

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

С. М. Комлева

# АДАПТИВНОЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области сельского хозяйства  
в качестве учебно-методического пособия  
для студентов учреждений высшего образования,  
обучающихся на II ступени высшего образования по специальности  
1-56 80 01 Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*

Горки  
БГСХА  
2018

УДК 332.3:631.438]:330.115  
ББК 65.9(2)32-5  
К60

*Рекомендовано методической комиссией землеустроительного  
факультета 24.11.2017 (протокол № 3)  
и Научно-методическим советом БГСХА 29.11.2017 (протокол № 3)*

Автор:  
кандидат экономических наук, доцент *С. М. Комлева*

Рецензенты:  
кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры экономики  
и организации производства УО «Полесский государственный  
университет» *О. В. Орешикова*;  
кандидат экономических наук, доцент, заведующий сектором малых  
форм хозяйствования и земельных отношений РНУП «Институт  
системных исследований в АПК НАН Беларуси» *Т. А. Запрудская*

**Комлева, С. М.**  
К60      **Адаптивное землеустройство : учебно-методическое посо-  
бие / С. М. Комлева. – Горки : БГСХА, 2018. – 88 с.  
ISBN 978-985-467-854-2.**

Изложены теоретические основы организации использования земель в усло-  
виях радиоактивного загрязнения территории. Рассмотрены методические под-  
ходы адаптивного землеустройства при обосновании организации использова-  
ния радиоактивно загрязненных земель сельскохозяйственных предприятий в  
комплексных землеустроительных проектах.

Для студентов учреждений высшего образования, обучающихся на II ступе-  
ни высшего образования по специальности 1-56 80 01 Землеустройство, кадастр  
и мониторинг земель.

УДК 332.3:631.438]:330.115  
ББК 65.9(2)32-5

**ISBN 978-985-467-854-2**

© УО «Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2018

## ВВЕДЕНИЕ

Радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных территорий Республики Беларусь площадью 1,8 млн. га, вызванное аварией на Чернобыльской АЭС, повлекло за собой значительные изменения условий жизни населения, производства и использования земель.

Безопасное проживание людей и организация производства на радиоактивно загрязненных территориях стали общегосударственной проблемой, на решение которой направлен ряд законодательных актов. Важный вклад в претворение их в жизнь призвано внести адаптивное землеустройство посредством комплексной организации использования земель и территории сельскохозяйственных предприятий, включающей оптимизацию структуры земель и посевных площадей, рост урожайности возделываемых культур в связи с размещением посевов по лучшим предшественникам с учетом почвенного покрова и осуществлением специальных мероприятий, направленных на снижение перехода радионуклидов из почвы в растения и повышение выхода продукции с единицы площади. Осуществление проектных мероприятий позволит стабилизировать экономическое состояние сельскохозяйственных предприятий.

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Адаптивное землеустройство» разработано в соответствии с учебной программой подготовки магистрантов на второй ступени высшего образования по специальности 1-56 80 01 Землеустройство, кадастр и мониторинг земель.

Данная учебная дисциплина относится к циклу учебных дисциплин, изучаемых по выбору магистранта.

Цель преподавания учебной дисциплины – подготовить обучающихся к дальнейшему пониманию и восприятию вопросов разработки комплексных проектов внутрихозяйственного землеустройства с учетом сложившейся радиационной обстановки и действующего законодательства.

В настоящем учебно-методическом пособии изложены теоретические основы и эколого-экономическое обоснование организации использования земель в условиях радиоактивного загрязнения территории, рассмотрены методические вопросы адаптивного землеустройства при обосновании организации использования радиоактивно загрязненных земель сельскохозяйственных предприятий в комплексных землеустроительных проектах.

# **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

## **1.1. Экономические основы и радиэкологические условия организации производства и использования земель**

Среди природных ресурсов, используемых в процессе производства в тесной связи с природной средой, наиболее важным является земля с ее недрами, водами и другими компонентами ландшафта.

Сельское хозяйство неразрывно связано с землей, которая, наряду с производственными фондами и живым трудом, выступает как главная экономическая основа производства. Материально-технические ресурсы и рабочая сила функционируют здесь применительно к земле.

Установлению места и роли земли в процессе сельскохозяйственного производства посвящены работы многих ученых, по мнению которых, земля есть главное средство производства в сельском хозяйстве, выступая одновременно в качестве предмета и орудия труда.

Земля как исходная материальная основа благосостояния общества в силу своей функции главного средства производства в сельском хозяйстве, пространственного базиса для размещения производительных сил и расселения людей является основой для нормального воспроизводства всех факторов экономического роста – трудовых, материально-технических и природных.

Организация использования земли основана на анализе, учете и использовании ее особенностей в процессе труда. А сам процесс труда в земледелии заключается в воздействии человека на землю, как предмет труда, в котором участвует живой, прошлый (овеществленный) труд и земля. Необходимо отметить решающую роль живого труда в этом процессе, так как, обрабатывая почву, человек не только создает с помощью других средств производства благоприятные условия для роста сельскохозяйственных растений, но и улучшает физические, биологические и химические свойства почв. В результате целенаправленного изменения естественных свойств земли применительно к особенностям возделываемых сельскохозяйственных культур она превращается в орудие труда. В тех отраслях сельского хозяйства, где земля одновременно выступает как средство и как предмет труда, она является главным и всеобщим средством производства.

Объективным и специфическим свойством почвы является плодородие, которое выступает в следующих взаимосвязанных видах: есте-

ственное, искусственное, экономическое, потенциальное, эффективное, относительное [66]. Естественное плодородие, как следствие длительного почвообразовательного процесса, определяется совокупностью взаимодействующих с климатической средой физических, химических, биологических факторов, обуславливающих жизнедеятельность растительных организмов. Потенциальное плодородие – это суммарное плодородие почвы, определяемое как ее природными, так и созданными или измененными человеком свойствами. Эффективное плодородие представляет собой ту часть потенциального плодородия, которая реализуется в виде урожая сельскохозяйственных культур при данных конкретных условиях. Оно зависит от степени мобилизации с помощью агротехнических приемов элементов потенциального плодородия и от эффективности дополнительно привнесенных факторов роста и развития растений. Данный показатель является чрезвычайно динамичным, и всякое воздействие на почву с целью повышения эффективного плодородия представляет собой воздействие и на потенциальное плодородие. Относительное плодородие почвы проявляется в отношении к определенной группе или виду растений, т. е. почва может быть плодородной для одних и бесплодной для других культур. Экономическое плодородие представляет собой экономическую оценку земли в связи с ее потенциальным плодородием и экономическими характеристиками: расстояние от дорог, населенных пунктов, размер и конфигурация участка, трудность механизированной обработки и т. д. Важнейшими показателями экономической оценки земель являются общая стоимость полученной продукции, затраты на ее производство и чистый доход. Их значения сильно варьируют в пределах как одной сельскохозяйственной организации, так и того природно-экономического района, где она расположена. Искусственное плодородие является результатом целенаправленной деятельности человека (применение удобрений, мелиорация, способы обработки почвы и др.). В качестве своих источников оно имеет агротехнические, организационно-хозяйственные и экономические факторы, разнородные по своей природе и неодинаковые по характеру и силе воздействия на урожай. Влияние каждого из них проявляется не изолированно от других, а в комплексе с учетом их равнозначности. Это положение позволяет сделать вывод о необходимости одновременного воздействия на все факторы для создания их оптимального соотношения. При правильном использовании в процессе производства земля, как средство производства, не только не снижает, но и повышает свою производительную

ценность. На этом свойстве и построено рациональное использование земельных ресурсов.

В последние годы в связи с обострением экологических проблем в научной литературе все большее внимание уделяется земле как природному ресурсу, т. е. как важнейшему компоненту природного комплекса и экологических систем.

В сельском хозяйстве земля может выступать как пространственный базис (размещение элементов организации территории), как предмет труда, как средство производства и как компонент природной среды. Являясь сложным продуктом взаимодействия природных, пространственных, экологических, экономических и технологических факторов, земля должна рассматриваться в единстве противоположностей естественных свойств и различных условий ее использования.

Характеристику земли как средства труда составляют ее производительные свойства (плодородие, увлажнение, культуртехническое состояние), как предмета труда – технико-технологические и пространственные свойства, влияющие на особенности технологии, затраты труда и средств производства. Как средство производства земля может быть оценена по системе показателей, включающей урожайность культур, производительность труда, себестоимость продукции, трудоемкость производства. Срок окупаемости капитальных затрат и дифференциальный доход, учитывающие структуру производства и действующую систему цен на продукцию, а также зависящие от совокупности местоположения земель и их свойств, характеризуют земельные ресурсы как объект хозяйствования. Как объект собственности земля определяется по ее стоимости и величине арендной платы.

По сравнению с другими средствами производства, используемыми человеком в процессе создания потребительских стоимостей, чаще всего выделяются следующие особенности земли: продукт природы, пространственно ограничена, неперемещаемая, не изнашивается, а при правильном использовании, наоборот, повышает плодородие [66].

По мнению В. С. Шаманаева [66], важно учитывать такие особенности земли, как взаимосвязь с комплексным использованием других сил природы (света, воды, воздуха, тепла), необходимых для нормального роста растений; потребность чередования культур и комбинирования отраслей; несовпадение периода использования земель и рабочего периода.

А. А. Варламов [31] предлагает выделять следующие особенности земли, как компонента природных комплексов и их систем: воздей-

стве в комплексе экономических, технологических и иных антропогенных факторов; территориальная качественная и количественная неоднородность, рассредоточенность сельскохозяйственных земель, изменчивость их свойств по территории.

В современных условиях перехода к рыночной экономике при возникновении конкуренции и снижении роли государства в экономической поддержке сельскохозяйственных предприятий встает задача наиболее полного использования производственного потенциала хозяйств и, прежде всего, закрепленных за ними земельных ресурсов, выполнение которой невозможно без учета всего комплекса особенностей земли в сельском хозяйстве и как всеобщего средства производства, и как составного элемента единой производительной силы природы.

В процессе производственной и общественной деятельности человека земля выступает и как важнейший объект социально-экономических связей, определяя уровнем своей продуктивности степень продовольственного обеспечения страны и благоприятности территории для проживания населения. Особая роль земельных ресурсов в социально-экономических связях общества приводит к выделению земельных отношений как специфических экономических и юридических отношений между людьми, прежде всего по поводу реализации прав собственности, владения, пользования и распоряжения землей.

Причем на организацию использования земельных ресурсов большое влияние оказывает размещение средств производства, неразрывно связанных с землей, в состав которых входят производственные постройки, водохозяйственные и мелиоративные объекты, транспортные сети и сооружения, многолетние насаждения, другие хозяйственные устройства (ограждения, сети электроснабжения и связи и т. д.). Их размещение накладывает ограничения на организацию и устройство территории, а концентрация во многом определяет уровень интенсификации сельского хозяйства.

Для организации производства и использования земель сельскохозяйственного предприятия необходима экономическая основа, представляющая собой сложную систему, включающую диалектически взаимосвязанные и регулируемые подсистемы: земельные, трудовые, материально-технические ресурсы и денежные средства, которые начинают активно функционировать только в процессе производства и должны находиться в определенных пропорциях и быть сбалансированы. Организация рационального использования и охраны земель, а

также устройство территории и размещение средств производства, неразрывно связанных с землей, осуществляется с помощью землеустройства. Оно может быть обоснованно включено в общую систему организации производства и использования земель сельскохозяйственного предприятия (рис. 1.1).

В процессе производства все подсистемы экономических основ в определенной степени амортизируются. Для их восстановления и воспроизводства требуется привлечение части произведенного продукта и полученной от реализации товарной продукции прибыли.

В старопашотных районах вопросы организации использования земель решаются при всестороннем учете рельефа местности, почвенного плодородия; климатических, пространственных, технико-технологических, социально-экономических и организационно-хозяйственных условий. В связи с аварией на Чернобыльской АЭС появился радиоэкологический фактор, вызвавший негативные изменения в организации использования всех подсистем экономических основ сельскохозяйственного производства и поэтому имеющий первостепенное значение в районах, подвергшихся радиоактивному загрязнению. В сложной системе экономических основ ведущее место принадлежит земле, свойства которой определяют затраты других ресурсов и средств в процессе производства, особенно в условиях радиоактивного загрязнения.

Среди многообразия свойств земли, как средства производства, наибольшее значение при землеустройстве имеют пространство, рельеф, почвы, естественная растительность и гидрогеологические условия.

В процессе организации сельскохозяйственного производства необходимо правильно учитывать пространственные свойства земли (рельеф местности, размер участков, их конфигурацию и т. д.), которые предопределяют направления использования земель и форму земельного устройства. При организации территории исключительно важен учет рельефа, от которого зависят расположение почв, их плодородие, уровень залегания вод, плотность радиоактивного загрязнения земель, количество выносимых с урожаем радионуклидов и т. п.

Учет естественной растительности, как кормовой базы для животноводства, источника пищевых продуктов и технического сырья, фактора загрязнения радионуклидами мяса и молока, необходим в процессе землеустроительного проектирования.



Рис. 1.1. Схема функционирования производства сельскохозяйственного предприятия

Не менее важное значение имеют гидрологические и гидрогеологические характеристики земли. Излишек или недостаток водных ресурсов приводит к неравномерной водообеспеченности, переувлажнению или заболачиванию, значительным различиям в накоплении растениями радионуклидов и т. д. Знание свойств земли и закономерностей распределения поверхностных и грунтовых вод дает возможность разработать комплекс мероприятий, предотвращающих негативные явления и позволяющих научно обоснованно организовать территорию сельскохозяйственных предприятий с учетом снижения перехода радионуклидов из почвы в растения и в конечном счете в организм человека.

Пространственные свойства земли должны быть дополнены технологическими: контурностью участков, степенью их каменистости, эродированности и др.

А. А. Варламов [31], рассматривая землю как средство производства и элемент природного комплекса, разделил ее свойства на воспроизводимые и невозпроизводимые. При этом к первой группе им отнесены основные характеристики плодородия почв и водного режима, а ко второй – большинство пространственных свойств. Он отмечает, что некоторые пространственные свойства могут быть улучшены за счет спрямления границ контуров, мелиорации и т. д. и переведены к воспроизводимым, т. е. свойства земель совершенствуются в процессе землеустройства с учетом технологий возделывания культур, характеристик применяемой техники и необходимости восстановления плодородия почв.

Все свойства земли, действующие в единстве и взаимосвязи, создают определенные условия землепользования и территориальной организации производства, влияющие на решение экономических, технологических и радиозэкологических вопросов в хозяйствах.

При этом рациональное взаимодействие элементов системы земля – человек – производство должно отвечать следующим требованиям:

сокращение неблагоприятного воздействия человека на земельные ресурсы до экологически безопасных уровней;

максимальный учет качественных особенностей земли при организации ее использования, что особенно важно в сельском хозяйстве;

охрана земель с целью наиболее полного удовлетворения материальных и социальных потребностей человека.

При организации использования земельных ресурсов в условиях радиоактивного загрязнения территории необходим всесторонний учет

свойств почв, способность которых поглощать различные вещества, в том числе и радиоактивные, определяет характер передвижения радионуклидов, доступность их растениям, поступление в корм животных и пищу человека.

Поглощение почвами препятствует проникновению радиоизотопов в грунтовые воды, передвижению по профилю и в результате содействует их аккумуляции в верхнем слое. Однако этот процесс имеет двойное значение. С одной стороны, в верхних горизонтах почвы сосредоточена основная масса корней растений и, следовательно, происходит большее накопление радионуклидов в урожае, чем при свободном их передвижении в более глубокие слои или в подпочву. С другой стороны, снижаются размеры перехода радионуклидов в растения в зависимости от степени их поглощения и прочности закрепления при попадании в почву. На результативность этого процесса огромное влияние оказывает тип почв, их гранулометрический состав, кислотность, степень увлажнения, содержание гумуса, степень насыщенности поглощающего комплекса такими элементами, как калий и кальций.

Анализ специальной литературы в области радиобиологии и радиоэкологии (В. Ю. Агеев [22], Н. А. Бакунов [27], Е. И. Базаров [28], И. М. Богдевич [29], П. Ф. Бондарь [30], И. Г. Водовозова [32], М. Ф. Дембрицкий [38], А. Е. Королев [45], А. М. Котович [48], Е. В. Одинцева [54], В. А. Книжников [58] и др.) позволяет выявить закономерности поведения радионуклидов в зависимости от свойств почв, а также их поступления в растения и накопления в продукции.

Снижение кислотности почв, как правило, способствует уменьшению размеров перехода радиоизотопов в растения, что связано с повышением их закрепления и уменьшением доступности. Так, из кислых почв Cs-137 поглощается сельскохозяйственными культурами в 2–3 раза интенсивнее, чем из почв с нейтральной и слабощелочной реакцией [20]. На почвах тяжелого гранулометрического состава происходит более низкое накопление радионуклидов в растениях, что объясняется большей прочностью их закрепления почвенными частицами. Установлено, что на скорость миграции радиоизотопов существенное влияние оказывает режим увлажнения: темпы миграции на прогидроморфных почвах выше, чем на автоморфных. Так, переход Cs-137 в злаковые травы на дерново-глеевых почвах по сравнению с автоморфными и временно избыточно увлажненными повышается до 10–27 раз. Количество органического вещества и прочность сорбции радионуклидов находятся в прямой зависимости, т. е. увеличение со-

держания гумуса в почве есть фактор, снижающий переход изотопов в растения в среднем в 1,5–2 раза. Почвы с низкой суммой обменных оснований и относительно небольшим количеством обменных калия и кальция, которые являются химическими аналогами соответственно цезия и стронция, отличаются интенсивным (в 2–4 раза большим) поглощением радионуклидов сельскохозяйственными культурами.

Таким образом, на различных типах почв, характеризующихся определенным сочетанием вышеперечисленных свойств, прочность закрепления поглощенных радионуклидов неодинакова. В зависимости от свойств почв содержание Sr-90 и Cs-137 в растениях изменяется в среднем в 10–15 раз.

Процессу миграции радиоактивных веществ в вертикальном и горизонтальном направлениях способствуют фильтрация атмосферных осадков в глубь почвы, капиллярный подъем влаги к поверхности в процессе испарения, перенос по корневым системам растений, роющая деятельность почвенных животных, хозяйственная деятельность человека и т. д.

Как известно, при попадании в почву радионуклиды могут находиться в водорастворимой, обменной и фиксированной формах. С течением времени большинство радиоактивных веществ при взаимодействии с почвой переходит из водорастворимой в обменную, а затем в необменную (фиксированную) форму, т. е. имеет место процесс «старения» радионуклидов, способствующий снижению их доступности растениям. Естественная убыль содержания радионуклидов в почве происходит по основному закону радиоактивного распада. Период полураспада Sr-90 составляет 28 лет, Cs-137 – 30 лет.

На поведение радионуклидов в почвах оказывают влияние три группы факторов: свойства почв, характеристика радиоактивных веществ и климатические условия среды.

Это обстоятельство обуславливает правомерность вывода о возможности значительных различий в загрязнении продукции растениеводства, получаемой на разных почвах при одинаковой плотности их радиоактивного загрязнения.

Знание закономерностей поведения радионуклидов в почвах позволяет понять механизм их поступления в растения и наметить пути снижения накопления в урожае в рамках решения вопросов организации использования земель.

Известно, что накопление радиоактивных веществ в растениях определяется действием четырех основных факторов: физико-

химических свойств радионуклидов, агрохимических характеристик почв, биологических особенностей растений и агротехники возделывания сельскохозяйственных культур. О механизме действия первых двух факторов упомянуто выше. Влиянию биологических особенностей сельскохозяйственных культур на данный процесс посвящены научные труды Б. Н. Анненкова [1], А. В. Лежнева [3], Б. С. Пристера [7], А. А. Корчинского [46], Р. С. Россела [60], С. К. Фирсаковой [65] и др. В частности, установлено, что накопление радионуклидов и их распределение по органам растений определяется в первую очередь их потребностью для роста и развития растительных организмов. Высокая степень накопления характерна для радиоцезия и радиостронция, которые участвуют во всех реакциях обмена в почве, растениях, организмах животных и человека наравне с химическими аналогами – калием и кальцием. Культуры, содержащие больше кальция, накапливают в повышенных количествах Sr-90, а растения, отличающиеся высоким содержанием калия, – Cs-137. В одинаковых почвенно-климатических условиях отдельные культуры могут различаться по содержанию радионуклидов в урожае в 20–30 раз [3].

Кроме того, поступление радиоактивных веществ зависит от распределения в почве корневой системы, продуктивности растений, продолжительности вегетационного периода. Как правило, большей степенью загрязнения характеризуются низкопродуктивные культуры и бобовые. За ними следуют картофель и зерновые. Установлено, что озимые зерновые накапливают в 2–2,5 раза меньше Sr-90 и Cs-137, чем яровые, что объясняется большей урожайностью первых [1]. Значительны и межвидовые различия культур в поглощении радионуклидов из почвы. Важно и то, что с возрастом растений увеличивается вынос радиоактивных веществ урожаем, но снижается их удельная активность. Эти положения необходимо учитывать в процессе землеустройства при установлении структуры посевных площадей и организации севооборотов на радиоактивно загрязненных пахотных землях.

При организации использования луговых земель важно иметь в виду, что накопление радиоцезия в кормах с естественных лугов в 2–18 раз выше, чем в кормовых культурах, выращенных на пахотных землях при одной и той же разновидности почв. Среди последних наибольшей способностью к накоплению Cs-137 отличаются многолетние злаковые травы, наименьшей – кукуруза на силос [40].

Существует следующий убывающий ряд накопления радиоцезия растениями: разнотравье естественных луговых земель, люпин, много-

летние травы, клевер, рапс, горох, кукуруза (зеленая масса), солома овса, однолетние бобово-злаковые смеси, кормовая свекла, солома и зеленая масса озимой ржи, картофель, зерно овса, солома ячменя, зерно озимой ржи, зерно ячменя [13].

Между количеством накапливаемых в урожае радионуклидов и их содержанием в почве наблюдается прямая пропорциональная зависимость, которая выражается коэффициентом пропорциональности. Этот коэффициент, определяемый для конкретной культуры и почвенных условий, служит комплексным показателем размеров перехода радионуклидов из почвы в растения и особенностей культур в накоплении радиоактивных веществ.

Выявленные ранее закономерности поведения радионуклидов в почвах и звене почва – растения позволяют разработать комплекс мероприятий по организации использования радиоактивно загрязненных пахотных земель, направленных на снижение уровня загрязнения урожая. Решению этой проблемы посвящены научные работы многих ученых в области радиологии, радиобиологии и радиоэкологии [19, 24, 25, 26, 35, 36, 37, 39, 50, 52, 56, 58, 59, 62, 64 и др.].

В данных трудах отмечена возможность деления имеющихся приемов по снижению уровня загрязнения конечной продукции растениеводства на две большие группы. Первая группа включает общепринятые в агропромышленном производстве мероприятия, которые одновременно сохраняют и увеличивают плодородие почв, повышают урожайность и качество растениеводческой продукции, а также способствуют уменьшению перехода радиоактивных веществ из почвы в сельскохозяйственные культуры. Вторую группу составляют адаптивные технологии возделывания культур с применением специальных агрохимических и агротехнических приемов воздействия на почву, которые иногда могут привести к некоторому уменьшению урожайности растений и ухудшению плодородия почв. Использование в сочетании двух взаимодополняющих друг друга приемов позволяет значительно снизить концентрацию радионуклидов в конечной продукции, что создает возможность расширения площадей ведения экономически обоснованного и экологически безопасного сельскохозяйственного производства. При выборе комплекса контрмер необходимо учесть, что предложенные мероприятия должны быть технически осуществимы и экономически оправданы, в итоге обеспечивающими производство продукции с минимальным содержанием радионуклидов в конкретных условиях загрязненного района.

Существуют различные точки зрения на эффективность проводимых с целью снижения уровня радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции мероприятий. Одни авторы, в их числе М. Ф. Дембрицкий, Н. Н. Ивахненко, Т. П. Шапшеева [38], Е. В. Одинцева, Э. М. Левина [53] и некоторые другие, придают особое значение агрохимическим мероприятиям, включающим известкование, внесение минеральных и органических удобрений. Эти приемы разрабатываются на основании факта уменьшения поступления и накопления радиоактивных веществ в урожае с увеличением плодородия почв. Известкование способствует повышению степени насыщенности почв основаниями, что сильно влияет на подвижность радионуклидов и тем самым на доступность их растениям. Все вышеперечисленные авторы единодушны во мнении о необходимости внесения минеральных удобрений в дозах, превышающих потребность в них сельскохозяйственных культур в 1,5–2 раза. Это позволяет снизить загрязненность урожая в 1,5–2 раза [20].

Однако наибольший эффект (снижение поступлений радиоактивных веществ до 4–6 раз) достигается при комбинированном использовании всех агрохимических приемов в оптимальном для конкретных почвенных условий соотношении [21].

Некоторые отечественные [29, 36] и английские специалисты указывают на большую результативность такого мелиоративного мероприятия как механическое удаление очень тонкого (2–4 см) слоя почвы, концентрирующего основное количество радиоактивных элементов. В ходе экспериментов установлено, что такой прием может обеспечить очистку до 95 % радионуклидов и не сопровождается необратимыми повреждениями экосистем, а также не препятствует быстрому естественному их возобновлению.

П. М. Аветисов, Р. М. Алексахин, В. П. Антонов [2], Н. А. Корнев, А. Н. Сироткин, Н. В. Корнева [5] выделяют как наиболее эффективный агротехнический прием перемещение загрязненного слоя почвы в более глубокие горизонты. Такая «запашка» на глубину 60–70 см приводит к 5–7-кратному уменьшению перехода радиоэлементов в растения, особенно с мочковатой корневой системой, и сохраняет положительное влияние в течение 15 лет [1]. Однако данный прием, связанный с «захоронением» одновременно наиболее грязного и наиболее плодородного слоя почвы, неизбежно ведет к ухудшению физико-химических свойств почв и снижению их плодородия. Это очень трудоемкие и дорогостоящие способы, поэтому использование их в наших условиях возможно лишь на очень ограниченных площадях.

Анализ приведенных выше закономерностей поведения радиоактивных веществ в почвах, поступления их в растения и накопления в урожае позволяет сделать вывод о том, что наиболее эффективны выполняемые в процессе землеустройства организационные мероприятия, включающие прогнозирование содержания радионуклидов в урожае, целевое использование земель, изменение землепользования, переспециализацию отраслей растениеводства и животноводства, совершенствование структуры посевных площадей.

Таким образом, почвенный и растительный покров и воды в соединении с трудом человека, вооруженного материально-техническими средствами, при условии полного и всестороннего учета свойств и особенностей земельных ресурсов, составляют экономическую основу сельскохозяйственного производства в целом и организации использования земель в частности.

При радиоактивном загрязнении территории свойства земли представляют собой одно из наиболее важных радиозкологических условий, определяющих концентрацию радионуклидов в растениеводческой продукции и направление использования земельных ресурсов. Наряду с биологическими особенностями сельскохозяйственных культур, характеристикой радионуклидов и климатом они обуславливают содержание комплекса мер, направленных на получение экологически «чистой» продукции. Осуществление в процессе землеустройства разработанных мероприятий, в свою очередь, способствует улучшению полезных свойств земли.

## **1.2. Теоретические вопросы организации использования земель**

Под организацией использования земли понимается установление состава, соотношения и территориальное размещение основных видов земель. Это мероприятие предполагает рационализацию использования земель и повышение эффективности производства. В понятие «рациональное использование земель» различные исследователи вкладывают разное содержание. Так, Н. И. Краснов [49] определяет его как достижение максимального эффекта в осуществлении целей пользования землей с учетом оптимального взаимодействия земли с другими природными факторами и ее охрану.

М. А. Сулин и М. С. Коротов [63], рассматривая проблему рационального использования земли, делают акцент на всемерной экономии ресурсов, строгом соблюдении целевого использования земель, их охране и приумножении производительных свойств.

По мнению В. С. Шаманаева [66], сущность критерия эффективности землепользования состоит в достижении максимальных результатов от использования земельных ресурсов при минимальных трудовых и материальных затратах с учетом повышения плодородия почв.

Некоторые ученые, соглашаясь с выводами В. С. Шаманаева, дополняют сущность данной проблемы необходимостью максимального вовлечения земель в народнохозяйственный оборот при соблюдении принципа приоритета сельского хозяйства с учетом сохранения и приумножения производительных сил земли.

Н. И. Шелковников [68] основными требованиями к рациональному использованию земельных ресурсов считает наиболее полное вовлечение их в сельскохозяйственный оборот, обеспечение высокого уровня эффективности землепользования, охрану земель и расширенное воспроизводство почвенного плодородия.

Каждый из авторов по-своему прав, однако в данных определениях не нашли отражения функции земли как среды обитания и жизнедеятельности людей, а также как составной части экологической системы, т. е. сделан акцент на экономический аспект как главенствующий принцип рационального использования земли.

Наиболее полная оценка сложного и многофакторного процесса рационального использования земель дана А. А. Варламовым, определяющим его как использование, позволяющее «наряду с производством экономически целесообразного количества сельскохозяйственной продукции при оправданных затратах... сохранить ...экологическое равновесие всех природных факторов, связанных с использованием земли как природного элемента и средства производства» [31, с. 30]. Такое определение рационального использования земельных ресурсов положено нами в основу дальнейшего рассмотрения изучаемого вопроса.

Основные факторы, влияющие на эффективность функционирования производства и использование земельных ресурсов сельскохозяйственного предприятия, приведены на рис. 1.1. Несмотря на различия авторов во мнениях о составе факторов, последние необходимо систематизировать и свести в следующие основные группы: природные, социально-экономические, организационно-хозяйственные, технико-технологические, экологические и др. Исследователи придерживаются единого мнения о том, что разнородные по своей природе и неодинаковые по характеру и силе влияния на плодородие почв, урожайность и т. п. все факторы действуют не изолированно друг от друга, а в ком-

плексе. Это положение позволяет сделать вывод о необходимости установления их оптимального соотношения с целью повышения эффективности использования земельных ресурсов.

К природным факторам относятся особенности природной среды, определяющие потенциальную пригодность земельных участков для сельскохозяйственного производства, такие как рельеф местности, конфигурация и местоположение, контурность, климат и микроклимат, плодородие почв и др.

Социально-экономические факторы включают уровень развития производительных сил; обеспеченность трудовыми ресурсами и их квалификационный состав; наличие благоустроенных населенных пунктов, производственных центров и их расположение относительно магистральных дорог, рынков сбыта продукции; размер капиталовложений, направленных на улучшение использования земель посредством трансформации, мелиорации, рекультивации и т. д.; обеспеченность основными фондами; структуру земель и посевных площадей сельскохозяйственных культур и т. д.

В состав организационно-хозяйственных факторов входят площадь землепользования; количество, размеры и размещение производственных подразделений; формы организации труда и производства, управления ими; научно обоснованная специализация; межхозяйственные связи предприятия и т. д.

К технико-технологическим факторам относятся обеспеченность сельскохозяйственными машинами, механизмами и энергетическими мощностями в расчете на единицу площади видов земель; рабочая длина гона; расстояние до обслуживаемой территории и другие технологические характеристики земельных участков. Они определяют возможности освоения и улучшения земель, применение комплексных и комбинированных машинно-тракторных агрегатов, рационального использования имеющихся технических средств.

Экологические факторы являются ограничивающими вмешательство человека в природную среду с целью сохранения ее экологического равновесия, определяя допустимую антропогенную нагрузку (соотношение земель, допустимые уклоны местности, концентрацию и размещение поголовья скота, ремонтных мастерских, складов ядохимикатов и других загрязняющих объектов, дозы внесения удобрений, средств борьбы с сорняками и болезнями сельскохозяйственных культур, нагрузку скота на луговые земли и выгоны и т. д.). В этой группе необходимо выделить радиоэкологические факторы, целевое исполь-

зование радиоактивно загрязненных земельных ресурсов и произведенной на них продукции, возможность включения земель в сельскохозяйственный оборот.

Выявив систему факторов, определяющих многосложный процесс эффективного использования земельных ресурсов, важно установить основные показатели его оценки.

Очевидно, что это должна быть система основных и дополнительных показателей, образующих единое целое, характеризующих процесс использования земли в сельскохозяйственном производстве с учетом обеспечения сопоставления конечных результатов деятельности хозяйств с затратами на их достижение. Кроме того, при установлении оценочных показателей следует принимать во внимание:

условия воспроизводства плодородия почв и экологической характеристики территории;

необходимость обеспечения качественной однородности и количественной сравнимости показателей;

учет временного аспекта эффективности в связи с разрывом времени между осуществлением капитальных вложений и получением от них эффекта;

действие объективных экономических законов.

Наиболее полно разработана, обоснована и приемлема для условий радиоактивного загрязнения земель система результативных показателей, предложенная В. С. Шаманаевым [66]. Автор, принимая во внимание многоцелевой характер использования земли, считает целесообразным рассматривать эффективность ее использования как главного средства производства, как объекта хозяйствования и эффективность землепользования в целом. В качестве показателей в первом случае названы стоимость валовой продукции и чистый доход растениеводства в расчете на 100 га сельскохозяйственных земель. Для оценки эффективности использования земли как объекта хозяйствования В. С. Шаманаев предлагает показатели стоимости всей сельскохозяйственной продукции и величину валового или чистого дохода на 100 га сельскохозяйственных земель. Эффективность землепользования предприятия рекомендуется определять по стоимости продукции основного производства на 100 га общей площади хозяйства.

Наблюдаемое снижение содержания в почвах гумуса и радиоактивное загрязнение земель диктуют необходимость перехода к экологическому земледелию, которое предполагает дифференцированное использование сельскохозяйственных земель на основе строгого учета

естественных законов функционирования почв и имеющихся ресурсов хозяйств. Для определения эффективности использования земель с учетом ресурсного потенциала предприятия целесообразно ввести показатель выхода валовой продукции (величины чистого дохода) на один балл его оценки.

По нашему мнению, такая система результативных показателей является наиболее завершенной, позволяет судить об использовании земли в трех основных аспектах, стимулирует и вовлечение новых земель в производство, и интенсивное использование уже освоенных.

В вопросе определения факториальных показателей большинство авторов более единодушны, называя, прежде всего, степень сельскохозяйственного освоения и распаханности территории, удельный вес интенсивно используемых земель в общей площади земельного массива хозяйства, структуру земель и их качественное состояние.

В научной литературе в качестве основного условия повышения эффективности использования земельных ресурсов называется интенсификация сельскохозяйственного производства. Одни авторы сводят ее к увеличению вложений в одну и ту же площадь. Другие определяют интенсификацию как форму расширенного воспроизводства на одной и той же земельной площади с целью повышения экономического плодородия земли на основе дальнейшего развития науки и техники.

Трактовка интенсификации производства как увеличение вложений в одну и ту же земельную площадь не учитывает всех тенденций в развитии производительных сил и не отражает сущностных признаков данного процесса по следующим причинам: дополнительные вложения в землю не всегда предполагают интенсификацию ее использования; в современных условиях быстрых темпов развития научно-технического прогресса интенсификация может иметь место при снижении вложений как в натуральном, так и в стоимостном выражении; увеличение вложений есть только предпосылка процесса интенсификации производства, а не его сущность; уровень вложений в земельную площадь определяется воздействием важных экономических явлений, выражающих степень развития производительных сил.

Среди основных факторов и процессов, влияющих на размер вложений на единицу земельной площади, необходимо выделить общественные затраты на повышение экономического плодородия почв, степень насыщенности посевных площадей трудоемкими культурами, уровень индустриализации сельского хозяйства, степень развития сельскохозяйственной науки и ее применения в производстве, квали-

фикацию трудовых ресурсов и организацию управления ими в хозяйствах. В условиях радиоактивного загрязнения территории этот перечень следует дополнить радиоэкологическими условиями.

Одни из названных факторов действуют в сторону увеличения вложений, другие, наоборот, способствуют их снижению, действие третьих является двухсторонним.

Первые два фактора обуславливают необходимость повышения уровня совокупных вложений в единицу земельной площади, так как для увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почв требуются значительные затраты на удобрения, осушение, известкование и т. д. Такое же влияние на размер капиталовложений оказывает и радиоэкологический фактор.

Уровень индустриализации оказывает существенное влияние на процесс интенсификации, обеспечивая электрификацию, механизацию, автоматизацию сельского хозяйства и являясь основой повышения производительности труда и снижения затрат на производство единицы продукции.

Оба процесса объединяет конечная цель – повышение эффективности производства. Однако индустриализация достигает ее за счет высокопроизводительных орудий труда и роста чистого дохода, причем более эффективное использование вложенных средств может быть обеспечено и без увеличения объема продукции. Повышение эффективности производства в процессе интенсификации неразрывно связано с ростом выхода продукции на единицу площади на основе повышения плодородия почв и лучшего их использования.

С развитием интенсификации влияние качества земельных ресурсов на выход сельскохозяйственной продукции ослабевает, так как продуктивность земли уже не ограничивается ее естественным плодородием и на первый план выступает эффективное плодородие почв.

При экстенсивном развитии сельского хозяйства расширяются границы использования естественного плодородия. Интенсивный путь на основе знания законов природы, вооружения человека совершенными орудиями и предметами труда позволяет придать земле лучшие качества и создать условия, при которых растения могут получать из почвы ранее недоступные для их усвоения вещества.

Таким образом, применительно к использованию земельных ресурсов под интенсификацией следует понимать осуществление мероприятий по эффективному использованию уже накопленного потенциала эффективного плодородия земли и дальнейшему его повышению пу-

тем внедрения научно обоснованных решений по рациональному использованию земельного фонда.

Многие ученые, изучая проблему обеспечения населения продуктами питания в условиях сокращения площади продуктивных видов земель и необходимости их качественного улучшения, выделяют два пути ее решения: увеличение продукции в расчете на каждый гектар без изменения площади продуктивных видов земель и расширение посевных площадей при стабильной урожайности сельскохозяйственных культур. Авторы указывают на оптимальность комплексного подхода, основанного на повышении урожайности сельскохозяйственных культур при некотором расширении продуктивных видов земель.

В качестве основных резервов освоения авторами рассматриваются земли, прежде всего обладающие определенным плодородием, ранее используемые в сельском хозяйстве кустарники и участки мелколесья, прилегающие к сельскохозяйственным землям, требующие рекультивации, и другие неудобные земли, а также болота низинного и переходного типа с высокой степенью разложения органического вещества.

Иной точки зрения придерживаются В. М. Пахомов, А. А. Тарасов, И. А. Сапегина [57]. Авторы делают вывод о неправомерности утверждения о дальнейшей распашке территории как условия повышения эффективности использования земельных ресурсов, так как распашка склоновых земель, заливных луговых земель для сенокосения, раскорчевка кустарника водоохранного и противозерозионного значения, освоение избыточно увлажненных площадей нарушают экологическое равновесие в природе, резко снижают эффективность сельскохозяйственного производства, требуя при этом значительных капиталовложений на проведение мелиоративных и охранных мероприятий. Радиоактивное загрязнение территории вносит ограничение на целесообразность сельскохозяйственного освоения и мелиорации земель при плотности загрязнения свыше  $15 \text{ Ки/км}^2$ .

Интенсификация производства нацелена на увеличение выхода конечной продукции с каждой единицы площади сельскохозяйственных земель при обязательном повышении производительности труда и снижении затрат на ее получение. Согласно принятым законодательным актам, на радиоактивно загрязненных землях со степенью загрязнения до  $40 \text{ Ки/км}^2$  и отсутствием запретов на постоянное проживание населения сущность данного процесса сводится к повышению эффективности сельскохозяйственного производства при условии получения

максимального объема экологически «чистой» сельскохозяйственной продукции и охраны почв.

В условиях интенсификации возникают сложные проблемы взаимодействия высокооснащенного средствами химизации и механизации сельского хозяйства и окружающей природной среды. Этот факт позволяет сделать вывод о наличии некоторого верхнего предела интенсивности использования земельных ресурсов, превышение которого приводит к серьезным нарушениям экологического равновесия. При этом наращивание техногенных способов производства становится не адекватно приросту получаемой продукции. Конкретный уровень данного предела определяется развитием общественных потребностей и производительных сил. Оптимизировать систему природопользования может позволить адаптивная интенсификация сельского хозяйства, которая основана не на более полном использовании неисчерпаемых природных ресурсов, «даровых сил природы», а на сбалансированном их сочетании с техногенными факторами при вспомогательной роли последних. Только такая интенсификация производства является наиболее рациональной, ресурсосберегающей и природоохранительной, так как учитывает ограничения в использовании техногенных факторов, вызванных наличием экономических, экологических и биологически допустимых пределов антропогенной нагрузки. Она способствует снижению затрат невозполнимых ресурсов для получения каждой дополнительной единицы продукции и повышает безопасность продуктов питания. В условиях радиоактивного загрязнения территории под адаптивной интенсификацией понимается такая организация использования земельных ресурсов, которая позволяет при наименьших затратах труда и средств и минимальной деградации почвенного покрова получать максимум экологически «чистой» сельскохозяйственной продукции с учетом сложившейся радиационной обстановки.

Важными условиями повышения эффективности использования земельных ресурсов, в том числе и радиоактивно загрязненных, являются правильное размещение и специализация производства, оптимизация размеров землепользования, структуры земель и посевных площадей, научно обоснованная организация территории хозяйств, предотвращение или уменьшение действия сокращающих почвенное плодородие факторов.

Упорядочение размещения населенных пунктов, производственных подразделений, хозяйственных центров, магистральных дорог ведет к сокращению ежегодных издержек производства на их функциониро-

вание, потерь земель (под застройку и другие внутривладельческие нужды) и продукции (при транспортировке к местам хранения или переработки), а также к улучшению оперативности руководства.

Многие специалисты отмечают важное значение организации земель, их трансформации и улучшения в решении задачи повышения эффективности использования земельных ресурсов в целом и радиоактивно загрязненных в частности. Ликвидируя мелкоконтурность, раздробленность земель и другие недостатки земельных массивов хозяйств, данные мероприятия способствуют повышению производительности труда, снижению себестоимости механизированных работ, транспортных расходов, капитальных затрат на строительство полевых станков, подъездных путей и т. д., а также улучшению качества обработки почвы в связи с уменьшением площадей недопашек и клиньев.

Опыт производственной деятельности сельскохозяйственных предприятий доказывает возможность получения дополнительной продукции со значительным снижением степени ее загрязнения радионуклидами в результате дифференцированного размещения севооборотов и культур с учетом микроклиматических, агроэкологических и радиационных особенностей территории, а также обеспечения растений лучшими предшественниками.

Установлено, что проводимая в процессе землеустройства организация территории севооборотов сокращает затраты на эксплуатацию машинно-тракторного парка, которые определяются длиной гона, компактностью рабочих участков, правильностью их размещения относительно рельефа местности.

Действие факторов, определяющих эффективность использования радиоактивно загрязненных земель, можно регулировать с помощью землеустройства. Оно должно быть направлено на ликвидацию или ослабление комплексного негативного воздействия природных и хозяйственных, в том числе и радиозэкологических факторов, на эффективность использования земельных ресурсов при обязательном сохранении и приумножении их производительной ценности. Нельзя допускать ослабления действия одного фактора, усиливая негативное влияние других. Следовательно, землеустройство должно носить комплексный характер.

Хотя вопросы организации рационального использования земельных ресурсов и повышения ее эффективности достаточно полно изучены и освещены в специальной литературе, однако последствия аварии на Чернобыльской АЭС создали новые проблемы в области использования земель, производства экологически «чистой» продукции и

обеспечения безопасного проживания населения, требующие решения в рамках проведения адаптивного землеустройства.

### **1.3. Основные задачи и принципы организации использования земель в условиях радиоактивного загрязнения**

Для радиоактивно загрязненных территорий основная концепция в агропромышленном комплексе состоит в полном исключении производства продуктов питания, содержащих радионуклиды в количествах больших, чем допустимый уровень, и создание условий безопасного проживания населения. В соответствии с ней сельскохозяйственная деятельность на землях, загрязненных радиоактивными веществами, должна быть направлена в первую очередь на решение следующих задач:

- внедрение в производство экономически целесообразных мероприятий по снижению содержания радиоизотопов в продукции;

- обеспечение рентабельности производства сельскохозяйственной продукции на территориях со среднегодовой эквивалентной дозой облучения населения ниже 5 мЗв (0,5 бэр);

- снижение коллективной дозы внутреннего облучения населения и повышение качества продукции, произведенной в зонах загрязнения;

- соблюдение принятых для данных условий загрязнения специальных технологий ведения растениеводства и животноводства, гарантирующих получение продуктов питания, полностью соответствующих установленным нормам по содержанию радионуклидов;

- проведение противоэрозионных мероприятий, способствующих предотвращению миграции радиоактивных веществ на незагрязненные угодья, а также повторного загрязнения;

- создание условий для экономической заинтересованности и закрепления рабочей силы на территории пострадавших районов при одновременном снижении социально-психологической напряженности посредством развития социальной инфраструктуры населенных пунктов, транспорта и т. д., решения экологических проблем;

- организация рационального использования каждого участка земли в соответствии с современным уровнем развития производительных сил, достижениями научно-технического прогресса;

- обеспечение сбалансированности, оптимальных количественных и качественных пропорций между основными элементами и условиями сельскохозяйственного производства: землей, рабочей силой, материально-техническими ресурсами;

реализация земельной реформы, развитие предпринимательства и фермерских хозяйств [1, 6, 16, 17, 18, 23, 28, 61 и др.].

В условиях радиоактивного загрязнения при решении вопросов рационального использования земель необходимо руководствоваться следующими принципами.

**1. Соблюдение требований законодательных актов и научная обоснованность принимаемых проектных решений.** На землях, подвергшихся радиоактивному загрязнению, эффективность сельскохозяйственного производства может быть достигнута лишь в том случае, если общие и частные предложения по организации производства и территории базируются на последних достижениях науки в области разработки специальных систем ведения хозяйства и технологий возделывания культур, исходя из конкретных условий каждого участка пашни при строгом соблюдении требований законодательства, касающихся использования загрязненных радионуклидами земель. При этом необходимо обеспечить не только сохранение плодородия почв, но и неуклонное его повышение.

**2. Обеспечение радиационной безопасности для работающего и проживающего на данной территории населения.** Соблюдение этого принципа предопределяется действующими Республиканскими допустимыми уровнями содержания радиоцезия и радиостронция в продуктах питания и питьевой воде; подразделением в соответствии с принятыми законодательными актами загрязненных радионуклидами территорий на зоны в зависимости от плотности и степени воздействия радиации на организм человека с установлением в каждой из них особого режима использования земель и организации производства.

В подвергшихся радиоактивному загрязнению районах землеустроительные действия предполагают изъятие части наиболее загрязненных земель, проведение дезактивации пахотных земель, внедрение научно обоснованной структуры земель, изменение специализации предприятий, типа содержания животных, разработку системы севооборотов и размещение посевов сельскохозяйственных культур с учетом сложившейся радиационной обстановки.

**3. Зональный подход к организации производства и использования земель.** В связи с тем что радиоактивное загрязнение местности носит неравномерный, «пятнистый» характер, который, наряду с разнообразием рельефа местности, почвенного покрова и т. д., создает различные возможности для ведения сельского хозяйства, а предприятия различаются по специализации, уровню фондовооруженности,

трудообеспеченности и квалификации кадров, встает необходимость зонального подхода при организации использования земель и производства сельскохозяйственных предприятий, учитывающей плотность загрязнения земель радионуклидами Sr-90 и Cs-137, почвенно-климатические условия, пространственные свойства земель и материально-технические возможности хозяйств.

**4. Создание территориальных условий эффективного использования земель.** Организация территории создает каркас будущего хозяйства и предопределяет экономическую эффективность сельскохозяйственного производства. Выбор проектируемых элементов ее организации проводится с учетом их комплексного и долговременного воздействия на использование земельных ресурсов. Рационально размещенные элементы обеспечивают защиту земель от негативного действия природных и антропогенных процессов, создают возможности для наиболее эффективного использования техники, трудовых ресурсов, снижения издержек производства и экономии затрат. Таким образом, решение рассматриваемого вопроса невозможно без создания организационно-территориальных условий, способствующих росту эффективности производства на основе использования разработанных применительно к загрязненным радионуклидами землям специальных систем ведения сельского хозяйства и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, а также комплексной механизации производственных процессов.

**5. Связь организации рационального использования земель и устройства территории.** Вопросы рационального использования земель и устройства территории предприятий необходимо решать одновременно в тесной взаимоувязке. Так, проблемы совершенствования расселения переплетаются с территориальным размещением производства, объектов социальной и производственной инфраструктуры, агробиологические – с техническими и экологическими; размещение посевов сельскохозяйственных культур и формирование севооборотов невозможно без тесной взаимоувязки с качеством земель, их расположением, конфигурацией, степенью радиоактивного загрязнения и другими условиями для учета биологических особенностей растений и производительных свойств земель и т. д.

**6. Комплексность мероприятий, направленных на получение экологически «чистой» продукции.** Принцип комплексности предусматривает тесную увязку проводимых агрохимических, агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий между собой и

другими разработками по использованию и улучшению загрязненных радиоактивными веществами земель, а также по организации использования неразрывно с ними связанных средств производства.

**7. Экономическая, радиоэкологическая и социальная эффективности.** При выборе мероприятий по организации использования радиоактивно загрязненных земель следует исходить из необходимости достижения эколого-экономического равновесия с точки зрения использования сельскохозяйственных земель, т. е. затраты на проведение этих мероприятий должны соотноситься с размерами получаемой дополнительной продукции в виде чистого дохода. Нецелесообразно использовать дорогостоящие приемы, приводящие к незначительному уменьшению перехода радионуклидов в продукцию растениеводства и далее в продукты питания человека, так как они не имеют большой санитарно-гигиенической значимости. Организация использования земель в сложившейся радиационной обстановке невозможна без соблюдения принципа экономической оправданности мероприятий, проводимых с целью получения экологически «чистой» сельскохозяйственной продукции.

**8. Системный подход к организации производства и использования земель.** Данный принцип предполагает учет всего многообразия факторов, влияющих на переход радиоактивных веществ по звеньям функциональной цепи почва – растения – продукция растениеводства и животноводства – организм человека.

Системный подход к решению вопросов организации производства и использования земель позволяет рассматривать данную проблему как сложный процесс с внутренними противоречиями, во взаимосвязи и взаимообусловленности всей системы факторов и условий, в тесной зависимости с решением задач использования других природных ресурсов (леса, воды и т. д.) в условиях радиоактивного загрязнения территории. Системность относится и к анализу новых идей и разработок в области землепользования, землеустройства, радиоэкологии, радиобиологии, техники, технологии и других отраслей научного знания, который дает возможность разработать ряд вариантов решения задачи и наметить пути рационального использования радиоактивно загрязненных земель. Учет специфических черт и особенностей землепользования обеспечивает практическое применение разработанных рекомендаций и уникальность принимаемых решений для каждого сельскохозяйственного предприятия.

Очевидно, что вопросы, связанные с организацией и использовани-

ем земельных ресурсов, системно может решить лишь землеустройство, создавая территориальную основу для осуществления всего комплекса мероприятий, направленных на получение экологически «чистой» продукции. Научная организация труда невозможна без согласованного функционирования всех технологических процессов, которое, в свою очередь, опирается на рациональную организацию территории сельскохозяйственного предприятия, создаваемую в процессе землеустроительного проектирования.

Практика использования загрязненных радионуклидами земель показала, что совершенствование отдельных элементов сельскохозяйственного производства (применение новых сортов сельскохозяйственных культур, разработка новых технологий их возделывания и т. д.) не всегда приводит к общесистемному эффекту. В связи с этим возникает необходимость объединить имеющиеся факты и установить перспективы всей системы сельскохозяйственного производства в целом. Только землеустройство, и в частности внутрихозяйственная организация использования земель и устройство их территории, дает такую возможность на базе системного анализа.

**9. Ресурсный подход к организации производства и использования земель.** Организация рационального использования каждого участка земли и эффективного производства возможна лишь на основе всестороннего анализа и оценки имеющихся ресурсов хозяйства. Практика показывает, что наиболее высоких экономических результатов добиваются сельскохозяйственные предприятия с оптимальным соотношением земли, трудовых ресурсов и производственных фондов. Прежде всего необходимо оценить ресурсный потенциал хозяйств и на его основе установить специализацию и объемы производства при строгом учете радиоэкологического фактора, а также наметить пути снижения концентрации радионуклидов в произведенной продукции. Проектирование мероприятий по организации использования земель ведется от частного к общему, т. е. от конкретного земельного участка к земельному массиву хозяйства в целом.

Только землеустройство обеспечивает рациональное использование ресурсного потенциала предприятия и комплексное воздействие на все компоненты сельскохозяйственного производства, в том числе в условиях радиоактивного загрязнения территории.

Предполагается не искусственное доведение пространственных свойств почв и экономического плодородия до требуемых для определенных культур параметров, а подбор форм и методов организации

территории с учетом ее зонирования по плотности радиоактивного загрязнения под свойства отдельных типов природно-территориальных комплексов [31]. Такой подход является возможным в связи с наличием более или менее однородных участков земли, на которых не только почвы, но и прочие условия (уклон, экспозиция склона, характер увлажнения, плотность радиоактивного загрязнения и др.) одинаковы и образуют определенный вид природного комплекса с характерными переходами радиоцезия в культуры. Различие рабочих участков по этим признакам обуславливает степень загрязнения конечной продукции растениеводства радионуклидами, а следовательно, особенности технологии земледелия и требования к составу сельскохозяйственных культур, что, в свою очередь, определяет различия в организации территории предприятий.

Для организации рационального использования радиоактивно загрязненных земель, гарантированного производства экологически «чистой» продукции растениеводства и животноводства необходимо выдержать приведенные принципы, что позволит все звенья цепи, включающей землеустроительные действия, сельскохозяйственное производство и переработку продукции, т. е. специализацию – организацию территории – структуру посевных площадей – систему обработки почвы – переработку выращенной продукции, тесно связывать и одновременно направить на выполнение поставленной задачи.

## **2. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

### **2.1. Комплексная организация использования радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель в проектах землеустройства**

Комплексная организация использования радиоактивно загрязненных земель представляет собой научно обоснованную систему мероприятий, обеспечивающих получение экологически «чистой» сельскохозяйственной продукции, повышение культуры земледелия, внедрение адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, а также охрану окружающей среды. В ее содержание входят вопросы внутрихозяйственного землеустройства, системы земледелия, животноводства, рабочего проектирования отдельных мероприятий по улучшению земель, защите их от повторного загрязнения радионукли-

дами и эрозии, инженерному оборудованию территории и строительству различных объектов, решаемые с использованием как известных частных методик, так и вновь разработанных (табл. 2.1).

**Таблица 2.1. Составные части и элементы проекта комплексной организации территории и использования земель в условиях радиоактивного загрязнения**

Составные части	Элементы
1	2
Размещение производственных подразделений, хозяйственных центров	Установление состава, количества и размеров производственных подразделений. Размещение земельных массивов производственных подразделений. Размещение хозяйственных центров
Размещение объектов производственной и социальной инфраструктуры	Размещение дорог с твердым покрытием. Размещение источников водоснабжения. Размещение инженерных систем энерго- и газоснабжения и телефонной связи и т. д.
Организация земель	Агро- и радиоэкологическое зонирование территории. Оптимизация землепользования. Разработка мероприятий по трансформации и улучшению земель. Установление состава и площадей сельскохозяйственных земель и их размещение
Устройство территории пахотных земель	Формирование однородных эколого-технологических рабочих участков. Оценка пригодности рабочих участков для возделывания основных сельскохозяйственных культур и их группировка. Организация севооборотов. Размещение полей севооборотов и посевов сельскохозяйственных культур. Размещение полевых дорог, станов, полевых защитных полос
Устройство территории луговых земель	Организация использования луговых земель в системе пастбище- и сенокосооборотов
Устройство территории земель, занятых под постоянными культурами	Размещение пород и сортов. Размещение кварталов. Размещение элементов производственной инфраструктуры
Разработка системы земледелия	Разработка мероприятий по снижению степени загрязнения получаемой продукции. Разработка системы обработки почв в севооборотах. Разработка системы удобрений. Подбор адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур с учетом плотности радиоактивного загрязнения почв. Разработка почвозащитных мероприятий. Разработка системы мероприятий по борьбе с вредителями, болезнями и сорняками сельскохозяйственных культур

1	2
Разработка противозерозивных и природоохранных мероприятий	Разработка системы мер по охране земель. Разработка мероприятий по охране водных источников от загрязнения

Организация использования радиоактивно загрязненных земель связана прежде всего с рассмотрением общеизвестных составных частей и элементов проекта внутрихозяйственного землеустройства.

Одновременно с решением этих вопросов следует разработать систему земледелия, представляющую собой комплекс взаимосвязанных агротехнических, организационных, агрохимических и мелиоративных мероприятий, направленных на снижение радиоактивного загрязнения урожая сельскохозяйственных культур, интенсивное использование земель, восстановление и повышение плодородия почв.

Природоохранные мероприятия направлены на предотвращение нанесения природе ущерба в будущем и ликвидацию негативных последствий антропогенного влияния на окружающую среду, включая и радиоактивное загрязнение территории, и состоят из мероприятий по охране земельных, лесных ресурсов и водных источников.

Охрана земельных ресурсов представляет собой систему мероприятий по защите почв от эрозии, повышению их продуктивности, защите пахотных и луговых земель от повторного радиоактивного загрязнения, зарастания кустарником и мелколесьем, мелиорацию земель.

Охрана водных источников предусматривает меры по предотвращению их загрязнения. С этой целью устанавливается режим использования земель в водоохраных зонах и прибрежных полосах, вводятся ограничения хозяйственной деятельности на примыкающих к водоохраным зонам территориях. Для охраны лесных ресурсов важно предусмотреть облесение песков и нарушенных земель, создание защитных лесных насаждений.

Комплексная организация использования земель невозможна без всестороннего обоснования намеченных мероприятий, определения их стоимости и эффективности осуществления.

Все составные части и элементы проекта должны рассматриваться в тесной взаимосвязи, в качестве единой задачи, решаемой по принципу «от общего к частному».

Вносимые проектные предложения должны предусматривать благоприятные территориальные условия для рационального использова-

ния земель и развития сельскохозяйственного производства, что требует их всестороннего обоснования.

Важными показателями экономической эффективности организации использования земель являются прирост чистого дохода и экономия затрат на выполнение производственных процессов и предотвращение потерь производства. Дополнительный чистый доход обусловлен увеличением стоимости валовой продукции за счет действия следующих факторов [4]:

размещения культур по лучшим предшественникам ( $\Delta D_1$ );

освоения и улучшения сельскохозяйственных земель ( $\Delta D_2$ );

наиболее рационального размещения луговых земель для выпаса скота относительно животноводческих ферм (комплексов) и сокращения потерь продуктивности скота, вызванных его перегонами ( $\Theta_c$ );

экономии транспортных расходов на перевозку грузов ( $\Theta_r$ ), людей ( $\Theta_l$ ) и перегоны техники ( $\Theta_t$ );

сокращения прямых затрат на механизированную обработку сельскохозяйственных культур ( $\Theta_s$ ), уменьшения рабочего уклона ( $\Theta_p$ );

экономии затрат на холостые повороты и заезды техники в связи с увеличением длины гона ( $\Theta_d$ ).

Эффективность размещения сельскохозяйственных культур с учетом качества предшественников ( $\Delta D_1$ ) устанавливается по формуле

$$\Delta D_1 = d_i \sum_{i=1}^n P_{il} I_i K_{il} - \sum_{i=1}^n P_{il}^1 I_i K_{il}, \quad (2.1)$$

где  $d_i$  – условный доход (чистый доход) или выход энергии в расчете на 1 ц  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, руб. (МДж);

$P_{il}^1$  – площадь  $i$ -й сельскохозяйственной культуры по  $l$ -му предшественнику до и после проведения землеустройства;

$I_i$  – урожайность  $i$ -й сельскохозяйственной культуры по хозяйству, ц/га;

$K_{il}$  – коэффициент урожайности  $i$ -й сельскохозяйственной культуры по  $l$ -му предшественнику;

$i$  – виды сельскохозяйственных культур от 1 до  $n$ ;

$l$  – виды предшественников сельскохозяйственных культур от 1 до  $n$ .

Стоимость дополнительной продукции за счет освоения и улучшения сельскохозяйственных земель ( $\Delta D_2$ ) может быть определена по формуле

$$\Delta D_2 = PИa + PИ_1a, \quad (2.2)$$

где  $P$  – площадь освоенных и улучшенных земель, га;

$И$  – проектная урожайность сельскохозяйственных культур, ц/га;

$И_1$  – прибавка урожайности сельскохозяйственных культур, ц/га;

$a$  – закупочная цена единицы продукции, руб.

Предотвращенные потери животноводческой продукции за счет сокращения расстояний перегонов скота ( $\mathcal{E}_c$ ) определяется по формуле

$$\mathcal{E}_c = NnT(R_1 - R_2)f_{пр}a, \quad (2.3)$$

где  $N$  – поголовье скота, гол.;

$n$  – количество перегонов в день;

$T$  – продолжительность пастбищного периода, дн.;

$R_1 - R_2$  – сокращение расстояний перегона скота, км;

$f_{пр}$  – снижение продуктивности животных при перегоне на 1 км, ц;

$a$  – стоимость единицы продукции, руб/ц.

Эффективность от сокращения средних расстояний и улучшения транспортных условий перевозок грузов ( $\mathcal{E}_r$ ), людей ( $\mathcal{E}_л$ ) и перегонов техники ( $\mathcal{E}_т$ ) определяется по формулам (2.4)–(2.6).

$$\mathcal{E}_r = Q(C_1R_1 - C_2R_2), \quad (2.4)$$

где  $Q$  – объем перевозимых грузов, т;

$C_1$  и  $C_2$  – стоимость перевозки на 1 км соответственно до и после проведения землеустройства, руб.;

$R_1$  и  $R_2$  – расстояние перевозки на 1 км соответственно до и после проведения землеустройства, км.

$$\mathcal{E}_л = \frac{FBn}{Ezk}(C_1R_1 - C_2R_2), \quad (2.5)$$

где  $F$  – затраты труда на обслуживание территории, чел.-дн.;

$B$  – грузоподъемность автомобиля, т;

$n$  – количество переездов в день;

$E$  – вместимость автомобиля, чел.;

$z$  – коэффициент использования пробега автомобиля;

$k$  – коэффициент использования вместимости автомобиля.

$$\Theta_{\tau} = \frac{PQnC}{WK_c}(R_1 - R_2), \quad (2.6)$$

где  $P$  – площадь обслуживаемой территории, га;

$Q$  – объем механизированных работ на 1 га, эт. га;

$n$  – количество переездов в смену;

$C$  – стоимость перегона техники на 1 км, руб.;

$W$  – средняя выработка машинно-тракторного агрегата в смену, эт. га;

$K_c$  – коэффициент сменности машинно-тракторных агрегатов.

Сокращение прямых затрат на механизированную обработку полей ( $\Theta_s$ ) определяется по следующей формуле:

$$\Theta_s = \frac{bP}{P}(B_1 - B_2), \quad (2.7)$$

где  $b$  – опытный коэффициент для определенной культуры;

$P$  – площадь посева культуры, га;

$B_1$  и  $B_2$  – условная ширина полей соответственно до и после проведения землеустройства, сотен метров.

Сокращение прямых затрат на механизированную обработку сельскохозяйственных культур за счет уменьшения рабочего уклона ( $\Theta_p$ ) определяется по формуле

$$\Theta_p = 0,1\Delta i_p \Delta S_m, \quad (2.8)$$

где  $0,1$  – коэффициент, учитывающий снижение затрат на возделывание сельскохозяйственных культур в зависимости от рельефа местности, руб. на 1 % сокращения рабочего уклона;

$\Delta i_p$  – разница рабочих уклонов до и после проведения землеустройства, %;

$\Delta S_m$  – разница чистой площади пахотных земель до и после проведения землеустройства, га.

Экономия затрат на холостые повороты и заезды техники в связи с увеличением длины гона ( $\Theta_d$ ) рассчитывается по формуле

$$\Theta_d = 0,01\Delta K_{дг} C_M \Delta S_m, \quad (2.9)$$

где  $\Delta K_{\text{дг}}$  – разница в потерях на холостые повороты и заезды сельскохозяйственной техники до и после проведения землеустройства, %;

$C_m$  – стоимость осуществления механизированных работ, руб. на 1 га;

$\Delta S_m$  – то же, что и в формуле (2.8).

При проектировании севооборотов необходимо создать условия для стабильного экономического роста и расширенного воспроизводства плодородия почв посредством расчета затрат по поддержанию бездефицитного баланса гумуса ( $\Delta Z$  [42]), которые определяются по формуле

$$\Delta Z = (a_3 + b_3 R_j) Z_{ij} + C_2 Z_{ij}, \quad (2.10)$$

где  $a_3, b_3$  – расчетные коэффициенты;

$Z_{ij}$  – объем органических удобрений, необходимый для поддержания бездефицитного баланса гумуса при возделывании  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м участке, т;

$C_2$  – стоимость вносимых органических удобрений, руб/т.

Кроме того, целесообразно учесть потери стоимости валовой продукции растениеводства в связи с неоднородностью почвенных условий ( $\Pi_1$ ), на поворотных полосах и клиньях ( $\Pi_2$ ).

$$\Pi_1 = \sum_{j=1}^n P_j B_j I_{ij} \Pi_{ij} Z_i (1 - K_n), \quad (2.11)$$

где  $P_j$  – площадь рабочего участка, га;

$B_j$  – средневзвешенный балл оценки земель участка;

$I_{ij}$  – урожайность  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, ц/га;

$\Pi_{ij}$  – цена балла почв на  $j$ -м рабочем участке для  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, ц;

$Z_i$  – закупочная цена урожая  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, руб/ц;

$K_n$  – коэффициент неоднородности почвенных условий;

$i$  – виды сельскохозяйственных культур от 1 до  $m$ ;

$j$  – рабочие участки от 1 до  $n$ .

$$\Pi_2 = K_{\text{пнк}} B S_{\text{пнк}}, \quad (2.12)$$

где  $K_{\text{ппк}}$  – коэффициент снижения стоимости продукции полеводства на поворотных полосах и клиньях;

$B$  – выход продукции с 1 га пахотных земель, ц;

$S_{\text{ппк}}$  – площадь поворотных полос и клиньев, га.

В качестве критерия оценки экономической эффективности использования земель выступает суммарный экономический эффект ( $\Delta\text{Ч}$ , руб.).

$$\Delta\text{Ч} = \Sigma\Delta\text{Д} + \Sigma\Delta\text{Э} - \Delta\text{З} - \Sigma\Pi \rightarrow \max. \quad (2.13)$$

В данном случае

$$\Delta\text{Ч} = \Delta\text{Д}_1 + \Delta\text{Д}_2 + \text{Э}_c + \text{Э}_r + \text{Э}_л + \text{Э}_t + \text{Э}_s + \text{Э}_p + \text{Э}_d - \Delta\text{З} - \Pi_1 - \Pi_2 \rightarrow \max. \quad (2.14)$$

Известный состав технических показателей оценки проектов внутрихозяйственного землеустройства [33] может быть дополнен средним размером эколого-технологически однородных участков ( $P_{\text{ср}}$ ), средневзвешенным расстоянием до обслуживаемой территории ( $R$ ), условной рабочей длиной гона ( $L$ ), рабочим уклоном местности ( $i_p$ ), расстояниями между фермами и массивами луговых земель для выпаса скота ( $L_t$ ), а также коэффициентом сельскохозяйственной освоенности территории ( $K_o$ ) и др.

С целью учета влияния намеченных землеустроительных мероприятий на экологическое состояние территории и степень ее антропогенной нагрузки проводится экологическое обоснование проектных решений.

В состав экологических показателей использования земель целесообразно включить коэффициенты: лесистости ( $K_l$ ) (площадь лесов в расчете на одного сельского жителя составляет 0,4–0,5 га, оптимальная лесистость – 6–19 %), распаханности ( $K_p$ ), залуженности ( $K_z$ ), обводненности ( $K_b$ ), контурности земель ( $K_{\text{кт}}$ ), экологической уязвимости территории ( $K_{\text{эр}}$ ), эрозионной уязвимости ( $K_{\text{эу}}$ ), экологической стабильности территории ( $K_{\text{ст}}$ ), а также показатели почвенных разновидностей ( $K_{\text{кл}}$ ), протяженности границ техногенных объектов ( $K_{\text{то}}$ ), которые определяются по следующим зависимостям:

$$K_l = \frac{P_l}{P}; \quad (2.15)$$

$$K_p = \frac{P_n}{P}; \quad (2.16)$$

$$K_3 = \frac{P_3}{P}; \quad (2.17)$$

$$K_B = \frac{P_B}{P}; \quad (2.18)$$

$$K_{кт} = \frac{100N}{P}; \quad (2.19)$$

$$K_{эК} = \frac{P_{эу}}{P}; \quad (2.20)$$

$$K_{эу} = \frac{P_{эо}}{P}; \quad (2.21)$$

$$K_{кп} = \frac{100N_n}{P}; \quad (2.22)$$

$$K_{то} = \frac{100 \sum_{k=1}^m S_k}{P}; \quad (2.23)$$

$$K_{эст} = \frac{K_i P_i K_m}{P_i}; \quad (2.24)$$

где  $P$ ,  $P_n$ ,  $P_p$ ,  $P_3$ ,  $P_B$ ,  $P_{эу}$ ,  $P_{эо}$  – соответственно площадь земельного участка хозяйства, лесов, луговых земель, под водой, экологически уязвимых (загрязненных, засоренных, эродированных, нарушенных, переувлажненных и др.) и эрозионно опасных земель;

$N$  – количество контуров видов земель, находящихся в границах земельного участка сельскохозяйственной организации;

$N_n$  – количество контуров почвенных разновидностей, находящихся в границах земельного участка сельскохозяйственной организации;

$S_k$  – протяженность границы  $k$ -го техногенного объекта, км;

$K_i$  – коэффициент экологической стабильности земель  $i$ -го вида;

$P_i$  – площадь земель  $i$ -го вида земель;

$K_M$  – коэффициент морфологической стабильности рельефа (для стабильных  $K_M = 1$ , для нестабильных  $K_M = 0,7$ );

$k$  – вид техногенного объекта от 1 до  $m$ .

Если рассчитанное по формуле (2.24) значение  $K_{эст}$  меньше 0,33, то территория считается нестабильной, в пределах 0,34–0,50 – неустойчиво стабильной, в диапазоне от 0,51 до 0,66 – средней стабильности, превышает значение 0,67 – экологически стабильной.

В связи с необходимостью обоснования использования радиоактивно загрязненных земель предлагаются следующие дополнительные показатели: коэффициент радиоактивного загрязнения территории ( $K_{pz}$ ) и показатель протяженности границ радиоактивно загрязненных земель ( $K_{po}$ ) (формулы (2.24) и (2.25)):

$$K_{pz} = \frac{P_{pz}}{P}, \quad (2.25)$$

где  $P_{pz}$  – площадь земель, подвергшихся радиоактивному загрязнению, га;

$P$  – площадь анализируемой территории, га;

$$K_{po} = \frac{100 \sum_{j=1}^m S_j}{P}, \quad (2.26)$$

где  $S_j$  – длина границы земель с  $j$ -й плотностью загрязнения, м;

$j$  – плотность загрязнения от 1 до  $m$ .

## **2.2. Содержание и методика обоснования организации использования радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель**

Организация использования земельных ресурсов представляет собой деятельность, направленную на создание определенной системы использования земель в народном хозяйстве, которая отвечает поставленным задачам и научным представлениям о рациональном землепользовании.

Для организации полного, эффективного и рационального использования земельных ресурсов необходимо решение этой проблемы на предплановом, плановом, предпроектном и проектном уровнях.

Основными предплановыми документами здесь выступают Основные направления и Генеральная схема использования земельных ресурсов, главными целями которых являются:

распределение земель между отраслями народного хозяйства в увязке с разработанными прогнозами их развития и использования природных ресурсов при сохранении приоритета сельского хозяйства;

выявление на территории всех категорий земель резервов освоения земель, пригодных для вовлечения в сельскохозяйственный оборот;

предложения по улучшению земель, повышению их плодородия и продуктивности, защите почв от эрозии;

организация территории и упорядочение земельных массивов хозяйств;

установление объемов, стоимости, очередности и оценка эффективности намеченных мероприятий.

Разработка Генеральной схемы использования земельных ресурсов осуществляется через планы развития народного хозяйства и проектные предложения, составленные на их основе.

На предпроектной стадии разрабатываются схемы землеустройства районов, содержащие решение вопросов обоснования: потребности отраслей народного хозяйства в земельных ресурсах; резервов сельскохозяйственного освоения; устранения недостатков земельных массивов сельскохозяйственных организаций; природоохранных мероприятий; совершенствования размещения базовых элементов организации территории, составляющих ее каркас (населенных пунктов, производственных центров, дорожной сети и других коммуникаций), а также определение величины затрат на осуществление предложенных мероприятий и оценку их эффективности.

Завершающим этапом организации использования земель является землеустроительное проектирование (межхозяйственное, внутрихозяйственное и рабочее). Ранее в проектах внутрихозяйственного землеустройства технико-экономическое обоснование использования земель проводилось на основе доводимых до хозяйств планов, которые часто не были сбалансированы с природными и экономическими ресурсами. Следствием этого явления стало сверхинтенсивное использование земель, сопровождающееся снижением их плодородия, переуплотнением почв, накоплением в них вредных химических элементов, развитием эрозии и другими негативными последствиями. В новых условиях хозяйствования проектные решения необходимо принимать исходя из обеспеченности трудовыми и материально-техническими

ресурсами, наличия земель и их качества, сложившейся экономической, экологической и радиационной ситуации.

По мнению А. А. Варламова [31] и С. Н. Волкова [34], только внутрихозяйственное землеустройство, в основу которого положены ресурсный подход и программно-целевой метод проектирования, позволяет увязать экономические и социальные интересы предприятий с решением экологических проблем. Авторы предлагают выделить в качестве дополнительных составных частей проекта оценку ресурсного потенциала хозяйства и обоснование направлений использования земель.

Содержание организации использования радиоактивно загрязненных земель включает:

- анализ современного состояния использования и степени радиоактивного загрязнения земель и оценку ресурсного потенциала хозяйств;

- агро-, радиоэкологическое зонирование территории и установление режима использования земель;

- выявление резервов для сельскохозяйственного и иного использования и обоснование очередности вовлечения новых земель в сельскохозяйственный оборот;

  - совершенствование земельных массивов хозяйств;

- обоснование повышения уровня интенсивности использования земельных ресурсов и продуктивности сельскохозяйственных земель;

- разработку перспектив развития и совершенствование размещения населенных пунктов, производственных центров, дорожной сети и других коммуникаций;

  - решение вопросов организации земель;

- устройство территории сельскохозяйственных земель и обоснование мер по их защите от эрозии, повторного их радиоактивного загрязнения, сохранению и повышению плодородия почв и разработку других природоохранных мероприятий;

- определение потребности в капитальных вложениях, материальных и трудовых ресурсах для реализации намеченных мероприятий и оценку их эффективности.

Для решения вопросов, предусмотренных содержанием организации использования земель с учетом загрязнения территории радиоактивными веществами, может быть использована следующая методика:

- анализ существующего использования земель и степени их радиоактивного загрязнения;

- оценка ресурсного потенциала хозяйств (земельных, материально-технических, денежных ресурсов);

агро-, радиоэкологическое зонирование территории;  
обоснование направлений использования ресурсов в отраслях сельскохозяйственного производства с учетом природного потенциала и плотности радиоактивного загрязнения;  
обоснование специализации и установление перспектив развития производства на основе оптимизации структуры земель и посевов;  
совершенствование размещения производственных подразделений, хозяйственных центров, дорожной сети и т. д.;  
организация земель (трансформация, освоение, улучшение, закрепление луговых земель за скотом);  
формирование эколого-технологически однородных рабочих участков;  
оценка пригодности рабочих участков для возделывания основных сельскохозяйственных культур;  
формирование земельных массивов с однотипным использованием (группировка рабочих участков);  
разработка вариантов размещения севооборотов и их оценка;  
устройство территории сельскохозяйственных земель;  
оценка экономической и экологической эффективности организации использования земель [4].

Анализ существующего использования земель предполагает установление зон с различной плотностью радиоактивного загрязнения; уточнение границ производственных подразделений, населенных пунктов, хозяйственных центров и т. д., местоположения охраняемых территорий, земель со специальным режимом использования, неблагоприятных в экологическом отношении объектов; выявление площадей, подверженных эрозии, засоренных камнями; выделение участков, имеющих природоохранное значение; уточнение мелиоративного и культуртехнического состояния луговых земель и их закрепление за фермами и группами скота; изучение сложившихся хозяйственных участков (полей севооборотов, гуртовых участков и т. д.) и размещения посевов сельскохозяйственных культур.

Сельскохозяйственные предприятия обладают различным ресурсным потенциалом, складывающимся из обеспеченности земельными и трудовыми ресурсами (трудоспособное население), основными производственными фондами (здания, машины и оборудование, продуктивный скот, хозяйственный инвентарь и т. п.) и оборотными средствами. При его оценке учитываются система расселения, плотность населения и его структура, нагрузка земель на одного работника, квалификаци-

онный состав трудовых коллективов, виды техники, уровень механизации производственных процессов в растениеводстве и животноводстве, наличие и состояние жилых и производственных построек, объектов инженерного оборудования территории (мелиоративная сеть, летний лагерь, гидротехнические сооружения и т. п.) и внутрихозяйственных дорог, уровень благоустройства населенных пунктов и другие показатели.

Для анализа земельных ресурсов необходима характеристика тех свойств земли, которые оказывают на производство постоянное влияние и определяют характер организации территории. К таким свойствам в первую очередь относятся:

рельеф (крутизна склонов, их экспозиция и др.);

пространство (площадь земельного массива хозяйства, хозяйственных участков, их конфигурация, протяженность, местоположение и взаимная удаленность);

почвенный покров (тип почв, их гранулометрический состав, степень увлажнения, радиоактивного загрязнения, развития эрозии, каменистости, агрохимические свойства – содержание гумуса, подвижных соединений фосфора, калия, кислотность, а также балл качественной оценки);

естественный растительный покров;

гидрогеология и гидрография (уровень залегания грунтовых вод, густота речной и овражно-балочной сети и др.).

Формирование свойств земельных ресурсов происходит под влиянием конкретных условий, которые могут быть охарактеризованы следующими показателями: теплообеспеченность, влагообеспеченность, степень континентальности климата, коэффициент биологической продуктивности, комплексный биоклиматический показатель продуктивности растений и сравнительная оценка биологической продуктивности земель.

Непосредственная взаимосвязь свойств земли с природными и радиоэкологическими условиями при комплексном характере их проявления приводит к необходимости одновременного учета последних при выборе способов и форм использования и охраны земельных ресурсов в процессе землеустройства.

При организации использования радиоактивно загрязненных земель, и в частности установлении структуры земель, необходимо учитывать, что для получения животноводческой продукции с допустимыми РКУ-96 уровнями загрязнения Cs-137 (молоко –  $1 \times 10^{-9}$  Ки/кг,

мясо –  $1,6 \times 10^{-8}$  Ки/кг [18]) суточные рационы кормления должны быть сбалансированы по содержанию не только кормовых единиц, но и радионуклидов.

Величина предельно допустимого содержания радиоцезия в суточном рационе кормления по видам скота, средняя допустимая концентрация радионуклидов в отдельных видах кормов и предельный уровень радиоактивного загрязнения земель, предназначенных для их выращивания, могут быть определены по методике Р. Г. Ильязова [40].

### **2.3. Обоснование специализации и структуры земель сельскохозяйственных предприятий в условиях радиоактивного загрязнения территории**

Агроэкологические зоны представляют собой информационный фон и совокупность граничных условий организации использования земель, разработки мероприятий по их освоению и улучшению, сокращению перехода радионуклидов из почвы в урожай сельскохозяйственных культур, защите почв от эрозии, обоснованному размещению хозяйственных и производственных центров, внутривоспроизводственных дорог, защитного лесоразведения, севооборотов и др.

Для осуществления зонирования выделяют основные природные и антропогенные объекты, которые требуют защиты от загрязнения и деградации или, наоборот, сами являются источниками загрязнения окружающей среды, тем самым предопределяя режим использования прилегающих к ним земель, технологии сельскохозяйственного производства и содержание необходимых мероприятий, позволяющих снизить или исключить такое влияние. К таким объектам относятся открытые водные источники, производственные центры, дороги общего пользования, радиоактивно загрязненные участки земель с различной концентрацией радионуклидов в почве.

В результате выделяют прибрежные полосы, водоохранные зоны, зоны радиоактивного и иного загрязнения, для каждой из которых регламентируются особенности использования земель и технологии сельскохозяйственного производства. Результаты зонирования территории хозяйства отражают на чертеже землеустроительного обследования.

Важным направлением организации рационального использования земель, подвергшихся радиоактивному загрязнению, является их трансформация, создающая условия для экологической устойчивости землепользования, эффективного применения техники и технологий

возделывания сельскохозяйственных культур, повышения плодородия почв с учетом социальных и экономических потребностей общества, снижения перехода радионуклидов из почв в продукты питания. Основой для ее проведения служат результаты агроэкологического зонирования территории сельскохозяйственной организации. Целесообразность и направления этого процесса определяются качественными пространственными и радиоэкологическими характеристиками экологически однородных земельных участков, в пределах которых он осуществляется.

Трансформация земель производится в рамках организации земель. Вопросы определения возможных видов трансформации и резервов освоения для условий Республики Беларусь наиболее полно разработаны А. И. Шегидевичем [67]. Он выделяет две формы трансформации: внутреннюю (перевод одного вида земель в другой внутри сельскохозяйственных земель для повышения эффективности их использования) и внешнюю (освоение резервов земель, пригодных для сельскохозяйственного использования, и отвод для несельскохозяйственных нужд). В условиях радиоактивного загрязнения большое распространение получает внутренняя трансформация, хотя занимает значительное место и перевод загрязненных свыше 40 Ки/км<sup>2</sup> сельскохозяйственных земель, в том числе луговых при степени их загрязнения свыше 15 Ки/км<sup>2</sup> в случае отсутствия финансовых возможностей хозяйства для осуществления мероприятий по их улучшению, в лесной фонд, земли запаса и др.

Основные положения, которыми необходимо руководствоваться при проведении данного мероприятия, можно свести к следующему:

соблюдение принципа «от общего к частному», предполагающего обоснованность предложений о возможности и направлениях трансформации в общем виде в схеме землеустройства административного района с последующей их конкретизацией для условий сельскохозяйственных предприятий в проектах внутрихозяйственного землеустройства;

применение комплексного подхода, обеспечивающего включение экономических, технологических, радиоэкологических, социальных требований и ограничений;

необходимость системного подхода, позволяющего перейти от улучшения свойств почв отдельных массивов земель к комплексному устройству больших территорий, способствующего повышению плодородия почв до уровня социальной потребности и снижению концентрации радионуклидов в произведенной продукции.

Трансформация из фактора экстенсивного развития сельскохозяйственного производства должна превратиться в фактор, обеспечивающий его интенсификацию за счет улучшения пространственных условий использования земель.

Основные требования, предъявляемые к проведению трансформации в условиях радиоактивного загрязнения территории, можно сформулировать следующим образом:

получение максимального выхода соответствующей радиационным стандартам сельскохозяйственной продукции при наименьших затратах труда и средств на ее производство;

целесообразное увеличение площади продуктивных видов земель и минимальный перевод их в другие виды с учетом сохранения экологического равновесия экосистем;

соответствие планируемых объемов трансформации и улучшения земель экономическим возможностям и радиационной обстановке предприятий;

охрана земель и окружающей среды [67].

Основными направлениями трансформации и улучшения земель данного мероприятия в условиях радиоактивного загрязнения территории являются:

трансформация вклинивающихся в пахотные естественных луговых земель с целью создания оптимальных условий для механизированных полевых работ путем укрупнения контуров и придания им правильной конфигурации;

создание сплошного облесения, лесозащитных полевых насаждений и других противоэрозионных сооружений с целью предотвращения или прекращения негативных почвенных процессов и вторичного радиоактивного загрязнения территорий, сохранения и воспроизводства плодородия почв;

выделение земель для внутрихозяйственного строительства;

изменение соотношения между луговыми землями, их улучшение с учетом сокращения перехода радионуклидов из почв в конечную продукцию животноводства.

Радиоактивное загрязнение земель накладывает ограничения на возможность использования луговых земель для производства экологически «чистой» продукции. Р. Г. Ильзовым [40] установлены предельно допустимые уровни загрязнения радиоцезием луговых земель для ведения молочного и мясного скотоводства в зависимости от половозрастных групп животных. В связи с низкой допустимой степенью

загрязнения естественных луговых земель для производства экологически «чистых» молока и мяса (соответственно 1,2–3,0 Ки/км<sup>2</sup> и 1,6–6,4 Ки/км<sup>2</sup>) автор рекомендует свести к минимуму или исключить их использование. Обобщение производственного опыта и анализ специальной литературы позволяет сделать вывод о необходимости проведения коренного улучшения естественных луговых земель при плотности их загрязнения свыше 5 Ки/км<sup>2</sup>, а также осуществления работ по коренному или поверхностному улучшению луговых земель, плотность загрязнения которых составляет 3–15 Ки/км<sup>2</sup>, с проведением комплекса агрохимических мероприятий и подсевом трав. При этом способ улучшения определяется с учетом почвенных условий, ботанического состава травостоя и степени радиоактивного загрязнения земель. Такой подход к использованию луговых земель дает возможность снизить плотность загрязнения верхнего горизонта в 1,3–11 раз и в конечном счете получить «чистые» корма. Проведенные исследования позволяют рекомендовать создание культурных травостоев злаковых травосмесей с учетом районированных культур, обеспечивающих получение высоких урожаев. Допускается включение в них не более 20 % бобовых трав при плотности загрязнения луговых земель менее 15 Ки/км<sup>2</sup> [11].

Выбор участков луговых земель для трансформации, коренного или поверхностного улучшения осуществляется на основании данных о почвенном покрове, состоянии и качестве естественного травостоя, местоположении участков относительно производственных центров и их площади, а также хозяйственной целесообразности. В условиях радиоактивного загрязнения территории этот перечень должен быть дополнен информацией о загрязнении земель радионуклидами.

Трансформация земель позволяет перейти от фактической структуры земель сельскохозяйственных предприятий к оптимизированной.

В условиях радиоактивного загрязнения территории особо важное значение приобретает установление рациональной структуры земель и посевов с учетом природных, технологических, экономических и радиоэкологических условий конкретных сельскохозяйственных предприятий. Ряд ученых Всероссийского научно-исследовательского института земледелия и защиты почв от эрозии считают, что при современном уровне экономического плодородия почв наименьшая площадь земельного участка, необходимая человеку для удовлетворения различных потребностей, составляет 0,15 га пахотных и 0,40 га сельскохозяйственных земель.

Вместе с тем необходимо уделять внимание соблюдению допустимой концентрации посевов сельскохозяйственных культур, что позволяет защитить почвы от эрозии, поддержать оптимальное соотношение гумуса и других питательных веществ.

Одним из основных факторов снижения дозы облучения населения, проживающего на радиоактивно загрязненных территориях, является рациональная организация агропромышленного производства в этих условиях и осуществление научно обоснованной системы мероприятий по снижению поступления радионуклидов в организм человека с продуктами питания. Данная проблема по существу землеустроительная в широком понимании смысла этого слова, так как в качестве определяющих показателей при ее решении выступают характеристики территории. Рациональная организация сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель предполагает прежде всего поиск оптимального сочетания отраслей и проектирование системы севооборотов, традиционно входящих в комплекс задач землеустроительного проектирования. Однако оптимизация их решения на загрязненных территориях приобретает особое значение ввиду отсутствия в прошлом опыта производственной деятельности предприятий в таких условиях.

Решение поставленных задач целесообразно вести расчетно-вариантным и экономико-математическим методами. Первый метод заключается в поиске эффективного направления проектирования путем разработки и анализа по системе технических, экономических и экологических показателей различных вариантов. Немаловажное значение имеет правильный подбор нормативных материалов. Недостатком данного метода является тот факт, что оказавшийся лучшим вариант не обязательно представляет собой оптимальное решение рассматриваемой проблемы.

Поиск оптимального варианта возможен лишь с помощью экономико-математического метода, сущность которого состоит в моделировании исследуемых явлений. Экономико-математическая модель отображает наиболее характерные свойства изучаемого объекта или процесса с помощью системы уравнений, функций или неравенств. Она включает целевую функцию, ограничения переменных, представленные в виде системы математических уравнений, и макет матрицы в форме таблицы, в которой приведены в математизированном виде необходимые для решения задачи данные.

Для оптимизации использования загрязненных радионуклидами земель применен симплексный метод математического программирования, который позволяет выбрать из множества альтернативных вариантов один наилучший с точки зрения заданного критерия оптимальности и определенных ограничений на ресурсы и концентрацию радиоцезия в конечной продукции. Этот подход включает следующие составляющие:

- формулировка цели задачи;
- определение основных факторов, влияющих на решение поставленной задачи (перечень переменных, ограничений);
- сбор необходимых материалов для составления экономико-математической модели (нормативных, статистических, научных и т. д.);
- моделирование исследуемого процесса;
- разработка таблицы-матрицы;
- необходимые вычисления с проверкой их хода на примере типичных хозяйств;
- корректировка решения.

Размеры и структура производства сельскохозяйственного предприятия зависят от сложившейся специализации, его ресурсного потенциала и площадей земель с различной плотностью радиоактивного загрязнения. На первом этапе решения задачи оптимизации использования земель необходимо установить площади и структуру сельскохозяйственных земель и посевов возделываемых культур для каждой зоны радиоактивного загрязнения, отдельного производственного подразделения и хозяйства в целом. С этой целью может быть использована блочная экономико-математическая модель, в качестве критерия оптимальности которой выступает максимум прибыли при условии получения большого количества продукции при допустимом содержании радионуклидов с меньшими затратами на ее производство. Важным моментом данной экономико-математической модели являются ограничения по степени радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции, в основу которых положена необходимость меньшего содержания радионуклидов в произведенных видах продукции, чем предусмотрено Республиканскими допустимыми уровнями.

Для записи структурной экономико-математической модели введены следующие обозначения и переменные [4]:

- $j$  – индекс отрасли;
- $i$  – индекс ресурса;
- $u$  – индекс сельскохозяйственных земель (кроме пахотных);

$w$  – индекс элементов питания;  
 $h$  – индекс группы кормов;  
 $I$  – индекс видов продукции;  
 $s, S$  – соответственно номер производственного подразделения и их множество;  
 $r, R$  – соответственно индекс зоны радиоактивного загрязнения и их множество;  
 $J_1$  – множество отраслей растениеводства;  
 $J_2$  – множество отраслей животноводства;  
 $J$  – множество всех отраслей производства;  
 $J_0$  – множество видов сельскохозяйственных земель (кроме пахотных);  
 $M_0$  – множество видов сельскохозяйственных культур определенных сортов;  
 $M_1$  – множество видов работ;  
 $M_2$  – число видов продукции;  
 $M_3$  – множество основных направлений капиталовложений;  
 $M_4$  – число видов производственных затрат;  
 $H$  – множество видов кормов;  
 $H_1$  – множество видов питательных веществ;  
 $x_{jsr}$  – размер отрасли производства  $j$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ ;  
 $x_{ai}$  – привлекаемые трудовые ресурсы в напряженные периоды времени, чел.;  
 $x_{hsr}$  – количество покупных кормов  $h$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s, ц$ ;  
 $x_N, x_P, x_K$  – потребность соответственно в азотных, фосфорных и калийных удобрениях, кг;  
 $x_y$  – необходимое количество дополнительно приобретаемых органических удобрений для поддержания бездефицитного баланса гумуса в почве, т;  
 $x_z$  – общие производственные затраты, руб.;  
 $x_K$  – общий размер капиталовложений, необходимых или вкладываемых в развитие хозяйства, руб.;  
 $C_{jsr}$  – общая площадь пахотных земель производственного подразделения  $s$  в зоне загрязнения  $r$ , га;  
 $x_{ijsr}$  – площадь посева сельскохозяйственной культуры  $i$  (определенного сорта) в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$  для удовлетворения потребностей в ней отрасли  $j$ , га;

- $Z_{isr}$  – площадь сельскохозяйственных земель  $i$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , га;
- $X_{ijsr}$  – площадь сельскохозяйственных земель  $i$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , га;
- $\alpha_{ijsr}, b_{ijsr}$  – соответственно минимальный и максимальный удельный вес посева культуры  $i$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ ;
- $V_{hjsr}$  – выход корма вида  $h$  с единицы отрасли растениеводства  $j$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , ц;
- $P_{hjsr}$  – норма расхода корма вида  $h$  на единицу отрасли животноводства  $j$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , ц;
- $V_{wjsr}$  – выход элемента питания  $w$  единицы отрасли растениеводства  $j$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , к. ед.;
- $P_{\omega jsr}$  – потребность в элементе питания  $\omega$  единицы отрасли животноводства  $j$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , к. ед.;
- $m_{\omega h}$  – содержание питательного вещества  $\omega$  в единице корма  $h$ , к. ед.;
- $a_{ijsr}$  – затраты ресурса  $i$  на единицу отрасли  $j$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , чел.-ч;
- $A_i$  – затраты труда вида  $i$ , чел.-ч;
- $Y_{Njsr}, Y_{Pjsr}, Y_{Kjsr}$  – норма внесения соответственно азотных, фосфорных и калийных удобрений на единицу площади (1 га) отрасли  $j$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , кг д. в/га;
- $m_{jsr}$  – норма минерализации (накопления) гумуса под посевами сельскохозяйственных культур в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , т/га (знак  $\langle + \rangle$  – в случае его образования, знак  $\langle - \rangle$  – в случае его выноса);
- $n_i$  – образование гумуса за счет разложения органических удобрений, получаемых от одной головы скота, т;
- $A_1, A_h$  – максимально допустимое содержание радиоцезия в единице продукции растениеводства и животноводства, Ки;
- $b_{ljsr}$  – содержание радиоактивных веществ в единице продукции  $l$  отрасли производства  $j$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , Ки;

- $q_{hjsr}$  – радиоактивность суточного рациона единицы отрасли животноводства  $j$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , Ки;
- $K$  – коэффициент перехода радионуклидов из суточного рациона в единицу продукции животноводства;
- $n_{ijst}$  – выход продукции  $l$  сельскохозяйственной культуры  $i$  с единицы отрасли растениеводства  $j$  в зоне загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , ц;
- $K_{is}(K_{hs})$  – коэффициент перехода радионуклидов из почвы в сельскохозяйственную культуру  $i$  (корм  $h$ ) в зоне радиоактивного загрязнения  $r$ ;
- $t$  – период кормления животных, сут;
- $N_h$  – доля радионуклидов, вносимая в суточный рацион кормления животных кормом  $h$ , Ки/сут;
- $C_h$  – средняя допустимая концентрация радионуклида в растительном корме  $h$ , входящем в состав суточного рациона кормления животных, Ки/кг;
- $t_{ljsr}$  – выход продукции вида  $l$  с единицы отрасли  $j$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , т;
- $Q_{lj}$  – гарантированный объем производства продукции  $l$  отрасли  $j$ , т;
- $d_{ijst}$  – производственные затраты вида  $i$  на единицу отрасли  $j$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , руб.;
- $x_{mjsr}$  – переменные, характеризующие основные направления использования капитальных вложений в хозяйстве (производственное строительство, покупка сельхозтехники, скота и т. д., проведение мелиоративных и противоэрозионных работ, использование или приобретение автотранспорта, закладка многолетних насаждений и др.), руб.;
- $h_{ijsr}$  – нормы затрат капиталовложений  $i$  на единицу отрасли  $j$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , руб.;
- $f_{jsr}$  – фондоемкость отрасли  $j$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , руб.;
- $c_{jsr}$  – стоимость единицы товарной продукции отрасли  $j$  в зоне радиоактивного загрязнения  $r$  производственного подразделения  $s$ , руб.

Целевая функция модели имеет вид

$$Z = \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} c_{jsr} x_{jsr} - x_z \rightarrow \max. \quad (2.27)$$

На переменные накладываются следующие ограничения:

1. По площади сельскохозяйственных земель –

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{ijsr} - \sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{ijsr} - Z_{ijsr} \leq 0, i \in I_o. \quad (2.28)$$

2. По площади пахотных земель –

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{ijsr} - C_{jsr} \leq 0, i \in M_o. \quad (2.29)$$

3. По агротехническим требованиям, предъявляемым к возделываемым культурам, и их рекомендуемому удельному весу в структуре посевных площадей –

$$\alpha_{ijsr} C_{jsr} \leq x_{ijsr} \leq \beta_{ijsr} C_{jsr}, j \in J_1, s \in S, r \in R. \quad (2.30)$$

4. По производству и использованию кормов –

$$\sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} v_{hjsr} + \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{hsr} - \sum_{j \in J_2} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} P_{hjsr} x_{jsr} \geq 0, h \in H. \quad (2.31)$$

5. По балансу питательных веществ –

$$\sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} v_{\omega jsr} x_{jsr} + \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} m_{\omega h} x_{hsr} - \sum_{j \in J_2} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} P_{\omega jsr} x_{jsr} \geq 0, \omega \in H_1. \quad (2.32)$$

6. По трудовым ресурсам –

$$\sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} a_{ijsr} x_{jsr} - x_{ai} \geq A_i, i \in M_1. \quad (2.33)$$

7. По балансу минеральных удобрений:

азотных – 
$$\sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} Y_{Nj_{sr}} x_{j_{sr}} - x_N \geq 0; \quad (2.34)$$

фосфорных – 
$$\sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} Y_{Pj_{sr}} x_{j_{sr}} - x_P \geq 0; \quad (2.35)$$

калийных – 
$$\sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} Y_{Kj_{sr}} x_{j_{sr}} - x_K \geq 0. \quad (2.36)$$

8. По поддержанию бездефицитного баланса гумуса в почве с целью сохранения почвенного плодородия и рационального использования удобрений –

$$\sum_{j \in J_1} m_{j_{sr}} x_{j_{sr}} + \sum_{j \in J_2} n_j x_{j_{sr}} - x_y \geq 0, r \in R, s \in S. \quad (2.37)$$

9. По степени радиоактивного загрязнения сельскохозяйственной продукции:

а) товарной (растениеводства) –

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} A_l x_{j_{sr}} - \sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} b_{lj_{sr}} x_{j_{sr}} \geq 0, l \in M_2; \quad (2.38)$$

б) животноводства –

$$\sum_{j \in J_2} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} A_h x_{j_{sr}} - \sum_{j \in J_2} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} q_{hj_{sr}} K t x_{j_{sr}} \geq 0, l \in M_2, h \in H; \quad (2.39)$$

в) кормопроизводства –

$$\sum_{j \in J_2} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} C_h x_{j_{sr}} - \sum_{j \in J_1} K_{hs} v_{hj_{sr}} x_{j_{sr}} \geq 0, h \in H. \quad (2.40)$$

Причем

$$\sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} b_{lj_{sr}} = \sum_{j \in J_1} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} n_{ij_{sr}} K_{is}, l \in M_2, i \in M_0; \quad (2.41)$$

$$\sum_{j \in J_2} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} q_{hj_{sr}} = \sum_{j \in J_2} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} N_h P_{hj_{sr}}, h \in H. \quad (2.42)$$

10. По производству гарантированного объема товарной продукции (госзаказа) с концентрацией радионуклидов в пределах допустимых республиканских уровней –

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} t_{ijrs} x_{jsr} \geq Q_{lj}, l \in M_2. \quad (2.43)$$

11. По сумме производственных затрат предприятия –

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} d_{ijrs} x_{jsr} - x_z = 0, i \in M_4. \quad (2.44)$$

12. По общему размеру капитальных вложений:

общих капиталовложений –

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} x_{mjsr} - x_k = 0, m \in M_3. \quad (2.45)$$

единовременных затрат –

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} h_{ijrs} x_{jsr} - x_{mjsr} = 0, i \in M_4, m \in M_3. \quad (2.46)$$

13. По стоимости ОПФ –

$$\sum_{j \in J} \sum_{s \in S} \sum_{r \in R} f_{jsr} x_{jsr} \geq 0. \quad (2.47)$$

14. Условие неотрицательности переменных –

$$x_{jsr} \geq 0, x_{mjsr} \geq 0, x_z \geq 0, x_k \geq 0 \dots$$

Для решения задачи оптимизации структуры земель и посевных площадей сельскохозяйственных предприятий в условиях радиоактивного загрязнения подготовлены технико-экономические коэффициенты, на основе которых разработаны исходные матрицы. Процессу моделирования предшествует поиск и уточнение необходимых нормативных материалов, включающих трудозатраты на возделывание сельскохозяйственных культур и содержание животных [14], нормы внесения минеральных и органических удобрений с учетом содержания ра-

диоцезия в почвах и расхода кормов [18], количество радионуклидов, вносимых в суточный рацион, и средняя допустимая концентрация их в растительном корме [18, 40]; максимально допустимое содержание радиоцезия в производимой продукции [18]; коэффициенты перехода радиоактивных веществ из суточного рациона в организм животных [18, 40] и из почвы в растения [15]; содержание питательных веществ в отдельных видах корма; норма выноса гумуса, коэффициенты изменения стоимости основных фондов.

На основании результатов расчета перспектив развития сельскохозяйственного производства, имеющихся в наличии земельных, трудовых, материально-технических и других ресурсов, а также с учетом сложившихся направлений деятельности в растениеводстве и животноводстве и радиоэкологического фактора устанавливается проектная специализация хозяйств, которая предопределяет соответствующую организацию использования земель.

Вопрос о перспективах развития и размещения населенных пунктов, производственных центров, дорожной сети решается на основе анализа сложившейся радиационной обстановки, системы расселения, размещения производства, внутренних и внешних связей предприятий, а также схем землеустройства, проектов районной планировки, технико-экономического обоснования размещения дорог и других перспективных разработок.

При решении вопросов мелиоративного и водохозяйственного строительства на радиоактивно загрязненных территориях необходимо исходить из его направленности на обеспечение условий для получения экологически «чистой» продукции, создание систем инженерной защиты прилегающих к загрязненным радионуклидами земель от переноса радиоактивных веществ, а также уменьшение внешнего облучения работающего персонала.

Институтом почвоведения и агрохимии установлено, что понижение уровня грунтовых вод (УГВ) для дерново-подзолистых заболоченных и болотных почв от 0,5 до 0,9–1,2 м сокращает концентрацию радионуклидов в сельскохозяйственной продукции на 65–80 % (в 3–5 раз). При дальнейшем понижении УГВ до 2 м уменьшение составляет лишь 35–50 % (1,5–2 раза) от первоначальной величины загрязнения. Строительство новых и реконструкция существующих мелиоративных систем (осушительных, осушительно-увлажнительных и др.) допускается на минеральных землях с плотностью загрязнения Cs-137 до 15 Ки/км<sup>2</sup>, на торфяниках – до 5 Ки/км<sup>2</sup>. При этом средний

уровень загрязнения используемых в хозяйстве земель не должен превышать 5 Ки/км<sup>2</sup> и рассчитывается по формуле

$$A_{\text{ср}} = \sum_{i=1}^n \frac{A_i F_i}{F}, \quad (2.48)$$

где  $A_{\text{ср}}$  – средний уровень загрязнения в рассматриваемых интервалах (до 1, 1–5, 5–15), Ки/км<sup>2</sup>;

$A_i$  – уровень загрязнения в  $i$ -м интервале, Ки/км<sup>2</sup>;

$F_i$  – площадь земель, имеющих в  $i$ -м интервале, га;

$F$  – общая площадь используемых в хозяйстве земель с уровнем загрязнения 0–15 Ки/км<sup>2</sup>, га.

Размещение объектов водохозяйственного и гидромелиоративного строительства производится по соответствующим схемам, проектам, материалам изысканий и обследований территории.

При решении вопроса о закреплении луговых земель за фермами и населенными пунктами важно принять во внимание радиэкологический фактор. Согласно научным разработкам Г. Т. Воробьева, Д. Е. Гуганова, З. Н. Маркиной и др. [11], для выпаса скота личной собственности необходимо выделять участки луговых земель, плотность загрязнения которых Cs-137 не превышает 2 Ки/км<sup>2</sup>. Выпас молочного стада рекомендуется проводить на улучшенных луговых землях с плотностью загрязнения радиоцезием менее 3 Ки/км<sup>2</sup> [11]. Использование загонной пастбы в сочетании с подкормкой животных культурами зеленого конвейера позволит снизить в 2 раза переход Cs-137 в молоко по сравнению с вольной пастбой коров. При отсутствии пастбищных участков с такой степенью загрязнения возможен перевод коров на стойлово-выгульный способ содержания, что позволит в 2,2 раза уменьшить концентрацию радиоцезия в молоке по сравнению с традиционным пастбищным содержанием [40]. Естественные луговые земли с плотностью загрязнения до 15 Ки/км<sup>2</sup> закрепляются за выпасными группами ремонтного молодняка, рабочего и мясного скота с обязательным заключительным откормом последних на «чистых» кормах [12, 13, 14, 16, 17, 40 и др.].

Приоритетным направлением в зоне радиоактивного загрязнения, особенно свыше 5 Ки/км<sup>2</sup>, является создание культурных луговых земель для выпаса скота.

Р. Г. Ильязов [40], С. Ф. Тимофеев [55], С. К. Фирсакова [65], рассматривая возможность получения «чистых» кормов, отмечают устой-

чивое 3–4-кратное снижение перехода радиоцезия в кормовые растения в результате коренного улучшения лугов с дерново-подзолистыми почвами в сочетании с внесением повышенных доз калийных удобрений и доломитовой муки.

Таким образом, основными принципами организации использования луговых земель и ведения лугопастбищного хозяйства в зонах радиоактивного загрязнения являются:

дифференцированное использование луговых земель в зависимости от плотности загрязнения Cs-137;

использование для создания культурных травостоев злаково-бобовых травосмесей;

обязательное ежегодное внесение на культурных луговых землях для выпаса скота минеральных удобрений в рекомендуемых для данной степени радиоактивного загрязнения дозах.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕВООБОРОТОВ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ**

#### **3.1. Формирование и оценка эколого-технологически однородных рабочих участков**

В условиях глобального загрязнения почв радионуклидами рациональная организация использования земель должна обеспечить производство максимально возможного количества «чистой» сельскохозяйственной продукции при минимальных затратах и сохранение научно обоснованного экологического равновесия всех природных факторов, связанных с использованием земли, на протяжении обозримого отрезка времени. Решение данной проблемы во многом связано с введением правильных севооборотов и их территориальным размещением.

Практика хозяйствования на земле показала необходимость совершенствования приемов проектирования и перехода от системы стабильных (классических) севооборотов к более гибким и динамичным, позволяющим полнее учитывать природные, технологические и другие особенности земли, как главного средства производства, а также легко вносить в проектные решения обоснованные изменения в соответствии с задачами сельскохозяйственного производства [31].

При таком подходе проектирование системы севооборотов ведется по принципу «от частного к общему», т. е. от агротехнически и эколого-

гически однородных участков к полю и севообороту. В качестве исходной территориальной единицы для образования рабочих участков принимается топографический контур. В условиях мелкой контурности они формируются из нескольких смежных или близко расположенных однородных в радиационном, почвенном и эколого-технологическом отношении отдельно обрабатываемых участков. В противном случае проектирование рабочих участков ведется путем деления крупных контуров видов земель с учетом необходимости соизмерения их площади с площадью посевов наиболее ценных и требовательных сельскохозяйственных культур, обладающих наименьшей способностью к поглощению радионуклидов из почвы.

Сформированным рабочим участкам дается эколого-технологическая характеристика по следующим показателям: тип почв, их гранулометрический состав, степень увлажнения, эродированности, каменистости, длина гона, угол склона, конфигурация, удельное сопротивление почв, удаленность от центральной усадьбы и центра производственного подразделения.

Длину рабочего гона в прямоугольных полях определяют путем измерения на плане. В полях непрямоугольной сложной конфигурации, а также при наличии вкрапленных контуров длину гона устанавливают с помощью линейной палетки. Палетку накладывают на план таким образом, чтобы крайние границы участка находились по возможности на середине расстояния между двумя смежными линиями палетки. Аналогичное требование предъявляется и по отношению к границам вкрапленных контуров.

Подсчитав общее количество пересечений границы участка и границ вкрапленных контуров с линиями палетки, среднюю длину гона при работе палеткой с 4-миллиметровым базисом (масштаб 1:10000) находят по формуле

$$l = \frac{1000P}{2n}, \quad (3.1)$$

где  $l$  – средняя длина гона на участке, м;

$P$  – площадь участка, га;

$n$  – число пересечений линий палетки с границей рабочего участка и вкрапленных контуров.

Общая характеристика конфигурации рабочих участков дается цифровыми индексами от 1 до 5 посредством сравнения конфигурации рабочего участка с типичными фигурами [44]. Прямоугольникам и

трапециям со скошенностью сторон менее  $10^0$  присваивается индекс 1, трапециям со скошенностью сторон более  $10^0 - 2$ , треугольникам и близким к ним фигурам – 3, участкам овальной формы – 4, участкам со сложной конфигурацией – индекс 5.

Для оценки местоположения рабочих участков по плану земельного участка сельскохозяйственной организации измеряют расстояния от них до хозяйственных центров производственных подразделений по дорогам, обеспечивающим наиболее удобную связь. Общее расстояние исчисляется как эквивалентное ( $R_3$ ), учитывающее количество транспортных путей, по формуле

$$R_3 = \sum_{l=1}^n r_l k_l, \quad (3.2)$$

где  $r_l$  – расстояние по  $l$ -му транспортному пути, км;

$k_l$  – коэффициент, учитывающий качество  $l$ -го транспортного пути.

Значение  $k_l$  принимается для целины (от центра участка до дороги) равным 2,5; естественных грунтовых дорог – 1,8; улучшенных грунтовых – 1,5; гравийных, булыжных – 1,2; асфальтобетонных, бетонных – 1,0.

Оценка выделенных рабочих участков по их пригодности для возделывания основных сельскохозяйственных культур обычно ведется по трем группам факторов:

почвенному плодородию (тип, гранулометрический состав почв, степень увлажнения, эродированности и т. д.);

технологическим условиям (степень каменистости, размер контуров, их конфигурация, условия рельефа и т. д.) и удаленности от хозяйственных центров;

природоохранным ограничениям.

В условиях радиоактивного загрязнения, кроме всестороннего учета агротехнических, агрохимических, технологических и других особенностей земель, необходимо принять во внимание степень поглощения и накопления радионуклидов различными сельскохозяйственными культурами, хозяйственное их использование, технологии выращивания на территориях с разной плотностью загрязнения, требовательность к природной среде, трудоемкость и т. д.

С этой целью, исходя из регламентированных Республиканскими допустимыми уровнями максимальных концентраций радиоцезия в продукции растениеводства [18] и значений коэффициента перехода

Cs-137 в урожай основных культур, рассчитана степень загрязнения земель, при которой содержание нуклида в продукции не превышает допустимых норм.

Расчеты выполнены по видам продукции, выращиваемой на торфяно-болотных и дерново-подзолистых песчаных, супесчаных, легко-, средне- и тяжелосуглинистых почвах по формуле [13]:

$$A_p = K_n A_n, \quad (3.3)$$

где  $A_p$  – радиоактивная загрязненность единицы урожая культуры, Ки/кг;

$A_n$  – плотность загрязнения почв, Ки/км<sup>2</sup>;

$K_n$  – коэффициент перехода радионуклидов из почв в хозяйственно полезную часть урожая культуры, 10<sup>-9</sup> Ки/кг.

Результаты вычислений положены в основу разработки шкалы сравнительной оценки пригодности рабочих участков для возделывания основных сельскохозяйственных культур в зависимости от типа почв и плотности их загрязнения радиоцезием (табл. 3.1).

Согласно приведенным в табл. 3.1 результатам расчетов, балл 3 присваивается землям, наиболее пригодным для размещения посевов, 2 – пригодным, 1 – малопригодным и 0 – непригодным. Для возделывания сельскохозяйственных культур наиболее пригодны земли, не подвергшиеся радиоактивному загрязнению. Непригодными приняты участки с плотностью загрязнения радиоцезием, при возделывании культур на которых загрязненность продукции превышает максимально допустимую, а также свыше 40 Ки/км<sup>2</sup>, так как согласно законодательным актам Республики Беларусь эти территории выведены из сельскохозяйственного оборота в связи с опасностью для проживания населения.

По результатам выделения и сравнительной оценки рабочих участков проводится их объединение в эколого-технологические группы по обобщенному показателю – степени пригодности для возделывания культур. Для каждой группы определяется возможный состав культур с учетом рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства в зонах радиоактивного загрязнения [4]. При подборе культур в сложившихся радиационных условиях хозяйствования используется такой защитный прием, как переспециализация отрасли растениеводства. Он основывается на видовых различиях растений в поглощении радионуклидов из почвы, которые ярко выражены в коэффициентах пропорциональности [13, 14, 16, 17, 18, 20].

Таблица 3.1. Сравнительная пригодность основных типов почв для возделывания сельскохозяйственных культур в зависимости от степени загрязнения радиоцезием

Культура	Вид продукции	Дерново-подзолистые почвы												Торфяно-болотные почвы			
		песчаные и супесчаные				легко- и средне-суглинистые				тяжелосуглинистые							
		Балл пригодности рабочих участков для возделывания сельскохозяйственных культур															
		3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0
Степень загрязнения почв радиоцезием, Ки/км <sup>2</sup>																	
Озимая рожь	Зерно	0	0,1-5	5,1-15	>15	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-5	5,1-10	>10
		0	0,1-15	5,1-16	>16	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40
Озимая пшеница	Зерно	0	0,1-5	5,1-10	>10	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-5	5,1-10	>10
		0	0,1-15	5,1-16	>16	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40
Овес	Зерно	0	0,1-5	5,1-8	>8	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-5	5,1-8	>8
		0	0,1-5	5,1-6	>6	0	0,1-15	15,1-38	>38	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40
Ячмень	Зерно	0	0,1-5	5,1-10	>10	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-5	5,1-8	>8
		0	0,1-5	5,1-6	>6	0	0,1-15	15,1-38	>38	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40
Однолетние травы	Сено	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-15	15,1-33	>33
	Сенаж	0	0,1-5	5,1-16	>6	0	0,1-15	15,1-25	>25	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-5	5,1-13	>13
	Зеленый корм	0	0,5-2	2,1-5	>5	0	0,1-1	5,1-8	>8	0	0,1-15	15,1-40	>40	0	0,1-2	2,1-4	>4
Кукуруза	Зеленый корм	0	0,1-5	5-8	>8	0	0,1-15	15,1-25	>25	0	0,1-15	15,1-25	>25	-	-	-	-
		0	0,1-5	5-13	>13	0	0,1-20	20,1-40	>40	0	0,1-20	20,1-40	>40	0	0,1-5	5,1-7	>7
Силос	0	0,1-5	5-13	>13	0	0,1-20	20,1-40	>40	0	0,1-20	20,1-40	>40	0	0,1-5	5,1-7	>7	
Картофель	Клубнеплоды	0	0,1-5	5,1-18	>18	0	0,1-20	20,1-35	>35	0	0,1-20	20,1-40	>40	0	0,1-5	5,1-7	>7
Свекла	Корнеплоды	0	0,1-5	5,1-10	>10	0	0,1-5	5,1-13	>13	0	0,1-15	15,1-27	>27	0	0,1-5	5,1-15	>15
Люпин	Силос	-	-	-	-	-	0,1-0,5	0,6-1	>1	-	-	-	-	-	-	-	-
	Сенаж	0	0,1-0,5	0,6-1	>1	0	0,1-1	1,1-3	>3	0	-	-	-	-	-	-	-
	Сено	0	0,1-2	2,1-4	>4	0	0,1-5	5,1-8	>8	0	-	-	-	-	-	-	-

Много- летние травы	Зеле- ный корм	0	–	–	–	0	0,1–0,9	1–2,5	>2,5	0	0,1–2	2,1–5	>5	0	0,1–5	0,6–1	>1
	Сенаж	0	0,1–1	1,1–2	>2	0	0,1–2,5	2,6–5,0	>5	0	0,1–5	5,1–16	>16	0	0,1–1	1,1–3	>3
	Сено	0	0,1–5	5,1–6,5	>6,5	0	0,1–5	15,1–13	>13	0	0,1–15	15,1–40	>40	0	0,1–5	5,1–8,5	>8,5
Клевер	Зеле- ный корм	0	0,1–0,9	1–2,5	>2,5	0	0,1–0,9	1–2,5	>2,5	0	0,1–2	2,1–3	>3	–	–	–	–
	Силос	0	0,1–2	2,1–2,5	>2,5	0	0,1–2	2,1–4	>4	0	0,1–2	2,1–5	>5	–	–	–	–
	Сенаж	0	0,1–2,5	2,5–5	>5,0	0	0,1–5	5,1–8	>8	0	0,1–5	5,1–10	>10	–	–	–	–
	Сено	0	0,1–5	5,1–13	>13	0	0,1–15	15,1–20	>20	0	0,1–15	5,1–26,5	>26,5	–	–	–	–
Лен	Волок- но	0	–	–	–	0	0,1–2,5	2,6–5	>5	0	0,1–2,5	2,6–5,0	>5	–	–	–	–

По данным многолетних наблюдений радиобиологов установлено, что накопление радиоцезия в сухом веществе продукции полевых культур различается до 180 раз при равной плотности загрязнения почв [9]. Эти различия зависят от распределения в почве корневой системы, продуктивности растений, продолжительности вегетационного периода, содержания в культурах кальция и калия. Наиболее эффективным и не требующим больших капиталовложений является выведение из структуры посевных площадей сельскохозяйственных культур с максимальным накоплением радионуклидов – люпина, гороха, гречихи и др., а также насыщение севооборотов зерновыми, картофелем, корнеплодами по мере повышения степени загрязнения почв. При размещении и подборе культур учитываются также их общебиологические требования к предшественникам и плодородию почв. Так, содержание радионуклидов в зерне озимой ржи при возделывании после люпина в 5–6 раз выше, чем после других предшественников.

Совокупную экономическую информацию о рабочих участках получают в результате их оценки по эффективности возделывания сельскохозяйственных культур, выраженной в виде матрицы условного дохода или чистого дохода (по материалам кадастровой оценки).

Величину условного дохода  $i$ -й культуры на  $j$ -м участке ( $D_{ij}$ ) в рублях на 1 га пахотных земель рассчитывают по формуле

$$D_{ij} = \frac{Y_{ix} k_{pi} B_{ix} C_i (1 - d_{ij} k_i)}{B_{ij}} - T_{nij} - T_{rij} - T_{lij} - T_{tij} - B_{врj} - T_{Нij}, \quad (3.4)$$

где  $Y_{ix}$  – планируемая в хозяйстве урожайность  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, т/га;

$k_{pi}$  – поправочный коэффициент, учитывающий влияние предшественника  $p$  на урожайность  $i$ -й культуры;

$B_{ix}$  – средневзвешенный балл пахотных земель по  $i$ -й сельскохозяйственной культуре по хозяйству;

$B_{ij}$  – балл пахотных земель  $j$ -го рабочего участка по  $i$ -й сельскохозяйственной культуре;

$C_i$  – закупочная цена 1 т  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, руб/т;

$d_{ij}$  – доля пахотных земель, уплотненных при возделывании  $i$ -й сельскохозяйственной культуры ходовыми аппаратами машинно-тракторных агрегатов, в общей площади  $j$ -го рабочего участка;

$k_i$  – коэффициент снижения урожайности  $i$ -й сельскохозяйственной культуры в связи с уплотнением почвы машинно-тракторными агрегатами;

$T_{nij}$  – затраты на внутриполевые работы при возделывании  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, руб/га;

$T_{гij}$ ,  $T_{лij}$ ,  $T_{тij}$  – транспортные расходы на перевозку грузов, людей и перегоны техники при возделывании 1 га  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, руб/га;

$B_{вpij}$  – условная стоимость непроизводительного потерянного времени на переезды и переходы работников полеводства при возделывании  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, руб/га;

$T_{Нij}$  – затраты на поддержание бездефицитного баланса гумуса при возделывании  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, руб/га.

Поправочный коэффициент  $k_{pi}$  вводится в расчеты на стадии размещения сельскохозяйственных культур во времени по рабочим участкам в зависимости от предшественника.

Средневзвешенный балл пахотных земель по  $i$ -й сельскохозяйственной культуре по хозяйству определяют по формуле

$$B_{ix} = \frac{\sum B_{ij} P_j}{\sum P_j}, \quad (3.5)$$

где  $B_{ij}$  – балл пахотных земель по  $i$ -й сельскохозяйственной культуре для  $j$ -го рабочего участка;

$P_j$  – площадь  $j$ -го рабочего участка, га.

Долю пахотных земель, уплотненных ходовыми аппаратами машинно-тракторных агрегатов при выполнении отдельных технологических операций, в общей площади рабочего участка определяют по формуле

$$d_{ij} = q + \frac{2b^1 n_b (1-q)}{L_j}, \quad (3.6)$$

где  $q$  – коэффициент, учитывающий отношение суммы ширины следов ходовых аппаратов машинно-тракторных агрегатов к ширине участка;

$b^1$  – ширина захвата агрегата, м;

$n_b$  – число проходов агрегата при обработке поворотной полосы;

$L_j$  – длина гона  $j$ -го рабочего участка, м.

Расчет общей доли уплотненных пахотных земель при возделывании основных сельскохозяйственных культур выполняют по следующим рабочим формулам:

для яровых зерновых

$$d_{\text{яpj}} = 0,37 + \frac{40,8}{L_j}; \quad (3.7)$$

для озимых зерновых

$$d_{\text{озj}} = 0,363 + \frac{40}{L_j}; \quad (3.8)$$

для льна

$$d_{\text{лj}} = 0,233 + \frac{49,7}{L_j}, \quad (3.9)$$

где  $L_j$  – длина гона  $j$ -го рабочего участка, м.

Непроизводительные затраты на внутриполевые работы при возделывании  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, обусловленные холостыми заездами и поворотами машинно-тракторных агрегатов, рассчитывают по формуле

$$T_{nij} = a + \frac{b}{L_j}, \quad (3.10)$$

где  $a$ ,  $b$  – расчетные коэффициенты.

Транспортные расходы на внутривозвездные перевозки грузов рассчитывают по формуле

$$T_r = (a''R + b'').Q, \quad (3.11)$$

где  $a''$  и  $b''$  – эмпирические коэффициенты;

$R$  – средневзвешенное расстояние перевозки грузов, км;

$Q$  – объемы перевозимых грузов в пересчете на грузы первого класса, т.

Транспортные затраты на перевозку людей определяют по формуле

$$T_{nij} = \frac{F_i n_1 B (a_2 R_j + b_2)}{E \alpha \gamma}, \quad (3.12)$$

где  $F_i$  – затраты времени на возделывание  $i$ -й сельскохозяйственной культуры, чел.-дн.;

$n_1$  – количество переездов работников в день;

$B$  – грузоподъемность автомобиля, т;

$a_2, b_2$  – расчетные коэффициенты;

$R_j$  – расстояние перевозки людей, км;

$E$  – коэффициент использования вместимости автомобиля;

$\alpha$  – коэффициент использования пробега автомобиля;

$\gamma$  – количество людей, перевозимых на одной машине, чел.

Расходы на холостые перегоны техники определяют по формуле

$$T_m = \frac{P Q_m n' R C'}{W K_c}, \quad (3.13)$$

где  $P$  – площадь сельскохозяйственных земель, га;

$Q$  – объем механизированных работ, выполняемых на 1 га сельскохозяйственных земель, усл. эт. га;

$n'$  – количество переездов агрегатов в смену;

$R$  – средневзвешенное расстояние перегонов техники, км;

$C'$  – затраты на 1 км переезда агрегата, руб.;

$W$  – средняя выработка одного агрегата в смену, усл. эт. га;

$K_c$  – коэффициент сменности работы агрегатов.

Условная стоимость потерянного времени на непроизводительные переезды и переходы работников устанавливается по следующей формуле:

$$B_n = F n C' \left( \frac{R}{v} + t \right), \quad (3.14)$$

где  $F$  и  $R$  – то же, что и в формуле (3.12);

$n$  – количество переездов работников в день;

$C''$  – стоимость 1 чел.-ч работы, руб.;

$v$  – средняя скорость передвижения автомобиля, км/ч;

$t$  – время, затраченное на переходы, поездки, посадку и высадку людей, ч.

Затраты на поддержание бездефицитного баланса гумуса определяются по формуле

$$T_{Hij} = (a_3 + b_3 R_j) Z_{ij} + C_2 Z_{ij}, \quad (3.15)$$

где  $a_3, b_3$  – расчетные коэффициенты;

$Z_{ij}$  – объем органических удобрений, необходимый для поддержания бездефицитного баланса гумуса при возделывании  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м участке, т;

$C_2$  – стоимость вносимых органических удобрений, руб/т.

Объем грузоперевозок устанавливается по формуле

$$Q_{ij} = Y_{ij} k_n + Q_{yi}, \quad (3.16)$$

где  $Y_{ij}$  – урожайность  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, т/га;

$k_n$  – коэффициент перевода к грузам первого класса;

$Q_{yi}$  – масса удобрений, вносимых под  $i$ -ю сельскохозяйственную культуру, т/га.

По результатам расчетов получают матрицу, которая представляет собой таблицу с величиной экономического эффекта от возделывания основных сельскохозяйственных культур на единице площади рабочих участков.

Радиоэкологический фактор учитывается путем расчета прогнозного уровня радиоактивного загрязнения единицы продукции сельскохозяйственных культур при их возделывании на конкретном рабочем участке с учетом концентрации в почве радионуклидов.

Выделение эколого-технологически однородных рабочих участков позволяет сформировать земельные массивы, обеспечивающие наибольшую экономическую и почвозащитную эффективность, а также радиоактивную безопасность вводимых севооборотов.

### **3.2. Особенности организации системы эколого-технологических севооборотов в условиях радиоактивного загрязнения пахотных земель**

Основными положениями проектирования севооборотов являются: использование системного подхода, предполагающего неразрывную связь составных частей проекта и других мероприятий по организации использования загрязненных радионуклидами земель;

наиболее полное соответствие природным, технологическим, природоохранным и радиоэкологическим условиям отдельных частей территории;

подбор культур с учетом потенциальных возможностей хозяйства и условий радиационной обстановки;

обеспечение высокопроизводительного использования техники, возможности экологически и экономически рационального применения адаптивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур;

создание условий для сокращения капитальных затрат и ежегодных расходов на эксплуатацию элементов устройства территории севооборотов, транспортировку грузов, рабочей силы, холостые переезды и повороты машинно-тракторных агрегатов;

выполнение экологических, фитосанитарных и радиоэкологических требований к размещению посевов;

обеспечение гибкости и устойчивости севооборотов при максимально целесообразном сохранении существующих элементов организации территории;

необходимость получения конечной продукции растениеводства с содержанием радионуклидов в пределах республиканских допустимых уровней.

В процессе проектирования системы севооборотов решается ряд взаимосвязанных вопросов, включающих выбор формы севооборотов, определение их типов, количества и местоположения, обоснование площадей и структуры посевов.

При установлении типов, количества и местоположения севооборотов, наряду с природными, технологическими и радиоэкологическими условиями, учитывается специализация хозяйства, обеспеченность трудовыми ресурсами, особенности расселения, состояние дорожной сети, степень технической оснащенности, а также расположение конкретных рабочих участков относительно хозяйственных центров.

Решение вопросов организации севооборотов в зависимости от степени радиоактивного загрязнения земель и местных условий может выполняться по следующим направлениям [44]:

1. Если почвенный покров земельного массива хозяйства сравнительно однороден с небольшим расхождением степени радиоактивного загрязнения, а выделенные группы участков имеют значительные площади, позволяющие организовать рациональные по размеру севообороты, то такие группы можно принять в качестве севооборотных массивов и разместить на них поля с чередованием культур, рекомендуемых для возделывания на этих землях в данной зоне загрязнения. Поля формируются из рабочих участков с учетом планируемых посевных площадей и структуры посевов.

2. При достаточно пестром почвенном покрове земельного участка сельскохозяйственной организации, значительных различиях в уровне содержания радионуклидов в почве и сравнительно небольших площадях выделенных групп участков задачу можно решать в следующем порядке. Ориентируясь на ведущие наиболее ценные сельскохозяйственные культуры, имеющие наименьшие коэффициенты перехода нуклидов в урожай, подбираются рациональные схемы чередования посевов и рассчитываются площади соответствующих севооборотов. Используя данные группировки, материалы расчета условного дохода (чистого дохода) и прогноза содержания радиоактивных веществ в полученной продукции, а также учитывая эффективность возделывания основных сельскохозяйственных культур, по ним подбираются рабочие участки, суммарная площадь которых равняется рассчитанному севообороту. Из выбранных рабочих участков формируются поля. В результате севооборот может быть представлен не единым земельным массивом, а мозаичным размещением полей и рабочих участков.

3. В условиях пестроты и контрастности радиационной обстановки и почвенного покрова, различий характера и состояния увлажнения, степени окультуренности земель, разнообразия форм рельефа, пространственных характеристик и т. п., а также при частых климатических аномалиях и изменениях экономических условий сельскохозяйственного производства (конъюнктура рынка, реорганизация форм хозяйствования, интенсивное освоение и улучшение земель и др.) целесообразно проектировать севообороты в границах отдельных рабочих участков с чередованием культур во времени. При этом учитывается группировка рабочих участков, результаты расчета условного дохода (чистого дохода) и прогноза концентрации радионуклидов в

урожае сельскохозяйственных культур, планируемые посевные площади, предшественники сельскохозяйственных культур и фитосанитарные требования. Размещение посевов выполняется по самой рентабельной на рынке продуктов земледелия культуре, поглощающей из почв наименьшее количество радиоактивных веществ.

В первом случае, как правило, количество севооборотов принимается равным числу эколого-технологических групп участков пахотных земель, занимающих значительные площади. Эколого-технологические участки, сравнительно небольшие по площади, а также пригодные только для возделывания на них бессменно кукурузы, трав, вкрапленные в другие виды земель, относят к внесевооборотным и размещают на них культуры с чередованием лишь во времени.

Распределение посевных площадей сельскохозяйственных культур по севооборотам выполняется на основании оценки сравнительной пригодности данных участков для размещения рекомендуемых для данной зоны радиоактивного загрязнения культур.

Далее определяется число полей севооборота и производится их формирование, по результатам которого уточняются посевные площади и составляется схема чередования культур в севообороте.

При организации системы севооборотов по второму направлению из числа рекомендуемых для возделывания в данной зоне радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных культур определяется самая высокорентабельная, ориентируясь на которую, подбирается рациональная в сложившихся радиационных условиях схема чередования посевов и рассчитывается площадь соответствующего севооборота. Используя данные расчета условного дохода (чистого дохода) и прогноза содержания радионуклидов в произведенной продукции, в пределах рассматриваемой зоны выбираются участки, обеспечивающие максимальный доход и минимальное радиоактивное загрязнение урожая по ведущей культуре. Сумма площадей выбранных участков должна равняться расчетной площади соответствующего севооборота. Из культур, не вошедших в данный севооборот, выбирается ведущая культура, и действия повторяются по рассмотренной выше методике. На участках, не вошедших в севообороты, размещают посевы сельскохозяйственных культур по годам. Формирование полей из рабочих участков, составление схем чередования и освоения севооборотов осуществляется аналогично, как и в первом варианте.

В условиях пестрого почвенного покрова, широкого диапазона степени радиоактивного загрязнения почв, динамичности землепользова-

ния и структуры посевов (изменяющийся спрос и предложение на продукцию растениеводства на рынке продовольствия) наиболее приемлемым является ежегодное размещение сельскохозяйственных культур по однородным эколого-технологическим рабочим участкам (третий вариант организации севооборотов). Для обоснования размещения посевов используются результаты расчета экономической эффективности, данные о предшественниках, фитосанитарных условиях и радиоэкологических ограничениях [44].

Влияние предшественников на урожайность учитывается путем использования коэффициентов совместимости культур в севообороте.

Фитосанитарные требования накладывают ограничения на срок возврата сельскохозяйственной культуры на конкретный рабочий участок.

Учет радиоэкологического фактора осуществляется посредством рассчитанного ранее критического уровня радиоактивного загрязнения почв для основных сельскохозяйственных культур, который позволяет получить продукцию с содержанием радиоцезия в пределах допустимых республиканских норм, а также прогноза концентрации радиоактивных веществ в урожае сельскохозяйственных культур в сложившейся на каждом рабочем участке радиационной обстановке [4].

При проектировании ежегодное размещение посевов по рабочим участкам может проводиться традиционным способом и с применением ЭВМ по специальной программе.

В первом случае при выполнении данной работы следует придерживаться следующих правил:

используя данные расчета условного дохода (чистого дохода) и прогноза концентрации радионуклидов в урожае по ведущей культуре подбираются рабочие участки, одновременно обеспечивающие наибольшую экономическую эффективность и наименьшее загрязнение полученной продукции;

при различии величины дохода по участкам менее 5 % предпочтение отдается тому из них, почвы которого содержат меньшее количество радиоактивных веществ;

при резком различии значений условного дохода (чистого дохода) по рабочим участкам могут быть разработаны варианты размещения посевов сельскохозяйственных культур, по результатам оценки которых принимается окончательное решение.

Затем устанавливается следующая по рентабельности культура и процесс повторяется по описанным правилам.

При этом немаловажное значение имеет правильный подбор нормативных материалов. Недостатком данного метода при большом количестве влияющих на его результат факторов является тот факт, что полученный результат размещения посевов не обязательно представляет собой оптимальное решение рассматриваемой проблемы.

Поиск оптимального варианта возможен лишь с помощью экономико-математического метода, сущность которого состоит в моделировании исследуемых явлений.

Оптимизационный проект размещения сельскохозяйственных культур по рабочим участкам производится с учетом уровня радиоактивного загрязнения почв, их типа, гранулометрического состава и степени увлажнения, так как данные характеристики почвенного покрова определяют важный показатель качества конечной продукции – содержание радионуклидов.

Кроме того, урожайность размещаемой на том или ином участке сельскохозяйственной культуры также зависит от перечисленных выше характеристик почвы и от предшественника.

В качестве меры загрязнения продукции рассматривается интегральная загрязненность совокупного урожая конкретных сельскохозяйственных культур

$$A_i = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n B_{ij} Y_{ij} X_{ij} S_j, \quad (3.17)$$

где  $i$  – вид культуры от 1 до  $n$ ;

$j$  – номер рабочего участка от 1 до  $m$ ;

$B_{ij}$  – содержание радиоактивных веществ в 1 ц продукции  $i$ -й культуры, выращенной на  $j$ -м рабочем участке;

$Y_{ij}$  – урожайность  $i$ -й культуры на  $j$ -м рабочем участке;

$X_{ij}$  – доля  $j$ -го рабочего участка, занятая  $i$ -й культурой;

$S_j$  – площадь  $j$ -го рабочего участка.

Величина  $B_{ij}$  рассматривается как произведение степени радиоактивного загрязнения  $j$ -го рабочего участка ( $Z_j$ ) на коэффициент перехода радионуклидов из его почвы в хозяйственно полезную часть урожая  $i$ -й культуры ( $K_{ij}$ ):

$$B_{ij} = Z_j K_{ij}. \quad (3.18)$$

Для установления степени радиоактивного загрязнения рабочих участков используются материалы радиационного обследования территории сельскохозяйственной организации.

Урожайность выращиваемых культур при соблюдении соответствующих технологий возделывания зависит от плодородия почв и предшественника. Учет первого фактора осуществляется путем использования данных о средней урожайности  $Y_{ij}$  на почвах со всеми встречающимися в данном регионе комбинациями параметров.

Влияние предшественника учитывается через коэффициент совместимости культур в севообороте  $l_{ik}$  ( $i$  – номер предшественника,  $k$  – номер размещаемой культуры).

Информация о предшественниках сводится в таблицу. Значение  $k_j$  равняется 1, если площадь рабочего участка занята  $k$ -м предшественником, 0 – в противном случае.

Тогда урожайность  $i$ -й культуры на  $j$ -м рабочем участке определяется по формуле

$$Y_{ij} = Y_i \sum_{k=1}^n l_{ik} k_j. \quad (3.19)$$

В этом случае формула (3.17) примет следующий вид:

$$A_i = \sum_{j=1}^m S_j X_{ij} Z_j K_{ij} Y_i \sum_{k=1}^n l_{ik} k_j. \quad (3.20)$$

Ранжирование культур по требованиям к содержанию в их продукции радиоактивных веществ проводится с помощью весовых коэффициентов  $n_i$ . Больше значения  $n_i$  присваиваются культурам, к экологической «чистоте» которых предъявляются более высокие требования. Их диапазон не ограничивается и устанавливается произвольно.

Требование минимизации содержания радионуклидов в конечной продукции растениеводства может быть представлено в виде

$$A = \sum_{j=1}^n n_j A_j \rightarrow \min, \quad (3.21)$$

или с учетом математической формулировки

$$\sum_{i=1}^n n_i \sum_{j=1}^m X_{ij} S_j Z_j K_{ij} Y_i \sum_{k=1}^n l_{ik} k_j \rightarrow \min. \quad (3.22)$$

На решение данной задачи накладываются следующие ограничения:

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = S_j, \quad j = 1, m; \quad (3.23)$$

$$\sum_{j=1}^m S_j X_{ij} Y_i \sum_{k=1}^n l_{ik} k_j \geq 0, \quad X_{ij} \geq 0. \quad (3.24)$$

Данная математическая модель позволяет оптимально размещать посевы сельскохозяйственных культур по сформированным эколого-технологически однородным рабочим участкам или полям севооборотов с учетом почвенного покрова, уровня их радиоактивного загрязнения и степени поглощения из почвы радионуклидов конкретными культурами при условии минимальной концентрации радиоизотопов в производимой продукции.

В настоящее время при проектировании системы севооборотов используются методы экспертных оценок, экономико-математический на основании материалов кадастровой оценки земель и расчетно-конструктивный с применением справочно-нормативных данных. Последний из методов является наиболее приемлемым при размещении сельскохозяйственных посевов в условиях радиоактивного загрязнения земель.

Обоснование размещения посевов сельскохозяйственных культур предусматривает оценку альтернативных решений по системе технических и экономических показателей.

В состав технических показателей можно включить: количество севооборотов, полей и рабочих участков; среднюю площадь поля и рабочего участка ( $P_{cp}$ ); средневзвешенное расстояние до полей севооборота ( $R$ ); условную рабочую длину гона ( $L$ ); рабочий уклон ( $i_p$ ) по севообороту; прогнозный вынос радиоцезия с урожаем ( $A_{пр}$ ) и др.

Экономическую оценку вариантов организации севооборотов целесообразно выполнять по суммарному условному доходу (чистому доходу), в основу расчета величины которого положена следующая экономико-математическая модель:

максимизировать условный доход (чистый доход)

$$F_{\max} = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} D_{ij} X_{ij} \quad (3.25)$$

при следующих ограничениях:

1) по площади посева отдельных культур –

$$\sum_{j \in J} X_{ij} = B_i, \quad (3.26)$$

2) по площади посева культур на отдельном участке –

$$\sum_{i \in I} X_{ij} = A_j. \quad (3.27)$$

Индексация:

$i$  – номер культуры;

$I$  – множество культур;

$j$  – номер участка;

$J$  – множество участков.

Неизвестные величины:

$x_{ij}$  – площадь посева  $i$ -й культуры на  $j$ -м участке.

Известные величины:

$D_{ij}$  – эффект от размещения  $i$ -й культуры на  $j$ -м участке;

$A_j$  – площадь  $j$ -го участка;

$B_i$  – площадь посева  $i$ -й культуры.

С целью учета радиозокологического фактора выполняется оценка рабочих участков по суммарному уровню загрязнения единицы урожая сельскохозяйственных культур.

$$A = \frac{1}{t} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} A_j P_{ij} \rightarrow \min, \quad (3.28)$$

где  $A$  – суммарный среднегодовой уровень накопления радионуклидов в урожае сельскохозяйственных культур по севообороту, Ки/кг;

$A_j$  – уровень накопления радионуклидов при возделывании 1 га  $i$ -й сельскохозяйственной культуры на  $j$ -м рабочем участке, Ки/кг;

$P_{ij}$  – площадь, занимаемая  $i$ -й культурой на  $j$ -м рабочем участке, га;

$t$  – число лет ротации севооборота или размещения посевов культур;

- $i$  – индекс видов сельскохозяйственных культур;  
 $j$  – индекс рабочих участков;  
 $I$  – множество видов сельскохозяйственных культур;  
 $J$  – множество рабочих участков.

Лучшим признается вариант организации севооборотов, который имеет наивысший среднегодовой условный доход (чистый доход) при наименьшем содержании радиоактивных веществ в единице производимой продукции.

Методика размещения основных элементов устройства территории сельскохозяйственных земель в условиях радиоактивного загрязнения земель включает те же элементы, что и в «чистой» зоне. При размещении жилья обслуживающего персонала, полевых станов необходимо исходить из того, что плотность загрязнения участков должна быть соизмерима с доаварийным периодом (до  $0,2 \text{ Ки/км}^2$ ) или с условием, что облучение людей не превысит  $0,1 \text{ бэр/год}$ . В целях уменьшения внутреннего и внешнего облучения рекомендуется предусматривать в населенных пунктах загрязненной зоны создание систем централизованного водоснабжения, асфальтированных улиц, межселенных дорог с гравийным или асфальтовым покрытием.

#### **4. ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЭРОДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Экологическая ситуация в пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС районах усугубляется тем, что значительные площади загрязненных радионуклидами земель подвержены эрозионным процессам. Так, по отдельным хозяйствам Чериковского и Славгородского районов удельный вес эрозионно опасных земель достигает 77–96 %.

На эродированных землях существует постоянная опасность миграции ранее выпавших радиоактивных веществ, перераспределения плотности и вторичного загрязнения агроландшафтов. Основными механизмами миграции радионуклидов являются процессы плоскостного смыва и дефляции маломощных торфяников и минеральных почв легкого гранулометрического состава. Причем количественные показатели горизонтальной миграции радионуклидов возрастают пропорционально повышению плотности загрязнения верхнего слоя и степени проявления процессов эрозии почв.

Установлена четкая закономерность увеличения плотности загрязнения верхних горизонтов почв Cs-137 в зоне аккумуляции наносов, прежде всего в подножиях склонов и понижениях рельефа местности. Содержание здесь радионуклидов в 1,5–2 раза выше, чем в зоне смыва. Однако степень миграции радионуклидов и вторичного загрязнения земель напрямую зависит не только от величины твердого стока и плотности радиоактивного загрязнения территории, но и от характера использования земель.

По результатам исследований дефлированных осушенных торфяно-болотных и минеральных почв легкого гранулометрического состава выявлена закономерность увеличения содержания Cs-137 в пахотных горизонтах по мере приближения от центральной части полей к местам концентрации перенесенного ветром мелкозема (в 1,5–3 раза выше по сравнению с прилегающими участками). При этом максимальная плотность радиоактивного загрязнения земель наблюдается по краям полей, примыкающим к контурам с древесно-кустарниковой растительностью. Размеры горизонтальной миграции радионуклидов в условиях ветровой эрозии зависят от их концентрации в верхнем (0–5 см) слое почвы, силы проявления дефляции и характера использования земель.

Проблема организации использования эродированных и эрозионно опасных пахотных земель достаточно полно изучена ведущими специалистами в области землеустройства и освещена в специальной литературе.

Большинство авторов в качестве основных вопросов, требующих решения в этих условиях, выделяют следующие:

- противоэрозионная организация территории сельскохозяйственных предприятий;

- рациональное использование каждого земельного участка с учетом рельефа местности, почвенного покрова, степени эродированности почв и т. д.;

- создание необходимых территориальных условий для эффективного применения всего комплекса противоэрозионных мероприятий, включая организационно-хозяйственные, агротехнические, агролесомелиоративные и гидротехнические;

- введение системы севооборотов, оказывающей существенное влияние на прекращение эрозионных процессов, обеспечивающей дифференцированное размещение и повышение урожайности культур;

создание условий для высокоэффективного использования сельскохозяйственной техники.

С целью оптимизации использования радиоактивно загрязненных эродированных земель необходима разработка комплексных проектов внутрихозяйственного землеустройства.

При этом особую актуальность приобретает проведение следующих мероприятий:

1. *Агро- и радиоэкологическое зонирование территории, осуществление организационно-территориальных мероприятий.* Агроэкологические зоны представляют собой информационный фон и совокупность граничных условий для разработки мероприятий по освоению и улучшению земель, сокращению перехода радионуклидов из почвы в урожай сельскохозяйственных культур, защите почв от эрозии, формированию эколого-технологически однородных рабочих участков, обоснованному размещению севооборотов и т. д. Организационно-территориальные мероприятия предусматривают оценку эрозионной опасности территории, инвентаризацию эрозионно опасных земель по степени их радиоактивного загрязнения и разделение на категории интенсивности сельскохозяйственного использования.

2. *Совершенствование структуры посевных площадей и системы севооборотов.* В районах проявления эрозионных процессов и загрязнения пахотных земель радионуклидами севообороты должны одновременно защищать поверхность почвы с целью предотвращения плоскостного смыва и дефляции и обеспечивать минимальное содержание радиоактивных веществ в производимой продукции.

Целесообразно исключить из состава пахотных земель малопродуктивные массивы с высокой степенью проявления эрозионных процессов и радиоактивного загрязнения, не обеспечивающие необходимую рентабельность производства продукции с допустимым содержанием радионуклидов.

В условиях развития эрозионных процессов севообороты независимо от их хозяйственного назначения должны иметь противоэрозионную направленность. Для обоснования защитной роли севооборотов можно использовать коэффициенты эрозионной опасности возделываемых культур: пропашные – 0,8, яровые зерновые – 0,35–0,5, озимые зерновые – 0,3, многолетние травы – 0–0,08. Однако в радиоактивно загрязненных районах необходимо принимать во внимание еще и радиоэкологический фактор, т. е. способность растений накапливать радионуклиды.

В условиях наиболее пестрого почвенного покрова и сложной радиационной обстановки необходима дифференциация пахотных земель по признаку их пригодности для возделывания сельскохозяйственных культур с различными требованиями к условиям произрастания с учетом содержания в почве радиоактивных веществ и ее подверженности процессам эрозии.

Почвозащитные севообороты на эрозионно опасных землях целесообразно проектировать на каждой категории с учетом плотности радиоактивного загрязнения почвы. На категории земель без ограничений в использовании при плотности загрязнения 5–15 Ки/км<sup>2</sup> наиболее приемлемы зернотравяные и травяно-зерновые севообороты с содержанием многолетних трав от 50 до 80 %.

Вводимые севообороты должны способствовать стабилизации содержания в почвах гумуса, прежде всего за счет рациональной структуры посевных площадей в сложившихся радиоэкологических условиях, и иметь детальное экологически обоснованное внутреннее устройство.

Проектирование севооборотов должно вестись по принципу «от частного к общему», т. е. от эколого-технологически однородного рабочего участка к полю севооборота. При этом рабочий участок должен представлять собой отдельно обрабатываемый контур пахотных земель, обладающий относительно однородными почвенными, технологическими, экологическими (степень проявления эрозионных процессов) и радиоэкологическими (плотность загрязнения радионуклидами) свойствами, позволяющими возделывать в его границах одну сельскохозяйственную культуру без значительной дифференциации технологии и эффективно применять весь комплекс противоэрозионных мероприятий.

*3. Противоэрозионная обработка почвы.* Система обработки почвы в условиях радиоактивного загрязнения территории должна быть построена на принципах адаптивности и природоохранной направленности. Адаптивность предполагает способность оберегать почву от различного рода нежелательных изменений, создавать оптимальные свойства пахотного горизонта для развития корневой системы растений, обеспечивать равномерное распределение влаги, стабилизацию баланса гумуса. Под природоохранной направленностью понимается необходимость защиты почв от различных видов деградации (переуплотнение, засоление, подтопление и т. д.), обеспечения ее высокой проти-

возрозионной устойчивости, а также ограничения миграции радионуклидов из почв в растения и на окружающие территории.

4. *Применение удобрений.* При разработке системы удобрений в условиях радиоактивного загрязнения земель необходимо учитывать, что минеральные и органические удобрения в зоне радиоактивного загрязнения до 1 Ки/км<sup>2</sup> рекомендуется вносить с целью обеспечения высоких урожаев сельскохозяйственных культур в дозах, зависящих от вида земель, типа почв и содержания в них фосфора, калия, азота, гумуса. На пахотных землях с плотностью радиоактивного загрязнения от 1 до 40 Ки/км<sup>2</sup> фосфорно-калийные удобрения должны применяться в дозах, в 1,5–2 раза превышающих потребность растений в этих элементах питания. Высокие дозы данных удобрений (250–300 кг) должны вноситься один раз в 3–4 года.

Этот прием позволяет снизить загрязненность урожая в 1,5–2 раза. Причем фосфорные удобрения оказывают большое влияние на величину перехода Sr-90 в растения, калийные – на величину перехода Cs-137.

5. *Лугомелиоративные мероприятия.* Первоочередными задачами лугомелиоративных мероприятий на радиоактивно загрязненных естественных луговых землях для всех технологических групп эрозионно опасных земель является перевод их в улучшенное состояние с хорошим видовым составом травостоя (более 50 % ценных трав) или коренное Perezalужение при неудовлетворительном состоянии травостоя. Коренное улучшение целесообразно проводить на склоновых землях с малопродуктивным травостоем при наличии менее 50 % ценных трав путем обработки почвы и ускоренного залужения многолетними травами. Обязательному коренному улучшению подлежат естественные луговые земли, плотность загрязнения которых превышает 15 Ки/км<sup>2</sup>. При уровне загрязнения Cs-137 от 2 до 15 Ки/км<sup>2</sup> возможно осуществление и коренного, и поверхностного улучшения с ежегодным внесением удобрений и подсевом трав.

Конкретные способы улучшения устанавливаются в зависимости от степени проявления эрозионных процессов, почв и плотности их загрязнения. В состав травосмесей целесообразно включать злаковые травы, обеспечивающие наиболее высокие урожаи в конкретных условиях. В структуре трав при степени загрязнения земель до 15 Ки/км<sup>2</sup> до 20 % могут занимать бобовые травы.

6. *Лесомелиоративные мероприятия.* Разработка данных мероприятий включает размещение ветроломных, противозрозионных, водо-

защитных, берегоукрепляющих, приовражных лесных полос, а также облесение сильноосмытых склонов в зависимости от формы и степени проявления процессов эрозии.

Разработка комплексных проектов адаптивного землеустройства обеспечивает наиболее эффективное использование радиоактивно загрязненных эродированных земель сельскохозяйственных предприятий, дает возможность наиболее полно учесть плотность загрязнения территории радионуклидами и степень проявления эрозионных процессов, а также позволяет получить больший объем продукции растениеводства, отвечающей санитарно-гигиеническим нормам содержания радиоактивных веществ.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

### Основной

1. Анненков, Б. Н. Основы сельскохозяйственной радиоэкологии / Б. Н. Анненков, Е. В. Юдинцева. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.
2. Защитные мероприятия по снижению доз облучения населения и их эффективность / П. М. Аветисов, Р. М. Алексахин, В. П. Антонов [и др.]. – Киев: Здоровье, 1988. – 110 с.
3. Защита населения и сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения / А. В. Лежнев, И. С. Власов, В. В. Гурков [и др.]. – Минск: Ураджай, 1993. – 254 с.
4. Комлева, С. М. Организация использования земель сельскохозяйственных предприятий в условиях радиоактивного загрязнения территории / С. М. Комлева. – Горки: БГСХА, 2013. – 131 с.
5. Корнев, Н. А. Снижение радиоактивности в растениях и продуктах животноводства / Н. А. Корнев, А. Н. Сироткин, Н. В. Корнева. – М.: Наука, 1977. – 65 с.
6. Люцко, А. М. Выжить после Чернобыля / А. М. Люцко, И. В. Ролевич, В. И. Тернов. – Минск: Выш. шк., 1990. – 109 с.
7. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. С. Пристер, Н. А. Лоцилов, О. Ф. Немец [и др.]. – Минск: Ураджай, 1988. – 256 с.
8. Павловская, Ф. И. Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах / Ф. И. Павловская. – М.: Атомиздат, 1974. – 215 с.
9. Последствия Чернобыльской катастрофы в Республике Беларусь: Нац. докл. / под ред. Е. Ф. Конопки, И. В. Ролевича. – Минск: Госкомиздат, 1996. – 95 с.
10. Прохоров, В. М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. Физико-химические механизмы и моделирование / В. М. Прохоров. – М.: Энергоиздат, 1981. – 98 с.
11. Радиоактивное загрязнение почв Брянской области / Г. Т. Воробьев, Д. Е. Гуганов, З. Н. Маркина [и др.]. – Брянск: Грани, 1994. – 149 с.
12. Рациональное использование территории с высокой плотностью радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС путем разведения мясного скота: рекомендации / НИИ с.-х. радиологии Респ. Беларусь; ВНИИ мясного скотоводства. – Гомель; Оренбург, 1993. – 35 с.
13. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения земель Белорусской ССР на 1990 год / Гос. агропром. комитет БССР. – Минск, 1990. – 26 с.
14. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС на период 1991–1995 гг. / Всесоюз. НИИ с.-х. радиологии. – М., 1991. – 65 с.
15. Рекомендации по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории в результате аварии на Чернобыльской АЭС за период 1991–1995 гг. / Рос. акад. с.-х. наук. – М., 1991. – 60 с.
16. Руководство по ведению сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения территории Белорусской ССР на 1991–1992 годы / М-во сел. хоз-ва и прод. БССР. – Минск, 1991. – 59 с.
17. Руководство по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 1993–1995 гг. / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь, Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Минск, 1993. – 116 с.

18. Руководство по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 1997–2000 гг. / под ред. И. М. Богдевича / Акад. аграр. наук Респ. Беларусь. – Минск, 1997. – 80 с.
19. Руководство по применению контрмер в сельском хозяйстве в случае аварийного выброса радионуклидов в окружающую среду / МАГАТЭ. – Вена, 1994. – 104 с.
20. Снижение содержания радиоактивных веществ в продукции растениеводства: рекомендации / Всесоюз. НИИ с.-х. радиологии. – М.: Агропромиздат, 1989. – 38 с.
21. Чернобыльская катастрофа: Причины и последствия (Эксперт. заключение). В 4 Ч. Ч. 3: Последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС для Республики Беларусь / под ред. В. Б. Нестеренко. – Минск: Скарына, 1992. – 207 с.

#### Дополнительный

22. Агеец, В. Ю. Особенности вертикальной миграции радионуклидов на разных типах почв / В. Ю. Агеец, А. А. Шмигельский // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы первого съезда Белорус. о-ва почвоведов / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск – Гомель, 1995. – С. 256–257.
23. Агропромышленное производство на загрязненных территориях / С. К. Фирсакова, В. С. Аверин, А. Ф. Карпенко [и др.] // Химизация сел. хоз-ва. – 1992. – № 4. – С. 32–36.
24. Алексахин, Р. М. Защитные мероприятия в агропромышленном производстве при радиационной аварии / Р. М. Алексахин // Атомная энергия. – 1992. – Т. 72, вып. 2. – С. 206–208.
25. Алексахин, Р. М. Радиологические уроки радиационных аварий, итоги и нерешенные задачи / Р. М. Алексахин // Радиоэкология: успехи и перспективы: материалы науч. семинара, 3–7 окт. 1994 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии и агроэкологии. – Севастополь, 1994. – С. 101–102.
26. Антоненко, Н. Н. Оценка эффективности противорадиационных мероприятий в сельском хозяйстве / Н. Н. Антоненко, Т. Ф. Крылович // Экологические вопросы развития сельского хозяйства Республики Беларусь: межвед. темат. сб. / БелНИИЭП АПК. – Минск, 1996. – Вып. 22. – С. 174–181.
27. Бакунов, Н. А. Влияние свойств почв и почвообразующих минералов на поступление Cs-137 в растения: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.01 / Н. А. Бакунов; Всерос. НИИ с.-х. радиологии и агроэкологии. – Гомель, 1993. – 23 с.
28. Базаров, Е. И. Предложения к базовой концепции социально-экономической реабилитации регионов, подвергшихся радиационному воздействию / Е. П. Базаров, И. И. Панфилов, В. И. Смorchкова // Радиоэкология: успехи и перспективы: материалы науч. семинара, 3–7 окт. 1994 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т. – Севастополь, 1994. – С. 114.
29. Богдевич, И. М. Загрязнение почв в Беларуси радионуклидами и проблемы их использования / И. М. Богдевич // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы первого съезда Белорус. о-ва почвоведов / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск – Гомель, 1995. – С. 9–10.
30. Бондарь, П. Ф. Вертикальная миграция в почвах радионуклидных выпадений выброса ЧАЭС / П. Ф. Бондарь, Ю. А. Иванов, В. В. Заика // Принципы и методы ландшафто-геохимических исследований миграции радионуклидов: тез. докл. Всесоюз. совещ. / Всерос. науч.-исслед. ин-т радиологии и агроэкологии. – М., 1989. – С. 105.

31. Варламов, А. А. Теоретические положения организации территории сельскохозяйственных предприятий на эколого-ресурсной основе / А. А. Варламов // Организация территории сельскохозяйственных предприятий на эколого-ресурсной основе: сб. науч. тр. / Моск. ин-т инженеров землеустройства. – М., 1992. – С. 4–37.
32. Водовозова, И. Г. Влияние органического вещества почвы на переход радиоактивных изотопов в растения / И. Г. Водовозова, Р. П. Погодин // Радиоактивные изотопы в почвенных и пресноводных системах / Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии и агроэкологии. – Свердловск, 1981. – С. 15–18.
33. Волков, С. Н. Экономика землеустройства: учебник / С. Н. Волков. – М.: Колос, 1996. – 240 с.
34. Волков, С. Н. Основы землевладения и землепользования / С. Н. Волков, В. Н. Хлытун, В. Н. Улюкаев. – М.: Колос, 1992. – 144 с.
35. Выживем после Чернобыля. Справочник для населения Могилевской области / П. Кондратов, А. Полищук, А. Цвирбут [и др.]. – Могилев: Редак. газ. «Магилёвская праўда», 1992. – 155 с.
36. Давыдчук, В. С. Географическая поддержка радиоэкологических исследований в зоне аварии на ЧАЭС / В. С. Давыдчук // Радиология: успехи и перспективы: материалы науч. семинара, 3–7 октября 1994 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т радиологии и агроэкологии. – Севастополь, 1994. – С. 40–41.
37. Давыдов, Ю. П. Некоторые аспекты проблемы дезактивации почв, загрязненных радионуклидами / Ю. П. Давыдов, Н. И. Вороник, В. М. Еременко // Радиология успехи и перспективы: материалы науч. семинара, 3–7 окт. 1994 г. / Всерос. науч.-исслед. ин-т радиологии и агроэкологии. – Севастополь, 1994. – С. 51.
38. Дембрицкий, М. Ф. Изменение радиоактивности почв и растений за счет изотопа К-40 под влиянием удобрений / М. Ф. Дембрицкий, Н. Н. Ивахненко, Т. П. Шапшеева // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы первого съезда Белорус. о-ва почвоведов / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск – Гомель, 1995. – С. 123–128.
39. Десять лет после трагедии: Последствия для Беларуси (по материалам Междунар. конф., посвящ. исслед. радиолог. последствий аварии на Чернобыльской АЭС, 18–23 марта 1996 г. // Человек и экономика. – 1996. – № 5. – С. 37–38.
40. Ильязов, Р. Г. Радиологические аспекты ведения скотоводства при загрязнении сельскохозяйственных угодий в Беларуси после аварии на Чернобыльской АЭС: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.01 / Р. Г. Ильязов; Всерос. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии и агроэкологии. – Обнинск: Обнинская городская тип., 1994. – 83 с.
41. Индустриализация и социально-экономические проблемы использования земельного фонда / под ред. С. Г. Скоропанова. – Минск: Ураджай, 1994. – 410 с.
42. Колмыков, В. Ф. Оптимизация использования земель в условиях радиоактивного загрязнения территории / В. Ф. Колмыков, С. М. Панасенко // Современные проблемы землеустройства и земельного кадастра: материалы междунар. науч.-производ. конф. / БГСХА. – Горки: БГСХА, 2000. – С. 192–202.
43. Комлева, С. М. Эколого-экономическое обоснование использования земель сельскохозяйственных предприятий в условиях радиоактивного загрязнения / С. М. Комлева, О. В. Орешникова // Аграрная экономика. – 2007. – № 6. – С. 14–18.
44. Комлева, С. М. Оценка экономической эффективности организации использования радиоактивно загрязненных земель в проектах землеустройства / С. М. Комлева // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2011. – № 3. – С. 125–129.

45. Королев, А. Е. Проблемы миграции радионуклидов в почвах / А. Е. Королев // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях : материалы первого съезда Белорус. о-ва почвоведов / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск – Гомель, 1995. – С. 257–259.
46. Корчинський, А. А. Радіонуклідні аномалії та навоколишнє середовище / А. А. Корчинский, Г. В. Новак // Екологія та сільськогосподарське виробництво: зб. наук. роб. / Киевский гос. ун-т. – Киев, 1992. – С. 16–21.
47. Котов, Г. Г. Экономические основы интенсификации сельского хозяйства / Г. Г. Котов. – М.: Экономика, 1965. – 247 с.
48. Котович, А. М. Оценка условий миграции радионуклидов в ландшафте / А. М. Котович, И. А. Шмигельская // Почвенные исследования и применение удобрений: межвед. темат. сб. / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 1995. – Вып. 23. – С. 23–33.
49. Краснов, Н. И. Рациональное использование земли и права / Н. И. Краснов // Правовое обеспечение рационального использования земель в СССР: сб. науч. тр. / Моск. ин-т инженеров землеустройства. – М., 1978. – С. 16–39.
50. Моисеев, И. Т. О влиянии влажности почв на поступление Cs-137 в растения / И. Т. Моисеев, Л. А. Рерих, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1974. – № 7. – С. 124–127.
51. Никитченко, И. Н. Основные принципы ведения животноводства в Белоруссии в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных угодий / И. Н. Никитченко, А. С. Зеньков, А. Е. Антоненко // Основные положения концепции сельскохозяйственного производства в зоне загрязнения выбросами Чернобыльской АЭС: материалы науч. конф., 20–21 июля 1989 г. / Всесоюз. агропром. науч.-техн. о-во. – Минск, 1990. – С. 12–20.
52. Об изменении доступности Cs-137 для корневого усвоения растениями в зоне аварии на Чернобыльской АЭС: докл. АН СССР / С. К. Фирсакова, Н. В. Гребенщиков, С. Ф. Тимофеев [и др.]. – 1991. – Т. 320, № 6. – С. 1498–1500.
53. Одинцева, Е. В. О роли калия в доступности Cs-137 в растения / Е. В. Одинцева, Э. М. Левина // Агрохимия. – 1982. – № 4. – С. 75–81.
54. Одинцева, Е. В. Свойства почв и накопление Cs-137 в урожае растений / Е. В. Одинцева, Л. И. Павленко, А. Г. Зюликова // Агрохимия. – 1981. – № 8. – С. 86–93.
55. Особенности поведения радионуклидов на лугах Белорусского Полесья в зависимости от свойств почв / С. К. Фирсакова, Н. В. Гребенщикова, С. Ф. Тимофеев [и др.] // Почвы, их эволюция, охрана и повышение производительной способности в современных социально-экономических условиях: материалы первого съезда Белорус. о-ва почвоведов / Белорус. науч.-исслед. ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск – Гомель, 1995. – С. 259–260.
56. О состоянии и задачах научных исследований в области сельскохозяйственной радиологии для ведения агропромышленного производства на загрязненных территориях БССР / С. К. Фирсакова, Ю. М. Жученко, Н. В. Гребенщиков [и др.] // Основные положения концепции сельскохозяйственного производства в зоне загрязнения выбросами Чернобыльской АЭС: материалы науч. конф., 20–21 июля 1989 г. / Всесоюз. агропром. науч.-техн. о-во. – Минск, 1990. – С. 22–27.
57. Пахомов, В. М. Формирование сельскохозяйственного землепользования охотничьими хозяйствами

58. Поступление радионуклидов по пищевым цепям как фактор облучения населения СССР после аварии на Чернобыльской АЭС / В. А. Книжников, Р. М. Бархудалов, Г. Я. Брук [и др.] // Медицинские аспекты аварии на Чернобыльской атомной электростанции. – Киев: Здоровье, 1988. – С. 66–76.

59. Рабыко, И. Н. К вопросу о ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС / И. Н. Рабыко // Экономические вопросы развития сельского хозяйства. – 1991. – № 21. – С. 156–158.

60. Радиоактивность и пища человека / под ред. Р. С. Россела. – М.: Атомиздат, 1971. – 375 с.

61. Светлов, В. А. Агропромышленное производство на загрязненных радионуклидами территориях РСФСР / В. А. Светлов // Химизация сел. хоз-ва. – 1991. – № 11. – С. 8–13.

62. Сироткин, А. Н. Поступление продуктов деления в организм сельскохозяйственных животных и переход радионуклидов в продукцию животноводства / А. Н. Сироткин // Радиобиология и радиэкология сельскохозяйственных животных: темат. сб. / под ред. Б. Н. Аненкова. – М., 1973. – С. 140–171.

63. Сулин, М. А. Интенсификация землепользования / М. А. Сулин, М. С. Коротов. – Л.: Лениздат, 1984. – 118 с.

64. Сфера агропромышленного производства – радиологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и основные защитные мероприятия / А. Н. Корнеев, А. П. Поваляев, Р. М. Алексахин [и др.] // Атомная энергия. – 1988. – Т. 65, вып. 2. – С. 129–134.

65. Фирсакова, С. К. Луговые биоценозы как критические радиэкологические системы и принципы ведения луговодства в условиях радиоактивного загрязнения: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.01 / С. К. Фирсакова; Всесоюз. науч.-исслед. ин-т с.-х. радиологии. – Обнинск: Тип. КБСП, 1992. – 60 с.

66. Шаманаев, В. С. Эффективное использование земли в условиях индустриализации сельского хозяйства / В. С. Шаманаев. – М.: Колос, 1979. – 208 с.

67. Шегидевич, А. И. Комплексное использование земельных ресурсов / А. И. Шегидевич. – Минск: Ураджай, 1979. – 136 с.

68. Шелковников, Н. И. Определение эффективности использования земли в сельском хозяйстве / Н. И. Шелковников. – Благовещенск: РИО Амурпрполиграфиздата, 1986. – 43 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	4
1.1. Экономические основы и радиоэкологические условия организации производства и использования земель.....	4
1.2. Теоретические вопросы организации использования земель.....	16
1.3. Основные задачи и принципы организации использования земель в условиях радиоактивного загрязнения.....	25
2. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ.....	30
2.1. Комплексная организация использования радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель в проектах землеустройства.....	30
2.2. Содержание и методика обоснования организации использования радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных земель.....	39
2.3. Обоснование специализации и структуры земель сельскохозяйственных предприятий в условиях радиоактивного загрязнения территории.....	44
3. МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СЕВОБОРОТОВ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	58
3.1. Формирование и оценка эколого-технологически однородных рабочих участков.....	58
3.2. Особенности организации системы эколого-технологических севооборотов в условиях радиоактивного загрязнения пахотных земель.....	69
4. ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ЭРОДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	83