимого тритикале на торфяных почвах. При низких и средних значениях по содержанию подвижного калия в почве озимую рожь можно размещать при получении пищевого зерна при плотности загрязнения ^{137}Cs , равной 8,0 и $16,0 \text{ Ки/км}^2$ соответственно, озимое тритикале – при плотности загрязнения 3,0 и $4,0 \text{ Ки/км}^2$.

На землях, загрязненных ^{90}Sr , для производства зерна озимой пшеницы на пищевые цели с содержанием радионуклида менее 11 Бк/кг допустимые плотности загрязнения суглинистых почв в зависимости от степени их кислотности составляют до $0,27\text{--}0,38 \text{ Ки/км}^2$, супесчаных почв – до $0,24\text{--}0,35 \text{ Ки/км}^2$. При получении зерна озимой ржи допустимые плотности загрязнения суглинистых почв в зависимости от степени их кислотности составляют до $0,29\text{--}0,46 \text{ Ки/км}^2$, супесчаных почв – до $0,30\text{--}0,48 \text{ Ки/км}^2$ и песчаных почв – до $0,20\text{--}0,42 \text{ Ки/км}^2$. На торфяных почвах возделывать продовольственную рожь возможно при плотностях загрязнения почв ^{90}Sr до $0,49\text{--}0,74 \text{ Ки/км}^2$. Озимое тритикале на пищевые цели допустимо размещать на суглинистых почвах в зависимости от степени их кислотности при плотности загрязнения до $0,30\text{--}0,57 \text{ Ки/км}^2$, на супесчаных почвах – до $0,23\text{--}0,51 \text{ Ки/км}^2$ и на песчаных почвах – до $0,25\text{--}0,41 \text{ Ки/км}^2$. На торфяных почвах возделывать тритикале на пищевые цели возможно при плотности загрязнения почв ^{90}Sr до $1,0 \text{ Ки/км}^2$.

На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах нет ограничений по загрязнению ^{137}Cs для возделывания яровой пшеницы и ячменя на пищевые цели. На легких песчаных и супесчаных почвах ограничено возделывание ячменя на пищевые цели при низком содержании подвижного калия в пахотном слое. На торфяных почвах размещение этих культур ограничено плотностью загрязнения до $2,3\text{--}5,4 \text{ Ки/км}^2$.

При загрязнении земель ^{90}Sr для производства продовольственного зерна яровой пшеницы допустимые плотности загрязнения суглинистых и супесчаных почв в зависимости от степени их кислотности составляют до $0,27\text{--}0,38 \text{ Ки/км}^2$. Для ячменя допустимая плотность загрязнения суглинистых и супесчаных почв не должна превышать $0,25 \text{ Ки/км}^2$, песчаных почв – $0,19 \text{ Ки/км}^2$. На торфяных почвах возделывать пшеницу на пищевые цели возможно при плотности загрязнения почв ^{90}Sr до $1,0 \text{ Ки/км}^2$, ячмень – до $0,42\text{--}0,59 \text{ Ки/км}^2$.

При возделывании овса на продовольственные цели на дерново-подзолистых почвах имеются ограничения по его размещению на песчаных по гранулометрическому составу почвах и при низкой обеспеченности их подвижным калием. На торфяных почвах овес для производства пищевого зерна можно возделывать при плотности загрязнения ^{137}Cs до 1,8–3,2 Ки/км². На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{90}Sr , при оптимальном уровне кислотности овес на пищевые цели возможно возделывать на землях с плотностью загрязнения до 0,20–0,30 Ки/км², на торфяных почвах – до 0,37–0,59 Ки/км².

На величину накопления радионуклидов влияют **сортовые особенности культур**. Сорты интенсивного типа, потребляющие значительное количество элементов питания, отличаются повышенным накоплением радионуклидов.

Для производства зеленого горошка рекомендуется использовать хорошо окультуренные супесчаные и суглинистые почвы. В зависимости от обеспеченности почвы обменным калием эту культуру можно возделывать на пищевые цели на суглинистых почвах при плотности загрязнения ^{137}Cs до 4,2–14,7 Ки/км², на супесчаных почвах – до 3,2–9,0 Ки/км². На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{90}Sr , при оптимальном и повышенном уровне кислотности горох на пищевые цели возможно возделывать при плотности загрязнения до 0,15–0,20 Ки/км².

Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в клубнях картофеля на пищевые цели не должно превышать 80,0 и 3,7 Бк/кг соответственно. Нет ограничений по плотности загрязнения суглинистых и супесчаных почв ^{137}Cs для возделывания картофеля. На песчаных почвах допустимая плотность загрязнения при низком и среднем содержании в почве подвижного калия составляет 27,0 и 37,9 Ки/км² соответственно. На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{90}Sr , при оптимальном уровне кислотности картофель возможно возделывать при плотности загрязнения до 0,31–0,50 Ки/км².

В табл. 1 приведены предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr для получения продовольственной продукции, согласно РДУ-99, при pH_{KCl} 6,1–6,5 и содержании K_2O 140–200 мг/кг почвы.

Таблица 1. Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{137}Cs и ^{90}Sr для получения продовольственной продукции, соответствующей требованиям РДУ-99 (при pH_{KCl} 6,1–6,5 и содержании K_2O 140–200 мг/кг почвы)

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²		
	суглинистые	супесчаные	песчаные
^{137}Cs			
Ячмень	40	40	35
Овес	40	40	30
Кукуруза	40	40	27
Просо	30	24	16
Горох	8,4	6,9	4,6
^{90}Sr			
Озимая пшеница	0,33	0,33	Не возделывается
Озимая рожь	0,41	0,40	0,30
Озимое тритикале	0,44	0,40	0,30
Яровая пшеница	0,37	0,34	Не возделывается
Ячмень	0,23	0,23	0,17
Овес	0,30	0,25	0,21
Кукуруза	1,65	1,50	0,92
Просо	1,00	0,90	0,54
Горох	0,21	0,20	0,15
Картофель столовый	1,00	1,00	0,50

1.2.7. Особенности размещения сельскохозяйственных культур для производства разных видов кормов

В молоке и цельномолочной продукции содержание ^{137}Cs не должно превышать 100 Бк/л, ^{90}Sr – 3,7 Бк/л (РДУ-99). Для получения такого молока в суточном рационе дойной коровы содержание ^{137}Cs не должно быть выше 10,0 кБк, ^{90}Sr – 2,6 кБк.

Содержание ^{137}Cs в фуражном зерне для скормливания дойному поголовью при производстве цельного молока не должно превышать 180 Бк/кг. Не ограничено плотностью загрязнения этим радионуклидом возделывание озимых (озимая пшеница, озимая рожь, озимое тритикале) и яровых (яровая пшеница, ячмень, яровое тритикале, овес) зерновых культур на дерново-подзолистых почвах при производстве зернофуража. Ограничения имеются по возделыванию зерновых культур на торфяных почвах. При низких и средних значениях по содержанию подвижного калия в почве озимую рожь при получении фуражного зерна можно размещать при плотности загрязнения ^{137}Cs 10,0 и 20,0 Ки/км² соответственно, озимое тритикале – 8,0 и 10,0 Ки/км², яровую пшеницу и ячмень – 5,8 и 13,5 Ки/км², овес – 4,5 и 8,1 Ки/км².

На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{90}Sr , при производстве фуражного зерна озимой ржи практически нет ограничений по плотности загрязнения. На слабокислых и близких к нейтральным почвам озимое тритикале и яровую пшеницу можно возделывать при плотности до $2,5\text{--}3,0 \text{ Ки/км}^2$, ячмень – до $1,42\text{--}2,08 \text{ Ки/км}^2$, овес – до $1,80\text{--}2,25 \text{ Ки/км}^2$. При возделывании на торфяных почвах озимой ржи, озимого тритикале, яровой пшеницы, ячменя и овса при производстве фуражного зерна практически нет ограничений по их размещению.

В зависимости от обеспеченности почвы обменным калием горох можно возделывать на зернофураж на суглинистых почвах при плотности загрязнения ^{137}Cs до $10,4\text{--}36,9 \text{ Ки/км}^2$, на супесчаных почвах – до $7,9\text{--}22,5$ и на песчаных почвах – до $5,6\text{--}19,3 \text{ Ки/км}^2$. На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{90}Sr , при оптимальном и повышенном уровне кислотности горох на фуражные цели возможно возделывать при плотности загрязнения до $1,0\text{--}1,90 \text{ Ки/км}^2$.

В зависимости от обеспеченности почвы обменным калием люпин можно возделывать на фуражные цели на суглинистых почвах при плотности загрязнения ^{137}Cs до $9,4\text{--}15,6 \text{ Ки/км}^2$, на супесчаных почвах – до $7,4\text{--}12,3$ и на песчаных почвах – до $5,1\text{--}8,4 \text{ Ки/км}^2$. На дерново-подзолистых почвах, загрязненных ^{90}Sr , при оптимальном уровне кислотности люпин возможно возделывать при плотности загрязнения до $0,54\text{--}1,00 \text{ Ки/км}^2$.

В пастбищный период концентрация ^{137}Cs в зеленой массе трав не должна превышать 165 Бк/кг , ^{90}Sr – 37 Бк/кг . В стойловый период суточный рацион для дойных коров составляется в соответствии с существующими нормами потребности животных в питательных веществах и скормливания отдельных видов кормов.

На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при обеспеченности подвижным калием $140\text{--}300 \text{ мг/кг}$ использование зеленой массы большинства видов злаковых и бобово-злаковых трав для получения цельного молока уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs не лимитируется. Нет ограничений по загрязнению почв ^{137}Cs для возделывания люцерны и клевера на зеленую массу. Предельная плотность загрязнения почвы ^{137}Cs для люпина составляет 22 Ки/км^2 , для многолетних злаковых трав на пойменных землях – 13 Ки/км^2 , для трав естественных лугов – 11 Ки/км^2 .

Использование зеленой массы существенно ограничивается плотностью загрязнения почвы ^{90}Sr . На дерново-подзолистых почвах при оптимальных агрохимических показателях для получения цельного молока предельная плотность загрязнения ^{90}Sr при возделывании зеле-

ной массы лядвенца рогатого, кукурузы, многолетних злаковых трав, бобово-злаковых смесей составляет 0,5–0,8 Ки/км². Для галеги восточной, пайзы, сорго, сорго-суданкового гибрида, суданской травы, чумизы, могара, многолетних злаково-бобовых смесей плотность загрязнения не должна превышать 0,3–0,4 Ки/км². Возделывание зеленой массы гороха, клевера, люпина, люцерны ограничивается плотностью загрязнения 0,2–0,3 Ки/км².

Возделывание полевых культур на силос на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при оптимальных агрохимических показателях практически не ограничено плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs, за исключением многолетних трав на пойменных землях и естественных сенокосах. Культивирование растений на силос существенно ограничивается плотностью загрязнения ⁹⁰Sr: для клевера, многолетних трав эта величина составляет 0,3–0,4 Ки/км², для бобово-злаковых смесей, кукурузы – 0,5–0,7 Ки/км².

При заготовке сена используют травы, выращиваемые при плотности загрязнения ¹³⁷Cs до 5 Ки/км² (многолетние травы естественных луговых и пойменных земель) и до 13–19 Ки/км² (многолетние злаковые травы, многолетние злаково-бобовые смеси и клевер). Получение нормативно-чистого сена клевера, галеги восточной, многолетних злаково-бобовых смесей возможно при загрязнении почв ⁹⁰Sr до 0,4–0,6 Ки/км². Многолетние злаковые травы и лядвенец рогатый для заготовки сена можно возделывать при плотности загрязнения ⁹⁰Sr до 0,9–1,3 Ки/км².

Предельное содержание в фуражном зерне ¹³⁷Cs составляет до 180 Бк/кг, ⁹⁰Sr – до 100 Бк/кг. Возделывание зерновых культур на фураж не ограничивается плотностью загрязнения почвы ¹³⁷Cs. Для использования на корм пригодно зерно, получаемое при плотности загрязнения ⁹⁰Sr до 2–3 Ки/км².

Предельное содержание ¹³⁷Cs в соломе – до 330 Бк/кг, ⁹⁰Sr – до 185 Бк/кг. Использование соломы зерновых культур не лимитируется плотностью загрязнения почв ¹³⁷Cs, но ограничено плотностью загрязнения ⁹⁰Sr – не выше 1,0–1,3 Ки/км².

Предельное содержание ¹³⁷Cs в корнеплодах – до 160 Бк/кг, ⁹⁰Sr – до 37 Бк/кг. Плотность загрязнения ¹³⁷Cs дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почв при обеспеченности подвижным калием 140–300 мг/кг для производства зеленой массы большинства видов для получения цельного молока не лимитируется.

При получении молока-сырья для переработки на масло при существующих нормативах содержания ¹³⁷Cs в зеленой массе, силосе, се-

наже, зерне, соломе, сене (от 600 до 1850 Бк/кг) можно возделывать любые культуры на всех землях, находящихся в обороте.

Возделывание культур для получения молока-сырья ограничивается плотностью загрязнения ^{90}Sr . Практически нет ограничений по ^{90}Sr при возделывании зерновых культур и использованию зерна и соломы. Многолетние и однолетние бобовые культуры на зеленый корм, люцерну, люпин, клевер, горох необходимо размещать при плотности загрязнения ^{90}Sr не более 1,2–1,3 Ки/км². Многолетние злаковые травы на пойменных землях, вику, галегу восточную, многолетние бобово-злаковые смеси, сорго, пайзу на зеленый корм возможно возделывать при плотности загрязнения ^{90}Sr до 1,5–2,0 Ки/км². Вико-овсяную и горохо-овсяную смеси, рапс яровой, многолетние злаковые травы, кукурузу, люцерну, клевер на зеленый корм можно размещать без ограничений.

Допустимое содержание ^{137}Cs в говядине не должно превышать 200 Бк/кг. Для производства такой говядины общее содержание ^{137}Cs в суточном рационе не должно превышать 4,0 кБк.

Использование зерна люпина ограничено на слабокультуренных песчаных, супесчаных и суглинистых почвах предельной плотностью загрязнения 16, 21 и 30 Ки/км² соответственно, на хорошо окультуренных песчаных и супесчаных почвах – 25, 32 Ки/км². Использование зерна гороха ограничено на слабокультуренных песчаных, супесчаных и суглинистых почвах предельной плотностью загрязнения 18, 24 и 33 Ки/км² соответственно, на хорошо окультуренных песчаных почвах – 32 Ки/км². Использование сена на заключительный откорм имеет те же ограничения, что и для молочного стада. Использование зеленой массы клевера ограничено на слабокультуренных песчаных и супесчаных почвах предельной плотностью 26, 34 Ки/км² соответственно. Использование зеленой массы многолетних злаковых трав ограничено на слабокультуренных песчаных, супесчаных и суглинистых почвах плотностью загрязнения 9, 13, 18 Ки/км² соответственно, на хорошо окультуренных – 16, 29, 34 Ки/км².

1.2.8. Особенности размещения сельскохозяйственных культур на технические цели

Основными техническими культурами, выращиваемыми на загрязненных радионуклидами территориях, являются сахарная свекла, картофель, рапс, подсолнечник, а также зерновые культуры. Эти культуры используют для получения сахара, крахмала, растительного масла, спирта.

Прием семян рапса на переработку ограничивается содержанием ^{137}Cs до 1500 Бк/кг. Для переработки на спирт используется сырье с содержанием ^{137}Cs до 3700 Бк/кг. По ^{90}Sr нормирование не предусмотрено. Технические культуры можно выращивать на пашне, находящейся в обороте, без ограничений по плотности загрязнения.

Переработка рапса на масло-сырец в промышленном масштабе позволяет уменьшить содержание радионуклидов в конечном продукте: ^{137}Cs – до 250 раз, ^{90}Sr – до 600 раз. А переработка зерновых на спирт практически исключает содержание радионуклидов в конечном продукте.

1.2.9. Применение удобрений, известкование кислых почв

Агрономическое значение всех видов удобрений заключается в том, что повышение урожайности на загрязненных радионуклидами землях не меняется, однако здесь удобрения приобретают новое качество, потому что могут как уменьшать поступление радиоактивных веществ из почвы, так и стимулировать поглощение некоторых из них корнями растений. **Применение удобрений – один из наиболее широко используемых способов снижения содержания радионуклидов в растениеводческой продукции.**

Уменьшение уровня загрязнения урожая радионуклидами при внесении удобрений в почву может быть обусловлено следующими причинами:

- увеличением урожайности и тем самым «биологическим разбавлением» содержания радионуклидов на единицу массы урожая;
- повышением количества кальция и калия в почвенном растворе;
- закреплении ^{90}Sr путем соосаждения с фосфатами при внесении фосфорных удобрений.

На почвах, загрязненных радионуклидами, минеральные удобрения следует применять со значительным преобладанием фосфора и калия над азотом.

Положительное действие калийных удобрений обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и значительной прибавкой урожая сельскохозяйственных культур, особенно на бедных калием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах.

По мере повышения загрязнения почв радионуклидами потребность в дополнительных дозах калия увеличивается. Установлено, что внесение калийных удобрений при сбалансированном азотно-фосфорном питании приводит не только к существенному уменьше-

нию поступления из почвы в растения ^{137}Cs (в 1,1–2,8 раза), но и ^{90}Sr . Особенно эффективны повышенные дозы калийных удобрений под многолетние травы, корнеплоды и картофель.

Важная роль отводится регулированию азотного питания растений на загрязненных радионуклидами почвах. **Недостаток доступного азота в почве приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а повышенные дозы азотных удобрений усиливают накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции.**

Расчет доз азотных удобрений проводится исходя из потребности в азоте для формирования планируемого урожая. Во избежание превышения доз азотных удобрений при подкормках озимых и яровых зерновых культур рекомендуется проведение почвенной и растительной диагностики. Максимально допустимые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры приведены в табл. 2.

Таблица 2. Рекомендуемые дозы азотных удобрений под сельскохозяйственные культуры на загрязненных радионуклидами дерново-подзолистых почвах

Культуры	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
Многолетние злаковые травы	–	160
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 с осени рекомендуются вносить под озимые зерновые культуры. Весной проводится подкормка только азотными удобрениями. Под яровые зерновые, картофель, овощные культуры комплексные азотно-фосфорно-калийные удобрения применяются весной перед посевом.

Установлено снижение поступления радионуклидов из почвы в растительную продукцию при внесении фосфорных удобрений, особенно на почвах с низким содержанием фосфатов. **Фосфорные удоб-**

рения не только способствуют повышению урожая возделываемых культур, но и закреплению ^{90}Sr за счет осаждения его фосфатами.

Калийные удобрения оказывают наиболее сильное влияние на снижение поступления ^{137}Cs в растения. Внесение дифференцированных доз калийных удобрений (в зависимости от типа почв, содержания в них подвижного калия и плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr) на слабообеспеченных подвижным калием почвах (<150 мг/кг почвы) уменьшает поступление в растения ^{137}Cs до 2 раз, а ^{90}Sr до 1,5 раз. Это обусловлено как антагонизмом катионов цезия и калия в почвенном растворе, так и прибавкой урожая сельскохозяйственных культур, особенно на бедных подвижным калием дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах.

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

Таблица 3. Среднегодовые дозы фосфорных удобрений на загрязненных радионуклидами пахотных землях

Группы почв	Содержание P_2O_5 , мг/кг почвы	Основные дозы P_2O_5 , кг/га	Дополнительные дозы P_2O_5 (кг/га) при плотности загрязнения (Ки/км ²)		
			^{137}Cs – $1,0\text{--}4,9$ ^{90}Sr – $0,15\text{--}0,29$	^{137}Cs – $5,0\text{--}14,9$ ^{90}Sr – $0,30\text{--}0,99$	^{137}Cs – $15,0\text{--}40,0$ ^{90}Sr – $1,00\text{--}3,00$
Дерново-подзолистые, дерновые	60 и менее	45	15	30	45
	61–100	40	10	20	30
	101–150	35	5	10	15
	151–250	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 4. Среднегодовые дозы калийных удобрений
на загрязненных радионуклидами пахотных землях**

Группы почв	Содержание K ₂ O, мг/кг почвы	Основные дозы K ₂ O, кг/га	Дополнительные дозы K ₂ O (кг/га) при плотности загрязнения (Ки/км ²)		
			¹³⁷ Cs – 1,0–4,9 ⁹⁰ Sr – 0,15–0,29	¹³⁷ Cs – 5,0–14,9 ⁹⁰ Sr – 0,30–0,99	¹³⁷ Cs – 15,0–40,0 ⁹⁰ Sr – 1,00–3,00
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	–	–	–	–

Учитывая дефицит фосфорных удобрений и их высокую стоимость, рекомендуется на загрязненных землях обеспечить внесение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания сельскохозяйственных культур, с учетом содержания подвижных фосфатов в почве. На землях с высоким содержанием подвижного калия (>300 мг/кг на минеральных и 1000 мг/кг на торфяных почвах) целесообразно внесение доз удобрений для поддержания оптимального калиевого режима почв.

За счет средств республиканского бюджета производится закупка и поставка фосфорных и калийных удобрений, а также их комплексов в сельскохозяйственные организации, имеющие земли с плотностью загрязнения ¹³⁷Cs от 37 кБк/м² (от 1,0 Ки/км²) и более или ⁹⁰Sr от 5,55 кБк/м² (0,15 Ки/км²) и более.

Требуемое количество минеральных удобрений по сельскохозяйственным организациям, районам и областям определяется путем умножения нормативных доз на площадь земель с данными показателями дифференциации и последующим суммированием по этим показателям. При уровнях загрязнения сельскохозяйственных земель ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr, относящихся к разным интервалам, в расчетах используется большее значение нормативной дозы удобрений.

К наиболее значимым приемам повышения плодородия почв загрязненных сельскохозяйственных угодий и снижения накопления радионуклидов в продукции относится также применение органических удобрений. Известно, что систематическое применение

органических удобрений повышает содержание гумуса, улучшает водно-физические свойства, усиливает микробиологическую активность почв. При внесении органических удобрений повышается эффективность использования минеральных удобрений, возрастает устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным факторам. Все это в комплексе снижает накопление радионуклидов в продукции, повышает урожайность сельскохозяйственных культур и рентабельность производства.

Обеспеченность почв гумусом является одним из параметров их плодородия, влияющих на накопление в растениях радионуклидов. Это связано со снижением их биологической доступности в результате включения в органо-минеральные комплексы в почве, а также с повышением обеспеченности почв элементами питания, увеличением урожайности культур или «биологическим разбавлением» концентрации радионуклидов.

Внесение органических удобрений в принятых дозах способствует уменьшению перехода радионуклидов из почвы в растения в среднем на 30 %. С повышением содержания гумуса в почвах от 1 до 3,5 % накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции снижается в 1,5–3,5 раза.

В условиях радиоактивного загрязнения рекомендуются те же дозы органических удобрений, что и на незагрязненных почвах (табл. 5).

Таблица 5. Рекомендуемые дозы органических удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на загрязненных радионуклидами землях

Культуры	Дозы удобрений, т/га
Картофель	60–70
Озимые зерновые	30–40
Сахарная свекла	60–70
Кукуруза	70–80
Многолетние злаковые травы при залужении	30–40

Рекомендуется до 60 % заготовленных органических удобрений вносить в весенний период под культуры позднего сева: кукурузу, картофель (частично), однолетние травы, идущие в качестве предшественника под озимые зерновые культуры. До 18 % органических удобрений следует внести летом при перезалужении и коренном улучшении сенокосов и пастбищ, а также под озимые, идущие по зерновым предшественникам. Остальную часть органических удобрений

необходимо внести с осени под культуры раннего сева: сахарную свеклу, корнеплоды, картофель.

При ведении сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения с целью оптимизации содержания почвенного гумуса и повышения обеспеченности элементами питания растений необходимо задействовать все источники поступления органического вещества в почву – навоз, компосты, торф, солому, зеленые удобрения. В структуре посевных площадей доля бобовых культур и бобово-злаковых травосмесей должна быть в 2 раза выше, чем пропашных культур.

В системе агрохимических приемов при возделывании сельскохозяйственных культур в условиях радиоактивного загрязнения особую значимость приобретает применение микроэлементов. При научно обоснованном внесении микроудобрений с учетом содержания подвижных форм микроэлементов в почвах прибавки урожая достигают 15–20 %.

В условиях дефицита микроэлементов наиболее рациональными и экономически оправданными способами их внесения являются предпосевная обработка семян и внекорневая подкормка растений в период вегетации. Их можно проводить как в виде самостоятельного технологического приема, так и совместно с макроудобрениями, средствами защиты и регуляторами роста растений.

Микроудобрения необходимо вносить на почвах первой и второй групп обеспеченности микроэлементами с pH более 6,0. На почвах третьей группы обеспеченности внекорневые подкормки проводятся при интенсивных технологиях возделывания культур, ориентированных на получение высокой урожайности и качественной продукции.

Внесение извести является эффективным приемом снижения поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения. **Минимальное накопление радионуклидов в растениеводческой продукции при прочих равных условиях возделывания сельскохозяйственных культур отмечается при оптимальной реакции почвенной среды.** Оптимизация степени кислотности почв на фоне применения минеральных удобрений позволяет повысить урожайность и сократить поступление радионуклидов в основные сельскохозяйственные культуры на 60–80 %.

Известкование кислых почв загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель проводится за счет средств республиканского бюджета с целью оптимизации показателей реакции почвенной среды (pH_{KCl}), при которых наблюдается максимальное снижение поступления радионуклидов в растениеводческую продукцию. Для тор-

фяных почв оптимальная реакция почвенной среды pH 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. Для достижения оптимального уровня кислотности почвы необходимо применять дозы извести согласно Инструкции по известкованию кислых почв сельскохозяйственных земель, утвержденной постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 18 января 2019 г. № 5, которые приведены в табл. 6.

Таблица 6. Средние дозы известковых материалов для известкования кислых почв пахотных земель, т/га

Группы почв	Содержа- ние гумуса, %	pH 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 ¹³⁷ Cs – 1,0–4,90, ⁹⁰ Sr – 0,15–0,29 Ки/км ²									
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 среднесуглинистые	2,0 и менее	3,0	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
Тяжелосуглини- стые 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 ¹³⁷ Cs – 5,0–40,0, ⁹⁰ Sr – 0,3–3,0 Ки/км ²									
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 среднесуглинистые	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 pH 4,0 и ниже.

Для уровня загрязнения ^{137}Cs 1,0–4,9 Ки/км² и ^{90}Sr 0,15–0,29 Ки/км² дозы мелиорантов увеличиваются только на торфяных почвах и дополнительно известкуются рыхлосупесчаные почвы с pH 5,51–5,75, связно-супесчаные с pH 5,51–6,00. Для уровня загрязнения ^{137}Cs 5–40 Ки/км² или ^{90}Sr 0,3–3,0 Ки/км² дозы известковых мелиорантов повышаются из расчета доведения реакции почв до оптимального уровня за один прием.

На пахотных землях мелиоранты рекомендуется вносить под культивацию или боронование полей.

В случае когда разовая доза превышает 8 т/га, известь вносится в два приема: 0,5 дозы под вспашку и 0,5 дозы под культивацию. На сенокосах и пастбищах известковые удобрения вносятся под предпосевную культивацию при перезалужении или коренном улучшении. Допускается проводить поверхностное известкование многолетних трав, улучшенных сенокосов и пастбищ с учетом их продуктивности и дальнейшего использования.

Первоочередному известкованию подлежат почвы I–II групп кислотности в связи с высоким переходом радионуклидов из почвы в растения. Работы по известкованию супесчаных почв с pH 5,51–6,00 и торфяно-болотных с pH 5,0 и ниже при плотности загрязнения земель ^{137}Cs 1–5 Ки/км² или ^{90}Sr 0,2–0,3 Ки/км², а также на всех кислых почвах с плотностью загрязнения ^{137}Cs 5–40 Ки/км² или ^{90}Sr 0,3–3,0 Ки/км² финансируются за счет средств, направляемых на преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Объемы известкования кислых почв загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель на 2021–2024 гг. составляют ежегодно 23,2 тыс. га, а ежегодная потребность в известковых мелиорантах, в пересчете на CaCO_3 , составляет 110,7 тыс. т.

1.2.10. Технологические приемы обработки растениеводческой продукции, направленные на снижение содержания в ней радионуклидов

Несмотря на принимаемые в республике меры (агротехнические, агрохимические и пр.), направленные на уменьшение поступления и накопления радионуклидов сельскохозяйственными растениями, содержание радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственной продукции значительно превышает доаврийный уровень, хотя и не превышает нормативных значений (РДУ-99). Дальнейшее снижение содержания радионуклидов цезия и стронция в сельскохозяйственной продукции и продуктах питания может быть достигнуто путем использования следующих технологических приемов:

- промывка и первичная очистка убранной плодоовощной и технической продукции;

- переработка полученной продукции.

Снижение содержания радионуклидов в растениеводческой продукции достигается при использовании таких простых методов, как промывка в проточной воде, очистка от кожуры, удаление кроющих листьев у капусты, отмачивание в воде (табл. 7). Концентрация радионуклидов в продукции уменьшается также при консервировании, засолке, варке, но надо помнить, что радионуклиды переходят в маринад или воду при варке.

Таблица 7. Эффективность некоторых приемов обработки урожая, загрязненного радиоактивными веществами

Исходная продукция	Способ обработки (готовый продукт)	КО (коэффициент очистки)
Зерно: пшеница, рожь, ячмень, гречиха, пшено и др.	Отвешивание	1,5–2,0
	Отмывание проточной водой	1,5–3,0
	Переработка в хлеб, крупы	1,2–2,5
	Переработка в спирт	100
Зерно: рис, гречиха, ячмень, овес	Обрушение, удаление пленок	10–20
Картофель (клубни)	Очистка	3–5
	Варка	2–3
	Переработка в крахмал	50
	Переработка в спирт	100
Соя, рапс, подсолнечник, кукуруза	Переработка на растительное масло	500 (промышленный способ) и 50 (в домашних условиях)
Овощи	Отмывание проточной водой	3–10
	Удаление кроющих листьев (кочан), засолка, маринование	2–5
Сахарная свекла	Переработка на сахар	70–90
Ягоды, фрукты	Переработка на сок	До 100
	Переработка на вино	До 500
	Переработка на варенье	100–500

Например, огурцы и помидоры достаточно перед использованием промыть. Капусту следует употреблять без верхних 3–4 листьев и черешки. Удаление кроющих листьев снижает загрязнение до 40 раз.

У свеклы, моркови, брюквы, репы, редьки и других корнеплодов обязательно нужно удалять ботву вместе с венчиком на 10–15 мм. Это

позволит снизить уровень загрязнения в 15–20 раз. Лук, салат, петрушку, редис и другие овощи тщательно отмывают от частиц почвы. Картофель и корнеплоды необходимо промывать два раза – перед тем как снимать кожуру и после.

При варке картофеля, свеклы, моркови, фасоли нужно сливать отвар после 10–15-минутного кипячения, что позволит удалить из этих овощей от 50 до 90 % ^{137}Cs .

Яблоки, груши, сливы, вишни и другие плоды необходимо промывать проточной водой, особенно тщательно возле плодоножек и цветоложа. Ягоды нужно употреблять в пищу после тщательной промывки их в проточной воде.

Максимальная очистка от радионуклидов готовой продукции достигается при более глубокой технологической переработке.

Эффективность очистки оценивается коэффициентом очистки (КО), представляющим собой отношение содержания радионуклидов в исходном сырье к содержанию радионуклидов в конечном продукте. Данный коэффициент показывает, во сколько раз конечный продукт чище, чем исходное сырье.

Установлено, что при некоторых технологических процессах переработки, сопровождающихся разделением продукции на несколько компонентов, большая часть радионуклидов концентрируется в каком-либо одном компоненте. Этим компонентом нередко оказывается не основной, а побочный продукт переработки. Уместно напомнить, что радионуклиды попадают в растения и далее в организм животных и человека преимущественно в виде растворенных в воде солей. Поэтому концентрируются радионуклиды в основном в компонентах, содержащих воду. Если же они сосредоточены в других компонентах, то при переработке продукции также переходят в воду. Следовательно, любая технологическая переработка, предусматривающая отделение воды путем отжима, фильтрования, центрифугирования и других способов, кроме высушивания, будет приводить к дезактивации продукта. Высокая степень очистки продукции достигается при переработке картофеля и зерна на крахмал и спирт, масличных культур – на масло, сахарной свеклы – на сахар.

1.2.11. Особенности овощеводства в условиях радиоактивного загрязнения

В соответствии с РДУ-99 содержание ^{137}Cs в овощах и корнеплодах не должно превышать 100 Бк/кг. Согласно техническому регламенту

Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) в овощах и корнеплодах, включая картофель, допустимый уровень содержания ^{137}Cs составляет 80 Бк/кг, ^{90}Sr – 40 Бк/кг. В связи с этим для размещения овощных культур подбираются наиболее окультуренные земельные участки с минимальной плотностью загрязнения почвы радионуклидами. При выращивании столовой свеклы и моркови плотность загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв ^{137}Cs должна быть ниже 10 Ки/км². Возделывание овощных культур на зелень, особенно щавеля, при загрязнении почв ^{137}Cs свыше 5 Ки/км² не рекомендуется, непригодными являются торфяные почвы, характеризующиеся высокими параметрами перехода радионуклидов в растения.

Овощные культуры возделывают на самых плодородных почвах со слабокислой (рН 5,5–6,0) или нейтральной (рН 6,5–7,0) реакцией среды в овоще-кормовых и полевых севооборотах. Основные правила при установлении чередования культур в севооборотах:

- органические удобрения вносятся под наиболее ценные культуры в дозе более 50 т/га. На второй и третий год после внесения органических удобрений размещают культуры, у которых при возделывании по свежеснесенному навозу снижается качество продукции или затягивается созревание;

- после требовательных к содержанию элементов питания и влаги культур размещают менее требовательные;

- представители одного и того же семейства не должны возвращаться на данное поле до истечения срока сохранения в почве возбудителей болезней и вредителей, специфических для данного семейства растений;

- раносозревающие культуры служат предшественниками для рано высеваемых и высаживаемых овощных культур;

- культуры, для которых необходима нейтральная реакция почвы, следует размещать на поле, где проводилось известкование;

- сильно угнетаемые сорняками культуры возделывают после культур, агротехника и биологические особенности которых способствуют очищению полей от сорных растений.

Обработка почвы под овощные культуры после уборки предшественника включает лущение на глубину 6–8 см и зяблевую вспашку. На загрязненных радионуклидами землях возрастает значение глубокой обработки почвы, которая способствует перераспределению радионуклидов по всему пахотному горизонту и удалению их за пределы слоя 0–20 см, повышению эффективности борьбы с сорняками.

Первая весенняя культивация с последующим боронованием проводится в начале полевых работ на глубину 10–12 см, вторая – перед посевом семян или высадкой рассады на глубину 8–10 см. Поверхность поля при возделывании овощных культур обязательно выравнивают.

При возделывании овощных культур необходимо исключить операции по уходу за посевами, сопровождаемые пылеобразованием, чтобы предотвратить вторичное загрязнение растений радионуклидами.

Эффективным способом снижения поступления радионуклидов в овощную продукцию является применение органических и минеральных удобрений. Дозы внесения органических удобрений определяются степенью окультуренности почвы. При всех уровнях радиоактивного загрязнения рекомендуется использование только перепревшего навоза или торфонавозного компоста. Доза внесения органических удобрений при возделывании томатов, столовой свеклы, лука-репки, зеленых овощей – 40 т/га, при выращивании капусты – 70 т/га, огурцов – до 120 т/га.

Повышенный вынос из почвы элементов питания с урожаем овощных культур должен компенсироваться внесением минеральных удобрений. На почвах с низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия дозы фосфорных удобрений составляют 45–90 кг/га д. в., калийных удобрений – 90–120 кг/га д. в. Дозы азотных удобрений зависят от планируемой урожайности культур и должны быть невысокими: для бобовых – до 30 кг/га д. в., для столовой свеклы, моркови, томатов, огурцов, капусты – 60–90 кг/га д. в.

Рекомендуемые дозы органических удобрений под овощные культуры, возделываемые на загрязненных радионуклидами землях, приведены в табл. 8.

Таблица 8. Рекомендуемые дозы органических удобрений под овощные культуры, возделываемые на загрязненных радионуклидами землях

Культуры	Доза удобрений, т/га
Капуста	70
Томаты	40
Огурцы	120
Столовая свекла	40
Лук-репка	40
Зеленные овощи	40

Положительно влияет на снижение содержания радионуклидов и нитратов в овощной продукции применение под овощные культуры

новых форм комплексных удобрений с добавками микроэлементов и биологически активных компонентов. **Одностороннее применение азотных удобрений в повышенных дозах, особенно при недостатке фосфора и калия в почве, приводит к увеличению перехода радионуклидов в овощные культуры.**

Под овощные культуры обязательно вносят микроудобрения. Для внекорневых подкормок рекомендуется применять жидкие комплексные удобрения (ЖКУ).

Наибольший положительный эффект в уменьшении поступления радионуклидов в овощные культуры наблюдается при комплексном внесении органических удобрений и полного минерального удобрения.

Подбор сортов с минимальным накоплением радионуклидов является экономически выгодным и эффективным способом обеспечения производства продукции в пределах нормативных требований. Он обеспечивает снижение накопления радионуклидов в продукции в 2–3 раза. Особенно необходим подбор сортов при возделывании редиса, свеклы столовой, многолетнего лука, фасоли, гороха и бобов.

1.3. Мероприятия по уменьшению содержания радионуклидов в продуктах животноводства

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

1. Производство кормов с допустимым содержанием радионуклидов.
2. Изменение условий содержания и рационов кормления крупного рогатого скота, использование наименее загрязненных кормов на заключительной стадии откорма.
3. Введение в рацион специальных добавок, снижающих переход радионуклидов в продукты животноводства.
4. Технологическая переработка продуктов животноводства.
5. Перепрофилирование отраслей животноводства (замена молочного скотоводства на мясное или скотоводства на свиноводство, птицеводство).

Переход радионуклидов из кормов в продукцию животноводства зависит от состава рациона, полноценности кормления животных, их возраста, физиологического состояния, продуктивности. Из более полноценных рационов кормления животных, особенно по минеральным элементам питания, в животноводческую продукцию переходит меньшее количество радионуклидов. Поэтому при организации кормления вопросам сбалансированного питания животных следует уделять особое внимание. При этом необходимо учитывать, что в **организме животных** ^{137}Cs концентрируется главным образом в мышечной ткани, а ^{90}Sr – в костной.

1.3.1. Производство кормов с допустимым содержанием радионуклидов

Кормопроизводство на загрязненных радионуклидами землях направлено на обеспечение поголовья скота собственными качественными кормами с минимальными рисками производства продукции животноводства с содержанием радионуклидов, превышающим допустимые уровни, на обеспечение высокой производительности сельскохозяйственных земель с сохранением хорошего фитосанитарного состояния, агрохимических и физических свойств почвы, на повышение рентабельности животноводческой отрасли.

Эффективная организация кормопроизводства на территориях радиоактивного загрязнения должна базироваться на следующих основных принципах:

- равномерное и бесперебойное обеспечение биологически полноценными и нормативно-чистыми по содержанию радионуклидов кормами в соответствии с физиологическими потребностями животных;
- максимальный выход питательных веществ с единицы кормовой площади;
- наиболее оптимальное сочетание полевого и лугового кормопроизводства с учетом плотности загрязнения почв радионуклидами;
- рациональное кормление разных видов и групп скота, позволяющее получать высокий уровень продуктивности с наименьшими затратами питательных веществ на единицу продукции;
- наибольшая экономическая выгода животноводства.

После определения потребности в кормах имеющегося поголовья животных (с учетом их роста) осуществляется подбор видов и сортов сельскохозяйственных культур полевого кормопроизводства с учетом агрономической и радиологической пригодности почв для их возделывания.

При организации кормопроизводства важным этапом является оптимизация структуры посевов. При планировании использования пахотных земель должны быть соблюдены требования по соотношению разных групп культур в структуре пашни для обеспечения расширенного воспроизводства почвенного плодородия. Использование луговых земель должно включать своевременное проведение комплекса агротехнических, агрохимических мероприятий по повышению их продуктивности (поверхностное улучшение, применение удобрений, боронование, подкашивание), создание улучшенных сенокосов и пастбищ с набором совместимых компонентов травосмеси, совпадающих по срокам созревания и режиму использования, обеспечивая высокое зоотехническое качество корма с минимальным накоплением радионуклидов.

1.3.2. Полевое кормопроизводство

В настоящее время базовой системой кормопроизводства является зернокормовая, которая ориентирована на производство кормов преимущественно за счет кукурузы и однолетних трав. Кукуруза, на долю которой в полевом кормопроизводстве приходится около 40 % объема заготавливаемых кормов, в отдельные годы не обеспечивает высокую урожайность зеленой массы. Варьирование урожайности по годам достигает 50 %.

В условиях рискованного земледелия не рекомендуется ограничиваться возделыванием одной или нескольких ведущих кормовых культур. Необходимо выращивать культуры различных сроков созревания. Видовой состав кормовых культур, возделываемых на пашне, должен обеспечить равномерное производство кормов для животных в течение года.

Технология возделывания полевых кормовых культур на территории радиоактивного загрязнения должна обеспечивать производство нормативно-чистой продукции по содержанию радионуклидов, стабильных максимально возможных урожаев с учетом генетического 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, тимopheевку луговую;

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

Целесообразно вышеперечисленные однолетние травы возделывать в двухкомпонентных смесях, а многолетние травы – в смешанных многокомпонентных травосмесях. Преимущество травосмесей перед одновидовыми посевами состоит в следующем:

- более высокое продуктивное долголетие;
- меньшее накопление радионуклидов по сравнению с одновидовыми посевами бобовых;
- урожайность до 40 % выше по сравнению с одновидовыми посевами за счет более полного использования питательных веществ, влаги и высокого коэффициента использования фотосинтетически активной радиации;
- более равномерное поступление зеленой массы;
- увеличение выхода кормовых единиц, переваримого протеина и кормопротеиновых единиц;
- лучшее соотношение переваримых белковых и небелковых веществ в корме, как следствие, лучшая поедаемость животными.

В однолетних смешанных посевах рекомендуется возделывание бобово-овсяных, бобово-просяных, вико-подсолнечниковых смесей, а также возможны совместные посевы сурепицы со злаковыми культурами и кукурузы с люпином и горохом.

Наблюдающиеся климатические изменения, особенно на территории Белорусского Полесья, в сторону потепления, участвовавшие периоды с засухами и засушливыми явлениями с дефицитом влаги в почве приводят к тому, что продуктивность традиционных широко распространенных культур сильно снижается. Одной из мер адаптации к климатическим изменениям является расширение посевов теплолюбивых и засухоустойчивых культур. Актуально расширение посевов пайзы, сорговых культур (сорго сахарного, сорго-суданкового гибрида, суданской травы) и кормового проса.

Сорго. Наибольший выход питательных веществ у сорго отмечается в фазе выбрасывания метелки. На зеленую подкормку сорго необходимо косить при высоте растений не ниже 50 см. Перед скармлива-

нием скоту свежескошенную зеленую массу необходимо проявлять во избежание отравления гликозидом дуррином.

Суданскую траву можно скармливать скоту в период от начала до полного колошения. Она мало страдает от вытаптывания и быстро отрастает при стравливании (скашивании).

Пайза. Максимальной кормовой ценности достигает в фазе полного выметывания.

Могар убирают не позднее начала выколашивания метелок. При более поздней уборке скошенная зеленая масса становится грубой и кормовая ценность резко снижается.

Чумизу убирают на зеленый корм за 10 дней до начала выметывания метелки.

Сорго-суданковый гибрид на зеленую массу скашивают, начиная с фазы начала выметывания метелки.

Вышеперечисленные культуры характеризуются высокой урожайностью (в среднем около 600 ц/га зеленой массы) и хорошим качеством растительной массы, универсальностью использования, засухоустойчивостью, легко приспосабливаются к различным почвам и климатическим изменениям. По содержанию питательных веществ они не уступают кукурузе, могут быть использованы для нормализации сахаро-протеинового отношения в рационах.

Данные культуры являются культурами позднего сева, использование их возможно со второй половины лета (с июля). Благодаря способности к отрастанию пайзу, могар, чумизу, сорго, суданскую траву и сорго-суданковый гибрид можно включать в схему зеленого конвейера в несколько этапов. Основной период использования – август – сентябрь. При более поздних сроках посева – до наступления заморозков. Использование сорговых культур в заключительном звене зеленого конвейера позволяет ликвидировать дефицит сахаров в рационе животных и поддерживать их высокую молочную продуктивность.

Для обеспечения высокой стабильной урожайности кормовых культур и получения высококачественных кормов с минимальным накоплением радионуклидов рекомендуется поддерживать плодородие почвы на оптимальном уровне. Для большинства кормовых культур, возделываемых на минеральных почвах, оптимальные значения агрохимических показателей следующие: рН 5,8–6,5, 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 – рН 5,0–5,3, содержание подвижных форм фосфора – 700–1000 мг/кг почвы, подвижных форм калия – 600–800 мг/кг почвы.

Сохранению почвенного плодородия способствуют посевы многолетних трав. Рекомендуется расширение посевов многолетних трав на пахотных землях. Особенно актуально создание многолетних травосмесей на торфяных и антропогенно-преобразованных торфяных почвах. На торфяных и антропогенно-преобразованных торфяных почвах рекомендуется создание бобово-злаковых травосмесей, включающих тимopheевку луговую, овсяницу луговую, кострец безостый и лядвенец рогатый, и злаковых травосмесей, в состав которых входят вышеперечисленные злаковые травы. Рекомендуемая бобово-злаковая травосмесь при оптимальных агрохимических показателях антропогенно-преобразованной торфяной почвы и системе удобрений $N_{90}P_{90}K_{180}$ обеспечивает урожайность сена на уровне 145 ц/га, или 74 к. ед.

На территории радиоактивного загрязнения подбор видового состава культур и их размещение по полям севооборотов должно осуществляться с учетом плотности загрязнения почв радионуклидами. Необходимо обеспечить соответствие уровней содержания радионуклидов в выращенных кормах нормативным показателям.

Следует учитывать, что при уровнях плодородия почвы ниже оптимальных параметры перехода ^{137}Cs в корма увеличиваются в среднем на минеральных почвах в 1,5 раза, на торфяных почвах в 2,5 раза. Коэффициенты перехода ^{90}Sr в корма на минеральных почвах с агрохимическими показателями ниже оптимальных до 2 раз выше, на торфяных почвах – до 1,5 раз. Так, переход ^{137}Cs в зеленую массу озимого рапса, возделываемого на дерново-подзолистой супесчаной почве, при оптимальном уровне содержания обменного калия в 1,3 раза меньше, чем на низкообеспеченной калием почве. Коэффициент перехода ^{90}Sr в зеленую массу озимого рапса, возделываемого на дерново-подзолистой супесчаной почве, при оптимальной кислотности до 1,8 раза меньше, чем на сильно кислой почве. При возделывании рапса на деградированной торфяной почве различия составляют 1,2 и 1,4 раза соответственно.

В качестве минеральных удобрений рекомендуется использование комплексных (NPK) минеральных удобрений, а также применение микроудобрений и биопрепаратов. Эффективно применение микроэлементов в хелатной форме. Внекорневая обработка посевов гороха МикроСтимом обеспечила снижение содержания ^{90}Sr в зерне в 1,5 раза.

Комплексное применение макро- и микроудобрений обеспечивает не только снижение накопления радионуклидов в продукции, но и повышение урожайности кормовых культур и качества кормов.

1.3.3. Луговое кормопроизводство

Луговое кормопроизводство предусматривает создание и эксплуатацию высокопродуктивных луговых травостоев для производства качественных грубых и сочных кормов, отвечающих нормативным требованиям по содержанию радионуклидов. Задача лугового кормопроизводства на загрязненных радионуклидами землях – обеспечить продуктивность 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.

При улучшении луговых земель особое внимание необходимо уделять выбору земельных участков по плотности радиоактивного загрязнения, подбору травосмесей в зависимости от типа использования (сенокосный или пастбищный), обработке почвы, системе применения удобрений, уходу за вновь созданными сенокосами и пастбищами.

Выбор земельных участков. Для создания улучшенных сенокосов и пастбищ рекомендуется использовать сельскохозяйственные земли, имеющие невысокую плотность загрязнения радионуклидами, особенно ^{90}Sr , представленные дерново-подзолистыми почвами со сравнительно устойчивым режимом увлажнения (автоморфные или временно избыточно увлажненные почвы).

При создании улучшенных луговых земель для сенокосного и пастбищного использования на дерново-подзолистых суглинистых почвах ограничения по плотности загрязнения почв ^{137}Cs отсутствуют. На супесчаных и песчаных почвах получение сена, соответствующего нормативу по содержанию ^{137}Cs , возможно при плотности загрязнения до 30 Ки/км². Производство нормативно-чистой зеленой массы бобово-злаковых травосмесей на супесчаных почвах возможно при плотности загрязнения ^{137}Cs до 35 Ки/км², на песчаных почвах – до 30 Ки/км². Ограничения по плотности загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr торфяно-болотных почв в зависимости от мощности торфяного слоя представлены в прил. 6 и 7.

При создании и использовании сенокосов и пастбищ с бобово-злаковыми травосмесями на антропогенно-преобразованных торфяных почвах нет ограничений по плотности загрязнения ^{137}Cs .

Подбор травосмесей. Перезалужение луговых земель следует проводить травосмесями, поскольку они имеют преимущество перед чистыми посевами злаковых трав, превосходят их по продуктивности и более устойчивы к неблагоприятным условиям среды. Правильный подбор видов многолетних злаковых и бобовых трав при составлении

травосмесей является важнейшей основой формирования продуктивного травостоя и предпосылкой его долголетия.

Условия питания луговых растений, различия в характере распределения и мощности корневых систем и другие биологические особенности определяют межвидовые различия в аккумуляции ^{137}Cs и ^{90}Sr при корневом пути их поступления, которые могут достигать 10–30 раз и более. Поэтому при подборе трав для травосмесей необходимо соблюдать следующие правила:

- учитывать плотность загрязнения почвы радионуклидами;
- включать виды, хорошо приспособленные к данным почвенно-климатическим условиям и обеспечивающие получение высоких урожаев;
- учитывать предполагаемую длительность и тип использования.

На малоплодородных дерново-подзолистых почвах и при невысоком уровне минерального питания более продуктивны краткосрочные пастбища.

На плодородных, богатых гумусом и азотом, осушенных дерново-глебоватых и торфяных почвах и при интенсивном использовании удобрений преимущества имеют культурные пастбища с длительным сроком использования.

На краткосрочных пастбищах (продолжительность использования – 4–5 лет) с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения дерново-подзолистых почв (^{137}Cs – до 15 Ки/км², ^{90}Sr – до 0,5 Ки/км²) преобладающим типом травостоя является бобово-злаковый, который формируется на основе клевера ползучего и лугового, овсяницы луговой и тимopheевки. Клевер луговой повышает продуктивность пастбища в первые два года, ползучий – в последующие годы. При сохранении в травостое ценных злаков после выпадения бобовых трав его можно использовать далее по типу злакового. В состав травосмесей целесообразно включить наиболее устойчивые верховые злаки – овсяницу луговую и тимopheевку луговую. В прил. 8–10 приведены рекомендуемые травосмеси при перезалужении сенокосов и пастбищ на суходольных и низинных луговых землях на минеральных и торфяно-болотных почвах.

При невысоком уровне азотного питания на пастбище формируются бобово-злаковые травостои с преобладанием низовых злаков и бобовых трав. Можно включать в пастбищные травосмеси клевер луговой одноукосный, отличающийся большим долголетием, но лучше использовать сорта раннеспелого типа с хорошей отавностью.

Травостои с высоким удельным весом клевера лугового и ползучего (30–40 % и более) позволяют за счет использования биологического

азота получать при подкормке пастбища только фосфорно-калийными удобрениями примерно 4 тыс. к. ед. с 1 га. Размеры симбиотической фиксации атмосферного азота бобовыми травами на пастбище соответствуют 100–150 кг/га азота минеральных удобрений, внесенных на злаковом травостое. Оптимальное участие клевера ползучего в таких травостоях составляет 25–35 %. В этом случае азота, накапливаемого клевером ползучим, достаточно для обеспечения продуктивности пастбища на уровне 3,5–4 тыс. к. ед. с 1 га.

На пастбищах при плотности загрязнения почв ^{137}Cs свыше 15 Ки/км² и ^{90}Sr свыше 0,6 Ки/км² при перезалужении следует создавать высокопродуктивные злаковые травостои, предусматривая применение умеренных доз азотных удобрений. В травосмеси рекомендуется включать мятлик луговой на достаточно влагообеспеченных высокогумусированных низинных лугах на дерновых почвах с низкой степенью кислотности. Из верховых злаков в этих травостоях предпочтительны овсяница луговая и тимopheевка луговая.

Создавая культурные пастбища с верховозлаковыми травостоями, в состав травосмесей можно включать небольшое число компонентов (2–3), а иногда даже ограничиться чистым посевом одного, поскольку при высоком уровне удобрения преобладающим обычно становится один наиболее конкурентоспособный вид. На минеральных почвах главным компонентом верховозлаковых пастбищных травостоев чаще всего становится ежа сборная. Продуктивность пастбищ с ее доминированием при благоприятном водном режиме и достаточном уровне азотного питания может достигать 8–10 тыс. к. ед. с 1 га.

Основными видами бобовых трав при создании сеяных травостоев для интенсивного укосного использования на суходольных и низинных лугах с невысокой плотностью радиоактивного загрязнения (^{137}Cs – до 15 Ки/км², ^{90}Sr – до 0,50 Ки/км²) в условиях Беларуси являются: клевер луговой, клевер гибридный, люцерна гибридная, лядвенец рогатый. Клевер луговой наиболее подходит для включения в состав травосмесей на хорошо известкованных дерново-подзолистых почвах суходольных лугов и хорошо осушенных низинных лугах с дерново-глебоватыми почвами, а клевер гибридный подходит для сенокосов на более увлажненных дерново-глебовых почвах.

Оптимальное содержание бобовых трав в составе бобово-злаковых травосмесей составляет 30–40 %, злаковых – 60–70 %. При таком соотношении злаковых и бобовых трав травостои отличаются наибольшей стабильностью урожаев по годам использования и наименьшей их засоренностью в годы изреживания бобовых компонентов.

Люцерну гибридную рекомендуется возделывать в чистом виде или в составе бобово-злаковых травосмесей. Оптимальное соотношение норм высева семян люцерны гибридной и злакового компонента при посеве следующее: у раннеспелой травосмеси – люцерна 10 кг/га + ежа сборная 3 кг/га; среднеспелой – люцерна 8 кг/га + костреч безостый 11 кг/га; позднеспелой – люцерна 10 кг/га + тимopheевка луговая 5 кг/га.

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

При интенсивном уровне удобрения и регулировании водного режима исключается необходимость большого разнообразия травостоев, что упрощает их состав и сокращает количество включаемых в травосмеси видов трав. Если в дальнейшем (на третий-четвертый год эксплуатации) планируется сенокос использовать как пастбище, то в состав травосмеси следует включать 40–45 % низовых злаков (овсяница луговая или красная) и 55–60 % корневищных злаков (костреч безостый, мятлик луговой, лисохвост луговой).

Осушенные земли. На осушенных землях поступление радионуклидов в растительную продукцию зависит от положения уровня грунтовых вод (УГВ). Для большинства торфяных, торфяно- и торфянисто-глеевых почв минимальное поглощение растениями радионуклидов достигается при уровне грунтовых вод на глубине до 90 см от поверхности почвы. 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 – в 1,5–2,0 раза.

На землях с плотностью загрязнения почв ^{137}Cs более 5 Ки/км² в случае, когда при переустройстве осушительно-увлажнительных систем не обеспечивается регулирование УГВ, проводится замена затворов ковшового и коробчатого типов на более совершенные. Существующая регулирующая сеть углубляется, если не обеспечивается требуемая норма осушения.

Перед очисткой каналов определяется содержание радионуклидов в донных отложениях и на прилегающей местности. При содержании радионуклидов в илистых отложениях, незначительно превышающем содержание их в почве на прилегающей местности, очистка сети и выравнивание вынутаго грунта осуществляются по обычной технологии.

При плотности загрязнения почвы ^{137}Cs более 5 Ки/км^2 и превышении уровня загрязнения донных отложений над загрязнением почвы окружающей местности более чем на порядок требуется захоронение вынужденного грунта на глубину $0,7\text{--}0,8 \text{ м}$ вблизи бровок канала.

На осушенных пойменных землях для снижения перехода радионуклидов в травы целесообразно устройство летних самотечных полей при соответствующем культуртехническом их обустройстве, засыпке вымоин и понижений.

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. Выбор способа обработки почвы зависит от культуртехнического состояния участка, гранулометрического состава и увлажнения почвы, состояния дернины (мощности и связности), внесения удобрений.

Технология обработки почвы суходольных лугов со слабой и средней дерниной без древесно-кустарниковой растительности состоит из подъема пласта, его разделки, планировки и предпосевного прикатывания. Подъем пласта осуществляют плугами на глубину гумусового горизонта без захвата подзолистого горизонта или с его припахиванием не более $1\text{--}2 \text{ см}$ (если вносятся органические удобрения). Припахивание предназначено для углубления пахотного слоя и эффективно в случаях, когда гумусовый горизонт имеет малую мощность ($16\text{--}18 \text{ см}$). Разделка пласта осуществляется дисковыми боронами в $1\text{--}2$ следа в сцепке с тяжелыми зубowymi боронами. Когда дискование проводится в два следа, то второе выполняется по диагонали по отношению к первому, т. е. под углом 45° . После разделки пласта проводится планировка поверхности ВП-3,6; ПВМ-5,0; ПВМ-3,0.

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 $2\text{--}3$ следа дисковыми боронами. Затем проводится планировка поверхности и прикатывание.

При повторном залужении (перезалужении) суходольных и низинных лугов, если не планируется внесение органических и известковых удобрений и луговые земли находятся в хорошем состоянии (нет кочек и поверхность выровнена), рекомендуется применять поверхностное

фрезерование комбинированным агрегатом для залужения АПР-2,6 или обновлять травостой путем подсева в дернину травосмесей злаковых и бобовых трав комбинированной сеялкой МД-3,6.

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 (сенокосение и сжатие). По потребности в макроэлементах луговые травы близки к таким культурам, как овощные и силосные, поскольку с 10 ц основной продукции (сено) в зависимости от типа луга отчуждается 15–20 кг N, 5–6 кг P₂O₅, 20–25 кг и более K₂O.

В комплексе мероприятий по повышению урожайности и качественных показателей травостоя сенокосов и пастбищ решающая роль принадлежит минеральным, органическим и известковым удобрениям. Результаты многолетних исследований показали, что наиболее высокую отдачу можно получить при совместном их применении.

При оптимальных значениях реакции почвенной среды отмечается минимальное поступление радионуклидов в луговые растения. Для луговых земель, загрязненных ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr, оптимальная величина рН находится в пределах: на дерново-подзолистых почвах – 5,2–6,2, на торфяных почвах – 4,6–5,5 для злаковых трав и 5,0–6,2 для бобовых трав.

Известкование обеспечивает снижение поступления в луговые травы до 2 раз ¹³⁷Cs и до 3 раз ⁹⁰Sr, а также увеличивает их урожайность (прибавка урожая сена – до 10 ц/га) и способствует повышению почвенного плодородия (за счет увеличения в почвенном растворе и почвенно-поглощающем комплексе ионов Ca²⁺ и Mg²⁺), улучшает ботанический состав травостоя, увеличивает в нем содержание кальция и фосфора.

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 при условии соблюдения обязательного радиационного контроля.

Наряду с органическими удобрениями необходимо применять минеральные. На луговых землях в год внесения из минеральных удобрений усваивается до 65 % азота, до 20 % фосфора и до 60 % калия. Использование питательных элементов из удобрений обусловлено дозами

удобрений и соотношением между элементами питания, почвенными условиями, хозяйственным использованием и составом травостоя.

Наиболее эффективным на сенокосах и пастбищах является полное минеральное удобрение – азот, фосфор и калий. При этом на пастбищных травостоях окупаемость удобрений прибавкой урожая выше, чем на сенокосах.

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 д. в. после каждого стравливания травостоя во избежание избыточного накопления нитратов и радионуклидов в корме.

Азотные удобрения вносят дробно, под каждый укос. Первый раз, чтобы избежать вымывания, их вносят весной в начале отрастания травостоя. Как правило, под третий укос дозы азота на 20–30 % ниже, чем под первый и второй. 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. В первый год жизни начиная со второго укоса вносят 60–90 кг/га азота, а в последующие годы, в зависимости от числа укосов, – до 150 кг/га. На эффективность удобрений влияет возраст травостоя. На травах третьего и четвертого года пользования 1 кг азотных удобрений дает прибавку в 20–25 кг, а 7–8-летнего использования – 28–29 кг (в пересчете на абсолютно сухое вещество).

На торфяных почвах в год залужения отзывчивость луговых трав на азотное питание зависит от степени разложения торфа, ботанического состава образовавших его растений, водно-воздушного режима и агротехнических мероприятий. На торфяниках тростникового, осоково-тростникового и осокового происхождения азотные удобрения в период освоения (2 года) и в год залужения, как правило, не вносят. При определении потребности в азотных удобрениях учитывается, что за счет азота торфяной почвы при внесении фосфорных (60 кг/га) и калийных (180 кг/га) удобрений можно получить 50–70 ц/га сена.

Эффективным способом снижения поступления радионуклидов и нитратов в травяные корма являются медленнодействующие удобрения. Их применение в дозах 60–90 кг/га позволяет снизить на 10–30 % накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениях и получить урожай на 30–50 % больше, чем при использовании стандартных удобрений. При внесении медленнодействующих азотных удобрений с биологически активными добавками (а также без них) наблюдается тенденция повышения

в сене многолетних трав содержания общего азота и кальция. Уменьшается также соотношение между калием и кальцием, что положительно влияет на качество многолетних трав. Улучшаются кормовые качества сена многолетних трав за счет увеличения выхода переваримого протеина на 1,1–1,2 ц/га, или 25,6–27,9 %, при применении новых форм азотных удобрений на основе карбамида и на 0,9–1,7 ц/га, или 20,0–37,8 %, при применении новой формы сульфата аммония по сравнению с применением их стандартных форм.

На посевах многолетних злаковых трав эффективно применение препаратов на основе ассоциативных штаммов азотфиксирующих бактерий, что позволяет сэкономить 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. Установлено снижение поступления радионуклидов из почвы в растительную продукцию при внесении фосфорных удобрений, особенно на луговых почвах с низким содержанием фосфатов. Фосфорные удобрения не только способствуют повышению урожая трав, но и закреплению ^{90}Sr за счет осаждения его фосфатами. Основные и дополнительные дозы фосфорных удобрений дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного фосфора в почве и трем уровням плотности загрязнения радионуклидами, указанным в п. 1.2.9.

Учитывая дефицит фосфорных удобрений и их высокую стоимость, рекомендуется на загрязненных радионуклидами сенокосах и пастбищах обеспечить внесение минимума фосфорных удобрений, необходимого для сбалансированного питания трав с учетом содержания подвижных фосфатов в почве.

Основной агрохимический прием, ограничивающий поступление ^{137}Cs 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 радионуклидами, указанным в п. 1.2.9.

Интенсивное использование травостоев, особенно на торфяных почвах, обуславливает высокий уровень потребления калия (до 300 кг/га д. в.). На злаковых и злаково-бобовых травах первого – третьего года использования и при залужении сенокосов и пастбищ калийные удобрения вносятся на основе балансовых расчетов, позднее – с учетом выноса урожаем и обеспеченности почвы подвижным калием. Дозу калийных удобрений вносят в 2–3 приема, так как этот элемент из удобрений лучше используется, чем из почвы, и меньше накапливается в растениях. Как правило, первое внесение на сенокосах и пастбищах производят весной, второе и третье – после проведения укосов или стравливания скотом.

Рекомендуемые дозы известковых и минеральных удобрений, которые нужно вносить при перезалужении сенокосов и пастбищ, расположенных на дерново-подзолистых и торфяных почвах, приведены в Рекомендациях по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы.

В системе агрохимических приемов по возделыванию кормовых культур в условиях радиоактивного загрязнения особую значимость приобретают микроэлементы. При научно обоснованном внесении микроудобрений с учетом содержания их подвижных форм в торфяных почвах улучшается качество кормов злаковых и бобовых трав, продлеваются сроки их хранения.

1.3.4. Прогноз содержания радионуклидов в животноводческой продукции

На территории радиоактивного загрязнения осуществляется прогноз содержания радионуклидов в получаемой животноводческой продукции. Прогноз строится на учете 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 содержания в ней радионуклидов.

Прогноз содержания радионуклидов в продуктах животноводства производится по формуле

$$A_{\text{прод}} = \frac{A_{\text{рац}} \cdot K_{\text{п}}}{100},$$

где $A_{\text{прод}}$ – активность продукта;

$A_{\text{рац}}$ – активность суточного рациона;

$K_{\text{п}}$ – коэффициент перехода радионуклида из рациона в 1 л (1 кг) продукта, % суточного поступления.

Для гарантированного получения чистых молока и мяса устанавливаются пределы допустимого содержания (ПДС) ^{137}Cs и ^{90}Sr в суточном рационе животных и предельно допустимые уровни (ПДУ) радиоактивного загрязнения различных кормов.

ПДС радионуклидов в рационе определяется из соотношения

$$\text{ПДС} = \frac{\text{РДУ} \cdot 100}{K_{\text{п}}},$$

где РДУ – республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде.

В табл. 9 приведены средние значения коэффициентов перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr (%) на 1 кг (л) продукта) из суточного рациона в молочную и мясную продукцию животноводства и их предельное содержание в рационах (Бк/сут).

Таблица 9. Средние значения коэффициентов перехода радионуклидов из суточного рациона в молочную и мясную продукцию животноводства и предельное содержание радионуклидов в рационах (Бк/сут)

Вид продукции	Радионуклид			
	^{137}Cs		^{90}Sr	
	$K_{\text{п}}$	Бк/сут	$K_{\text{п}}$	Бк/сут
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	–

Получение продукции животноводства, соответствующей требованиям РДУ-99, тесно связано с качеством кормов. Так, при несбалансированных рационах может наблюдаться повышенный переход ^{137}Cs (до 1,1 %) и ^{90}Sr (до 0,8 %) из рациона в молоко коров.

Поэтому полноценное и сбалансированное питание сельскохозяйственных животных является не только необходимым условием повышения продуктивности, но и эффективным защитным мероприятием, обеспечивающим снижение содержания радионуклидов в продукции животноводства.

Уход за животными, ветеринарное обслуживание, кормление и со-

держание всех половозрастных групп скота и птицы, воспроизводство (размножение) проводятся по традиционным технологиям. Для сенокосения и выпаса скота необходимо выделение пастбищ, на которых проведено коренное улучшение. Выпас животных на пастбищах следует начинать при отрастании травы не менее чем на 10 см и проводить его предпочтительно на улучшенных луговых землях (многолетние и однолетние травы, посевы озимых). Поение животных допускается из любых источников (рек, искусственных водоемов, колодцев). Не рекомендуется заготовка сена и выпас скота на территории лесов.

В стойловый период кормить молочно-продуктивных коров необходимо кормами только с пахотных земель (сено из сеяных трав). Включение в рацион сена с естественных луговых земель надо сокращать до минимума.

В случаях когда выполнить это требование затруднительно, а также при отсутствии достаточных количеств окультуренных пастбищ для крупного рогатого скота, содержание ^{137}Cs в организме животных и молоке можно снизить путем применения цезийсвязывающих препаратов (ферроцианидов) в дозах, указанных в табл. 10.

Таблица 10. Применение в рационах препаратов и кормовых средств для снижения перехода радионуклидов в продукцию животноводства

Вид продукции	^{137}Cs		^{90}Sr			
	Ферроцианид (сорбент)		Сапропель		Трепел	
	Доза препа- рата, г/сут	К _п , % на 1 кг (л)	Доза препа- рата, г/сут	К _п , % на 1 кг (л)	Доза препа- рата, г/сут	К _п , % 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

Ферроцианидсодержащие препараты применяются в виде добавки в комбикорм, муку или мучную зерновую смесь. Комбикорма с ферроцианидсодержащим препаратом готовятся на комбикормовых заводах в соответствии с технологическими условиями.

Суточная норма скармливания корове комбикорма или мучной зерновой смеси с ферроцианидом составляет 0,5 кг. Рекомендуется применять его как в условиях пастбищного, так и стойлового содержания при недостатке кормов, отвечающих нормативным требованиям по содержанию ^{137}Cs .

Для снижения накопления в продукции ^{90}Sr рекомендуется добавлять в рацион животных сапропель и трепел. Дозировка сапропеля и трепела зависит от вида животного. Включение указанных препаратов и кормовых средств позволяет уменьшить накопление радионуклидов в животноводческой продукции. Так, если при кормлении обычным рационом в молоко переходит около 1 % ^{137}Cs , то из рациона с ферроцианидом – 0,3 %.

В первые недели после радиоактивного выброса введение йодистого калия в рацион способствовало уменьшению содержания радиоактивного йода-131 в молоке на 50 %.

1.3.5. Производство молока

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

В пастбищный период концентрация ^{137}Cs в зеленой массе трав не должна превышать 185 Бк/кг, ^{90}Sr – 37 Бк/кг. Основным условием гарантированного получения молока в пределах требований РДУ-99 является использование кормов, получаемых на пахотных и улучшенных луговых землях, а также выпас дойного стада на культурных пастбищах.

В стойловый период суточный рацион для дойных коров составляется в соответствии с существующими нормативами потребности животных в питательных веществах и скармливания отдельных видов кормов. Примерный состав рациона для лактирующих коров с удоем 16–18 кг и предельно допустимые уровни радионуклидов в кормах приведены в табл. 11.

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

Для снижения содержания ^{90}Sr в молоке следует контролировать рационы по содержанию минеральных веществ, в особенности кальция, при необходимости вводить в рацион недостающие минеральные вещества. Для этого можно использовать местные источники минерального сырья (сапропель, трепел, фосфогипс и др.).

Таблица 11. Примерный рацион для лактирующих коров живой массой 500 кг с суточным удоем 16–18 кг и предельно допустимое содержание радионуклидов в стойловый период

Вид корма	Масса, кг	Содержание ^{137}Cs , Бк/кг	Всего ^{137}Cs , Бк/сут	Содержание ^{90}Sr , Бк/кг	Всего ^{90}Sr , Бк/сут
Силос кукурузный	18	35	630	45	810
Сенаж из злаковых трав	15	350	5250	75	1125
Сено	3	1300	3900	180	540
Комбикорм	5	20	100	13	65
Итого...	—	—	9880	—	2540

Известно, что более 90 % радионуклидов поступает в организм животных с кормами, поэтому качеству кормов уделяется особое внимание.

Зеленые корма. Основой летнего рациона сельскохозяйственных животных являются зеленые корма, которые используются в системах зеленого конвейера. На дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при обеспеченности обменным калием 140–300 мг/кг использование зеленой массы большинства видов трав для получения цельного молока уровнем загрязнения почвы ^{137}Cs не лимитируется. Предельная плотность загрязнения почвы ^{137}Cs для люпина – 22 Ки/км², для многолетних злаковых трав на пойменных землях – 13 Ки/км², для трав естественных лугов – 11 Ки/км².

Использование зеленой массы существенно ограничивается плотностью загрязнения почвы ^{90}Sr . На дерново-подзолистых почвах при оптимальных агрохимических показателях для получения цельного молока предельная плотность загрязнения ^{90}Sr при возделывании зеленой массы лядвенца рогатого, кукурузы, многолетних злаковых трав, бобово-злаковых смесей составляет 0,5–0,8 Ки/км². Для трав естественных сенокосов, галеги восточной, пайзы, сорго, сорго-суданкового гибрида, суданской травы, чумизы, могара, многолетних злаково-бобовых смесей плотность загрязнения не должна превышать 0,3–0,4 Ки/км². Возделывание зеленой массы гороха, клевера, люпина, люцерны ограничивается плотностью загрязнения 0,2–0,3 Ки/км².

Силос. Возделывание полевых культур на дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почвах при оптимальных агрохимических показателях на силос практически не ограничено плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs , за исключением многолетних трав на пойменных землях и естественных сенокосах. Культивирование растений на силос существенно ограничивается плотностью загрязнения ^{90}Sr : для клевера, многолетних трав эта величина составляет 0,3–0,4 Ки/км², для бобово-злаковых смесей, кукурузы – 0,5–0,7 Ки/км².

Сено. При заготовке сена используют травы, выращиваемые при плотности загрязнения ^{137}Cs до 5 Ки/км² для многолетних трав естественных лугов и пойменных земель и до 13–19 Ки/км² для многолетних злаковых трав, многолетних злаково-бобовых смесей и клевера. Получение нормативно-чистой продукции возможно при загрязнении почв ^{90}Sr до 0,4–0,6 Ки/км² при возделывании клевера, галеги восточной, многолетних злаково-бобовых смесей. Многолетние злаковые травы и люцерну для заготовки сена можно возделывать при плотности загрязнения ^{90}Sr до 0,9–1,3 Ки/км².

Зерно. Предельное содержание в зерне ^{137}Cs – до 180 Бк/кг, ^{90}Sr – до 100 Бк/кг. Возделывание зерновых культур на фураж не ограничивается плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs . Для использования на корм пригодно зерно, получаемое при плотности загрязнения ^{90}Sr до 2–3 Ки/км².

Солома. Предельное содержание в соломе ^{137}Cs – до 330 Бк/кг, ^{90}Sr – до 185 Бк/кг. Использование соломы зерновых культур не лимитируется плотностью загрязнения почв ^{137}Cs , но ограничивается плотностью загрязнения ^{90}Sr – не выше 1,0–1,3 Ки/км².

Корнеплоды. Предельное содержание в корнеплодах ^{137}Cs – до 160 Бк/кг, ^{90}Sr – до 37 Бк/кг. Плотность загрязнения ^{137}Cs дерново-подзолистых суглинистых и супесчаных почв при обеспеченности подвижным калием 140–300 мг/кг для производства зеленой массы большинства видов для получения цельного молока не лимитируется.

При загрязнении отдельных видов кормов, превышающем предельно допустимые уровни, нормирование радионуклидов в рационе производится за счет увеличения доли более чистых, прежде всего концентрированных кормов.

Для снижения содержания ^{90}Sr в молоке следует рассчитывать рационы не только по содержанию радионуклидов, но и по содержанию минеральных веществ и при необходимости вводить недостающие.

Предельно допустимые плотности загрязнения почв для получения молока с удельной активностью 100 Бк/л по ^{137}Cs и 3,7 Бк/л по ^{90}Sr приведены в прил. 11–14.

Молоко-сырье для переработки на масло. Для получения молока-сырья при существующих нормативах по содержанию ^{137}Cs в зеленой массе, силосе, сенаже, зерне, соломе, сене (от 600 до 1850 Бк/кг) можно возделывать любые культуры на всех землях, находящихся в обороте.

Возделывание культур для получения молока-сырья ограничивается плотностью загрязнения ^{90}Sr . Практически нет ограничений по стронцию при возделывании зерновых культур и использовании зерна

и соломы. Многолетние и однолетние бобовые культуры на зеленый корм, люцерну, люпин, клевер, горох необходимо размещать при плотности загрязнения ^{90}Sr не более 1,2–1,3 Ки/км². Многолетние злаковые травы на пойменных землях, вику, галегу восточную, многолетние бобово-злаковые смеси, сорго, пайзу на зеленый корм возможно возделывать при плотности загрязнения ^{90}Sr до 1,5–2,0 Ки/км². Вико-овсяную смесь, рапс яровой, горохо-овсяную смесь, многолетние злаковые травы, кукурузу, лядвенец рогатый на зеленый корм можно возделывать без ограничений на всех землях, находящихся в обороте.

Изменение специализации молочного скотоводства на мясное целесообразно в организациях, расположенных на низкоплодородных заболоченных землях с плотностью загрязнения ^{137}Cs 15–40 Ки/км².

1.3.6. Производство мяса (говядины, свинины, баранины, конины)

Допустимое содержание ^{137}Cs в говядине не должно превышать, согласно РДУ-99, 500 Бк/кг, по допустимым нормативам Таможенного союза – 200 Бк/кг. Для производства такой говядины общее содержание ^{137}Cs в суточном рационе не должно превышать 10 и 4,0 кБк соответственно. При нормативе Таможенного союза 200 Бк/кг предельно допустимое содержание ^{137}Cs в рационах должно быть дифференцировано в зависимости от возраста забиваемых на мясо животных. Так, предельно допустимое содержание ^{137}Cs в рационе 36-месячного животного не должно превышать 4,0 кБк/сут, в возрасте 18 мес – 6,0 кБк/сут, а при забое в 6-месячном возрасте – только 2,0 кБк/сут.

При невозможности обеспечить содержание ^{137}Cs в суточном рационе на уровне 4,0 кБк выращивание и откорм животных проводится в 2 этапа. На первом этапе кормление животных осуществляется на основе принятой в хозяйстве технологии без ограничений. В последние 2 мес откорма используются рационы, в которых содержание ^{137}Cs составляет менее 4,0 кБк/сут. При откорме рекомендуется использовать кукурузный силос, сенаж из однолетних трав, корнеплоды, барду, концентраты.

В случае высокого содержания в рационе ^{137}Cs на заключительной стадии откорма рекомендуется применение ферроцианидных препаратов.

Для получения телятины и молодой говядины в соответствии с нормативными требованиями (<500 Бк/кг) рекомендуется проводить выпас животных при предельно допустимом содержании ^{137}Cs в траве в зависимости от возраста молодняка при убое (табл. 12).

Таблица 12. **Предельно допустимое содержание ^{137}Cs в пастбищном корме для получения говядины, соответствующей нормативу РДУ-99**

Возраст КРС, мес	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

Контроль рациона по содержанию ^{90}Sr 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) содержание ^{137}Cs в суточном рационе животных не должно превышать 720 Бк (табл. 13).

Таблица 13. **Примерные суточные рационы для откорма свиней**

Корм	Зимний период			Летний период		
	Масса, кг	Содержание ^{137}Cs , Бк/кг	Всего ^{137}Cs , Бк	Масса, кг	Содержание ^{137}Cs , Бк/кг	Всего ^{137}Cs , Бк
Концентраты (зерно)	3	90	270	3	90	270
Картофель	8	50	400	–	–	–
Зеленая масса	–	–	–	10	25	250
Итого ^{137}Cs , Бк	–	–	670	–	–	520

Производство свинины в промышленном свиноводстве на территории радиоактивного загрязнения осуществляется с использованием комбикормов заводского изготовления, поэтому превышения концентрации радионуклидов в свинине выше требований РДУ не отмечается.

Для получения баранины в пределах допустимого уровня (500 Бк/кг) содержание ^{137}Cs 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. Для получения баранины в пределах требований нормативов Таможенного союза (200 Бк/кг) содержание ^{137}Cs в суточном рационе овец не должно превышать 1,3 кБк.

Производство шерсти возможно без ограничений во всех сельскохозяйственных организациях на территории радиоактивного загрязнения.

Развитие продуктивного мясного направления отрасли коневодства в хозяйствах, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, является перспективным, так как позволяет без существенных дополнительных затрат получать высококачественную конину, выращивать сверхремонтный молодняк лошадей, пользующийся спросом на мировом рынке.

Лошади отличаются тем, что хорошо усваивают пастбищный корм даже без подкормки, упитанность их при хорошем травостое быстро повышается. Очень эффективен нагул животных, который позволяет получать конину высоких кондиций на дешевом пастбищном корме при приросте живой массы 0,9–1,2 кг/сут. Производство конины дешевле производства говядины в 1,6 раза, свинины – в 2,5 раза. С одной лошади за год можно получить 210–230 кг мяса, низкая себестоимость которого обусловлена незначительными затратами на оплату труда и расходом кормов на 1 кг прироста (7,5–10 к. ед.).

При содержании лошадей в капитальных строениях энергозатраты почти в 2 раза ниже, чем в молочном скотоводстве. Затраты труда на производство 1 ц конины – менее 10 чел.-дн. По мясной продуктивности лошади не уступают животным других видов. Убойный выход достигает 50–58 %, выход мякоти – 75 %.

Для развития коневодства и эффективного использования лошадей необходимо решить такие вопросы, как укрепление в хозяйствах кормовой и материально-технической базы, реконструкция существующих производственных построек, снабжение конным инвентарем. Перспективы развития коневодства на загрязненных территориях заключаются в создании новых специализированных конеферм. На этих коневодческих фермах производство конины может осуществляться по интенсивным малозатратным технологиям, что является существенным фактором снижения ее себестоимости. При этом рост производства товарной конины может осуществляться как за счет повышения продуктивности, так и путем увеличения численности конепоголовья.

При выращивании лошадей на территории радиоактивного загрязнения важную роль играют параметры перехода радионуклидов из корма в организм животных, характеризующие уровень загрязнения конечной продукции. Данные параметры могут варьироваться в зависимости от плотности загрязнения земель, структуры рационов и технологий содержания животных. Накопление радионуклидов различными тканями и органами тела животных происходит по-разному. Так, коэффициент перехода ¹³⁷Cs из корма в мясо лошадей в среднем составляет 7 %. Наименьшим накоплением радионуклида отличаются

легкие, печень и селезенка. Предельное содержание ^{137}Cs в рационе лошадей для получения конины с концентрацией радионуклида не более 370 Бк/кг должно быть в количестве 5280 Бк/рацион.

Значения коэффициента перехода ^{137}Cs из сеного рациона в мясо лошадей более низкие и составляют около 5 %. Период полувыведения ^{137}Cs (время, в течение которого концентрация радионуклида в организме снижается в 2 раза) из организма взрослых лошадей составляет 35 дней, а молодняка – 24 дня.

На территории радиоактивного загрязнения технология производства товарной конины, отвечающей нормативным требованиям, должна состоять из двух этапов: на первом этапе используются корма с естественных луговых и пойменных угодий с высокой плотностью загрязнения, а на втором (заключительном) – корма, позволяющие снизить удельную активность мышечной массы до принятых нормативных значений. Перед выгоном конепоголовья на пастбище формируются гурты в соответствии с половозрастными группами лошадей: конематки с подсосными жеребятами, молодняк старше года, взрослые рабочие лошади.

При контроле в рационе лошадей содержания радионуклидов учитывается наличие их в кормах, входящих в состав рациона, и коэффициенты перехода из рациона в продукцию. Величина коэффициента перехода может варьироваться в зависимости от возраста лошадей и типа кормления.

Дифференцированный подход к нормативам содержания ^{137}Cs в рационах различных половозрастных групп лошадей, выращиваемых в хозяйствах, осуществляется двумя различающимися по целям путями:

- 1) нормирование кормов и рационов, позволяющее на любом этапе технологического цикла получать продукцию, соответствующую РДУ-99;

- 2) использование ферроцинсодержащих препаратов на заключительной стадии откорма.

При этом общим для обоих путей требованием является получение продукции (конины), соответствующей нормативным значениям по содержанию ^{137}Cs . Использование первого пути, имеющего целью получение нормативной продукции на любом технологическом этапе продуктивного мясного коневодства (выращивание, нагул молодняка, заключительный откорм взрослых лошадей), предъявляет более высокие требования к содержанию радионуклидов в кормах.

Пчеловодство можно вести без ограничений на всей территории радиоактивного загрязнения, где разрешена трудовая деятельность.

1.3.7. Технологическая и кулинарная обработка продукции животноводства

Технологическая и кулинарная обработка продукции животноводства позволяет в значительной степени сократить поступление радионуклидов в организм человека.

Установлено, что ^{137}Cs равномерно распределяется в мягких тканях, одинаково загрязняя мышцы, печень и почки. Уровень загрязнения костей им намного ниже, чем мягких тканей. Наименьшая концентрация ^{137}Cs наблюдается в сале и жире. Концентрация ^{137}Cs в мясе молодняка обычно выше, чем у взрослых животных. Как правило, концентрация радионуклидов меньше в свинине, чем в говядине или мясе птицы и диких животных.

Уровень радиоактивного загрязнения мяса может быть значительно снижен путем засолки его в рассоле. Наибольший эффект достигается при предварительной нарезке мяса на куски и последующем посоле при многократной смене рассола. При этом ^{137}Cs переходит в рассол, а эффективность извлечения радионуклидов возрастает с увеличением длительности вымачивания.

Снизить концентрацию радиоактивных веществ в мясе можно также и при помощи варки, но с обязательным удалением отвара (бульона) после 8–10-минутного кипячения. При такой варке из мяса, а также из печени и легких в бульон переходит примерно 50 % ^{137}Cs , а из костей – до 1 %. Это необходимо учитывать при приготовлении первых блюд на мясокостном бульоне.

В яйцах радионуклиды концентрируются в основном в скорлупе, меньше всего их в желтке. Поэтому лучше употреблять яйца в пищу в виде яичниц, омлетов, в кондитерских изделиях.

Радионуклиды цезия и стронция не связаны с жировой фракцией молока. Поэтому наименее загрязненным продуктом при переработке молока является масло, далее следуют сливки, творог и сыр клинковый. Наибольшая концентрация ^{137}Cs и ^{90}Sr приходится на сыворотку.

В случае когда концентрация радионуклидов в молоке не позволяет использовать его в свежем виде для пищевых целей, такое молоко следует перерабатывать на молочные продукты и в первую очередь – на масло.

В процессе сепарирования молока в обрат переходит 92–98 % ^{90}Sr ; 84–96 % ^{131}I и 86–99 % ^{137}Cs ; в сливки – 2–8, 4–16 и 1–15 % соответственно. При переработке сливок в сливочное масло основная часть указанных радионуклидов переходит в пахту и промывные воды.

В масле остается менее 1,5 % ^{90}Sr , до 3,5 % ^{131}I и 0,3–2,2 % ^{137}Cs . Молочный жир (топленое масло) радионуклидов стронция и цезия практически не содержит.

Таким образом, замена в пищевом рационе молока, содержащего повышенные концентрации радионуклидов, полученными из него продуктами позволяет более чем в 10 раз снизить «вклад» радионуклидов в рацион человека. Переработка цельного молока в сливки, сметану, творог снижает содержание радионуклидов в этих продуктах в 4–6 раз, а переработка такого молока на сыр (сычужный) и сливочное масло – в 8–10 раз.

1.4. Радиационная безопасность при проведении сельскохозяйственных работ

Вредными радиационными факторами при выполнении работ в растениеводстве являются:

- ионизирующие излучения почвы, растений, машинно-тракторных агрегатов, загрязненных рабочих мест и обтирочных материалов;
- радионуклиды, содержащиеся в органической и минеральной пыли.

С целью уменьшения дозы облучения механизированные работы проводятся с использованием техники, удовлетворяющей Временным требованиям к обеспечению защиты кабин самоходных сельскохозяйственных машин от проникновения в них радиоактивных, химических и других вредных веществ.

Места проведения сельскохозяйственных работ (поля, участки, объекты и т. п.) должны быть обследованы на радиоактивное загрязнение с определением мест отдыха с минимальным уровнем загрязнения.

При производстве работ на машинно-тракторных агрегатах не допускается использование рабочих мест вне кабины. Если в поле работает несколько агрегатов, следует избегать взаимного запыления их друг другом.

Во время перерывов в работе отдыхать следует в специально отведенных местах или передвижных пунктах.

Вредными радиационными факторами при выполнении работ в животноводстве являются:

- ионизирующее излучение от загрязненных почв, кормов, животных, подстилки, навоза, машин и механизмов;
- радионуклиды, содержащиеся в органической и минеральной пыли.

Операции по уходу за животными, приготовлению и раздаче кормов должны быть максимально механизированы.

В помещениях по приготовлению кормов оборудование (дробилки, измельчители, дозаторы, смесители) должно быть оснащено респираторными устройствами. По мере накопления пыли на оборудовании и площадках, но не реже одного раза в неделю, должна производиться их влажная уборка.

Для лиц, выполняющих сельскохозяйственные работы в условиях радиоактивного загрязнения земель, предусмотрено приобретение спецодежды и индивидуальных средств защиты согласно Перечню средств индивидуальной защиты для работников сельскохозяйственных предприятий, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения и Инструкции о порядке обеспечения средствами индивидуальной защиты работников сельскохозяйственных предприятий агропромышленного комплекса, расположенных в зонах радиоактивного загрязнения.

В соответствии с Инструкцией о порядке обеспечения работников средствами индивидуальной защиты, утвержденной постановлением Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь от 30 декабря 2008 г. № 209 (в редакции постановления Минтруда и соцзащиты от 27.06.2019 № 30), с целью обеспечения безопасных условий труда работникам сельскохозяйственных организаций, работающим на территориях с плотностью загрязнения ^{137}Cs от 185 кБк/м^2 (5 Ки/км^2) и более или ^{90}Sr от $18,5 \text{ кБк/м}^2$ ($0,5 \text{ Ки/км}^2$) и более, планируется выдача второго комплекта средств индивидуальной защиты, а именно спецодежды и средств индивидуальной защиты согласно действующим отраслевым типовым нормам выдачи средств индивидуальной защиты.

Количество поставляемых сельскохозяйственной организации (в том числе К(Ф)Х) комплектов спецодежды и средств индивидуальной защиты планируется исходя из численности штатных работников, работающих на территориях с плотностью загрязнения ^{137}Cs от 185 кБк/м^2 (5 Ки/км^2) и более или ^{90}Sr от $18,5 \text{ кБк/м}^2$ ($0,5 \text{ Ки/км}^2$) и более, а также утвержденных сроков носки второго комплекта спецодежды.

При планировании объемов финансирования для приобретения второго комплекта спецодежды и индивидуальных средств защиты учитывается оплата доставки спецодежды и средств индивидуальной защиты до сельскохозяйственных организаций.

Потребность определяется заказчиком на основании заявок сельскохозяйственных организаций, утверждается и с учетом требуемого финансирования направляется в Департамент государственной инспекции труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь.

Оплата за весь комплекс работ по мероприятию проводится в год их выполнения.

Санитарно-бытовые помещения должны быть оборудованы согласно требованиям СНиП 2.09.04-87 «Административные и бытовые здания» и СНиП 2.6.1.8-8-2002 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСП-2002).

Проход в санитарно-бытовые помещения должен быть организован через специальную систему обмыва обуви.

В помещении гардеробной ежедневно должна проводиться влажная уборка. Сухая уборка помещений запрещается (кроме вакуумной). Полная уборка с мытьем стен, полов, дверей, шкафов проводится регулярно, но не реже одного раза в месяц.

Руководители и специалисты несут ответственность за обеспечение таких условий, при которых после рабочей смены каждый работник мог бы тщательно вымыть голову и тело теплой водой с мылом. Недопустимо использование для мытья дождевой воды. Свежие загрязнения, находящиеся на коже 1–2 ч, удаляются любым моющим средством.

Прием пищи в полевых условиях должен быть организован с соблюдением правил личной гигиены в передвижных закрытых пунктах питания, оборудованных столами, стульями, умывальниками и другим необходимым инвентарем.

Для перевозки людей к месту работы используются автобусы или другие транспортные средства с уплотнением дверей и окон, с исправными вентиляционными устройствами. Внутри салона должна производиться ежесменная влажная уборка.

2. ВЕДЕНИЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

2.1. Организация лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения

2.1.1. Радиационная обстановка в лесах Республики Беларусь

В настоящее время площадь радиоактивного загрязнения лесного фонда Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь составляет 1226,4 тыс. га (14,2 % от общей площади). Наибольшая часть территорий радиоактивного загрязнения лесного фонда отнесена к I зоне – 69,3 % (с плотностью загрязнения почв ¹³⁷Cs от 1 до 5 Ки/км²) и II зоне –

23,7 % (5–15 Ки/км²), остальные – к III (15–40 Ки/км²) и IV зонам (40 Ки/км² и более).

В Республике Беларусь территория лесного фонда, отнесенная к зонам радиоактивного загрязнения, составляет на 1 января 2023 г. 1502,9 тыс. га, или 15,5 % от общей площади. Основная доля загрязненных радионуклидами лесов находится в ведении Министерства лесного хозяйства (82,0 %) и Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды (14,0 %).

На рис. 1 приведено изменение площади радиоактивного загрязнения лесного фонда Министерства лесного хозяйства за 2005–2022 гг.

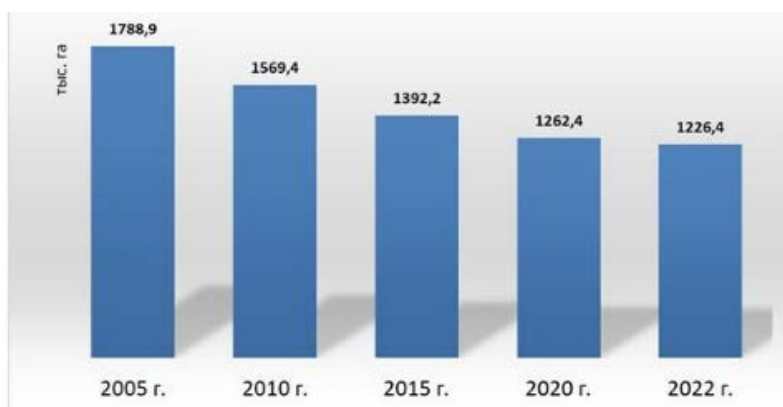


Рис. 1. Изменение площади радиоактивного загрязнения лесного фонда Министерства лесного хозяйства за 2005–2022 гг.

В Министерстве лесного хозяйства в 43 лесхозах (197 лесничествах) территории лесного фонда отнесены в установленном порядке к зонам радиоактивного загрязнения на определенной площади (в 2021 г. – 43 лесхоза и 200 лесничеств) (табл. 14).

Лесхозы в зависимости от площади лесов в зонах радиоактивного загрязнения и числа загрязненных лесничеств, средней плотности загрязнения на территории лесного фонда отнесены к соответствующим группам тяжести.

По мере уменьшения плотности загрязнения почв уменьшается мощность дозы гамма-излучения в лесах. В течение последних лет мощность дозы на территории лесного фонда в зонах радиоактивного загрязнения снижалась в среднем на 2,2 % в год.

Таблица 14. Перечень лесхозов, территории лесного фонда которых отнесены к зонам радиоактивного загрязнения

Наименование лесхоза	Общая площадь лесхоза, тыс. га	Площадь радиоактивного загрязнения						Количество лесничеств	
		Всего, тыс. га	В том числе по зонам					Всего	Загрязненных
			1–2 Ки/км ²	2–5 Ки/км ²	5–15 Ки/км ²	15–40 Ки/км ²	40 Ки/км ² и более		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ветковский	103,1	103,1	0,21	15,58	62,84	24,45		4	4
Краснопольский	84,9	84,9	7,74	30,32	28,50	18,15	0,16	5	5
Чечерский	105,2	105,2	5,13	51,84	37,78	10,38	0,12	8	8
Чериковский	103,0	86,4	19,56	28,13	29,92	8,77		8	8
Наровлянский	70,5	70,0	8,19	20,51	39,18	2,13		6	6
Ельский	88,2	73,9	20,98	40,43	12,54			8	8
Хойникский	66,2	64,8	28,37	26,90	8,99	0,50		7	7
Комаринский	49,6	44,3	23,36	17,25	3,70			5	5
Быховский	113,4	68,5	43,38	22,02	2,98	0,10		12	11
Гомельский	118,1	43,0	7,82	6,31	17,73	11,14		12	6
Буда-Кошелевский	52,5	28,1	6,63	10,33	9,28	1,87		6	6
Костюковичский	102,7	38,2	3,25	5,52	21,10	8,37		8	4
Лельчицкий	121,6	58,8	45,45	12,99	0,32			10	9
Столинский	94,3	33,4	17,64	14,01	1,77			7	6
Рогачевский	78,8	33,4	8,10	24,09	1,18			7	4
Чаусский	66,1	30,6	16,73	12,54	1,31			7	4
Климовичский	94,8	17,9	3,38	4,52	9,96			9	4
Бельничский	97,1	22,8	13,22	9,20	0,41			9	6
Милошевичский	102,8	26,3	21,75	4,53				9	6
Василевичский	90,2	19,6	16,62	2,95				10	6
Лоевский	45,1	8,9	5,25	2,85	0,79			4	3
Лунинецкий	146,7	20,2	15,52	4,48	1,17			16	9
Речицкий	64,5	12,9	10,41	2,51				6	3
Мозырский	97,0	16,9	16,09	0,81				10	5
Калинковичский	103,3	22,1	20,52	1,61				12	3
Полесский	105,9	12,2	9,93	2,27				7	5
Могилевский	87,5	13,1	9,66	3,25	0,18			10	4
Березинский	111,8	12,3	10,49	1,78				10	6
Жлобинский	83,7	12,5	11,82	0,70				9	4
Воложинский	83,9	6,4	3,68	2,59	0,11			8	4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ивьевский	89,2	6,9	6,75	0,15				9	6
Житковичский	118,0	6,5	5,27	1,27				11	4
Старобинский	100,7	5,1	4,91	0,21				11	3
Новогрудский	100,4	3,7	3,05	0,60				12	4
Кличевский	108,8	4,2	3,44	0,77				10	2
Пинский	91,9	3,5	3,33	0,23				9	2
Крупский	102,5	1,5	0,80	0,68				11	2
Логойский	115,2	2,1	0,94	1,11				11	1
Горецкий	73,3	1,1	0,37	0,77				8	1
Молодечнен- ский	49,6	0,3	0,14	0,17				5	1
Дятловский	85,0	0,4	0,39	0,04				9	1
Светлогорский	104,9	0,2	0,04	0,17				10	1
Слуцкий	62,0	0,2	0,21					6	1
Итого...	3934,0	1226,4	460,50	389,00	290,70	85,9	0,3	371	197
Среднее	90,1	28,5	10,70	9,00	6,70	2,0	0,0	8	4

Контроль радиоактивного загрязнения территории лесного фонда Министерства лесного хозяйства осуществляет служба радиационного контроля отрасли, включающая 35 аккредитованных (аттестованных) подразделений.

Ежегодно проводится уточнение радиационной обстановки – отнесение лесных кварталов к зонам радиоактивного загрязнения. В 2022 г. уточнение было проведено в 37 лесхозах на площади в 61,6 тыс. га (848 лесных кварталов), установлено уменьшение территории лесного фонда в зонах радиоактивного загрязнения на 17,2 тыс. га, или 1,4 %, по сравнению с 2021 г.

2.1.2. Зонирование загрязненных территорий лесного фонда

Порядок отнесения территорий лесного фонда к зонам радиоактивного загрязнения (зонирование) и правовой режим на территориях радиоактивного загрязнения определяются с учетом требований Закона Республики Беларусь «О правовом режиме территорий, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС».

Применяется следующее зонирование территорий радиоактивного загрязнения лесного фонда с учетом плотности загрязнения почв ^{137}Cs (далее – плотность загрязнения): I зона с плотностью загрязнения от 37 до 185 кБк/м² (от 1 до 5 Ки/км²); II зона – от 185 до 555 кБк/м² (от 5 до

15 Ки/км²); III зона – от 555 до 1480 кБк/м² (от 15 до 40 Ки/км²); IV зона – 1480 кБк/м² (40 Ки/км²) и более.

Основанием для отнесения лесного квартала к той или иной зоне радиоактивного загрязнения является плотность загрязнения, установленная на основании результатов радиационного обследования земель лесного фонда.

2.1.3. Система ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения

Лесопользование на территориях радиоактивного загрязнения лесного фонда организуется в соответствии с Правилами ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

На загрязненных радионуклидами территориях лесного фонда организуется особая система ведения лесного хозяйства, обеспечивающая в течение длительного времени эффективное проведение лесохозяйственных мероприятий, безопасные условия труда и получение нормативно-чистой лесной продукции.

Ведение лесного хозяйства на загрязненной территории направлено на решение следующих основных задач:

- усиление экологической роли леса как биогеохимического барьера, препятствующего выносу радионуклидов за пределы загрязненной территории;

- охрана лесов от пожаров в целях предотвращения их гибели и возможного вторичного радиоактивного загрязнения сопредельных территорий;

- экономически эффективное проведение лесохозяйственных мероприятий и непрерывное использование лесных ресурсов при условии получения нормативно-чистой продукции и соблюдения установленного предела годовой дозы облучения.

В зонах радиоактивного загрязнения вводятся ограничения на осуществление лесопользования в целях предотвращения получения лесной продукции с содержанием ¹³⁷Cs, превышающим допустимые уровни.

Реализация лесной продукции, произведенной на территории радиоактивного загрязнения, осуществляется при условии обязательного контроля ее радиоактивного загрязнения и наличия документа, подтверждающего соответствие содержания радионуклидов в такой продукции республиканским допустимым уровням, выдаваемого организацией, которой в порядке, установленном законодательством о лицен-

зировании, предоставлено право осуществления контроля радиоактивного загрязнения.

2.2. Методы снижения содержания радионуклидов в продукции леса

2.2.1. Система защитных мер в лесном хозяйстве

Защитные меры (контрмеры) в лесном хозяйстве по характеру и эффективности подразделяются на 6 групп: организационно-технические, технологические, ограничительные, информационные, социально-экономические, предупредительные.

Организационно-технические контрмеры включают систему радиационного контроля, систему сертификации лесных ресурсов по радиационному признаку, гигиенические нормативы на лесную продукцию и нормирование труда, носят обязательный долговременный характер и требуют значительных дополнительных затрат. Эффективность их применения оценивается по уровню предотвращенных коллективной и индивидуальных доз облучения работников леса и населения от использования загрязненной продукции или пребывания в местах с повышенной мощностью дозы излучения.

Технологические контрмеры объединяют большой перечень долговременных мероприятий в лесном хозяйстве. К ним относятся: проведение работ по специальным технологическим регламентам или специальным проектам, механизация и автоматизация производственных процессов, обеспечение радиационной безопасности работающих, меры по охране лесов от пожаров и др. Эффективность технологических контрмер заключается в предотвращении дополнительных коллективной и индивидуальных доз облучения работников лесного хозяйства и населения, а также в сохранении биологической устойчивости насаждений и оздоровлении экологической обстановки на загрязненной территории. Кроме того, применение данных контрмер способствует восстановлению жизнедеятельности, сохраняя рабочие места и обеспечивая получение нормативно-чистой продукции леса. Применение технологических контрмер требует значительных дополнительных затрат.

Ограничительные контрмеры вводятся при разных степенях радиоактивного загрязнения и носят как краткосрочный, так и долговременный характер. К ним относятся: регламентация ведения лесного хозяйства по зонам радиоактивного загрязнения, ограничение доступа населения в загрязненные лесные массивы, ограничение времени рабо-

ты и др. Они эффективны с точки зрения снижения доз облучения населения, не требуют больших дополнительных затрат, широко исполняются как в лесном хозяйстве, так и в других отраслях. В то же время введение ограничительных контрмер приводит к экономическим потерям. Это прямые потери от недополученной прибыли за счет сокращения объемов заготовки древесины по главному и промежуточному пользованию лесом и продукции побочного лесопользования.

Информационные контрмеры включают научные исследования, подготовку и повышение квалификации специалистов лесного хозяйства, постоянное информирование работников леса и населения о радиационной обстановке в лесном фонде. Эти контрмеры должны сопровождать ведение лесного хозяйства на всех стадиях радиационной аварии. Им свойственна высокая эффективность, оценить которую можно по предотвращенной дозе облучения.

Информирование о радиационной обстановке осуществляется путем размещения информационных стендов в административных зданиях юридических лиц, ведущих лесное хозяйство, а также их структурных подразделений (лесничеств), установки предупреждающих и запрещающих знаков, через средства массовой информации, в том числе интернет-ресурсы, издания специальной литературы.

Информационные стенды содержат схему территории лесного фонда, окрашенную по зонам радиоактивного загрязнения, со следующими пояснениями:

- неокрашенные лесные кварталы – ведение лесного хозяйства, сбор дикорастущих ягод и грибов проводятся без ограничений;
- окрашенные в синий цвет – $37\text{--}185 \text{ кБк/м}^2$ ($1\text{--}5 \text{ Ки/км}^2$) – сбор дикорастущих ягод и грибов разрешается с обязательным радиометрическим контролем;
- окрашенные в желтый цвет – $185\text{--}555 \text{ кБк/м}^2$ ($5\text{--}15 \text{ Ки/км}^2$) – сбор дикорастущих ягод и грибов, сенокошение и выпас скота запрещены;
- окрашенные в зеленый – $555\text{--}1480 \text{ кБк/м}^2$ ($15\text{--}40 \text{ Ки/км}^2$) – и красный цвет – 1480 кБк/м^2 (40 Ки/км^2) и более – посещение лесов запрещено.

Стенды содержат также:

- республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов в продукции лесного хозяйства, пищевых продуктах и питьевой воде, лекарственном и техническом сырье, меде, сельскохозяйственном сырье и кормах;
- оперативную информацию о результатах контроля радиоактивного загрязнения, изменениях в радиационной обстановке;

- формы документов, подтверждающих радиационную безопасность реализуемой лесной продукции (штамп, паспорт радиационной безопасности);

- адреса и телефоны подразделений радиационного контроля, где можно проверить лесную продукцию на содержание радионуклидов.

Предупреждающие и запрещающие знаки, устанавливаются:

- в I и II зонах – на дорогах, перед въездом в зону, на съездах с дорог;

- в III и IV зонах – на дорогах, съездах с дорог и по границам лесных массивов, расположенных возле населенных пунктов.

Знаки устанавливаются в соответствии со схемой установки предупреждающих и запрещающих знаков на территории лесного фонда на столбах высотой 2,2 м. Знаки передаются в лесничество и включаются в паспорта обходов лесников, которые обеспечивают их установку и сохранность.

В средства массовой информации предоставляют информацию о радиоактивном загрязнении территории лесного фонда, лесной продукции, изменениях в радиационной обстановке, правилах лесопользования. На официальных сайтах лесхозов глобальной компьютерной сети Интернет информация представляется в разделе «Радиационный контроль», текущая информация – в разделе новостей.

Население информируется перед началом массового сбора дикорастущих ягод и грибов, пожароопасного сезона.

Социально-экономические контрмеры представляют собой систему мероприятий по улучшению уровня жизни и медико-санитарного обслуживания работников лесного хозяйства.

Предупредительные контрмеры проводятся в лесном фонде вокруг радиационно опасных объектов сопредельных государств в период их работы в штатном режиме на случай гипотетической аварийной ситуации.

Выбор защитных мер при проведении лесохозяйственных мероприятий в зонах радиоактивного загрязнения должен быть обоснован экономической, экологической, социальной и лесоводственной целесообразностью.

Опыт ведения лесного хозяйства на территориях, загрязненных радионуклидами в результате чернобыльской катастрофы, показал, что в лесах, независимо от уровней загрязнения, не может полностью прекращаться лесохозяйственная деятельность.

В зонах отчуждения и отселения необходимо постоянно проводить комплекс профилактических противопожарных мероприятий, в том числе лесоводственными методами, и осуществлять охранно-

режимные функции в целях предотвращения несанкционированного доступа населения и пользования лесным фондом. Это обусловлено высокой пожарной опасностью в сосновых лесах, пораженных корневой губкой, накоплением большого количества горючих материалов на заросших сорняками полях, выведенных из сельскохозяйственного оборота. Кроме того, сохраняется опасность возникновения лесных пожаров от транспорта, проходящего через лесные массивы зон отчуждения и отселения.

Прекращение хозяйственной деятельности в лесах с плотностью загрязнения почвы ^{137}Cs 15–40 Ки/км² также нецелесообразно в связи с учетом социально-экономических и лесоводственных факторов.

Комплекс защитных мер, осуществляемых в лесном хозяйстве, должен базироваться на основных принципах обеспечения радиационной безопасности: нормирования, обоснования и оптимизации. Принцип нормирования применительно к защитным мерам в лесном хозяйстве заключается в соблюдении допустимых пределов индивидуальных доз облучения работников, населения и потребителей продукции от всех источников излучения. Принцип обоснования предполагает учет социальной, лесоводственной, экономической и экологической целесообразности проведения лесохозяйственных работ. Принцип оптимизации заключается в поддержании на возможно низком и достаточном уровне с учетом экономических и социальных факторов среднегодовых эффективных доз облучения и числа облучаемых лиц при ведении лесного хозяйства и использовании продукции леса.

В соответствии с законодательством юридические лица, ведущие лесное хозяйство и лесопользование в государственном лесном фонде, подвергшемся радиоактивному загрязнению в результате чернобыльской катастрофы, обязаны осуществлять комплекс защитных мероприятий, обеспечивающих радиационную безопасность при проведении работ, реализацию и использование только нормативно-чистой лесной продукции.

2.2.2. Организация радиационного контроля в Министерстве лесного хозяйства

Система радиационного контроля Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь (далее – Минлесхоз) является составной частью системы защитных мер в лесном хозяйстве. Она включает две подсистемы: радиационно-экологический мониторинг и радиационный контроль.

Радиационно-экологический мониторинг – система постоянных дозиметрических наблюдений, контроля и оценки состояния природной среды, подвергшейся радиоактивному загрязнению, и прогнозирования его изменений.

Радиационный контроль – получение информации о радиационной обстановке на объектах, в окружающей среде и об уровнях облучения людей (включает в себя дозиметрический и радиометрический контроль).

Для проведения радиационно-экологического мониторинга и радиационного контроля в системе Минлесхоза создана служба радиационного контроля.

Служба радиационного контроля Минлесхоза осуществляет в загрязненных радионуклидами подведомственных лесах радиационный контроль следующих объектов:

- земель государственного лесного фонда;
- участков государственного лесного фонда (до передачи их для лесопользования) и лесных ресурсов, предполагаемых для заготовки на них;
- продукции, произведенной в лесном хозяйстве;
- зданий и сооружений, прочих объектов, находящихся в ведении лесного хозяйства, промышленных отходов, транспортных средств, территорий учреждений и предприятий лесного хозяйства, рабочих мест.

Основными задачами службы радиационного контроля являются:

- обеспечение радиационной безопасности работников лесного хозяйства, населения при посещении лесов и пользовании лесной продукцией и потребителей лесной продукции;
- проведение радиационного контроля и мониторинга в лесах, радиационного контроля лесной продукции на всех этапах ее производства и реализации.

Непосредственное руководство службой радиационного контроля в отрасли возложено на ГУ «Беллесозащита», в состав которого входит Центральная лаборатория радиометрии и спектрометрии службы радиационного контроля Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь (далее – ЦЛРС), которая выполняет функции головной (базовой) лаборатории отрасли.

В производственном лесохозяйственном объединении (ПЛХО) за весь комплекс работ по обеспечению функционирования системы радиационного контроля отвечает генеральный директор. Руководство службой радиационного контроля в ПЛХО возлагается на начальников отделов радиационного контроля, ведущих инженеров-радиологов объединений или заведующих областными лабораториями ра-

диационного контроля, которые осуществляют функции планирования, организации, координации, учета и контроля работы службы радиационного контроля.

В лесхозах, территория которых загрязнена радионуклидами, за организацию и функционирование системы радиационного контроля отвечает директор лесхоза, а непосредственное выполнение работ по радиационному контролю и обеспечению радиационной безопасности возлагается на инженера-радиолога, который является руководителем поста радиационного контроля (далее – ПРК). Деятельность ПРК регламентируется положением, утверждаемым Минлесхозом. Подразделения радиационного контроля образуют сеть радиационного контроля отрасли.

По результатам аккредитации все подразделения радиационного контроля Минлесхоза категоризируются на 3 класса:

II класс – лаборатории, имеющие возможность измерения в пробах объектов контроля удельной (объемной) активности гамма-излучающих радионуклидов, удельной (объемной) активности ^{90}Sr , контроля поверхностного загрязнения объектов бета-излучающими радионуклидами, мощности дозы гамма-излучения, отбора и подготовки проб объектов окружающей среды, продукции лесного и сельского хозяйства, пищевых продуктов, питьевой воды;

III класс – лаборатории (посты) радиационного контроля, имеющие возможность измерения в пробах объектов контроля удельной (объемной) активности ^{137}Cs , мощности дозы гамма-излучения, отбора и подготовки проб объектов окружающей среды, продукции лесного и сельского хозяйства, пищевых продуктов, питьевой воды;

IV класс – посты радиационного контроля, имеющие возможность измерения мощности дозы гамма-излучения, отбора и первичной подготовки проб объектов окружающей среды, продукции лесного и сельского хозяйства, пищевых продуктов, питьевой воды для последующего измерения в подразделениях II и III классов.

Деятельность службы радиационного контроля Минлесхоза осуществляется в соответствии со схемой радиационного контроля в лесах и на объектах лесного хозяйства, утверждаемой Минлесхозом. Службы радиационного контроля ПЛХО и лесхозов разрабатывают схемы радиационного контроля на основе схемы Минлесхоза.

Подразделения радиационного контроля должны располагать персоналом для выполнения возложенных на них задач и функций, имеющим соответствующее образование, профессиональную подготовку, технические знания и опыт. Численность персонала зависит от объема

работ и должна обеспечивать выполнение возложенных на подразделения радиационного контроля задач и функций.

Специалисты, занятые в сети радиационного контроля, проходят обязательную подготовку и периодическую переподготовку в зависимости от выполняемой работы по специальностям «Спектрометрия», «Радиометрия и дозиметрия», «Радиационный контроль и радиационная безопасность» и др. в специализированных учебных подразделениях.

Для выполнения задач и функций, возложенных на подразделения радиационного контроля, они оснащаются необходимым, допущенным к применению в сети радиационного контроля измерительным и вспомогательным оборудованием, нормативно-методической документацией, а также транспортом, инструментами, расходными материалами. Средства измерений должны быть поверены (аттестованы) при вводе в эксплуатацию и периодически поверяться (аттестовываться).

2.2.3. Регламентация ведения лесного хозяйства

В системе защитных мероприятий одним из наиболее важных направлений является регламентация ведения лесного хозяйства по зонам радиоактивного загрязнения (зональный принцип). Это обусловлено различиями в уровнях загрязнения почвы, лесных ресурсов и мощности дозы гамма-излучения.

При ведении лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения основными критериями, определяющими порядок проведения работ, являются: **плотность загрязнения почв радионуклидами, величина эффективной дозы облучения работников леса и возможность получения лесных ресурсов и продукции, соответствующих по содержанию радионуклидов действующим в Республике Беларусь санитарным правилам, нормам и гигиеническим нормативам.**

Основными факторами, ограничивающими ведение лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения, являются:

- отрицательное воздействие повышенного (над естественным и техногенным) радиационного фона на организм человека;
- возможность получения пригодных для использования лесных ресурсов (соответствующих допустимым уровням содержания радионуклидов);
- оснащенность предприятия необходимой техникой, обеспечивающей заготовку продукции соответствующих сортиментов и позволяющей снизить до установленного уровня дозовые нагрузки на человека;

- экономическая и лесоводственная целесообразность проведения лесохозяйственных мероприятий и работ.

Следует учитывать, что чем выше уровень плотности загрязнения почв, тем больше себестоимость продукции лесного хозяйства.

Все работы, проводимые на территориях радиоактивного загрязнения, должны осуществляться с обязательным радиационным контролем в соответствии со схемой радиационного контроля в лесах и на объектах лесного хозяйства.

Рубки главного пользования и рубки промежуточного пользования проводятся в I–III зонах. Прочие рубки проводятся во всех зонах радиоактивного загрязнения.

Сбор грибов в зонах радиоактивного загрязнения производится с учетом следующих особенностей: слабо- и средненакапливающие ^{137}Cs грибы (опенок осенний, гриб-зонтик, дождевик, шампиньон, лисичка настоящая, белый гриб, подосиновик, подберезовик, рядовка) разрешается собирать в лесных кварталах с плотностью загрязнения до 74 кБк/м^2 (2 Ки/км^2); сильнонакапливающие ^{137}Cs грибы (горькушка, польский гриб, масленок, груздь настоящий и черный, колпак кольчатый, скрипица, волнушка розовая, зеленка, сыроежка, решетник) разрешается собирать в лесных кварталах с плотностью загрязнения до 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2).

Сбор дикорастущих ягод, плодов, орехов, растений и их частей, используемых в качестве лекарственного сырья, допускается в лесных кварталах с плотностью загрязнения до 74 кБк/м^2 (2 Ки/км^2).

Заготовка древесных соков, размещение ульев и пчел допускаются в I и II зонах.

Заготовка мха, сбор лесной подстилки и опавших листьев не допускаются во всех зонах радиоактивного загрязнения.

Сенокосение и пастьба скота на участках лесного фонда допускаются в I зоне.

3. ВЕДЕНИЕ ЛИЧНОГО ПОДСОБНОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Сельские жители в своем рационе питания в основном используют продукцию, произведенную в личном подсобном хозяйстве. В случае проживания на загрязненной радионуклидами территории дополнительное внутреннее облучение человека обусловлено искусственными радиоактивными изотопами, которые попадают внутрь организма (90–95 %) с продуктами питания, а также с воздухом и водой. Основ-

ными радионуклидами, определяющими радиационную обстановку на загрязненных сельскохозяйственных угодьях в Беларуси, являются ^{137}Cs и ^{90}Sr .

В организм человека радионуклиды попадают через следующие пищевые цепочки:

- растительные продукты → человек;
- растения (корм) → животное → молоко → человек;
- растения (корм) → животное → мясо → человек;
- вода → рыба → человек;
- питьевая вода → человек.

Система «почва – растение» является основным звеном в пищевой цепочке, приводящей в организм человека радионуклиды, т. е. дозы внутреннего облучения практически зависят от накопления радионуклидов в растениеводческой продукции и их перехода из кормов в мясо и молоко.

3.1. Особенности производства продукции растениеводства

В настоящее время в составе личных подворий населения, проживающего на территории радиоактивного загрязнения, занято 60 тыс. га загрязненных радионуклидами земель, на которых производится около 70 % овощной продукции, составляющей рацион населения. До 80 % поступления ^{137}Cs в организм человека обусловлено потреблением молока и мяса. Сумма вклада картофеля и овощей в величину поступления ^{90}Sr в организм жителей загрязненной радионуклидами территории составляет более 70 %, причем на долю овощей приходится 20–30 % годового поступления этого радионуклида.

Выращивание картофеля и овощей. Средняя годовая физиологическая норма потребления овощей на одного человека составляет 126 кг (по 400 г в день), в том числе: капусты белокочанной – 25–38 кг, томатов – 25–35, моркови – 7–10, огурцов – 9–13, свеклы столовой – 6–10, лука и чеснока – 8–10, прочих (цветная и другие виды капусты, салат, сладкий перец, кабачки, редис, горох, пряные овощи) – 19–26 кг. Кроме того, рекомендуется потребление бахчевых в пределах 20 кг, картофеля – 120 кг.

Содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в клубнях картофеля не должно превышать 80,0 и 3,7 Бк/кг соответственно. В овощах нормируется только содержание ^{137}Cs , республиканский допустимый уровень – 100 Бк/кг.

Для размещения картофеля и овощных культур рекомендуются окультуренные участки с суглинистыми и супесчаными почвами и

минимальной плотностью радиоактивного загрязнения. При выращивании корнеплодов столовой свеклы и моркови плотность загрязнения дерново-подзолистых песчаных почв ^{137}Cs должна быть менее 10 Ки/км^2 . Не рекомендуется возделывать картофель на продовольственные цели на загрязненных радионуклидами торфяных почвах.

Подбор овощных культур и сортов с минимальным накоплением ^{137}Cs и ^{90}Sr является наиболее дешевым и доступным средством снижения поступления радионуклидов из почвы в урожай. Культуры по уровню накопления ^{137}Cs в продукции представлены на рис. 2.

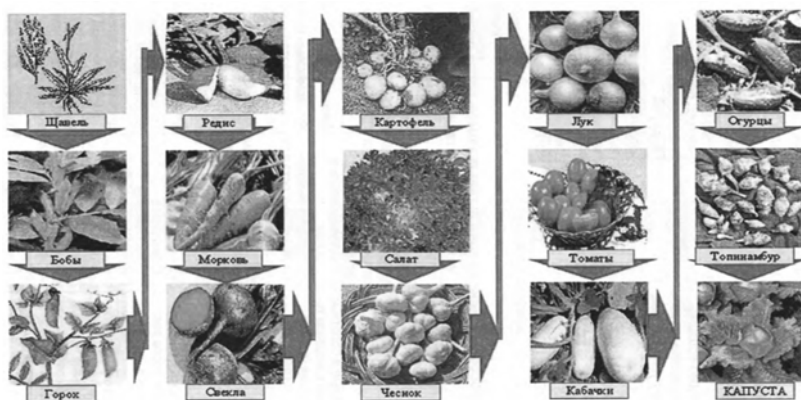


Рис. 2. Убывающие ряды по накоплению ^{137}Cs для овощных культур

Как отмечалось выше, существенно снизить накопление радионуклидов в клубнях картофеля и овощных культурах можно путем подбора сортового состава. Разные сорта одних и тех же овощных культур различаются по накоплению ^{137}Cs и ^{90}Sr в 2–3 раза. При подборе сортов для приусадебного участка рекомендуется придерживаться правила: высокоурожайные раннеспелые сорта накапливают радионуклидов меньше, чем позднеспелые сорта.

Наиболее эффективным способом снижения поступления радионуклидов в овощные культуры является совместное внесение органических и минеральных удобрений. На огороде или садовом участке рекомендуется один раз в 4–5 лет вносить доломитовую муку в дозах 40–50 кг на сотку (100 м^2).

Дозы внесения органических удобрений при возделывании томатов, столовой свеклы, лука-репки, зеленых овощей – 400 кг на сотку,

при выращивании капусты и картофеля – 700, огурцов – до 1200 кг на сотку.

Повышенный вынос элементов питания урожаем овощных культур должен компенсироваться внесением минеральных удобрений. На почвах с низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия дозы фосфорных удобрений должны быть не ниже 0,5–0,9 кг д. в. на сотку, а калийных удобрений – 0,9–1,2 кг на сотку.

Рекомендуемые дозы азотных удобрений следующие: для бобовых культур – до 0,3 кг д. в. на сотку, для столовой свеклы, моркови, томатов, огурцов, капусты – 0,6–0,9 кг д. в. на сотку. Одностороннее применение азотных удобрений в повышенных дозах, особенно при недостатке фосфора и калия в почве, приводит к увеличению поступления радионуклидов в овощные культуры.

Под овощные культуры обязательно вносят микроудобрения. Примерные дозы микроэлементов при внесении их под основную обработку почвы: бор – 10–25 г, марганец – 15–30 г, медь – 30–80 г на сотку.

Применение защитных мероприятий на приусадебных участках не только позволяет уменьшать содержание радионуклидов в растениеводческой продукции, но и получать дополнительный урожай.

Выращивание ягодных культур. При возделывании ягодных культур на участках, загрязненных радионуклидами, следует учитывать то, что по накоплению ^{137}Cs они различаются в 2–5 раз. Необходимое условие их выращивания – это регулярное омолаживание посадок ягодных кустов.

Ягодные культуры по накоплению радионуклидов в ягодах располагаются в следующей убывающей последовательности: земляника садовая > смородина черная > смородина красная > крыжовник. Нормативно-чистую продукцию этих культур (70 Бк/кг по ^{137}Cs) можно получать при плотности загрязнения почв ^{137}Cs до 40 Ки/км².

3.2. Особенности производства продукции животноводства

Создание сенокосов и пастбищ для молочного скота личных подсобных хозяйств. Планирование создания культурных сенокосов и пастбищ осуществляется комитетами по сельскому хозяйству и продовольствию облисполкомов применительно к населенным пунктам, в которых зарегистрировано производство молока со сверхнормативным содержанием радионуклидов. Сенокосами и пастбищами обеспечивается все поголовье коров в населенном пункте вне зависимости от ме-

ста работы владельцев животных и других условий. Нормативная обеспеченность составляет 0,5 га пастбищ и 0,5 га сенокосов на одну корову.

Выполнение работ по созданию культурных сенокосов и пастбищ, выбор участков осуществляются в соответствии с требованиями Инструкции о порядке организации и контроля работ по созданию и использованию улучшенных луговых земель для скота, находящегося в личном пользовании граждан, на территориях радиоактивного загрязнения, утвержденной постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь от 5 июня 2008 г. № 49.

За счет средств республиканского бюджета планируется финансирование затрат на приобретение и внесение азотных удобрений для подкормки созданных пастбищ в течение нормативного срока эксплуатации из расчета внесения 60 кг/га д. в. в год. Нормативный срок использования сенокосов и пастбищ – 5 лет.

Применение ферроцианидных препаратов. С целью снижения содержания ^{137}Cs в молоке и мясе для поголовья крупного и мелкого рогатого скота личных подсобных хозяйств могут использоваться комбикорма-концентраты с ферроцианидсодержащими препаратами (с ферроцином $\text{KFe}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$). Комбикорм с массовой долей ферроцина 0,55–0,65 % применяется в объеме:

- 0,5 кг ежедневно (утром) в течение лактационного периода дойным коровам;
- 0,5 кг ежедневно (утром) в течение 2–3 мес на заключительном этапе откорма крупного рогатого скота;
- 0,15 кг ежедневно (утром) в течение лактационного периода молочным козам;
- 0,15 кг ежедневно (утром) в течение 1,5–2 мес до убоя мелкого рогатого скота.

Продукцию, полученную от животных, которым скармливали препараты с ферроцином, используют без ограничения при условии содержания ^{137}Cs в ней ниже допустимых уровней.

Козоводство на территории радиоактивного загрязнения. Определяющим фактором загрязнения продукции козоводства является содержание радионуклидов в рационе. Допустимая концентрация ^{137}Cs в рационе, обеспечивающая получение продукции, отвечающей требованиям РДУ-99, составляет по 1000 Бк/сут для молока и 1500 Бк/сут для мяса, ^{90}Sr – 185 Бк/сут для молока.

Косвенными показателями, определяющими возможность получения нормативно-чистой продукции, могут служить уровни радио-

активного загрязнения почв. На дерново-подзолистых и торфяных почвах получение продукции козоводства, отвечающей нормативным требованиям, возможно при загрязнении почв ^{137}Cs до 10 и $3,5 \text{ Ки/км}^2$ соответственно, ^{90}Sr – до 1 Ки/км^2 .

Если загрязнение кормов радионуклидами не превышает предельно допустимого уровня, то суточный рацион для дойных коз составляется в соответствии с существующими нормами потребности животных в питательных веществах.

В пастбищный период концентрация ^{137}Cs в зеленой массе трав не должна превышать 125 Бк/кг , ^{90}Sr – 20 Бк/кг . Предпочтение для выпаса животных и заготовки кормов на зимний период должно отдаваться улучшенным сенокосам и пастбищам.

Эффективным способом снижения загрязнения ^{137}Cs продукции козоводства является использование в рационах кормовых добавок, в частности ферроцианидных препаратов, избирательно связывающих радионуклиды в желудочно-кишечном тракте животных. Комбикорм с ферроцианидами (0,6 %) применяют по $0,15 \text{ кг}$ ежедневно (утром) в течение лактационного периода молочным козам и в течение 1,5–2 мес до убоя.

Птицеводство на территории радиоактивного загрязнения. При производстве мяса бройлеров, соответствующего требованиям РДУ-99, содержание ^{137}Cs в суточном рационе птицы не должно превышать 82 Бк. Такое же ограничение радиоактивного загрязнения суточного рациона должно соблюдаться и при кормлении кур-несушек. При этом содержание ^{137}Cs в яйце не превысит 22 Бк.

Скармливание взрослой птице комбикорма с допустимым содержанием ^{137}Cs (180 Бк/кг) возможно без ограничений, согласно типовым нормам.

Разведение водоплавающей птицы на загрязненных радионуклидами пастбищах с естественным травостоем, в поймах рек и на заболоченных местах в условиях личных подсобных и фермерских хозяйств может привести к повышенному содержанию радионуклида в мясе птицы.

В организм животных ^{137}Cs поступает в основном с кормами и накапливается преимущественно в мышечной ткани. Коэффициенты перехода ^{137}Cs из 1 кг пастбищной травы в 1 кг мышечной ткани варьируются для гусей от 0,31 до 1,63, для уток – от 0,08 до 0,84 при традиционном способе вольерно-выгульного содержания, используемого в личных подсобных хозяйствах. Колебание значений коэффициентов

перехода обусловлено динамикой загрязнения пастбищной травы и физиологическими особенностями птицы в накоплении радионуклидов.

В соответствии с требованиями РДУ-99, для получения мяса водоплавающей птицы предельно допустимое содержание ^{137}Cs в 1 кг зеленого корма для гусей не должно превышать 110 Бк/кг, а для уток – 214 Бк/кг.

При содержании уток на территории с плотностью загрязнения ^{137}Cs для минеральных почв до 40 Ки/км², торфяных и лесных до 20 Ки/км² гарантировано получение мяса птицы в возрасте более 4 мес в соответствии с РДУ-99. Для гусей этот показатель составляет до 20 Ки/км² для минеральных почв и до 5 Ки/км² для торфяных.

3.3. Первичная подготовка и переработка сельскохозяйственной продукции

Технологическая и кулинарная обработка продукции растениеводства и животноводства позволяет в значительной степени сократить поступление ^{137}Cs и ^{90}Sr в организм человека. Выделяют три категории приемов обработки пищевого сырья:

- очистка поверхности путем мытья, ополаскивания;
- избирательное удаление наиболее загрязненных частей продукта, например снятие кожуры, удаление листьев, костей;
- глубокая переработка такими методами, как вымачивание, маринование, варка, изготовление творога и сыра, растительного масла.

Различные способы приготовления пищи могут приводить как к снижению, так и к концентрированию радионуклидов в готовых к употреблению продуктах. Обезвоживание продуктов в результате сушки, вяления, вымораживания приводит к увеличению удельной активности радионуклидов (табл. 15–17).

Механическая обработка. Несложные процедуры, такие как тщательная мойка овощей, фруктов, грибов, а также снятие кожуры позволяют снизить содержание в них радионуклидов в 1,3–1,5 раза. Из свежих и сушеных грибов основная часть активности ^{137}Cs и ^{90}Sr (до 80 %) удаляется путем вымачивания.

Предварительное вымачивание мелко нарезанного мяса в воде или в 4%-ном растворе поваренной соли в течение 3 ч обеспечивает удаление из него 30–60 % ^{137}Cs . Для снижения потерь белка и улучшения вкусовых качеств при вымачивании мяса к солевому раствору можно добавлять уксусную кислоту (3–5 мл 70%-ной эссенции на 1 л раствора).

Таблица 15. Влияние механической очистки и термической обработки на снижение содержания радионуклидов в овощах и ягодах

Исходное сырье	Способ обработки	Конечный продукт	Кратность снижения по отношению к исходному продукту, раз	
			⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Картофель	Мойка, очистка	Очищенный картофель	1,70	1,60
	Варка	Картофель вареный	1,20	1,30
	Жарка	Картофель жареный	1,20	–
Огурцы	Маринование	Огурцы консервированные	1,50	1,40
	Засолка	Огурцы соленые	1,70	1,85
Помидоры	Маринование	Помидоры консервированные	1,20	1,40
	Перетирание	Томатная паста	1,20	–
Корнеплоды	Удаление головки	Корнеплоды сырые	1,90	1,90
Свекла	Маринование	Свекла консервированная	1,10	1,25
Морковь	Маринование	Морковь консервированная	1,20	–
Капуста	Удаление кроющего листа	Капуста сырая	1,90	1,90
	Маринование	Капуста консервированная	1,22	1,30
	Засолка	Капуста соленая	1,40	–
	Квашение	Капуста квашеная	1,10	–
Ягоды	Изготовление сока	Сок неосветленный	2,00	2,00
	Изготовление сока	Сок осветленный	–	3,00
	Варка	Варенье	–	2,00
	Варка	Компот	–	1,70
Грибы	Варка	Грибы вареные	1,1–1,3	1,5–10,0
	Консервирование	Грибы консервированные	–	1,5

Таблица 16. Влияние кулинарной обработки на снижение содержания радионуклидов в мясных и рыбных продуктах

Исходное сырье	Способ обработки	Конечный продукт	Кратность снижения по отношению к исходному продукту, раз	
			⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Мясо сырое (говядина, свинина, баранина, куры)	Варка	Мясо отварное	1,4	1,50–1,80
	Запекание	Мясо запеченное	–	1,20–1,50
	Тушение	Мясо тушеное	–	1,40–1,50
	Жарка	Мясо жареное, бифштекс	1,2	1,20–1,50
	Посол мокрый	Солонина	–	1,70–2,00
	Посол сухой	Солонина	–	1,10–1,30
	Маринование	Мясо шашлычное	–	1,70–1,90
	Изготовление колбас	Колбаса домашняя	–	1,05–1,75
Кости	Варка	Кости	1,003	1,30
Рыба потрошенная	Варка	Рыба отварная	1,5	1,16
Сало	Перетопка	Жир топленый	1,98	1,95–5,00

**Таблица 17. Влияние способов переработки молока
на содержание радионуклидов в конечной продукции**

Вид продукции	К _n (молоко-продукт)	
	⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs
Сливки (жирность 20 %)	0,78	0,60
Сливочное масло	0,09	0,12
Масло топленое	0,0	0,01
Творог кислотный	0,7	0,8
Сыры твердые	5,8	0,5
Сыры мягкие	4,0	0,7

Термическая обработка пищевых продуктов без добавления воды (жарка) или с добавлением ее в небольшом количестве (тушение) снижает содержание радионуклидов в готовом продукте на 15–20 % от исходного уровня. При варке в бульон переходит довольно большое количество радионуклидов, особенно ¹³⁷Cs. Предварительное бланширование в течение 10 мин мелко нарезанных овощей дает возможность уменьшить их загрязнение радионуклидами в 2–3 раза.

Для снижения концентрации радионуклидов в мясе рекомендуется производить выварку его (с добавлением поваренной соли) и удаление бульона из рациона человека. Так, при варке мяса (говядина, куры) в бульон переходит около 50 % ⁹⁰Sr и до 80 % ¹³⁷Cs.

Выход ¹³⁷Cs в бульон из костей составляет до 75 % от первоначального содержания. При этом максимальная интенсивность выхода радионуклидов в бульон наблюдается в первые 10 мин варки. Удаление радионуклидов с бульоном из мяса взрослых животных происходит эффективнее, чем из мяса молодняка.

В отличие от ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr прочно удерживается в костной ткани и практически не удаляется с бульоном. Переход ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs из костей в бульон составляет 0,001–0,18 % и 65–80 % соответственно.

При варке потрошеной рыбы в бульон из тушки переходит 44 % ¹³⁷Cs. Выход его в бульон из мышц составляет 60 %, из костей – 74 % от первоначального содержания. Переход ⁹⁰Sr в бульон существенно ниже: из тушки рыбы – 0,8 %, из костей – 0,2–2 %, из мышц – 2 %.

При обжаривании мяса говядины, свинины, баранины, крольчатины снижение содержания ¹³⁷Cs составляет 20–30 %.

Жировые продукты могут содержать допустимые количества радионуклидов даже при очень высоких уровнях загрязнения мяса животных. Концентрация ¹³⁷Cs в жировой ткани в 4–10 раз ниже, чем в мышечной. Перетапливание сала позволяет снизить концентрацию радионуклида еще в 20 раз.

Засолка, маринование. При засолке огурцов, капусты, грибов и т. д. в рассол переходит примерно половина радионуклидов, находящихся в перерабатываемом исходном сырье. Несколько меньший эффект наблюдается при изготовлении консервированных овощей и маринадов – снижение содержания ^{137}Cs составляет в среднем до 1,2 раза.

Уменьшить концентрацию радионуклидов в мясе можно длительным хранением его в виде солонины. После предварительного вымачивания мяса в воде и последующего выдерживания в 25%-ном рассоле (3 мес) сваренное мясо загрязнено ^{137}Cs примерно в 10 раз ниже по сравнению с исходным уровнем. Маринование мяса дичи для улучшения его вкусовых качеств также способствует снижению содержания ^{90}Sr в 1,9 раза.

Переработка растительного сырья. Помол зерна пшеницы, ржи, ячменя в белую муку уменьшает содержание радионуклидов в конечном продукте в 2 раза, овса – в 3 раза. Переработка рапса на масло-сырец в промышленном масштабе позволяет уменьшить содержание ^{137}Cs в конечном продукте до 250 раз, ^{90}Sr – до 600 раз, а переработка зерновых на спирт практически исключает содержание радионуклидов в конечном продукте.

Очистка картофеля от кожуры снижает концентрацию ^{137}Cs и ^{90}Sr в очищенных клубнях на 20 %, а переработка его в крахмал уменьшает содержание радионуклидов в готовом продукте до 2 %.

Замена в пищевом рационе молока с повышенным содержанием радионуклидов полученными из него продуктами позволяет более чем в 10 раз снизить поступление радионуклидов в рацион человека. Переработка цельного молока в сливки, сметану, творог домашним способом снижает содержание радионуклидов в этих продуктах в 4–6 раз, а переработка такого молока на сыр (сычужный) и сливочное масло – в 8–10 раз.

При сепарировании молока около 85 % радионуклидов переходит в обезжиренное молоко, в 20%-ных сливках находится только 15 % радионуклидов. В ходе дальнейшей переработки сливок для получения сливочного масла большая часть ^{90}Sr и ^{137}Cs удаляется в сыворотку и пахту, а в масле обнаруживается соответственно 1,3 и 2,3 % радионуклидов, находившихся в исходном загрязненном молоке. Топленое (русское) масло после перетопки сливочного масла практически не содержит радионуклидов.

В сыре, полученном из молочной сыворотки, остается от 74 до 96 % радионуклидов. В кислом сыре содержится до 12 %, а в сычужном – 4–23 % радионуклидов от содержания их в цельном молоке.

По способности переходить из молока в творог при кислотном способе свертывания радионуклиды образуют ряд: $^{137}\text{Cs} > ^{90}\text{Sr}$. После промывки кислотного сгустка происходит эффективное вымывание из него ^{137}Cs , тогда как ^{90}Sr остается в сгустке.

К сожалению, радиоактивное загрязнение окружающей среды в результате аварии на ЧАЭС – не кратковременное явление, и нескольким поколениям придется жить в условиях повышенной радиации, а следовательно, потребуется соблюдение элементарных норм радиационной безопасности. Поэтому продукцию, производимую и употребляемую в больших количествах, например картофель, а также культур, которые в силу своих биологических особенностей являются сильными накопителями радионуклидов, таких как горох, бобы, фасоль, шавель, необходимо проверять на содержание радионуклидов. Это можно сделать в ближайшей радиологической лаборатории районного центра гигиены и эпидемиологии, областного центра гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, а также на рынках.

4. РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ И РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

4.1. Радиационный мониторинг

В Республике Беларусь создана и функционирует система радиационного мониторинга, входящая в Национальную систему мониторинга окружающей среды в Республике Беларусь (НСМОС). В состав НСМОС входит широкая сеть пунктов наблюдений и аккредитованных лабораторий. **Основные объекты радиационного мониторинга** – атмосферный воздух (приземный слой), почвы, в том числе сельскохозяйственные и лесные, поверхностные и подземные воды, объекты животного и растительного мира (рис. 3).

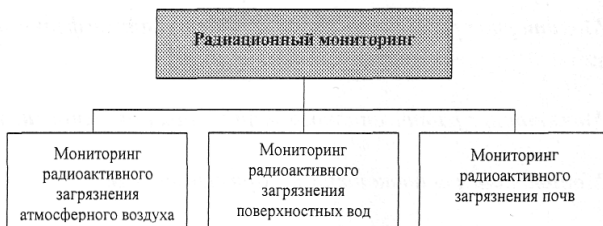


Рис. 3. Структура радиационного мониторинга

Радиационный мониторинг проводится в целях наблюдения:

- за естественным радиационным фоном;
- радиационным фоном в районах радиоактивного загрязнения, в том числе для оценки трансграничного переноса радиоактивных веществ;
- радиоактивным загрязнением атмосферного воздуха, почвы, поверхностных и подземных вод на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Радиационный мониторинг окружающей среды обеспечивается следующими органами государственного управления: Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь (Минприроды), Министерством лесного хозяйства Республики Беларусь (Минлесхоз), Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь (Минсельхозпрод).

Радиационный мониторинг в части естественного радиационного фона, радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, ненарушенных участков почвы, поверхностных и подземных вод в районах воздействия потенциальных источников радиоактивного загрязнения и на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС, проводится Белгидрометом.

Сбор, обработку и хранение данных, предоставление информации, получаемой в результате проведения радиационного мониторинга, осуществляет информационно-аналитический центр радиационного мониторинга, функционирующий в Белгидромете.

Минприроды (Белгидромет) организован контроль радиационной обстановки в зонах потенциального влияния АЭС сопредельных государств. Четыре автоматизированные системы контроля радиационной обстановки обеспечивают непрерывные измерения мощности гамма-излучения в воздухе в 100-километровых зонах Смоленской, Ровенской АЭС, а также в 30-километровых зонах Чернобыльской и Игналинской АЭС.

В целях обеспечения радиационной безопасности окружающей среды вокруг Белорусской АЭС создана система контроля радиационной обстановки как в зоне наблюдения (12,9 км), так и за ее границами.

Мониторинг приземного слоя атмосферы, ведение которого обеспечивает Минприроды (Белгидромет), осуществляется на государственной гидрометеорологической сети. Система радиационного мониторинга атмосферного воздуха в Республике Беларусь включает в себя:

- 41 пункт наблюдений, на которых ежедневно проводятся измерения мощности дозы гамма-излучения (далее – МД);

- 25 пунктов наблюдений, на которых проводятся наблюдения за естественными выпадениями из атмосферы (отбор проб проводится с помощью горизонтальных планшетов ежедневно на 7 пунктах, расположенных в зонах влияния работающих АЭС, на остальных пунктах наблюдений – 1 раз в 10 дней);

- 10 пунктов наблюдений, расположенных в городах Браслав, Гомель, Минск, Могилев, Мозырь, Мстиславль, Пинск, Ошмяны, п. г. т. Лынтупы и к. п. Нарочь, на которых проводятся наблюдения за радиоактивными аэрозолями в приземном слое атмосферы (отбор проб проводится с использованием фильтровентиляционных установок на 9 пунктах наблюдений ежедневно, на пункте наблюдений г. Могилев – 1 раз в 10 дней).

Для оперативного выявления аварийных ситуаций суточные пробы атмосферного воздуха, отобранные в районах воздействия работающих АЭС, расположенных на территории сопредельных государств, подвергаются анализу на содержание «свежих» продуктов распада короткоживущих радионуклидов, и в первую очередь ¹³¹I.

Радиационный мониторинг почв осуществляется Минприроды (Белгидромет) на 181 реперной площадке, 19 ландшафтно-геохимических полигонах (ЛГХП), а также в 20 населенных пунктах, выбранных в качестве реперных после проведения обследования всей территории страны.

В первые годы после катастрофы на ЧАЭС было проведено обследование практически всей территории Республики Беларусь. В каждом населенном пункте (более 20 тыс. по состоянию на 1986–1990 гг.) было отобрано не менее 5 проб почвы, обследован практически каждый элементарный участок сельхозугодий, каждый квартал лесных угодий. Все отобранные пробы были проанализированы для оценки загрязнения цезием-137. Кроме того, были выполнены анализы на загрязнение почвы стронцием-90 и изотопами плутония практически во всей Гомельской области, а на остальной территории – в зонах радиоактивного загрязнения.

Всего за 1986–2016 гг. было отобрано свыше 635,4 тыс. проб почвы, проведено свыше 1 млн. 519 тыс. измерений мощности дозы гамма-излучения в местах отбора проб и определений удельной активности отдельных изотопов.

После выполнения скрининга (англ. *screening*) были выделены территории, на которых необходимо проводить мероприятия по обеспечению радиационной безопасности населения и окружающей среды.

На основании данных обследования территории страны в первый период после катастрофы в 1986 г. (несколько раз, затем – ежегодно, впоследствии – один раз в пять лет) строятся карты радиоактивного загрязнения территории Беларуси ^{137}Cs , ^{90}Sr и изотопами плутония, а также прогнозные карты загрязнения ^{137}Cs .

Анализ результатов прогноза позволяет сделать вывод о том, что после 2090 г. к зонам радиоактивного загрязнения, согласно показателям загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr , можно будет отнести 565 существующих в настоящее время населенных пунктов.

Радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий обеспечивается Минсельхозпродом совместно с агрохимическим мониторингом почв, а также на 104 специальных реперных площадках.

Минлесхоз обеспечивает проведение **радиационного мониторинга лесов** на 92 постоянных пунктах наблюдения, представляющих собой стационарные площадки размером 50×50 м, которые были заложены в 1993–1995 гг. в различных типах лесов и зонах радиоактивного загрязнения. Объектами мониторинга являются лесная подстилка, почва, древесные и кустарниковые породы, живой напочвенный покров, дикорастущие ягоды, грибы; параметры мониторинга – мощность дозы гамма-излучения, удельная активность ^{137}Cs в почве и продукции лесного хозяйства.

Радиационный мониторинг поверхностных вод в 2021 г. проводился Минприроды (Белгидромет) на 16 пунктах наблюдений:

- на основных 6 реках Беларуси, протекающих по территориям, загрязненным в результате аварии на Чернобыльской АЭС: р. Днепр (г. Речица), р. Припять (г. Мозырь), р. Сож (г. Гомель), р. Ипуть (г. Добруш), р. Беседь (д. Светиловичи), р. Нижняя Брагинка (д. Гдень);

- на 6 трансграничных участках рек: р. Словечна (д. Скородное), р. Припять (д. Довляды), р. Днепр (г. Лоев), р. Горынь (д. Речица), р. Стыр (д. Ладорож), р. Сож (д. Коськово), а также на оз. Дрисвяты (д. Пашевичи), которое являлось водоемом-охладителем Игналинской АЭС;

- на 3 водных объектах в районе размещения Белорусской АЭС: р. Виля (д. Быстрица), оз. Нарочь (к. п. Нарочь) и оз. Свирь (п. Свирь).

Наблюдения за радиоактивным загрязнением донных отложений проводились на 9 пунктах наблюдений: Днепр (г. Речица), Припять

(г. Мозырь), Сож (г. Гомель), Ипуть (г. Добруш), Беседь (д. Светиловичи), Нижняя Брагинка (д. Гдень), р. Вилия (д. Быстрица), оз. Нарочь (к. п. Нарочь), оз. Свирь (п. Свирь).

Наблюдаемые параметры – объемная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных водах; удельная активность цезия и стронция в донных отложениях. Периодичность проведения наблюдений за радиоактивным загрязнением поверхностных вод на основных 6 реках и оз. Дрисвяты – 1 раз в квартал, на трансграничных участках рек – 1 раз в год, на водных объектах в районе размещения Белорусской АЭС – 5 раз в год. Донные отложения отбираются 1 раз в год на водных объектах в районе расположения Белорусской АЭС, на остальных пунктах наблюдений – каждые три года.

Радиационный мониторинг подземных вод проводится Минприроды (НПЦ по геологии) на 85 скважинах.

В соответствии с требованиями действующего законодательства в Республике Беларусь запрещено производство и реализация продукции, содержание радионуклидов в которой превышает допустимые уровни. С целью обеспечения выполнения этого требования в стране создана и эффективно действует система радиационного контроля пищевых продуктов, продовольственного и сельскохозяйственного сырья, пищевой и другой продукции леса, производимых на загрязненной радионуклидами территории.

4.1.2. Результаты радиационного мониторинга на территории Республики Беларусь

В последние годы радиационная обстановка на территории республики оставалась стабильной, по результатам радиационного мониторинга атмосферного воздуха не выявлено ни одного случая превышения уровней МД над установившимися многолетними значениями, уровни суммарной бета-активности и содержания ^{137}Cs в пробах атмосферного воздуха соответствовали установившимся многолетним значениям.

Объемная активность ^{137}Cs и ^{90}Sr в поверхностных водах рек хотя и незначительно превышала уровни, наблюдавшиеся до аварии на Чернобыльской АЭС, была значительно ниже референтных уровней ($10\,000\text{ Бк/м}^3$).

Результаты радиационного мониторинга почвы не выявили новых тенденций, связанных с процессами вертикальной миграции радионуклидов в почве. В настоящее время отмечается медленное снижение

уровней МД в основном за счет естественного распада ^{137}Cs и только незначительное снижение за счет заглубления радионуклидов вследствие вертикальной миграции по почвенному профилю.

Радиационный мониторинг атмосферного воздуха. Как и в предыдущие годы, повышенные уровни МД зарегистрированы на пунктах наблюдений г. Брагин и г. Славгород, находящихся в зоне радиоактивного загрязнения. Значения уровней МД в г. Брагине колебались в диапазоне от 0,37 до 0,62 мкЗв/ч, в г. Славгороде – от 0,17 до 0,20 мкЗв/ч, при этом среднегодовые значения МД составляли в г. Брагине – 0,53 мкЗв/ч, в г. Славгороде – 0,19 мкЗв/ч. На остальных пунктах наблюдений МД не превышала уровень естественного гамма-фона (до 0,20 мкЗв/ч).

На рис. 4 представлены среднегодовые значения МД в пунктах наблюдений Гомельской и Могилевской областей, где уровни МД превышали 0,20 мкЗв/ч, за период с 2010 по 2021 г.

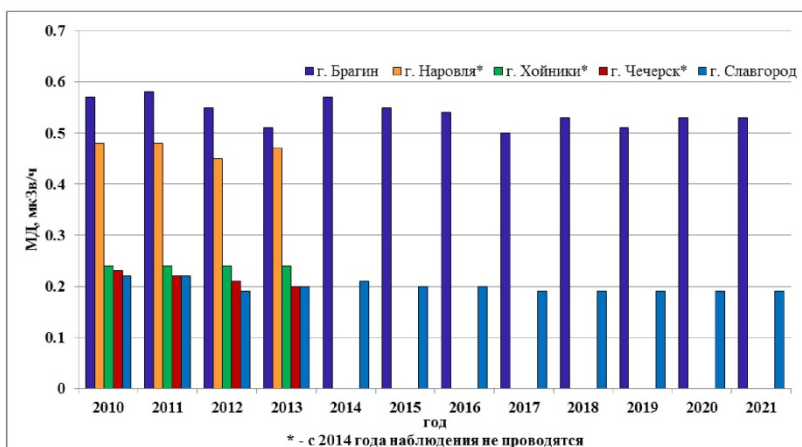


Рис. 4. Среднегодовые значения МД на некоторых пунктах наблюдений Гомельской и Могилевской областей за период с 2010 по 2021 г.

В областных городах Республики Беларусь среднегодовой уровень МД гамма-излучения находится в пределах от 0,10 до 0,12 мкЗв/ч.

Следует отметить, что МД гамма-излучения после аварии на Чернобыльской АЭС постоянно снижается за счет естественного радиоактивного распада ^{137}Cs и процесса его заглубления в почву.

В суточных пробах радиоактивных аэрозолей и выпадений из атмосферы, отобранных в зонах воздействия работающих АЭС, расположенных на территории сопредельных государств, случаев обнаружения короткоживущих изотопов, в том числе ^{131}I , которые являются индикаторами аварийных ситуаций на ядерно опасных объектах, не было.

На рис. 5 представлены среднегодовые значения суммарной бета-активности выпадений из атмосферы на пунктах наблюдений в 2021 г.

Как видно из рис. 5, наибольшие среднегодовые значения суммарной бета-активности в пробах радиоактивных выпадений из атмосферы наблюдались на пунктах наблюдений Могилевской области: г. Горки (2,58 Бк/(м²·сут)), г. Костюковичи (2,45 Бк/(м²·сут)), г. Мстиславль (2,09 Бк/(м²·сут)), а также на пункте наблюдений г. Могилев (1,85 Бк/(м²·сут)).

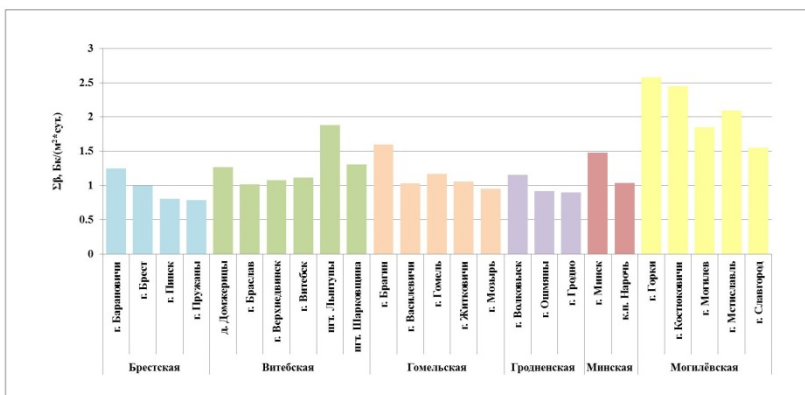


Рис. 5. Средние значения суммарной бета-активности в пробах радиоактивных выпадений из атмосферы на пунктах наблюдений за 2021 г.

Соответственно, на пунктах наблюдений Могилевской области зарегистрированы наиболее высокие среднемесячные уровни суммарной бета-активности в пробах радиоактивных выпадений: в г. Костюковичи (10,8 Бк/(м²·сут) в декабре, 4,4 Бк/(м²·сут) в январе), г. Мстиславль (5,0 Бк/(м²·сут) в декабре) и г. Горки (6,7 Бк/(м²·сут) в декабре).

Более высокие уровни суммарной бета-активности выпадений из атмосферы Могилевской области по сравнению с другими пунктами наблюдений обусловлены строением почв в данном регионе. Уровни суммарной бета-активности зависят от содержания ^{40}K в почве, нали-

чия радононосных тектонических зон с повышенной концентрацией радона, обусловленной присутствием гранитов, сланцев, сиенитов в коренных породах. В связи с этим оценка данного параметра проводится отдельно по каждому пункту наблюдения путем сравнения с результатами предыдущих многолетних наблюдений.

Поскольку значимый вклад в суммарную бета-активность проб атмосферного воздуха вносит естественная радиоактивность (^{40}K , ^{222}Rn и его дочерние радионуклиды), значения этого параметра колеблются в широких пределах.

На рис. 6 представлена многолетняя динамика среднегодовых уровней суммарной бета-активности в пробах выпадений, отобранных на пунктах наблюдений г. Горки, г. Костюковичи, г. Мстиславль и г. Могилев, где в 2021 г. наблюдались наибольшие среднегодовые значения суммарной бета-активности.

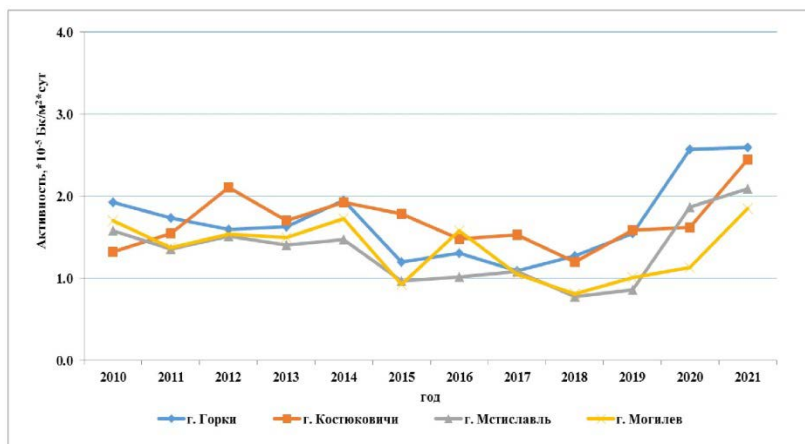


Рис. 6. Динамика среднегодовых уровней суммарной бета-активности в пробах выпадений из атмосферы за период с 2010 по 2021 г.

Данные, представленные на рис. 6, свидетельствуют о том, что уровни суммарной бета-активности выпадений из атмосферы в 2021 г. на пунктах наблюдений соответствовали установившимся многолетним значениям. При этом следует отметить незначительный рост суммарной бета-активности для пунктов наблюдений г. Могилев, г. Мстиславль и г. Костюковичи, которые находятся в 100-километровой зоне воздействия Смоленской АЭС.

На рис. 7 показаны среднемесячные значения суммарной бета-активности в пробах аэрозолей на пунктах наблюдений за 2021 г.

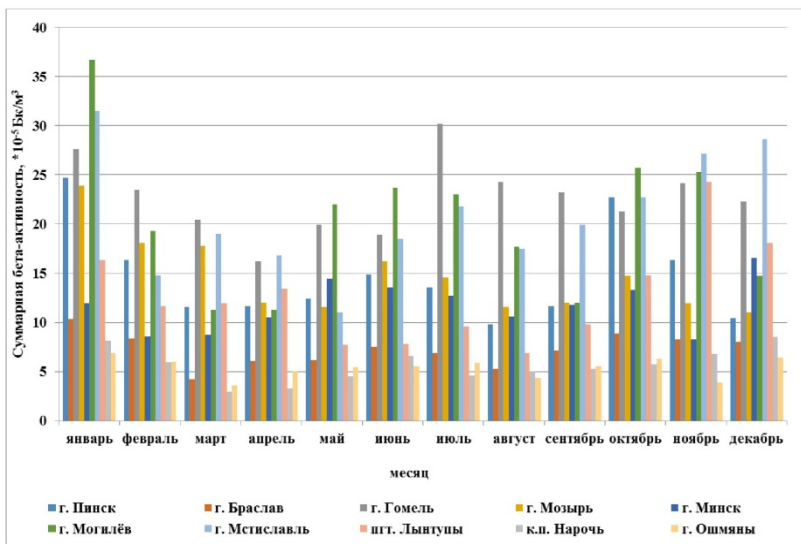


Рис. 7. Среднемесячные значения суммарной бета-активности в пробах аэрозолей на пунктах наблюдений за 2021 г.

Согласно анализу результатов измерений суммарной бета-активности атмосферных аэрозолей в 2021 г. среднемесячные уровни суммарной бета-активности колебались в пределах $2,96 \cdot 10^{-5}$ – $36,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³, что обусловлено вкладом в суммарную бета-активность естественных радионуклидов.

Кроме того, активность радионуклидов в приземном слое атмосферы в значительной степени определяется содержанием пыли в воздухе, т. е. процессами вторичного ветрового подъема, причем выпадение осадков в 3–4 раза снижает активность радиоактивных аэрозолей в атмосферном воздухе.

Наибольшие среднемесячные уровни наблюдались на пунктах наблюдений: г. Могилев ($36,7 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в январе) г. Гомель ($30,2 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в июле) и г. Мстиславль ($31,5 \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ в январе).

На рис. 8 представлена динамика среднегодовых уровней суммарной бета-активности в пробах аэрозолей за 10-летний период наблюдений. Как видно из диаграммы, в 2021 г. наблюдалось некоторое уве-

личение среднегодовых уровней суммарной бета-активности аэрозолей на пунктах наблюдений г. Гомель и г. Мстиславль, где, как правило, фиксируются наибольшие среднегодовые значения, на остальных пунктах наблюдались незначительные колебания этого параметра. В целом уровни суммарной бета-активности аэрозолей в 2021 г. соответствовали установившимся для конкретного пункта наблюдений многолетним значениям.

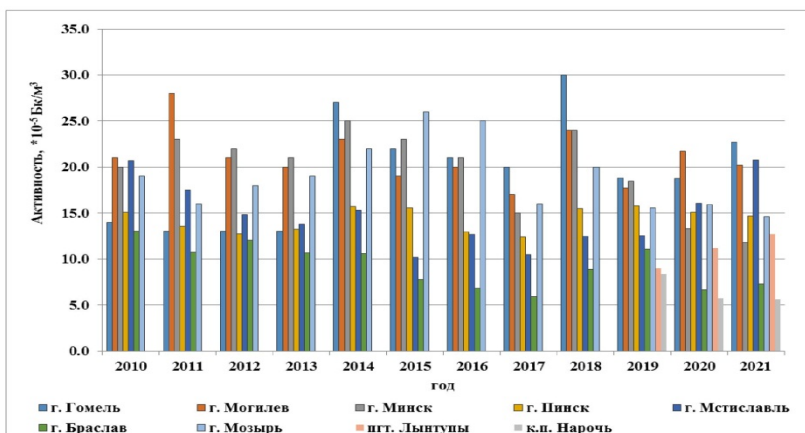


Рис. 8. Динамика среднегодовых уровней суммарной бета-активности в пробах аэрозолей за период с 2010 по 2021 г.

Среднее значение содержания ^{137}Cs в месячных пробах аэрозолей, отобранных в 2021 г. на пунктах наблюдений сети радиационного мониторинга, находилось в диапазоне от $5,4 \cdot 10^{-6}$ до $22,7 \cdot 10^{-6}$ Бк/м³.

На рис. 9 представлена динамика среднегодовых значений объемной активности ^{137}Cs в пробах аэрозолей за период наблюдений с 2010 по 2021 г.

Как видно из рис. 9, за последние 10 лет наблюдалось два максимума среднегодовых значений содержания ^{137}Cs в пробах аэрозолей. В 2011 г. наблюдался максимум почти для всех пунктов наблюдений, обусловленный появлением данного радионуклида в воздухе вследствие аварии на японской АЭС Фукусима-1. Максимум, отмеченный в 2015 г. на пунктах наблюдений г. Мозырь и г. Гомель, обусловлен крупными пожарами, как в Украине, так и на территории зоны отчуждения Республики Беларусь.

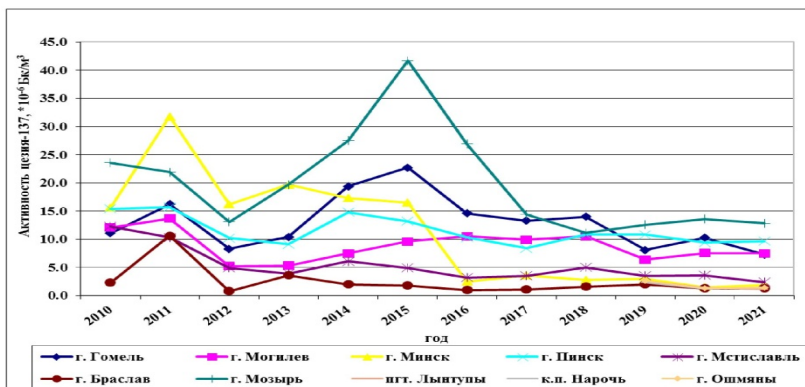


Рис. 9. Динамика среднегодовых значений объемной активности ^{137}Cs в пробах аэрозолей за период наблюдений с 2010 по 2021 г.

В 2021 г. крупных пожаров, способных привести к повышению уровня радиоактивного загрязнения воздуха, не зафиксировано. Содержание ^{137}Cs в аэрозолях приземного слоя атмосферы находилось на уровне установившихся многолетних значений (без учета данных 2011 и 2015 гг.).

Таким образом, значения уровней радиоактивного загрязнения атмосферного воздуха, зафиксированные в 2021 г. на пунктах наблюдений радиационного мониторинга, соответствовали установившимся многолетним значениям и были значительно ниже значений уровней радиационного воздействия, используемых для обеспечения радиационной безопасности.

В районе размещения Белорусской АЭС с 2019 г. функционируют 3 пункта наблюдений радиационного мониторинга атмосферного воздуха (Лынтупы, Нарочь и Ошмяны).

На рис. 10 и 11 показаны среднемесячные значения суммарной бета-активности в пробах естественных выпадений из атмосферы и аэрозолей на пунктах наблюдений, размещенных в районе Белорусской АЭС, за 2021 г.

Данные радиационного мониторинга атмосферного воздуха, подтвержденные данными автоматизированных систем контроля радиационной обстановки в районе размещения Белорусской АЭС, свидетельствуют о том, что запуск первого блока Белорусской АЭС не оказал негативного влияния на радиационную обстановку окружающей среды.

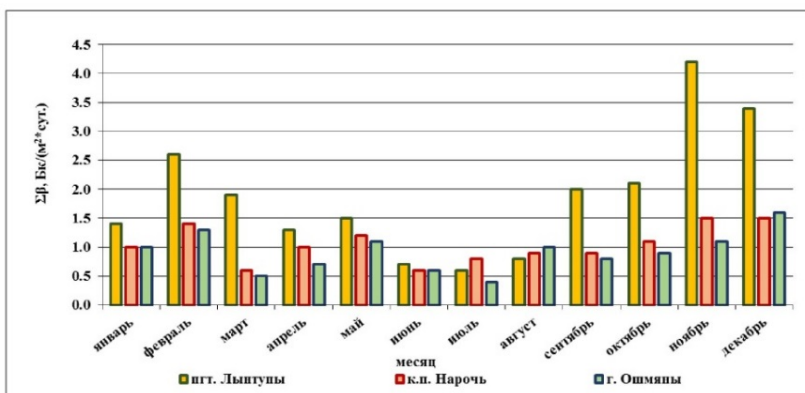


Рис. 10. Среднемесячные значения суммарной бета-активности в пробах радиоактивных выпадений из атмосферы на пунктах наблюдений в районе размещения Белорусской АЭС за 2021 г.

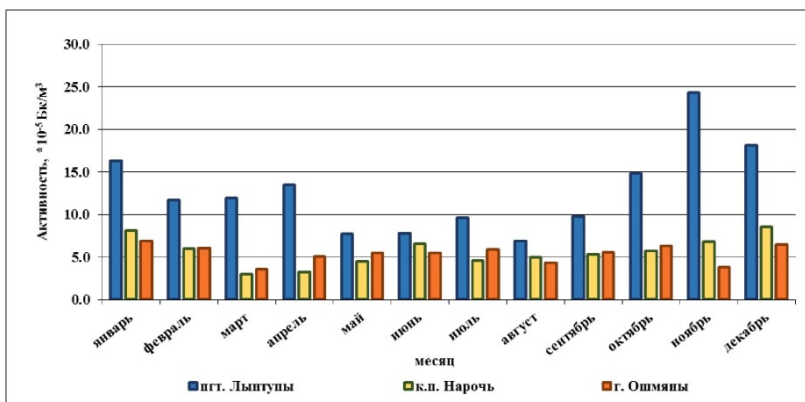


Рис. 11. Среднемесячные значения суммарной бета-активности в пробах аэрозолей на пунктах наблюдений в районе размещения Белорусской АЭС за 2021 г.

Продолжались наблюдения за содержанием естественных радионуклидов в атмосферном воздухе. В среднемесячных значениях проб аэрозолей определялась объемная активность ^7Be и ^{210}Pb . Активности естественных радионуклидов в приземном слое атмосферы также соответствовали многолетним значениям. Содержание ^7Be в атмосферном воздухе на пунктах наблюдений в 2021 г. находилось в диапазоне от

$720 \cdot 10^{-6}$ до $5721 \cdot 10^{-6}$ Бк/м³, ^{210}Pb – от $24,0 \cdot 10^{-6}$ до $944,0 \cdot 10^{-6}$ Бк/м³. Наиболее высокие уровни активности ^7Be фиксировались в июне. Пик объемной активности ^{210}Pb на многих пунктах наблюдений в 2021 г. пришелся на январь и октябрь.

Радиационный мониторинг поверхностных вод. На рис. 12 представлены среднегодовые значения концентраций ^{137}Cs в поверхностных водах за период с 1987 по 2021 г.

В 2021 г. содержание ^{137}Cs в р. Припять (г. Мозырь) находилось в пределах от 2 до 4 Бк/м³, в р. Днепр (г. Речица) – от 2 до 13 Бк/м³, в р. Сож (г. Гомель) – от 2 до 321 Бк/м³, в р. Ипуть (г. Добруш) – от 4 до 36 Бк/м³, в р. Беседь (д. Светиловичи) – от 4 до 34 Бк/м³.

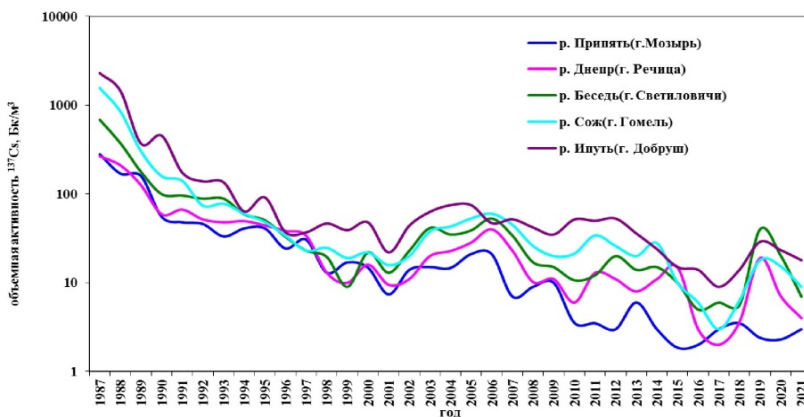


Рис. 12. Динамика среднегодовых концентраций ^{137}Cs в воде контролируемых рек за период с 1987 по 2021 г.

Содержание ^{90}Sr в 2021 г. в р. Припять (г. Мозырь) находилось в пределах от 4 до 18 Бк/м³, в р. Днепр (г. Речица) – от 2 до 18 Бк/м³, в р. Сож (г. Гомель) – от 15 до 33 Бк/м³, в р. Ипуть (г. Добруш) – от 11 до 62 Бк/м³, в р. Беседь (д. Светиловичи) – от 21 до 34 Бк/м³.

Анализ данных по динамике уровней радиоактивного загрязнения воды в контролируемых реках показал, что среднегодовые концентрации радионуклидов в период с 1987 по 2021 г. находились ниже референтных уровней.

На рис. 13 представлены среднегодовые концентрации ^{90}Sr в поверхностных водах за период с 1990 по 2021 г.

Как видно из рис. 13, до 2006 г. среднегодовые концентрации ^{90}Sr в поверхностных водах стабильно снижались, после 2006 г. можно гово-

речь об их стабилизации, несмотря на довольно значительные флуктуации, обусловленные тем, что концентрации этого радионуклида в поверхностных водах напрямую зависят от водности года. Поскольку ^{90}Sr в почве находится в основном в ионообменной форме, его смыв талыми и дождевыми водами с водосбора происходит в растворенном состоянии, заметно усиливаясь во время паводков. В годы, характеризующиеся повышенной водностью, как правило, наблюдается увеличение объемной активности ^{90}Sr в воде. Так и в 2021 г. отмечался всплеск активности этого радионуклида в поверхностных водах в связи с паводками.

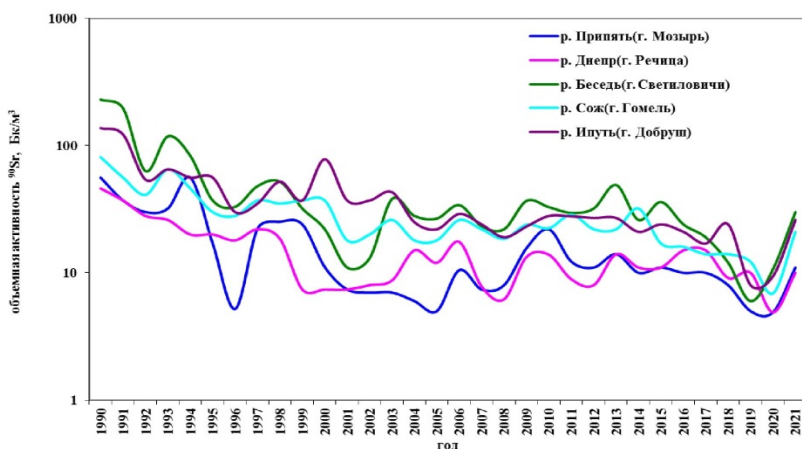


Рис. 13. Динамика среднегодовых концентраций ^{90}Sr в поверхностных водах рек Беларуси за период с 1990 по 2021 г.

В воде р. Нижняя Брагинка, водосбор которой частично находится на территории зоны отчуждения Чернобыльской АЭС, уровни радиоактивного загрязнения значительно выше, чем на остальных реках: концентрации ^{137}Cs в 2021 г. достигали 611 Бк/м^3 , ^{90}Sr – 882 Бк/м^3 . Таким образом, значения объемной активности этих радионуклидов в поверхностных водах реки были сопоставимы со значениями референтных уровней для питьевой воды, предусмотренными Гигиеническим нормативом, однако не превышали их.

В 2021 г. в воде водных объектов, находящихся в зонах воздействия работающих атомных электростанций, расположенных на территориях сопредельных государств, «свежих» радиоактивных изотопов, в том числе ^{131}I , не обнаружено.

Радиационный мониторинг почвы на ненарушенных участках, не подвергавшихся техногенному воздействию после аварии на Чернобыльской АЭС. В 2021 г. проведено обследование ЛГХП (Быстрица, Кемелишки, Гудогай и Свирь), расположенных в районе размещения Белорусской АЭС, где периодичность наблюдений составляет один раз в год. Информация о географической привязке, описания ландшафтно-геохимических условий и типов почв ЛГХП приведены в табл. 18.

Таблица 18. Характеристика обследованных ЛГХП

Характеристика	Почвенный разрез			
	ЛГХП Быстрица	ЛГХП Кемелишки	ЛГХП Гудогай	ЛГХП Свирь
Привязка к населенному пункту	д. Быстрица, Островецкий р-н	д. Кемелишки, Островецкий р-н	д. Гудогай, Островецкий р-н	п. Свирь, Мядельский р-н
Ландшафт	Долина с плоской поймой, локальными террасами, злаковыми лугами	Средневысотный водно-ледниковый с озерами, с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей, волнистый, выборочно распаханый	Возвышенный с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей, средне-холмистый с сосновыми лесами	Возвышенный с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей, средне-холмистый с сосновыми лесами
Тип почвы	Дерново-перегнойно-глебоватая, развивающаяся на рыхлом песчаном аллювии	Дерново-подзолистая с признаками избыточного увлажнения, суглинистая	Дерново-подзолистая, развивающаяся на связанных мелкозернистых песках	Дерново-подзолистая супесчаная

Фактическое распределение активности радионуклидов по вертикальному профилю почв данных ЛГХП в 2021 г. представлено на рис. 14, 15.

Анализ фактического распределения ^{137}Cs по профилю почв (рис. 14) позволяет предположить, что территория ЛГХП Кемелишки подвергалась механической обработке, поскольку вертикальное распределение радионуклидов носит относительно равномерный характер. На остальных ЛГХП вертикальное распределение ^{137}Cs имеет выраженный максимум на глубине 2–4 см, основной запас этого радионуклида сосредоточен в верхнем 4-сантиметровом слое почвы и составляет около 80 %.

Распределение в почвах ЛГХП ^{90}Sr носит более равномерный характер (рис. 15); разница между максимальным и минимальным значением содержания ^{90}Sr в слоях почвы незначительная и сопоставима с погрешностью метода определения содержания этого радионуклида.

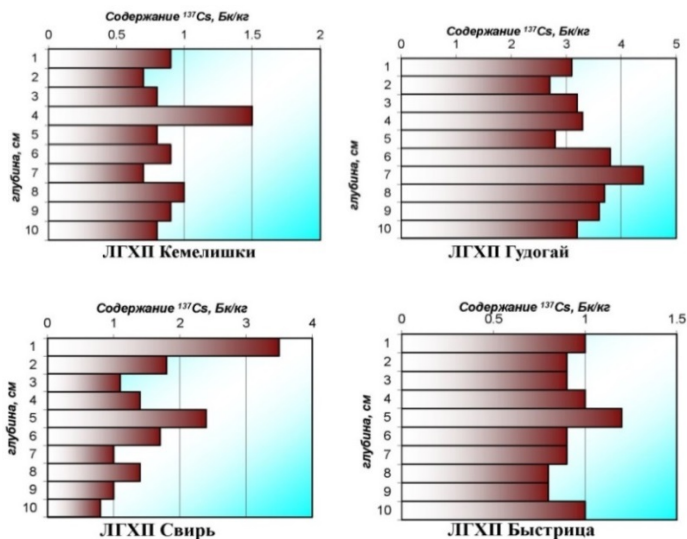


Рис. 14. Фактическое распределение ^{137}Cs по вертикальному профилю почв на ЛГХП, размещенных в районе расположения Белорусской АЭС

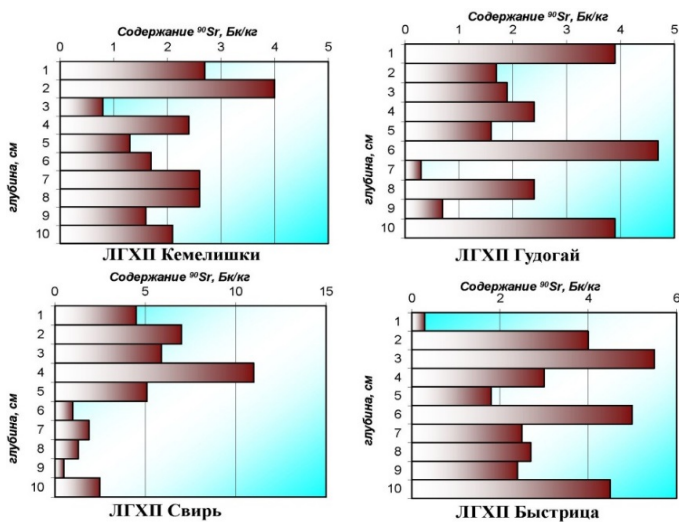


Рис. 15. Фактическое распределение ^{90}Sr по вертикальному профилю почв на ЛГХП, размещенных в районе расположения Белорусской АЭС

Исключение составляет ЛГХП Свирь, где, так же как и для ^{137}Cs , наблюдается максимум нахождения этого радионуклида на глубине 11 см. Более высокая скорость миграции и водорастворимые формы нахождения ^{90}Sr обусловили более интенсивное проникновение его вглубь почвы.

Уровни радиоактивного загрязнения почв на ЛГХП, расположенных в районе размещения Белорусской АЭС, соответствуют уровню глобальных выпадений, обусловленных испытаниями ядерного оружия в середине прошлого века.

Результаты наблюдений за интенсивностью вертикальной миграции радионуклидов по профилю почв на ЛГХП, расположенных в районе размещения Белорусской АЭС на территориях, не относящихся к радиоактивно загрязненным, подтверждают тенденцию замедления скорости миграции и доминирующую роль диффузионных процессов в перераспределении радионуклидов по вертикальному профилю почв.

Данные о фактическом распределении радионуклидов по профилю почв ЛГХП, расположенных в районе размещения Белорусской АЭС, будут использоваться для оценки влияния АЭС на окружающую среду в период ее эксплуатации.

Прогноз. Радиационная обстановка на территории Республики Беларусь будет постепенно улучшаться, причем основным фактором, обуславливающим динамику положительных изменений, является естественный радиоактивный распад, поскольку влияние природно-климатических факторов на естественную деконтаминацию территории республики очень незначительно. Сток радионуклидов с водосборных территорий и вынос их речной сетью через контролируемые створы оценивается от сотых до пяти десятых процента по отношению к естественному распаду. Заглубление радионуклидов вследствие вертикальной миграции существенно влияло на радиационную обстановку в первые несколько лет после катастрофы на Чернобыльской АЭС, однако в начале 2000-х гг. четко обозначилась тенденция снижения скоростей миграции радионуклидов, особенно в полугидроморфных и гидроморфных почвах, где изначально они были выше. Наличие геохимических барьеров (мощных слоев дернины, перегнойных горизонтов, прослойки глинистых минералов) обуславливает низкую интенсивность миграционных процессов. Основная доля радионуклидов находится в верхнем корнеобитаемом слое почвы.

Поскольку доминирующим механизмом вертикальной миграции в настоящее время является диффузия, можно предположить, что коли-

чественные параметры миграции останутся на том же уровне, что и последние 10 лет.

Ухудшение радиационной обстановки в связи с вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС не прогнозируется.

4.2. Радиационный контроль природной среды и сельскохозяйственной продукции

Радиационный контроль на территории Республики Беларусь осуществляется в целях ограничения и минимизации последствий облучения населения республики от загрязнения окружающей среды радиоактивными веществами в результате аварии на Чернобыльской АЭС и выбросов АЭС сопредельных государств. Под **радиационным контролем** понимается комплекс административных, организационно-технических, санитарно-гигиенических мероприятий и правовых мер, направленных на снижение воздействия на население и другие категории облучаемых лиц радиационного фактора.

Нормативными документами, регламентирующими порядок проведения радиационного контроля в Республике Беларусь, являются:

- постановление Совета Министров Республики Беларусь от 20 февраля 2020 г. № 102 «О контроле радиоактивного загрязнения»;

- Правила контроля радиоактивного загрязнения, обеспечиваемого Министерством сельского хозяйства и продовольствия, утвержденные постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 19 мая 2022 г. № 49;

- Правила контроля радиоактивного загрязнения в системе Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь, утвержденные приказом Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь от 3 февраля 2017 г. № 36: с изменениями и дополнениями от 24 марта 2020 г. № 53.

Основной задачей радиационного контроля является получение объективных данных о радиационной обстановке. Задача решается путем наблюдения и оценки уровня радиоактивного загрязнения компонентов природы и биологических объектов с целью предупреждения возможных последствий для здоровья человека, а также путем выявления закономерностей пространственно-временной миграции радионуклидов в биологических звеньях и составления прогноза возможных уровней радиоактивного загрязнения.

Контроль за дозами облучения человека (внешними и внутренними) является неотъемлемой частью системы радиационного контроля.

Измеряемыми параметрами объектов радиационного контроля являются следующие:

1) мощность дозы гамма-излучения и плотность потока частиц – для внешнего облучения;

2) концентрация радионуклидов в объектах контроля (вода, воздух, почва, продукты питания, организм человека и др.) – для внутреннего облучения.

Оценка результатов радиационного контроля производится путем сравнения результатов измерений и расчетов с системой республиканских нормативов:

- Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99);

- Республиканские допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственном сырье и кормах;

- Республиканские допустимые уровни содержания ^{137}Cs и в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей непищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001);

- допустимые уровни содержания ^{137}Cs и в меде, лекарственно-техническом сырье и др.

При радиационном контроле продукции, идущей на экспорт, производится сравнение результатов измерений с допустимыми уровнями радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr , приведенными в приложении 4 к техническому регламенту Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011).

Радиационный контроль осуществляется в три этапа:

1) при производстве продукции;

2) при переработке продукции;

3) при реализации продукции.

Система контроля радиоактивного загрязнения функционирует на республиканском, ведомственном и производственном уровнях.

Функционирование системы контроля радиоактивного загрязнения на **республиканском уровне** обеспечивается: Министерством по чрезвычайным ситуациям; Министерством здравоохранения; Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды; Государственным комитетом по стандартизации.

Министерством по чрезвычайным ситуациям осуществляются:

- координация деятельности по обеспечению функционирования системы контроля радиоактивного загрязнения;

- согласование технических нормативных правовых актов и других документов в области контроля радиоактивного загрязнения;

- согласование планов радиационного обследования сельскохозяйственных земель, земельных участков, находящихся в пользовании, аренде организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств;

- организация обследования территорий населенных пунктов и объектов в рамках государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, координация деятельности по контролю радиоактивного загрязнения и финансированию соответствующих мероприятий в рамках государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС.

Министерством здравоохранения обеспечиваются:

- оценка эффективных доз облучения населения и контроль индивидуальных доз облучения граждан, обусловленных катастрофой на Чернобыльской АЭС;

- контроль радиоактивного загрязнения пищевых продуктов, производимых гражданами для собственного потребления, а также дикорастущих растений и (или) их частей, продукции охоты и рыболовства, используемых гражданами для собственного потребления. Данный контроль осуществляется за счет средств, предусмотренных на содержание бюджетных организаций.

Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды обеспечиваются:

- оценка радиационной обстановки на территории Республики Беларусь по контролируемым параметрам и ее методическое обеспечение;

- контроль радиоактивного загрязнения территорий, населенных пунктов и объектов, находящихся в зонах радиоактивного загрязнения; ведение базы данных по результатам данного контроля.

Государственным комитетом по стандартизации:

- обеспечивается государственный метрологический надзор, включающий надзор за применением средств измерений и стандартных образцов, методик и методов измерений;

- обеспечивается аккредитация подразделений радиационного контроля;

- утверждаются правила оценки качества выполнения измерений подразделениями радиационного контроля.

Функционирование системы контроля радиоактивного загрязнения на **ведомственном уровне** обеспечивается: Министерством сельского хозяйства и продовольствия; Министерством лесного хозяйства; Министерством жилищно-коммунального хозяйства; Министерством энергетики; Белорусским республиканским союзом потребителей; другими республиканскими органами государственного

управления и иными государственными организациями, подчиненными Правительству Республики Беларусь, обеспечивающими контроль радиоактивного загрязнения.

Министерством сельского хозяйства и продовольствия:

- составляются планы радиационного обследования сельскохозяйственных земель, земельных участков, находящихся в пользовании, аренде организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств;

- обеспечивается контроль радиоактивного загрязнения:

- почв сельскохозяйственных земель, земельных участков, находящихся в пользовании, аренде организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств;

- живых животных (крупный рогатый скот), продуктов животного и растительного происхождения, кормов, сырья, производимых сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами;

- продуктов животного и растительного происхождения, в том числе дикорастущих грибов и ягод, мяса диких животных, реализуемых на рынках.

Министерством лесного хозяйства обеспечивается контроль радиоактивного загрязнения лесного фонда, лесной продукции.

Министерством жилищно-коммунального хозяйства обеспечивается контроль радиоактивного загрязнения питьевой воды и объектов жилищно-коммунального хозяйства, в том числе зольных отходов.

Министерством энергетики обеспечивается контроль радиоактивного загрязнения местных видов топлива, используемых организациями, входящими в его систему, а также образующихся от них зольных отходов.

Белорусским республиканским союзом потребительских обществ обеспечивается контроль радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции, пищевых продуктов, заготавливаемых перерабатывающими организациями, учредителем которых он является либо которые входят в его состав (систему), и производимой ими продукции.

Контроль радиоактивного загрязнения на ведомственном уровне осуществляется на основе правил контроля радиоактивного загрязнения. В правилах контроля радиоактивного загрязнения определяются: объекты контроля радиоактивного загрязнения; периодичность контроля радиоактивного загрязнения; объем контроля радиоактивного загрязнения, в том числе в зависимости от территории радиоактивного загрязнения и объекта контроля радиоактивного загрязнения; иные требования к порядку проведения контроля радиоактивного загрязне-

ния с учетом радиационной обстановки на территории сырьевых зон, ранее полученных данных контроля радиоактивного загрязнения, специфики технологий производства и других факторов.

Функционирование системы контроля радиоактивного загрязнения на **производственном уровне** обеспечивается: организациями, индивидуальными предпринимателями и иными гражданами, осуществляющими производство, заготовку (закупку) и переработку в целях реализации, а также реализацию сельскохозяйственной продукции, пищевых продуктов и лесной продукции.

Контроль радиоактивного загрязнения на производственном уровне осуществляется на основе схем радиационного контроля, разрабатываемых подразделением радиационного контроля и утверждаемых руководителем организации, в составе которой создано подразделение радиационного контроля, и (или) заказчиком по договору на проведение контроля радиоактивного загрязнения. В схемах радиационного контроля определяются:

- перечень объектов контроля радиоактивного загрязнения;
- перечень контролируемых параметров;
- объемы контроля;
- технические нормативные правовые акты, устанавливающие требования к объектам контроля радиоактивного загрязнения;
- используемые средства измерений и методики их выполнения;
- перечень должностных лиц, ответственных за организацию и проведение контроля радиоактивного загрязнения, включая руководителя организации.

Схемы радиационного контроля разрабатываются на основании Положения о контроле радиоактивного загрязнения, ведомственных правил контроля радиоактивного загрязнения, обязательных для соблюдения технических нормативных правовых актов в области контроля радиоактивного загрязнения.

Схемы радиационного контроля подлежат согласованию с головными ведомственными подразделениями радиационного контроля, при их отсутствии – с вышестоящими организациями.

Допускается оформление схемы радиационного контроля путем ее включения в документы, регламентирующие производственный контроль, в том числе в программы производственного контроля.

На территории радиоактивного загрязнения радиационный контроль осуществляется в большем объеме, чем на территории, не подвергшейся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС.

К проведению контроля радиоактивного загрязнения допускаются работники, прошедшие в установленном законодательством порядке обучение (повышение квалификации) в сфере осуществления контроля радиоактивного загрязнения.

Контролю радиоактивного загрязнения подлежат объекты контроля радиоактивного загрязнения, для которых установлены допустимые уровни контролируемых параметров, в том числе сырье и продукция при заготовке, производстве и реализации на рынках.

Продукция, произведенная на территории радиоактивного загрязнения и подлежащая реализации, в обязательном порядке подлежит контролю радиоактивного загрязнения и сопровождается документом, подтверждающим соответствие содержания в ней радионуклидов допустимым уровням.

Организации и индивидуальные предприниматели, заготавливающие, перерабатывающие, использующие и реализующие местные виды топлива, в том числе топливную щепу, отходы деревопереработки, обеспечивают контроль радиоактивного загрязнения топлива и зольных отходов.

Контролю радиоактивного загрязнения подлежит каждая партия дикорастущих ягод и грибов, мяса диких животных, произведенная (заготовленная) на всей территории Республики Беларусь.

Контроль радиоактивного загрязнения отдельных видов дикорастущих грибов и ягод, экспортируемых в страны – участницы Европейского союза, осуществляется в порядке, установленном для оформления и выдачи экспортных сертификатов на сельскохозяйственную продукцию (для дикорастущих грибов и ягод).

Оценка соответствия продукции, которая подлежит реализации, требованиям радиационной безопасности производится путем сравнения суммы измеренного значения и значения оцененной неопределенности или погрешности результата измерения с допустимыми уровнями.

4.2.1. Система радиационного контроля Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь

Радиационный контроль осуществляют:

1. Государственная ветеринарная служба (продукция животноводства, производимая в общественном секторе и фермерских хозяйствах, в том числе реализуемая на экспорт; рационы кормления животных; продукция, реализуемая на рынках).

Подразделения радиационного контроля областных ветеринарных лабораторий осуществляют контроль радиоактивного загрязнения

радионуклидом ^{90}Sr молока сырого один раз в два года на каждой молочно-товарной ферме сельскохозяйственных организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, расположенных на земельных участках с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{90}Sr от $0,15 \text{ Ки/км}^2$ и более.

Подразделения радиационного контроля районных ветеринарных станций и межрайонных ветеринарных лабораторий осуществляют контроль радиоактивного загрязнения радионуклидом ^{137}Cs :

- мышечной ткани живых животных (крупного рогатого скота), выращенных сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, расположенными на земельных участках с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{137}Cs от 1 Ки/км^2 и более, перед поставкой его на убой;

- молока сырого и кормов, используемых для кормления живых животных (крупного рогатого скота), в каждой сельскохозяйственной организации, крестьянском (фермерском) хозяйстве дважды в год (в пастбищный и зимне-стойловый периоды).

В отношении кормов в период заготовки, произведенных на сельскохозяйственных землях с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{137}Cs от 1 Ки/км^2 и более, подразделениями радиационного контроля районных ветеринарных станций и межрайонных ветеринарных лабораторий осуществляется выборочный контроль радиоактивного загрязнения один раз в год. В случае выявления несоответствия кормов в период заготовки показателям радиационного контроля по содержанию радионуклида ^{137}Cs контроль радиоактивного загрязнения каждой партии кормов, произведенной сельскохозяйственной организацией, крестьянским (фермерским) хозяйством, где выявлено превышение, осуществляется на протяжении двух лет с момента обнаружения.

Выборочный контроль радиоактивного загрязнения зерна и кормов в период заготовки, произведенных на землях, не подвергшихся радиоактивному загрязнению, подразделениями радиационного контроля районных ветеринарных станций и межрайонных ветеринарных лабораторий осуществляется один раз в два года.

Подразделения радиационного контроля районных, городских (городов областного и районного подчинения), районных в городах ветеринарных станций, имеющих лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы, осуществляют контроль радиоактивного загрязнения радионуклидом ^{137}Cs каждой партии продуктов животного и растительного происхождения, в том числе дикорастущих грибов и ягод, мяса диких животных, реализуемых на рынках.

2. Агрохимическая служба (почва сельскохозяйственных и лесных угодий сельхозорганизаций и фермерских хозяйств; продукция растениеводства, в том числе корма; торф, применяемый в качестве удобрений).

Контроль радиоактивного загрязнения почв сельскохозяйственных земель проводится одновременно с их почвенно-агрохимическим обследованием один раз в четыре года согласно плану.

Перед уборкой урожая зерна и картофеля контроль радиоактивного загрязнения ^{90}Sr осуществляется в отношении:

- зерна, произведенного на сельскохозяйственных землях с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{90}Sr от 0,15 до 0,3 Ки/км²;
- картофеля, произведенного на сельскохозяйственных землях с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{90}Sr от 0,15 Ки/км² и более.

3. Радиологические посты и лаборатории перерабатывающих предприятий (сырье, поступающее на переработку, готовая продукция).

Подразделения радиационного контроля организаций, осуществляющих переработку зерна, проводят его выборочный контроль радиоактивного загрязнения:

- радионуклидом ^{137}Cs – не менее одного раза в месяц от каждого поставщика в случае производства зерна на сельскохозяйственных землях с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{137}Cs от 1 Ки/км² и более;

- радионуклидом ^{90}Sr – не менее одного раза в год от каждого поставщика в случае производства зерна на сельскохозяйственных землях с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{90}Sr от 0,15 Ки/км² и более.

Подразделения радиационного контроля организаций, осуществляющих переработку (или производство и переработку) сырья растительного происхождения, произведенного сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, расположенными на земельных участках с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{137}Cs от 1 Ки/км² и более, проводят выборочный контроль радиоактивного загрязнения каждого вида сырья растительного происхождения от каждого поставщика:

- радионуклидом ^{137}Cs – не менее одного раза в квартал в случае производства сырья на сельскохозяйственных землях с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{137}Cs от 1 Ки/км² и более;

- радионуклидом ^{90}Sr – не менее одного раза в год в случае производства сырья на сельскохозяйственных землях с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{90}Sr от 0,15 Ки/км² и более.

Подразделения радиационного контроля организаций, осуществляющих переработку (или производство и переработку) сырья животного происхождения, произведенного сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, расположенными на земельных участках с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{137}Cs от 1 Ки/км² и более, проводят контроль радиоактивного загрязнения радионуклидом ^{137}Cs :

- молока сырого, мяса и мясных субпродуктов одной из партий каждого поставщика в день поставки;

- мышечной ткани живых животных (крупного рогатого скота) до убоя.

Подразделения радиационного контроля организаций, осуществляющих переработку или производство и переработку молока сырого, проводят выборочный контроль радиоактивного загрязнения молока сырого радионуклидом ^{90}Sr не менее двух раз в год (в пастбищный и зимне-стойловый периоды) от каждого поставщика в случае производства молока сырого сельскохозяйственными организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, расположенными на земельных участках с плотностью загрязнения почв радионуклидом ^{90}Sr от 0,15 Ки/км² и более.

Контроль радиоактивного загрязнения радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr товарной рыбы, выращенной сельскохозяйственными организациями в водоемах, расположенных в границах земельных участков с плотностью загрязнения почв радионуклидами ^{137}Cs от 1 Ки/км² и более и (или) ^{90}Sr от 0,15 Ки/км² и более, осуществляется подразделениями радиационного контроля организаций, осуществляющих ее производство и переработку.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агеец, В. Ю. Система радиоэкологических контрмер в агрофере Беларуси / В. Ю. Агеец. – Минск, 2001. – 250 с.
2. Анненков, Б. Н. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. Н. Анненков, Е. В. Юдинцева. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 287 с.
3. Анненков, Б. Н. Ведение сельского хозяйства в районах радиоактивного загрязнения (радионуклиды в продуктах питания) / Б. Н. Анненков, В. С. Аверин. – Минск: Прописки, 2003. – 111 с.
4. Обеспечение безопасного проживания и ведения хозяйственной деятельности на радиоактивно загрязненных территориях Российской Федерации (зона влияния ПО «Маяк»): МР 2.6.1.0051-11 / Науч.-исслед. ин-т радиац. гигиены им. проф. П. В. Рамзаева, Центр гигиены и эпидемиологии в Челябин. обл. – Москва: Федер. центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 36 с.
5. Основы сельскохозяйственной радиологии / под ред. Б. С. Пристера. – Киев: Урожай, 1988. – 256 с.
6. Переволоцкий, А. Н. Распределение цезия-137 и стронция-90 в лесных биогеоценозах / А. Н. Переволоцкий. – Гомель: Ин-т радиологии, 2006. – 255 с.
7. Правила ведения лесного хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС [Электронный ресурс]: утв. постановлением М-ва лес. хоз-ва Респ. Беларусь от 27 дек. 2016 г. № 86: в ред. постановления Минлесхоза от 12.05.2021 № 7 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2024.
8. Путятин, Ю. В. Минимизация поступления радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в растениеводческую продукцию / Ю. В. Путятин. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 268 с.
9. Рекомендации по безопасному проживанию и ведению личного подсобного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории / В. Ю. Агеец [и др.]; Ком. по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. – Гомель: Ин-т радиологии, 2003. – 100 с.
10. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2003–2005 гг. / И. М. Богdevич [и др.]; Ком. по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС. – Минск, 2003. – 73 с.
11. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2012–2016 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]; Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, Ин-т радиологии. – Минск, 2012. – 123 с.
12. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Н. Н. Цыбулько [и др.]; М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. – 142 с.
13. Руководство по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 1997–2000 гг. / под ред. И. М. Богdevича. – Минск, 1997. – 76 с.
14. Сельскохозяйственная радиоэкология / под ред. Р. М. Алексахина. – Москва: Экология, 1992. – 400 с.
15. Сироткин, А. Н. Радиоэкология сельскохозяйственных животных / А. Н. Сироткин, Р. Г. Ильязов. – Казань: Фэн, 2000. – 384 с.

16. Фокин, А. Д. Сельскохозяйственная радиология: учеб. / А. Д. Фокин, А. А. Лурье, С. П. Торшин. – Москва: Дрофа, 2005. – 367 с.
17. Чернуха, Г. А. Радиационная безопасность: учеб. пособие / Г. А. Чернуха, Н. В. Лазаревич, Т. В. Лаломова. – Минск: ИВЦ Минфина, 2006. – 232 с.
18. Чернуха, Г. А. Агропромышленное производство в условиях радиоактивного загрязнения: лекция / Г. А. Чернуха, Н. В. Лазаревич. – Горки: БГСХА, 2005. – 58 с.
19. Чистик, О. В. Ведение сельскохозяйственного производства на землях, загрязненных радионуклидами: учеб.-метод. пособие / О. В. Чистик, С. Е. Головатый, С. С. Позняк. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2008. – 208 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99)*

№ п/п	Наименование продукта	Бк/кг, Бк/л
Для ^{137}Cs		
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 ^{90}Sr		
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

*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)».

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.

Приложение 2

Республиканские допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственном сырье и кормах

Для переработки на пищевые цели допускается прием на перерабатывающие предприятия:

Продукция	Содержание, Бк/кг	
	^{137}Cs	^{90}Sr
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

Примечание. Допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в сельскохозяйственном сырье и кормах вводятся на срок действия РДУ-99.

Приложение 3

Республиканские допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в различных видах кормов для получения различных видов конечной продукции

Виды кормов	Содержание, Бк/кг				
	^{137}Cs			^{90}Sr	
	Молоко цельное*	Молоко-сырье для переработки на масло	Мясо (заключительный откорм)	Молоко цельное	Молоко-сырье для переработки на масло
1	2	3	4	5	6
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

1	2	3	4	5	6
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 4

**Допустимые уровни радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr
(приложение 4 к техническому регламенту Таможенного союза
ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»)**

№ п/п	Группы продуктов питания	Удельная активность ^{137}Cs , Бк/кг (л)	Удельная активность ^{90}Sr , Бк/кг (л)
1	2	3	4
1	Мясо, мясная продукция и субпродукты	200	–
2	Оленина, мясо диких животных	300	–
3	Рыба и рыбные продукты	130	100
4	Рыба сушеная и вяленая	260	–
5	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 топлёной смеси, концентратов молочных белков, лактулозы, сахара молочного, казеина, казеинатов, гидролизатов молочных белков)	100	25
6	Концентраты молочных белков, лактулоза, сахар молочный, казеин, казеинаты, гидролизаты молочных белков	300	80
7	Продукты переработки молока сухие, сублимированные	500	200
8	Сыры и сырные продукты	50	100
9	Продукты переработки молока концентрированные, сгущенные; консервы молочные, молочные составные, молокосодержащие	300	100
10	Масло, паста масляная из коровьего молока, молочный жир	200 (для молочного жира 100)	60 (для молочного жира 80)

1	2	3	4
11	Сливочно-растительный спред, сливочно-растительная топленая смесь	100	80
12	Питательные среды сухие на молочной основе	160	80
13	Овощи, корнеплоды, включая картофель	80 (600*)	40 (200*)
14	Хлеб и хлебобулочные изделия	40	20
15	Мука, крупы, хлопья, макаронные изделия	60	–
16	Дикорастущие ягоды и консервированные продукты из них	160 (800*)	–
17	Грибы свежие	500	–
18	Грибы сушеные	2500	–
19	Специализированные продукты детского питания в готовом для употребления виде*	40	25
20	Масла растительные	40	80
21	Масла (жиры) перезтерифицированные 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
22	Спреды растительно-сливочные, смеси топленые растительно-сливочные	100	80

*Допустимый уровень в сухом продукте.

Примечание. Для сублимированных продуктов удельная активность определяется в восстановленном продукте.

Приложение 5

Допустимые уровни содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в кормах, кормовых добавках и сырье для производства комбикормов*

Виды кормов	Содержание, Бк/кг				
	^{137}Cs			^{90}Sr	
1	2	3	4	5	6
Сено	1300	1850	1300	260	1300
Солома	330	900	700	185	900
Сенаж	500	900	500	100	500
Силос	240	600	240	50	250

1	2	3	4	5	6
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), заменители молочных продуктов	600	–	–	–	–
Прочие виды кормов	900	–	–	–	–
Комбикорма для рыбы	200			140	
Корма для пушных зверей	200			140	
Корма для непродуктивных животных (собаки, кошки, декоративные птицы, аквариумные рыбки и др.)	600			100	

*Утверждены постановлением Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 10 февраля 2011 г. № 10 «Об утверждении Ветеринарно-санитарных правил обеспечения безопасности в ветеринарно-санитарном отношении кормов и кормовых добавок» (в редакции постановлений Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь от 20 мая 2011 г. № 33; от 28 июля 2011 г. № 49; от 10 сентября 2014 г. № 48; от 10 июня 2016 г. № 23; от 5 февраля 2018 г. № 9; от 16 февраля 2018 г. № 16; от 23 февраля 2018 г. № 33).

Примечания: 1. Для кормления коров, молоко от которых используется в виде цельного молока, для изготовления сыров и творога, а также для откорма свиней и птицы.
 2. Для кормления коров, молоко от которых используется для изготовления масла.
 3. Для кормления крупного рогатого скота при заключительном откорме.
 4. Для кормления коров, молоко от которых используется в виде цельного молока, для изготовления сыров и творога.

Приложение 6

Предельно допустимые плотности загрязнения торфяно-болотных почв ^{137}Cs для выращивания сеяной многолетней злаковой травосмеси, кБк/м² (Ки/км²)

Мощность торфяного слоя почвы	Содержание K ₂ O, мг/кг почвы			
	200	201–400	401–600	601–1000
1	2	3	4	5
Для получения молока цельного				
Сено (влажность – 16 %)				
Менее 1 м	170,2 (4,6)	333,0 (9,0)	499,5 (13,5)	721,5 (19,5)
Более 1 м	270,1 (7,3)	721,5 (19,5)	Ограничений нет	
Зеленая масса (влажность – 82 %)				
Менее 1 м	103,6 (2,8)	207,2 (5,6)	273,8 (7,4)	410,7 (11,1)
Более 1 м	166,5 (4,5)	410,7 (11,1)	1269,1 (34,3)	Ограничений нет

1	2	3	4	5
Для получения молока-сырья				
Сено (влажность – 16 %)				
Менее 1 м	244,2 (6,6)	473,6 (12,8)	710,4 (19,2)	(27,8)
Зеленая масса (влажность 82 %)				
Менее 1 м	373,7 (10,1)	751,1 (20,3)	999,0 (27,0)	Ограничений нет
Более 1 м	599,4 (16,2)		Ограничений нет	
Для заключительного откорма крупного рогатого скота				
Сено (влажность – 16 %)				
Менее 1 м	170,2 (4,6)	333,0 (9,0)	499,5 (13,5)	721,5 (19,5)
Более 1 м	270,1 (7,3)	721,5 (19,5)	Ограничений нет	
Зеленая масса (влажность – 82 %)				
Менее 1 м	151,7 (4,1)	299,7 (8,1)	399,6 (10,8)	599,4 (16,2)
Более 1 м	240,5 (6,5)	599,4 (16,2)	Ограничений нет	

Приложение 7

Предельно допустимые плотности загрязнения торфяно-болотных почв ^{90}Sr для выращивания сеяной многолетней злаковой травосмеси, кБк/м² (Ки/км²)

Мощность торфяного слоя почвы	Уровень кислотности почвы, pH (KCl)		
	4,51–5,00	5,01–5,50	5,51–6,00
Для получения молока цельного			
Сено (влажность – 16 %)			
Менее 1 м	70,3 (1,9)	107,3 (2,9)	136,9 (3,7)
Более 1 м	77,7 (2,1)	85,1 (2,3)	99,9 (2,7)
Зеленая масса (влажность – 82 %)			
Менее 1 м	48,1 (1,3)	74,0 (2,0)	92,5 (2,5)
Более 1 м	51,8 (1,4)	55,5 (1,5)	66,6 (1,8)
Для получения молока-сырья			
Сено (влажность – 16 %)			
Менее 1 м	Ограничений нет		
Более 1 м	Ограничений нет		
Зеленая масса (влажность – 82 %)			
Менее 1 м	Ограничений нет		
Более 1 м	Ограничений нет		

**Травосмеси, рекомендуемые при перезалужении пастбищ
на суходольных и низинных луговых землях, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr**

Типы почв	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
1	2	3	4
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} < 15 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} < 0,50 \text{ Ки/км}^2$			
Дерново- подзолистые авто- морфные, дерново- подзолистые времен- но избыточно увлаж- ненные	Бобово-злаковый среднеспелый	Овсяница луговая	15
		Тимофеевка луговая	10
		Клевер белый	3
		Клевер луговой (раннеспелый)	2
		Всего	30
	Бобово-злаковый позднеспелый	Овсяница луговая	10
		Тимофеевка луговая	8
		Мятлик луговой	6
		Клевер белый	3
		Клевер луговой (позднеспелый)	3
		Всего	30
Дерновые, дерново- подзолистые полу- гидроморфные	Бобово-злаковый среднеспелый	Овсяница луговая	10
		Тимофеевка луговая	5
		Кострец безостый или ли- сохвост луговой	6
		Мятлик луговой	3
		Клевер луговой (раннеспелый)	3
		Клевер белый	3
		Всего	30
	Бобово-злаковый позднеспелый	Овсяница луговая	8
		Тимофеевка луговая	6
		Кострец безостый или ли- сохвост луговой	4
		Мятлик луговой	4
		Клевер белый	5
		Клевер гибридный (розо- вый)	3
		Всего	30

1	2	3	4
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} > 15 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} > 0,50 \text{ Ки/км}^2$			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	Злаковый раннеспелый	Овсяница луговая	10
		Ежа сборная	8
		Кострец безостый	5
		Тимофеевка луговая	5
		Мятлик луговой	2
		Всего	30
Дерновые, дерново-подзолистые полугидроморфные	Злаковый раннеспелый	Ежа сборная	12
		Лисохвост луговой или кострец безостый	8
		Овсяница луговая	5
		Мятлик луговой	5
		Всего	30

Приложение 9

Травосмеси, рекомендуемые для перезалужения пастбищ на торфяных почвах, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr

Типы почв	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
1	2	3	4
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} < 10,0 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} < 0,30 \text{ Ки/км}^2$			
Торфяные	Бобово-злаковый среднеспелый	Тимофеевка луговая	6
		Овсяница луговая	6
		Кострец безостый или лисохвост луговой	6
		Мятлик луговой	6
		Клевер ползучий	6
		Всего	30
	Бобово-злаковый позднеспелый	Тимофеевка луговая	6
		Овсяница луговая	6
		Лисохвост луговой	4
		Мятлик луговой	6
		Клевер ползучий	4
		Клевер гибридный	4
		Всего	30
	Злаковый раннеспелый	Ежа сборная	12
		Лисохвост луговой	8
		Овсяница луговая	6
		Мятлик луговой	4
		Всего	30

1	2	3	4
Плотность загрязнения		$^{137}\text{Cs} > 10,0 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} > 0,30 \text{ Ки/км}^2$	
Торфяные	Злаковый раннеспелый	Овсяница луговая	10
		Ежа сборная	8
		Кострец безостый	5
		Тимофеевка луговая	5
		Мятлик луговой	2
		Всего	30
	Злаковый раннеспелый	Ежа сборная	12
		Лисохвост луговой или кострец безостый	8
		Овсяница луговая	5
		Мятлик луговой	5
		Всего	30

Приложение 10

**Травосмеси, рекомендуемые при перезалужении сенокосов
на суходольных и низинных луговых землях, загрязненных ^{137}Cs и ^{90}Sr**

Типы почв	Тип травостоя	Вид травосмеси	Норма высева, кг/га
1	2	3	4
Плотность загрязнения		$^{137}\text{Cs} < 15 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} < 0,50 \text{ Ки/км}^2$	
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново- подзолистые временно избыточно увлажненные	Бобово-злаковый раннеспелый	Люцерна гибридная	10
		Ежа сборная	3
		Всего	13
	Бобово-злаковый среднеспелый	Кострец безостый	8
		Овсяница луговая	8
		Тимофеевка луговая	4
		Клевер луговой (раннеспелый)	5
		Всего	25
		Люцерна гибридная	7,5
		Кострец безостый	11
		Всего	18,5
	Бобово-злаковый позднеспелый	Люцерна гибридная	10
		Тимофеевка луговая	5
		Всего	15
		Овсяница луговая	12
		Тимофеевка луговая	8
		Клевер луговой (позднеспелый)	5
		Всего	25

1	2	3	4
Дерновые, дерново-подзолистые полу-гидроморфные	Бобово-злаковый среднеспелый	Люцерна гибридная	10
		Ежа сборная	3
		Всего	13
		Кострец безостый	8
		Овсяница луговая	6
		Тимофеевка луговая	5
		Клевер луговой (ранне-спелый)	6
		Всего	25
	Бобово-злаковый позднеспелый	Люцерна гибридная	10
		Тимофеевка луговая	5
		Всего	15
		Овсяница луговая	10
		Тимофеевка луговая	5
		Кострец безостый	5
		Клевер гибридный	5
		Всего	25
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs} > 15 \text{ Ки/км}^2$, $^{90}\text{Sr} > 0,50 \text{ Ки/км}^2$			
Дерново-подзолистые автоморфные, дерново-подзолистые временно избыточно увлажненные	Злаковый раннеспелый	Овсяница луговая	10
		Ежа сборная	5
		Кострец безостый	5
		Тимофеевка луговая	5
		Всего	25
Дерновые, дерново-подзолистые полу-гидроморфные	Злаковый раннеспелый	Овсяница луговая	10
		Лисохвост луговой или кострец безостый	5
		Тимофеевка луговая	5
		Мятлик луговой	5
		Всего	25

Приложение 11

Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{137}Cs при возделывании сельскохозяйственных культур на кормовые цели для производства молока согласно РДУ-99

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²			Торфяные почвы, Ки/км ²
	суглинистые	супесчаные	песчаные	
1	2	3	4	5
Зерно овса	<40	<40	<40	<5,5
Зерно озимой ржи	<40	<40	<40	<7,0

1	2	3	4	5
Зерно озимого тритикале	<40	<40	<40	<6,5
Зерно яровой пшеницы	<40	<40	–	–
Зерно ячменя	<40	<40	<40	–
Зерно люпина	<15	<12	<8	–
Зерно гороха	<16	<14	<9	–
Зерно вики	<25	<20	<16	–
Зерно проса	<40	<40	<32	–
Зерно кукурузы	<40	<40	<40	–
Солома овса	<40	<40	<40	–
Солома озимой ржи	<40	<40	<40	–
Солома озимого тритикале	<40	<40	<40	–
Сено улучшенных сенокосов	<40	<40	<30	<7,0
Сено естественных сенокосов (пойма)	<20	<18	<8	<2,0
Зеленая масса клевера	<40	<32	<18	<5,5
Зеленая масса многолетних злаковых трав улучшенных пастбищ	<40	<29	<21	–
Зеленая масса с естественных пастбищ (пойма)	<15	<12	<7	–
Силос кукурузный	<40	<40	<40	–
Корнеплоды	<40	<40	<40	–

Примечание. Для расчетов взяты уровни обеспеченности почв подвижным калием: для дерново-подзолистых – 141–200 мг/кг; для торфяных – менее 200 мг/кг почвы.

Приложение 12

**Предельно допустимая плотность загрязнения ^{137}Cs почв для молочного стада
на пастбище с сеяным злаковым травостоем, Ки/км²**

Типы почв	Содержание подвижного калия в почве, мг/кг				
	Менее 80	80–140	141–200	201–300	300 и более
Дерново-подзолистые песчаные	6,9	8,1	21,2	–	–
Дерново-подзолистые супесчаные	10,4	14,4	29,7	37,2	40,0
Дерново-подзолистые суглинистые	14,4	18,6	40,0	40,0	40,0
Торфяные	–	–	4,5	11,1	34,3

Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур на кормовые цели для производства молока-сырья

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²			Торфяные почвы, Ки/км ²
	суглинистые	супесчаные	песчаные	
Зерно овса	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Зерно озимой ржи	<3,0	<3,0	<3,0	<3,0
Зерно гороха	<3,0	<3,0	<3,0	–
Зерно вики	<3,0	<3,0	<3,0	–
Солома овса	<3,0	<3,0	<3,0	–
Солома озимой ржи	<3,0	<3,0	<3,0	–
Сено злаковых трав улучшенных сенокосов	2,5–3,0	2,2–3,0	1,7–2,7	1,5–2,2
Сено улучшенных сенокосов	<3,0	<3,0	<1,5	<3,0
Сено естественных сенокосов (пойма)	<2,5	<2,0	<1,02	–
Зеленая масса клевера	<1,25	<0,1	<0,8	<2,5
Зеленая масса с естественных пастбищ (пойма)	<1,5	<1,25	<1,0	–
Силос кукурузный	<3,0	<3,0	<1,75	–

Примечание. Для расчетов взята величина обменной кислотности pH для дерново-подзолистых почв 5,1–5,5, торфяных – 5,01–5,50.

Предельно допустимые уровни загрязнения почв ^{90}Sr при возделывании сельскохозяйственных культур на кормовые цели для производства молока цельного

Продукция, культура	Дерново-подзолистые почвы, Ки/км ²			Торфяные почвы, Ки/км ²
	суглинистые	супесчаные	песчаные	
1	2	3	4	5
Зерно овса	<2,7	<2,4	<1,7	<3,0
Зерно озимой ржи	<3,0	<3,0	<2,2	<3,0
Зерно озимого тритикале	<2,6	<2,3	<2,0	<3,0
Зерно яровой пшеницы	<2,7	<2,4	–	–
Зерно ячменя	<2,2	<1,9	<1,4	<3,0
Зерно люпина	<1,0	<0,8	<0,5	–
Зерно гороха	<1,9	<1,5	<0,9	–
Зерно вики	<1,9	<1,7	<1,2	–
Зерно проса	<3,0	<3,0	<2,7	–
Зерно кукурузы	<3,0	<3,0	<3,0	–
Солома овса	<1,5	<1,2	<0,8	–

1	2	3	4	5
Солома озимой ржи	<1,5	<1,2	<0,8	–
Солома озимого тритикале	<1,2	<1,0	<0,9	–
Сено улучшенных сенокосов	<0,8	<0,6	<0,3	<2,2
Сено естественных сенокосов (пойма)	<0,5	<0,4	<0,2	–
Зеленая масса клевера	<0,26	<0,20	<0,16	<0,60
Зеленая масса многолетних злаковых трав улучшенных пастбищ	0,42	0,36	<0,30	–
Зеленая масса с естественных пастбищ (пойма)	<0,30	<0,25	<0,20	–
Силос кукурузный	<0,85	<0,60	<0,35	–
Корнеплоды	<1,2	<1,0	<0,7	–

Примечание. Для расчетов взята величина обменной кислотности рН для дерново-подзолистых почв 5,1–5,5, торфяных – 5,01–5,50.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. АГРОПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	4
1.1. Общие принципы организации агропромышленного производства	4
1.1.1. Классификация защитных мероприятий, направленных на снижение содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции	6
1.1.2. Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель	8
1.1.3. Динамика плодородия загрязненных радионуклидами почв	10
1.2. Мероприятия по уменьшению содержания радионуклидов в продукции растениеводства.....	12
1.2.1. Инвентаризация сельскохозяйственных угодий по плотности загрязнения радионуклидами	12
1.2.2. Прогноз содержания радионуклидов в урожае	12
1.2.3. Ограничения по плотности загрязнения почв при возделывании различных сельскохозяйственных культур	14
1.2.4. Система обработки почв в условиях радиоактивного загрязнения	14
1.2.5. Подбор и размещение сельскохозяйственных культур	16
1.2.6. Особенности размещения сельскохозяйственных культур на пищевые цели	17
1.2.7. Особенности размещения сельскохозяйственных культур для производства разных видов кормов	20
1.2.8. Особенности размещения сельскохозяйственных культур на технические цели	23
1.2.9. Применение удобрений, известкование кислых почв.....	24
1.2.10. Технологические приемы обработки растениеводческой продукции, направленные на снижение содержания в ней радионуклидов	31
1.2.11. Особенности овощеводства в условиях радиоактивного загрязнения	33
1.3. Мероприятия по уменьшению содержания радионуклидов в продуктах животноводства	36
1.3.1. Производство кормов с допустимым содержанием радионуклидов	37
1.3.2. Полевое кормопроизводство	38
1.3.3. Луговое кормопроизводство.....	42
1.3.4. Прогноз содержания радионуклидов в животноводческой продукции.....	50
1.3.5. Производство молока	53
1.3.6. Производство мяса (говядины, свинины, баранины, конины)	56
1.3.7. Технологическая и кулинарная обработка продукции животноводства	60
1.4. Радиационная безопасность при проведении сельскохозяйственных работ.....	61
2. ВЕДЕНИЕ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА НА РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ	63
2.1. Организация лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения	63
2.1.1. Радиационная обстановка в лесах Республики Беларусь	63
2.1.2. Зонирование загрязненных территорий лесного фонда	66
2.1.3. Система ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения	67

2.2. Методы снижения содержания радионуклидов в продукции леса	68
2.2.1. Система защитных мер в лесном хозяйстве	68
2.2.2. Организация радиационного контроля в Министерстве лесного хозяйства	71
2.2.3. Регламентация ведения лесного хозяйства	74
3. ВЕДЕНИЕ ЛИЧНОГО ПОДСОБНОГО ХОЗЯЙСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ	75
3.1. Особенности производства продукции растениеводства	76
3.2. Особенности производства продукции животноводства	78
3.3. Первичная подготовка и переработка сельскохозяйственной продукции	81
4. РАДИАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ И РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	85
4.1. Радиационный мониторинг	85
4.1.2. Результаты радиационного мониторинга на территории Республики Беларусь	89
4.2. Радиационный контроль природной среды и сельскохозяйственной продукции	102
4.2.1. Система радиационного контроля Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь	107
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	111
ПРИЛОЖЕНИЯ	113

У ч е б н о е и з д а н и е

Чернуха Геннадий Анатольевич
Азаренко Юрий Викторович

РАДИОЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

В двух частях

Часть 2

Редактор *Н. Н. Пьянусова*
Технический редактор *Н. Л. Якубовская*
Корректор *Н. П. Лаходанова*

Подписано в печать 02.05.2024. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.
Ризография. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 7,44. Уч.-изд. л. 6,42.
Тираж 30 экз. Заказ .

УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Свидетельство о ГРИИРПИ № 1/52 от 09.10.2013.
Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия».
Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.