

Учреждение образования  
«Гомельский государственный университет  
имени Франциска Скорины»

Государственное научное учреждение  
«Институт радиобиологии НАН Беларуси»

Коммунальное унитарное предприятие  
«Гомельская проектно-изыскательская станция  
химизации сельского хозяйства»

**А. Ф. КАРПЕНКО**

**БИОГЕОХИМИЯ ПОЧВ  
ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ  
КАК ОСНОВА  
КОРМОПРОИЗВОДСТВА**

Гомель  
ГГУ им. Ф. Скорины  
2021

УДК 550.47:631.4:636.085(476.2)

**Карпенко, А. Ф.**

Биогеохимия почв юго-востока Беларуси как основа кормопроизводства / А. Ф. Карпенко; Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины; Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии НАН Беларуси»; Коммунальное унитарное предприятие «Гомельская проектно-изыскательская станция химизации сельского хозяйства». – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2021. – 233 с.

ISBN 978-985-577-753-4

В монографии рассматриваются агрофизические свойства, агрохимический состав и радиоактивное загрязнение сельскохозяйственных земель Гомельской области. Приведены данные о влиянии удобрений на качество кормов, вынос радионуклидов с урожаем.

Предназначается для научных работников и преподавателей вузов, аспирантов, магистрантов, студентов, специалистов сельского хозяйства и фермерских хозяйств, а также всех, кто интересуется вопросами кормопроизводства, экологии, радиобиологии, экологизации окружающей среды.

Табл. 97; Илл. 22.; Библиогр.: 224 назв.

Рекомендовано к изданию учёным советом  
РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству»

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией кормления и физиологии питания крупного рогатого скота  
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», профессор В. Ф. Радчиков;

доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник  
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству», доцент Н. В. Пилюк;

профессор кафедры паталогической анатомии и гистологии  
УО ВГАВМ, доктор ветеринарных наук, профессор В. С. Прудников

**ISBN 978-985-577-753-4**

© Карпенко А. Ф., 2021

© Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины», 2021

# ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ .....	9
1.1. Условия произрастания и минеральный состав растений.....	9
1.2. Гранулометрический состав пахотных и луговых почв.....	12
1.3. Особенности почв разного гранулометрического состава...	21
1.3.1. Дерново-подзолистые почвы.....	31
1.3.2. Торфяно-болотные почвы.....	35
1.4. Взаимосвязь гранулометрического состава почвы и миграции радионуклидов в растения.....	47
ГЛАВА 2. АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ.....	53
2.1. Оптимизация кислотности почв.....	53
2.2. Динамика обеспеченности почв кальцием.....	67
2.3. Содержание магния в почвах и его динамика.....	77
2.4. Обеспеченность почв калием.....	87
2.5. Потребность и обеспеченность почв фосфором.....	95
2.6. Значение гумуса и обеспеченность им почв.....	105
2.7. Микроэлементы почв.....	119
2.7.1. Содержание меди в пахотной и луговой почвах.....	119
2.7.2. Обеспеченность почв цинком.....	126
2.7.3. Содержание в почвах бора.....	132
ГЛАВА 3. РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ.....	141
3.1. Динамика радиоактивного загрязнения.....	141
3.2. Радиологический мониторинг сельскохозяйственных земель...	146
3.3. Особенности загрязнения почвы южных и северных районов Гомельской области цезием-137 и стронцием-90.....	153
3.4. Ограничения использования территорий.....	159
3.5. Реабилитация земель.....	163
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО КОРМОВ И ВЫНОС РАДИОНУКЛИДОВ С УРОЖАЕМ.....	169
4.1. Накопление радионуклидов в зерновых кормах при использовании различных форм минеральных удобрений.....	169
4.2. Вынос радионуклидов из почвы с урожаем травосмесей.....	176
4.3. Получение качественных кормов из многолетних бобово-злаковых травосмесей на торфяных почвах.....	183
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	196
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	210

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время принято считать как бесспорный факт, что химический состав организма человека и животных во многом зависит и связан с основными источниками их питания – растительными продуктами и растениями, а состав последних – от состава почвы, почвенных вод и атмосферы. В биосфере существует единая миграционная цепь неразрывно связанная такими звеньями как почва, растения, организм животного и организм человека.

Учение о связи между химическим элементарным составом организма и химическим составом земной коры было разработано академиком В. И. Вернадским (1863–1946) – основателем науки биогеохимии, изучающей влияние жизни на геохимические процессы. Он впервые установил, что в процессе миграции через растительные и животные организмы проходит большинство известных химии элементов [46]. В соответствии с общим положением теории В. И. Вернадского рассеянные формы нахождения химических элементов в природе есть везде («все элементы есть везде»). Геохимические процессы, протекающие в земной коре, и эволюция химического элементарного состава организмов являются взаимосвязанными и непрерывными процессами.

В сравнении с массой литосферы живое вещество биосферы незначительно, вместе с тем оно является одним из важнейших факторов оказывающих существенное влияние на поверхностную миграцию элементов. Геохимические процессы, в которых участвует живое вещество, принято называть биогеохимическими процессами. Их условно подразделяют на прямые и косвенные. Под прямыми биогеохимическими процессами понимают синтез живого вещества из окружающей среды с концентрацией в организмах углерода, азота, водорода, йода и других важнейших элементов. После смерти живых организмов их органические остатки разлагаются. Минеральные элементы фосфор, кальций, железо, медь, и другие элементы, не образующие газообразных соединений, остаются в почвах. При содержании в организмах минерального элемента больше, чем в почве или породе, наблюдается его накапливание в окружающей среде. Это происходит в некоторых почвах с такими минеральными элементами как фосфор, медь, сера, цинк, марганец и другие. Одновременно, состав почв оказывает влияние на химический состав растений и через них на организм животных и человека.

Биогеохимические процессы, связанные с разложением органического вещества при участии микроорганизмов до конечных продуктов –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  и других веществ – получили название косвенных. К этой же группе процессов относится разрыхление и растворение горных пород продуктами разложения и жизнедеятельности организмов, особенно бактерий и водорослей [46, 50].

В компонентах и составных частях биосферы химический состав организмов и их влияние на геохимические процессы различаются, поэтому биогеохимия рассматривает живое вещество не только всей земной коры, но и отдельных ее частей — морей, материков, стран, ландшафтов, зон, провинций. Такой подход оправдан тем, что в процессе эволюции организмы приспосабливаются к определенному химическому составу среды. Во-первых, это приводит к разнообразию химического состава флоры и фауны, а во-вторых – способствует повышению чувствительности живых организмов к изменениям концентрации в среде тех или иных элементов питания. Считают, что биологические реакции организмов на изменение геохимических факторов могут проявляться в таких формах как толерантность (приспосабливаемость); образование новых рас, видов, подвидов; эндемические заболевания; уродства и гибель организмов.

По утверждению Ковальского В. В. единицами биогеохимического районирования должны быть биогеохимические зоны и провинции [86, 88]. В своё время всю территорию СССР он разделил на четыре биогеохимические зоны (регионы биосферы):

1) таежно-лесная нечерноземная с кислыми почвами (недостаток кальция, фосфора, калия, кобальта, меди, йода, бора; оптимальное содержание марганца и цинка; относительный избыток стронция);

2) лесостепная и степная черноземная с нейтральными или слабощелочными почвами (достаточное количество йода, кобальта, меди, кальция, иногда недостаток марганца, калия, часто – фосфора);

3) сухостепная, полупустынная и пустынная с нейтральными и щелочными почвами (избыток натрия, кальция, хлоридов, сульфатов, часто бора, иногда молибдена, недостаток меди и марганца);

4) горная (недостаток йода, кобальта, меди, наличие очагов с избытком разнообразных химических элементов).

В связи с тем, что биогеохимические зоны неоднородны их ещё подразделяют на биогеохимические провинции или субрегионы. Для провинций характерно сочетание признаков зон по концентрации химических элементов и их соотношениям и биохимическим реакциям организмов. К настоящему времени установлено, что состав

поверхности земли планеты неоднородный, на ней имеются регионы и области с повышенным или пониженным содержанием тех или иных химических элементов.

Области и регионы, отличающиеся от соседних областей по содержанию в них химических элементов или соединений и, из-за этого, вызывающие различную биологическую реакцию со стороны местной флоры и фауны, получили название биогеохимических провинций [51, 86]. Их ещё называют зональными провинциями. Если же признаки провинции не соответствуют характеристике зоны, провинции называют азональными (например, провинции, богатые кобальтом, медью, фтором, молибденом). Для характеристики биогеохимических провинций предусматривается изучение химического состава почв с составлением картограмм, анализом вод, исследованием растительных и животных организмов, кормов и продуктов питания; установление взаимосвязей между содержанием химических элементов в среде и эндемическими заболеваниями растений, животных и человека; разработку профилактических мероприятий. Следовательно, при изучении биогеохимической провинции необходимы комплексные исследования специалистов разного профиля. На этом основании комплексными исследования могут считаться те исследования, когда в основе полученных знаний ботаников, зоологов, медицинских и ветеринарных врачей, физиологов, зоотехников находятся данные почвоведов, агрохимиков, почвенных биохимиков.

По мнению Ковальского В. В. основным критерием биогеохимического районирования является изменчивость биохимических пищевых цепей в различных геохимических условиях [86, 88]. Согласно развиваемой им концепции, накопление химических элементов организмами определяется не только их биологической природой и геохимией среды, но и пищевыми цепями, через которые осуществляется связь организмов и среды (почвообразующие породы, почвы, микроорганизмы, вода, воздух, растения, животные, человек). В пищевой цепи может происходить уменьшение концентрации одних химических элементов и накопление других.

Изучение влияния недостатка или избытка элементов питания на изменчивость биогеохимических пищевых цепей, промежуточный обмен веществ, адаптацию организмов к условиям среды и возникновение эндемий составляет предмет и задачи нового раздела науки – биогеохимической экологии.

Животные и человек получают минеральные вещества, в том числе и микроэлементы, в основном из растительной и животной

пищи. Существование биогеохимических пищевых цепей обеспечивает, благодаря явлениям дискриминации, отбор и подготовку минеральных веществ к более полному использованию их организмами. Недостаток или избыток химических элементов в почве, следовательно, в растительных и животных организмах, изменяет характер депонирования элементов, ослабляет или усиливает синтез биологически активных продуктов, ведет к перестройке обмена веществ. В итоге либо происходит адаптация организмов к новым условиям, либо возникают дисфункции и эндемические заболевания. К настоящему времени установлены пороговые или критические концентрации ряда химических элементов, выше или ниже которых проявляются биологические эффекты на целом организме.

После чернобыльской катастрофы к существующим биогеохимическим вопросам в Беларуси прибавились радиологические проблемы. Выпавшие радиоактивные осадки образовали на загрязненной территории цезий-стронциевую провинцию на десятки лет, а в ближней к станции зоне америций-плутониевую на сотни лет. Это стало одной из главных экологических проблем современной Беларуси. Обширная территория загрязнения и выдвигание на первый план радиологических вопросов дают основания считать, что образовалась новая радиобиогеохимическая провинция.

Не характерные для условий Беларуси радионуклиды включились в биологические цепи миграции в направлении почва-растения-животные-человек. Живыми существами они усваиваются также как и обычные стабильные их аналоги. Поэтому их сохранение в почве и перемещение по цепям миграции привело к тому, что на белорусской территории появились зоны с разной плотностью загрязнения. Часть территории с наибольшим загрязнением была отселена.

За прошедшие годы после чернобыльской катастрофы состоялся один и начался второй период полураспада цезия-137 и стронция-90. В результате проведения радиологического мониторинга радиоактивного загрязнения почвы, сельскохозяйственной и лесной продукции в Беларуси десятки тысяч гектар территории перемещаются в сторону не загрязненных, что является основанием для перевода их в разряд чистых. Проведение радиологического мониторинга почв и растениеводческой продукции в Беларуси обеспечивается областными проектно-изыскательскими станциями химизации сельского хозяйства Министерства сельского хозяйства и продовольствия.

Таким образом, изучению химического и радиологического состава почв в биогеохимической экологии уделяется особое

внимание, так как именно от её состава во многом зависит состояние и судьба организмов, образующих биогеохимические пищевые цепи. Исследования почв радиобиогеохимических провинций являются научной основой производства и использования минеральных удобрений, применения минеральных подкормок для животных, разработки профилактических и лечебных мероприятий против эндемических болезней, организации и проведения защитных мероприятий на загрязненной территории.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ



# ГЛАВА 1

## АГРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

### 1.1. Условия произрастания и минеральный состав растений

Как установлено в многочисленных исследованиях, на минеральный состав растений оказывают влияние большое количество факторов, среди которых к ведущим относятся тип почвы; удобрения и агротехника; ботанический состав растений; стадия вегетации; генетические особенности культур; климат и погодные условия; загрязнение почвы и воздуха и многое другое.

Питание в биогеохимических пищевых цепях начинается с почвы, поскольку тип почвы определяет специфический минеральный состав кормовых растений. Запасы минеральных веществ в почвах достаточно велики, однако они часто находятся в недоступных для растений формах. Поэтому оценкой обеспеченности растений минеральными элементами служит наличие в почвенном профиле легкодоступных, растворимых минеральных соединений. Так, дерново-подзолистые почвы содержат мало доступных меди, кобальта, бора, серые лесные – кобальта, бора (табл. 1.1.). В целом подвижные формы микроэлементов составляют около 13% от их общего содержания в почвах [19].

Таблица 1.1 – Средние данные о содержании подвижных микроэлементов в основных почвах, мг/кг сухой почвы\*

Микроэлементы	Почвы				Содержание		
	дерново-подзолистые	серые лесные	чернозёмные	каштановые и серозёмы	недостаточность	оптимальное	избыточное
Cu	2,1	7,3	9,33	3,87	2,5	<2,5-4,0	>4,0
Co	0,75	0,37	2,21	0,33	1,10	<1,1-2,0	>2,0
Mo	0,16	0,16	0,18	0,32	0,15	<0,15-0,4	>0,4
Zn	1,08	2,95	0,17	1,66	0,20	<0,2-1,0	>1,0
B	0,43	0,44	1,66	1,72	0,20	<0,2-1,2	>1,2

\* цитировано по Георгиевский В.И. и др. [51].

Минеральный состав произрастающих растений во многом зависит от минерального состава почв. Это было показано Ковальским В. В. с соавторами [88] на примере трав лугов и пастбищ разных биогеохимических (нечернозёмной и чернозёмной) зон (табл. 1.2.).

Таблица 1.2 – Среднее содержание микроэлементов в растениях лугов и пастбищ биогеохимических зон, мг/кг сухого вещества

Биогеохимические зоны	Растения	J	Co	Mo	Cu	B	Zn	Mn	Fe
Таежно-лесная и нечерноземная	Злаки	0,11	0,22	0,51	6,3	4,4	16,0	57	60
	Бобовые	0,22	0,29	1,0	8,0	9,4	29,0	61	106
	Разнотравье	0,20	0,26	0,76	6,7	14,5	17,0	69	38
Лесостепная и степная черноземная	Злаки	0,14	0,33	0,71	5,3	6,6	15,4	40	224
	Бобовые	0,22	0,28	1,40	7,2	—	24,0	54	—
	Разнотравье	0,14	0,34	1,10	8,5	—	7,0	59	—

Следующими не менее важными факторами влияния являются удобрения и агротехника. Удобрение почв благоприятно влияет не только на урожайность, но и на минеральный состав растений. Содержание фосфора, калия и в меньшей мере – магния, меди, кобальта можно повысить внесением в почву соответствующих удобрений в чистом виде или в сочетании с азотом.

Оптимальные дозы азотных удобрений благоприятно отражаются на минеральном составе кормовых растений. Внесение же избытка азота может отрицательно влиять на накопление в вегетативных частях растений магния, меди, кобальта, иногда цинка.

Установлено, однако, что возрастающие дозы азотных, фосфорных и калийных удобрений в условиях регулярного полива пастбищ с преобладанием злаковых компонентов существенно не влияют на содержание макро- и микроэлементов в зеленом корме, за исключением калия, концентрация которого достоверно возрастает с повышением доз калийного удобрения [24]. Натрия в траве орошаемых пастбищ содержится меньше, чем в траве неорошаемых.

Известкование кислых почв, изменяя pH, также влияет на накопление в растениях минеральных элементов. При этом снижается поступление в растения железа, марганца, никеля, кобальта, резко увеличивается накопление молибдена.

Более подробные сведения о влиянии типа почв и удобрений на минеральный состав растений можно найти в специальных работах [26, 94, 100, 99].

В целом можно полагать, что с совершенствованием кормопроизводства и улучшением агротехники необходимость (или размеры) использования минеральных подкормок в питании животных будет снижаться.

Однако вряд ли удастся с помощью этих приемов повысить содержание минеральных веществ в основных кормах настолько, чтобы полностью удовлетворить в них потребности высокопродуктивных животных.

На минеральный состав кормов влияет ботанический состав травостоя. На естественных лугах формирование типичного растительного сообщества определяется в основном типом почв, а также межвидовой биологической конкуренцией.

На окультуренных лугах и пастбищах состав травостоя, в частности соотношение между бобовыми и злаковыми многолетними травами, можно изменить агротехническими приемами (применением минеральных удобрений в определенных дозах и сочетаниях, подбором компонентов, изменением способов посева семян трав и обработки почвы). Соответственно изменяется и содержание минеральных веществ в валовом урожае.

Ещё к одному из факторов, от которого зависит минеральный состав кормов, относится стадия вегетации. В вегетативных частях растений (кроме корней и клубней) макро- и микроэлементов, за исключением фосфора и магния, больше, чем в репродуктивных. В процессе созревания растений изменяется содержание в них минеральных элементов. Поэтому минеральный состав зеленых или консервированных кормов зависит от фазы вегетации скошенных растений.

В сухом веществе кормовых трав в течение вегетационного периода снижается (не всегда прямолинейно) количество фосфора, калия, серы, хлора, а также основных микроэлементов.

На минеральный состав растений оказывают влияние их генетические особенности. Установлено, что особенностями минерального состава характеризуются не только разные культуры и разные виды, но и разновидности, сорта одной и той же культуры.

Бобовые травы и бобовые зернофуражные культуры содержат, как правило, больше кальция и магния, чем злаковые. Независимо от биогеохимической зоны злаки лугов и пастбищ беднее йодом, медью, молибденом, иногда кобальтом и цинком по сравнению с бобовыми и разнотравьем.

Существенные сдвиги в минеральном составе могут происходить при выведении новых сортов растений. Это относится, в первую очередь к тем элементам, которые не являются для растений жизненно необходимыми (например, йод).

И, наконец, на минеральный состав растений могут оказывать существенное влияние климат и погодные условия. При обильных

дождях и высокой температуре быстрее происходит выветривание почв. При этом минеральные вещества, связанные с силикатами, распадаются, растворимые основания кальция, магния, калия и натрия удаляются в результате выщелачивания.

Погодные условия существенно влияют на минеральный состав пастбищного корма. Так, содержание кальция увеличивается в растениях во время сухой погоды и уменьшается при высокой влажности; содержание фосфора, наоборот, возрастает в дождливую погоду. При этом потери минеральных веществ могут происходить и в процессе заготовки грубого корма.

## 1.2. Гранулометрический состав пахотных и луговых почв

В период 2005-2008 годов, в Гомельской области, было проведено изучение гранулометрического состава пахотных и луговых почв сельскохозяйственных угодий. Всего было обследовано 996,5 тыс. га земель, из которых площадь пашни составила 669,98 тыс. га или 62,8%, площадь улучшенных сенокосов и пастбищ 326,5 тыс. га или 30,6% от всего количества сельскохозяйственных угодий (табл. 1.3.). В период обследования самые большие площади сельскохозяйственных угодий находились в Речицком, Рогачёвском и Калинковичском районах, где их насчитывалось соответственно 85743, 85069 и 82844 га, соответственно 8,0, 7,9 и 7,8% от их количества в области. По площади пашни лидирующие позиции занимали Рогачёвский и Жлобинский районы, соответственно с 58267 (8,7%) и 52150 га (7,8%), а по площади сенокосов и пастбищ – Речицкий район с 29403 га (9,0 %) и Калинковичский район с 26375 га (8,1% от областного показателя).

Таблица 1.3 – Распределение обследованной почвы пашни и улучшенных сенокосов и пастбищ по районам Гомельской области

№ п/п	Наименование районов	Площадь сельскохозяйственных угодий, га	Пашня		Улучшенные сенокосы и пастбища	
			га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7
1	Брагинский	46031	24299	52,8	17884	38,9
2	Б.-Кошелевский	72548	48745	67,2	22566	31,1
3	Ветковский	41312	28760	69,6	7686	18,6
4	Гомельский	62218	41701	67,0	17271	27,8

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7
5	Добрушский	66965	47507	70,9	13674	20,4
6	Ельский	35738	20724	58,0	11194	31,3
7	Житковичский	41847	22742	54,3	14970	35,8
8	Жлобинский	78744	52150	66,2	24027	30,5
9	Калинковичский	82844	49370	59,6	26375	31,8
10	Кормянский	33675	28153	83,6	4965	14,7
11	Лельчицкий	38439	19729	51,3	17826	46,4
12	Лоевский	30895	21166	68,5	9327	30,2
13	Мозырский	28998	20523	70,8	8187	28,2
14	Наровлянский	16993	11162	65,7	4727	27,8
15	Октябрьский	34898	23124	66,3	11580	33,2
16	Петриковский	63400	34380	54,2	20703	32,7
17	Речицкий	85743	48117	56,1	29403	34,3
18	Рогачевский	85069	58267	68,5	19647	23,1
19	Светлогорский	51072	28806	56,4	17290	33,9
20	Хойникский	39088	19803	50,7	18460	47,2
21	Чечерский	29861	20753	69,5	8746	29,3
	По области	1066378	669 981	62,8	326508	30,6

По гранулометрическому составу площадь пашни Гомельской области распределилась следующим образом: глинистые и суглинистые почвы – 1,7%, супесчаные почвы – 38,4%, песчаные почвы – 52,6% и торфяно-болотные почвы – 7,3% (табл. 1.4.). В площади пашни удельный вес дерново-подзолистых почв составил 92,7%. Было установлено, что глинистые и суглинистые почвы на пашне отсутствуют в шести районах области, к числу которых относятся Ельский, Калинковичский, Мозырский, Октябрьский, Петриковский, Светлогорский. В таких районах как Брагинский, Ветковский, Жлобинский, Кормянский, Лельчицкий, Наровлянский и Рогачёвский удельный вес данной разновидности почв не превышает 1%. Единственный район, который выделяется из остальных так это Житковичский, где было обнаружено 20,6% глинистых и суглинистых почв (4674 га). В остальных районах количество таких почв не превышает 4,5%.

Площадь супесчаных почв в количестве 257,4 тыс. га распределилась между районами в площади пашни очень неравномерно. Самый высокий удельный их вес, в количестве 81,5%, был установлен в Кормянском районе и самый низкий – 1,8% – в Светлогорском районе. Оказалось, что наиболее большие площади супесчаных земель находятся в Добрушском районе в количестве 31971 га

и Рогачёвском – 30366 га и самые малые площади в Светлогорском районе – 515 га и Октябрьском районе – 701 га.

Среди разновидностей дерново-подзолистых почв доля песчаных почв на Гомельщине преобладает. Их количество по области превышает 352,6 тыс. га, что составляет в доле пашни 52,6%. Удельный вес песчаных почв по районам колеблется от 17,5% в Кормянском и 22,7% в Хойникском районах до 83,7% в Петриковском и 82,2% в Светлогорском районах. В физических единицах наибольшие площади песчаных почв находятся в Калинковичском и в Петриковском районах, где их эксплуатируется в количестве соответственно 38062 га и 28755 га. В остальных районах области песчаных почв значительно меньше.

К ценным, в агрономическом понимании, относятся торфяно-болотные почвы. Однако их количество в доле пашни области незначительно и составляет чуть более 48,8 тыс. га или около 7,3%. В структуре распределения пахотных почв, выше среднеобластного показателя, имеются площади данного вида почв в Ельском, Житковичском, Жлобинском, Калинковичском, Лельчицком, Октябрьском, Петриковском, Речицком и Светлогорском районах, соответственно 15,6, 13,2, 7,5, 17,6, 21,0, 33,5, 12,8, 9,5 и 16,0%. Наибольшие площади торфяно-болотных почв в количества 8586 га расположены в Калинковичском районе и 7744 га в Октябрьском районе, которые составляют соответственно 17,8% и 15,9% от всего их наличия в области.

Таблица 1.4 – Распределение пахотных почв Гомельской области по гранулометрическому составу

№ п/п	Наименование районов	Глинистые и суглинистые		Супесчаные		Песчаные		Торфяно-болотные	
		га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Брагинский	166	0,7	12746	52,5	10160	41,8	1227	5,0
2	Б.-Кошелевский	521	1,1	30311	62,1	17638	36,2	275	0,6
3	Ветковский	29	0,1	16501	57,3	12181	42,4	49	0,2
4	Гомельский	878	2,1	16247	39,0	23370	56,0	1206	2,9
5	Добрушский	2115	4,5	31971	67,2	13390	28,2	31	0,1
6	Ельский			2437	11,8	15051	72,6	3236	15,6
7	Житковичский	4674	20,6	1610	7,1	13449	59,1	3009	13,2
8	Жлобинский	53	0,1	23126	44,3	25048	48,1	3923	7,5
9	Калинковичский			2623	5,3	38062	77,1	8685	17,6
10	Кормянский	193	0,7	22954	81,5	4935	17,5	71	0,3
11	Лельчицкий	37	0,2	1302	6,6	14246	72,2	4144	21,0

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	Лоевский	268	1,3	7531	35,6	12937	61,1	430	2,0
13	Мозырский			4662	22,7	15601	76,0	260	1,3
14	Наровлянский	71	0,6	4078	36,5	6943	62,3	70	0,6
15	Октябрьский			701	3,0	14679	63,5	7744	33,5
16	Петриковский			1215	3,5	28755	83,7	4410	12,8
17	Речицкий	803	1,7	18672	38,8	24092	50,0	4550	9,5
18	Рогачевский	34	0,1	30366	52,1	27508	47,2	359	0,6
19	Светлогорский			515	1,8	23690	82,2	4601	16,0
20	Хойникский	267	1,3	14788	74,8	4503	22,7	245	1,2
21	Чечерский	927	4,5	13073	63,0	6421	30,9	332	1,6
	По области	11036	1,7	257429	38,4	352659	52,6	48857	7,3

Итак, из анализа гранулометрического состава пахотных почв следует, что в Гомельской области преобладают супесчаные и песчаные почвы, на долю которых приходится 91,0% площади пашни.

По гранулометрическому составу площадь улучшенных сенокосов и пастбищ области распределилась следующим образом: глинистые и суглинистые почвы – 3,0%, супесчаные почвы – 27,7%, песчаные почвы – 44,1% и торфяно-болотные почвы – 25,2% (табл. 1.5.). В угодьях сенокосов и пастбищ на долю дерново-подзолистых почвы приходится около 74,8%. В Ельском, Калинковичском, Мозырском и Октябрьском районах среди лугов и пастбищ глинистые и суглинистые почвы отсутствуют. Выше среднеобластного показателя (3,0%) имеются такие почвы в составе сенокосов и пастбищ в таких районах как Буда-Кошелёвский 3,4%, Гомельский 6,8%, Добрушский 9,3%, Житковичский 9,8%, Кормянский 15,0%, Речицкий 4,1%, Хойникском 4,8% и Чечерском 8,9%. В оставшихся районах данная разновидность почв ниже показателя по области.

Таблица 1.5 – Распределение почв улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области по гранулометрическому составу

№ п/п	Наименование районов	Глинистые и суглинистые		Супесчаные		Песчаные		Торфяно-болотные	
		га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Брагинский	373	2,1	4295	24,0	5699	31,9	7517	42,0
2	Б.-Кошелёвский	768	3,4	13928	61,7	5924	26,3	1946	8,6
3	Ветковский	70	0,9	4009	52,1	2358	30,7	1249	16,3
4	Гомельский	1166	6,8	5111	29,6	7463	43,2	3531	20,4
5	Добрушский	1273	9,3	5509	40,3	5581	40,8	1311	9,6

Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Ельский			1492	13,3	7954	71,1	1748	15,6
7	Житковичский	1471	9,8	1955	13,1	7345	49,1	4199	28,0
8	Жлобинский	95	0,4	8370	34,8	8148	33,9	7414	30,9
9	Калинковичский			450	1,7	15396	58,4	10529	39,9
10	Кормянский	744	15,0	3856	77,6	221	4,5	144	2,9
11	Лельчицкий	29	0,2	1311	7,4	9369	52,5	7117	39,9
12	Лоевский	273	2,9	2777	29,8	5806	62,3	471	5,0
13	Мозырский			1500	18,3	5915	72,3	772	9,4
14	Наровлянский	72	1,5	1528	32,3	2658	56,3	469	9,9
15	Октябрьский			82	0,7	6369	55,0	5129	44,3
16	Петриковский	160	0,8	1510	7,3	13533	65,3	5500	26,6
17	Речицкий	1217	4,1	12663	43,1	9978	33,9	5545	18,9
18	Рогачевский	396	2,0	11545	58,7	4590	23,4	3116	15,9
19	Светлогорский	25	0,1	1026	5,9	9584	55,5	6655	38,5
20	Хойникский	890	4,8	4008	21,7	7358	39,9	6204	33,6
21	Чечерский	776	8,9	3656	41,7	2752	31,5	1562	17,9
	По области	9798	3,0	90581	27,7	144001	44,1	82128	25,2

В отношении супесчаных почв показано, что их количество колеблется от 0,7% в Октябрьском и 1,7% в Калинковичском районах до 77,6% в Кормянском и 61,7% в Буда-Кошелёвском районах. Выше среднеобластного показателя (27,7%) доля супесчаных почв выше в 11 районах области.

В структуре улучшенных сенокосов и пастбищ доминируют песчаные почвы, которых в области насчитывалось более 144,0 тыс. га. Среди районов области по количеству почв данного типа выделяются Ельский и Мозырский районы, в которых удельный вес песчаных почв соответственно достигает 71,1% и 72,3%. Также следует выделить Кормянский район, в котором песчаные почвы в структуре лугов и пастбищ занимают 4,5 %, что является самым низким показателем в области.

Торфяно-болотные почвы в структуре лугов и пастбищ имеются во всех районах области. Самое малое их количество в размере 144 га (2,9%) установлено в Кормянском районе, а самое большое – порядка 10529 га, в Калинковичском районе (39,9%). Среди районов Гомельской области удельное содержание торфяно-болотных почв лугов и пастбищ колеблется от 2,9% в Калинковичском до 44,3% Октябрьском районах. А в таких районах как Буда-Кошелёвский, Ветковский, Гомельский, Добрушский, Ельский, Лоевский, Кормянский, Мозырский, Наровлянский, Рогачёвский, Речицкий и Чечерский удельное содержание торфяно-болотных почв ниже среднеобластного показателя.



В сравнении с распаханными землями на лугах и сенокосах торфяно-болотных почв в области больше в 1,7 раза, меньше песчаных почв на 208,6 тыс. га или на 59,2%, супесчаных – на 166,8 тыс. га или на 64,8% и глинистых и суглинистых – на 1,2 тыс. га или на 11,2%.

Анализ распределения почв пашни и улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области по гранулометрическому составу свидетельствует, что их структура состоит на 1,95% из глинистых и суглинистых почв, 32,6% супесчаных, 46,6% песчаных и 12,3% торфяно-болотных (табл. 1.6.). Полностью отсутствуют глинистые и суглинистые почвы в четырёх районах области, к числу которых относятся Ельский, Мозырский, Калинковичский и Октябрьский. Самые большие площади данных почв расположены в Житковичском районе, где их установлено в количестве 6145 га, что составляет 29,5% от их общего в области количества и 14,68% в структуре сельскохозяйственных угодий данного района. Более чем по 1 тыс. га глинистых и суглинистых почв имеются в Буда-Кошелёвском, Гомельском, Добрушском, Речицком, Хойникском и Чечерском районах.

Таблица 1.6 – Распределение почв пашни и улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области по гранулометрическому составу

№ п/п	Наименование районов	Глинистые и суглинистые		Супесчаные		Песчаные		Торфяно-болотные	
		га	%	га	%	га	%	га	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Брагинский	539	1,17	17041	37,0	15859	34,5	8744	19,0
2	Б.-Кошелёвский	1289	1,80	44239	61,0	23562	32,5	2221	3,1
3	Ветковский	99	0,24	20510	49,6	14539	35,2	1298	3,1
4	Гомельский	2044	3,28	21358	34,3	30833	49,6	4737	7,6
5	Добрушский	3388	5,06	37480	56,0	18971	28,3	1342	2,0
6	Ельский	-	-	3929	11,0	23005	64,4	4984	13,9
7	Житковичский	6145	14,68	3565	8,5	20794	49,7	7208	17,2
8	Жлобинский	148	0,18	31496	40,0	33196	42,2	11337	14,4
9	Калинковичский	-	-	3073	3,7	53458	64,5	19214	23,2
10	Кормянский	937	2,78	26810	79,6	5156	15,3	215	0,6
11	Лельчицкий	66	0,17	2613	6,8	23615	61,4	11261	29,3
12	Лоевский	541	1,75	10308	33,4	18743	60,7	901	2,9
13	Мозырский	-	-	6162	21,2	21516	74,2	1032	3,6
14	Наровлянский	72	0,42	5606	33,0	9601	56,5	539	3,2
15	Октябрьский	-	-	783	2,2	21048	60,3	12873	36,9
16	Петриковский	160	0,25	2725	4,3	42288	66,7	9910	15,6

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	Речицкий	2 020	2,36	31335	36,5	34070	39,7	10095	11,8
18	Рогачевский	430	0,50	41911	49,3	32098	37,7	3475	4,1
19	Светлогорский	25	0,05	1541	3,0	33274	65,2	11256	22,0
20	Хойникский	1157	2,36	18796	48,1	11861	30,3	6449	16,5
21	Чечерский	1703	5,7	16729	56,0	9173	30,7	1894	6,3
	По области	20834	1,95	348010	32,6	496660	46,6	130985	12,3

Супесчаные почвы имеются во всех районах области. Наличие их в составе сельскохозяйственных земель колеблется от 2,2% в Октябрьском и 3,7% в Калинковичском районах до 61,0% в Буда-Кошелёвском и 79,6% в Кормянском районах. Наличие данных почв выше среднеобластного показателя установлено в 12 районах.

По гранулометрическому составу в области преобладают песчаные почвы, которые относят из всего анализируемого перечня к самым низкоплодородным. За исключением только Кормянского района, где их удельный вес не превышает 15,3%, в остальных районах песчаные почвы в структуре сельскохозяйственных угодий достигают значительные доли от 30,3% в Хойникском до 74,2% в Мозырском районах Гомельщины. Самые большие массивы песчаных почв в количестве 53458 га выявлены в Калинковичском районе, что составляет 10,8% от всех имеющихся в области.

В результате изучения гранулометрического состава почв было показано, что в Гомельской области торфяно-болотные почвы занимают более 130,9 тыс. га или 12,3% от всего перечня наличных сельскохозяйственных земель. В Калинковичском районе наряду с песчаными почвами имеются самые большие среди районов области площади торфяно-болотных почв. Их насчитывается 19214 га или 14,7% от всей областной площади торфяно-болотных почв. Незначительное количество торфяно-болотных почв имеется в Кормянском районе (215 га), Наровлянском районе (539 га) и Лоевском районе (901 га). В остальных районах торфяно-болотные почвы занимают чуть большие массивы, насчитывающие от одной до нескольких тысяч гектар.

Таким образом, анализ распределения почв пашни и улучшенных сенокосов и пастбищ по гранулометрическому составу свидетельствует, что в Гомельской области преобладают песчаные почвы. На их долю приходится около 46,6% в гранулометрической структуре почв среди 1066,4 тыс. га сельскохозяйственных земель. В сравнении с песчаными, супесчаные почвы занимают на 14,0% меньшие

размеры площадей. В отношении торфяно-болотных почв установлено, что они занимают около 131 тыс. га, что не превышает 12,3% от общего числа обследованных сельскохозяйственных земель. Объём глинистых и суглинистых почв в гранулометрической структуре земель незначителен и не превышает 2%. Из имеющихся в области двадцати одного района в четырёх районах (Ельский, Калининский, Мозырский и Октябрьский) данный вид почв не был выделен.

Среди обследованных сельскохозяйственных угодий доля земель пашни занимает 62,8%, улучшенных сенокосов и пастбищ 30,6% из чего следует, что распаханых площадей в области в 2,05 раза больше, в сравнении со вторыми. Анализ гранулометрического состава земель пашни и улучшенных сенокосов и пастбищ показывает, что в областной структуре пашни песчаных почв больше на 8,5%, супесчаных почв на 10,7% и соответственно меньше на 17,9% торфяно-болотных почв и на 1,3% глинистых и суглинистых.

В целом по Беларуси, по данным Министерства статистики, преобладают во всех областях дерново-подзолистые и дерново-подзолистые заболочиваемые почвы (табл. 1.7.). Количество таких почв колеблется от 64,3% в Брестской до 96,3% в Гродненской областях. Самый высокий удельный вес торфяно-болотных почв имеется в Брестской области, около 10,9%, меньше на 2,1% и 3,3% в Гомельской и Минской областях соответственно. В этих трёх областях установлены и самые высокие показатели удельного веса антропогенно-преобразованных площадей сельскохозяйственных угодий.

Таблица 1.7 – Распределение почв различных типов по областям и Республике Беларусь в целом

Тип почвы	Республика Беларусь	В том числе области					
		Брестская	Витебская	Гомельская	Гродненская	Минская	Могилевская
1	2	3	4	5	6	7	8
Общая площадь с/х земель на 01.01.2019 г., тыс. га	8460,1	1388,1	1435,4	1311,0	1217,8	1842,0	1265,8
Удельный вес почв, %							
Дерново-карбонатные	0,1	0,1	-	-	0,2	-	0,1
Дерново-подзолистые	47,0	32,9	33,8	42,3	65,5	51,6	55,2
Дерново-подзолистые заболочиваемые	40,5	31,4,8	62,3	38,5	30,8	34,0	42,6

Продолжение таблицы 1.7

1	2	3	4	5	6	7	8
Дерновые, дерново-карбонатные заболочиваемые	5,4	19,9	0,8	6,8	2,7	4,3	0,9
Аллювиальные дерновые заболочиваемые	0,5	1,3	0,3	1,3	0,3	0,3	0,1
Торфяно-болотные	4,8	10,9	1,6	8,1	0,3	7,6	0,6
Антропогенно-преобразованные	1,7	3,5	1,2	3,0	0,2	2,2	0,5

Установленная гранулометрическая структура почв сельскохозяйственных угодий территории требует её учёта в практической деятельности специалистов агрономического профиля. В ходе сельскохозяйственной деятельности (применение тяжелой техники, обработка почвы в неоптимальные сроки, нерациональная структура посевов и др.) может происходить ухудшение агрофизического состояния почвы и тем самым приводить к снижению её производительной способности. Для недопущения этого, а также с целью регулирования и восстановления благоприятного физического состояния почв требуется проводить целый комплекс мероприятий.

Он включает рациональное чередование различных типов обработки почвы в севообороте, позволяющих улучшить физическое состояние почвы, сократить интенсивность эрозионных процессов, регулировать минерализацию гумуса и тем самым повысить урожайность сельскохозяйственных культур. Например, только соблюдение стандарта допустимого давления на почву при обработке техникой, способствует оптимизации физических свойств почвы и её структурного состояния. Он достигается путём использования на технике сдвоенных колёс, применения гусеничных движителей, разработки принципиально новых почвообрабатывающих агрегатов и др. Из этого следует, что агротехнические приемы являются важными способами регулирования водного, воздушного, температурного и других почвенных условий.

В условиях Беларуси к наиболее доступным приемам улучшения физических свойств и структурного состояния пахотного горизонта почв относится использование в севооборотах многолетних трав. Эффективным приемом улучшения агрофизических свойств и их устойчивости к деградации является возделывание промежуточных культур, которые способствуют снижению плотности пахотного слоя на  $0,07-0,25 \text{ г/см}^3$ , увеличению пористости на  $2-9\%$  и противозерозионной устойчивости на  $5-25\%$ . Доступным способом улучшения

агрофизических свойств почв является внесение органических удобрений, применение которых на моренных суглинках приводит к уменьшению плотности сложения на  $0,08-0,10 \text{ г/см}^3$ , а на лессовидных – на  $0,06-0,09 \text{ г/см}^3$  [208].

В связи с физической деградации почв и её актуальностью во всём мире в настоящее время ведется поиск, разработка и внедрение новых почвосберегающих систем земледелия. К данным системам относят внедрение точной системы земледелия. При использовании заранее разработанных маршрутов площадь уплотнения уменьшается для пропашных культур до двух раз, а для культур сплошного сева до трёх раз.

В некоторых странах (Южной Америки и США) для оптимизации агрофизических свойств почв внедряется система нулевой обработки почв. Её использование показывает хорошие результаты как в улучшении физического состояния и сохранении производительной способности почв, так и в экономической эффективности.

Таким образом, применяемые системы земледелия должны быть направлены на максимально возможное сохранение почв, защиту от процессов её деградации. В этих системах требуется использовать почвозащитные севообороты, минимальную обработку и другие агротехнологические приемы, направленные на сохранение почвенного покрова. Основными способами оптимизации агрофизических свойств являются агротехнологические, фитомелиоративные приемы. Применение специальных севооборотов, органических удобрений, стимуляторов роста, благодаря улучшению гумусного состояния почвы, способствует не только к увеличению урожая, но и разуплотнению почвы и оптимизации агрофизических свойств.

### **1.3. Особенности почв разного гранулометрического состава**

Известно, что почвы образуются на наружных горизонтах горных пород в результате длительного воздействия на них различных временных геологических и биохимических процессов. В почвообразовании могут также участвовать подземные или минерализованные воды, которые по-разному влияют на свойства почв. На разнообразие почв в природе в значительной степени влияет форма рельефа местности. Без знания горных пород, рельефа, свойств и образования подземных вод невозможно глубокое понимание процессов образования почв [53].

Современное сельское хозяйство не может получать высокие урожаи культур без применения минеральных удобрений. Сырьем для получения минеральных удобрений являются агрономические руды, поиски которых обеспечивает геологическая наука. И наконец, в разведке запасов пресной воды, необходимой как в быту, так и в сельском хозяйстве, нельзя обойтись без геологических знаний. Сохранить землю от разрушения водными потоками и ветром помогают геологические знания о процессах водной и ветровой эрозии. Предметом изучения геологии являются реки, озера, болота. Состояние земной поверхности зависит от того, какие процессы происходят в глубине земли, на первый взгляд незначительные и незаметные. В последние годы стала изучаться возможность ландшафтного земледелия. В этом случае рельеф оценивается не только как фактор почвообразования, но и как сельскохозяйственный объект. Следовательно, знание основ геологии необходимо для правильного понимания процессов, происходящих в почвах, а также для рационального использования и сохранения самого большого богатства на земле всех стран – почвы. Знания, получаемые почвоведом, геологами, химиками, экологами и многими другими специалистами, влияют на развитие таких сельскохозяйственных наук, как земледелие, мелиорация, агрохимия, кормопроизводство, животноводство [51, 53, 210].

Почва во многом состоит из минералов. Минералом считается природное химическое соединение элементов, образовавшихся в определенных физико-химических условиях среды. По условиям образования, минералы делят на эндогенные и экзогенные. Эндогенные минералы образуются внутри земли при высоких температурах и высоком давлении; экзогенные – на поверхности земли или на небольшой глубине в условиях низких температур и давления. Эндогенные минералы называются первичными, экзогенные – вторичными, потому что продукты разрушения первичных минералов являются материалом для образования вторичных.

Почва относится к экзогенному резервуару минералов. В данном резервуаре первичные минералы разрушаются, выветриваются, растворяются, вследствие этого, элементы первичных минералов переходят в формы доступные для растений. Благодаря такому пути минералов в природе образуется источник питания для растений минеральными элементами [53, 80].

Твердая фаза почвы состоит из частиц различной формы и размеров, которые различаются по минералогическому и химическому

составу и называются механическими элементами. По Качинскому Н.А. (1965) – это обособленные кусочки, осколки пород и минералов, аморфных соединений. По происхождению их делят на минеральные, органические и органоминеральные. Среди механических элементов основную массу составляют минеральные (95-98%). Наименьшие частицы, близкие по свойствам и размерам, объединяются в группы, фракции, на основе чего производится классификация механических элементов. В настоящее время принята классификация В.Р. Вильямса и А.Н. Сабанина, усовершенствованная Качинским Н.А. [81] (табл. 1.8.).

Таблица 1.8 – Классификация фракций почвы

Фракции	Диаметр частиц, мм
1. Камни	>3
2. Гравий	1-3
3. Песок: крупный средний мелкий	1-0,5 0,50-0,25 0,25-0,05
4. Пыль: крупная мелкая	0,05-0,01 0,01-0,005
5. Ил: грубый тонкий	0,005-0,001 0,001-0,0005
6. Коллоиды	0,0005-0,0001

Механические частицы размером более 1 мм называют почвенным скелетом или крупноземом, менее 1 мм – мелкоземом. Всю сумму частиц размером менее 0,01 мм называют физической глиной, а более 0,01 мм – физическим песком. Самые мелкие почвенные частицы размером менее 0,001 мм называют илистой или тонкодисперсной фракцией. Фракцию крупной пыли иногда называют лессовидной, так как она составляет основную массу в лессах.

На этом основании, в зависимости от соотношений между теми или другими фракциями механических элементов, породы и почвы имеют различные свойства.

Классификация по гранулометрическому составу проводится объединением пород и почв в несколько групп с характерными для них физическими и химическими свойствами. В первых предложенных классификациях почв учитывалось соотношение физической глины и физического песка. В настоящее время используется более совершенная классификация Качинского Н.А. (табл. 1.9.).

Таблица 1.9 – Классификация почв по гранулометрическому составу

Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм), %			Краткое название почвы по гранулометрическому составу
Почвы подзолистого типа почвообразования	Почвы степного типа почвообразования	Солонцы и сильно-солонцеватые почвы	
0-5	0-5	0-5	Песок рыхлый
5-10	5-10	5-10	Песок связный
10-20	10-20	10-15	Супесь*
20-30	20-30	15-20	Суглинок легкий
30-40	30-45	20-30	Суглинок средний
40-50	45-60	30-40	Суглинок тяжелый
50-65	60-75	40-50	Глина легкая
65-80	75-85	50-65	Глина средняя
> 80	>85	> 65	Глина тяжелая

Примечание – \* Для почв Беларуси супесь делится на рыхлую и связную, соответственно физически глины 10–15% и 15–20%.

В таблице 1.10. показано определение гранулометрического состава методом раскатывания шнура [53].

Таблица 1.10 – Определение гранулометрического состава почв полевым методом раскатывания шнура

Группа почв по механическому составу	Поведение шнура при раскатывании и свертывании в кольцо
Песок	Почва не скатывается
Супесь	При скатывании почва распадается на мелкие кусочки и не дает шнура
Легкий суглинок	При раскатывании формируется легко распадающийся на дольки шнур
Средний суглинок	При раскатывании формируется сплошной шнур, который при свертывании в кольцо распадается на дольки
Тяжелый суглинок	При раскатывании легко образуется шнур, который свертывается в кольцо с мелкими трещинами
Глина	Шнур легко свертывается в нерастрескивающееся кольцо

Кроме классификации почв по содержанию физических глины и песка, Качинский Н.А. предложил и более детальную классификацию в зависимости от преобладания той или иной фракции: почва гравелистая, если преобладает фракция 3-1 мм, песчаная – 1–0,05 мм, крупно пылеватая – 0,05–0,01 мм, пылеватая – 0,01–0,001 мм и иловатая – меньше 0,001 мм [81]. При этом название преобладающей фракции добавляется к основному названию почвы.

Гранулометрический состав почв имеет большое агрономическое значение. В зависимости от удельного сопротивления при обработке почв сельскохозяйственной техникой их делят на легкие (пески, супеси), средние (суглинки) и тяжелые (глины).



От гранулометрического состава почв зависят практически все их свойства : водные, тепловые, воздушные, питательные и др. Так, песчаные и супесчаные почвы хорошо водопроницаемы, обладают благоприятным тепловым и воздушным режимом, легко обрабатываются. Вместе с тем, для них характерна бесструктурность, низкое содержание гумуса и зольных элементов, отличаются низкой поглощательной способностью, плохо удерживают воду. Глинистые почвы, наоборот, медленно прогреваются, высоко влагоемкие, требовательны к аэрации, тяжелые при обработке, однако богаты элементами питания для растений, имеют высокую поглощательную способность и буферность [53, 80].

В условиях Беларуси лучшими являются легкосуглинистые почвы, песчаные имеют недостаток влаги, а тяжелые могут заплывать.

Между гранулометрическим составом почв и запасами в ней химических элементов существует взаимосвязь. Запасы химических элементов делят на валовые и на те, которые могут быть использованы растениями в процессе вегетационного периода.

Содержание кремния определяется наличием кварца ( $\text{SiO}_2$ ) и в меньшей мере – первичных и вторичных силикатов и алюмосиликатов. Валовое содержание  $\text{SiO}_2$  колеблется от 40–70% в глинистых до 90–98% в песчаных почвах [53].

Азот очень важен для растений. Содержится в основном в составе гумуса и составляет в нем 1/10–1/20 от содержания углерода, входит в состав всех белковых веществ, фосфатидов и многих других органических соединений живой клетки. Почвенный азот подразделяют на шесть следующих форм: 1) азот органических веществ; 2) минеральный азот в почвенном растворе; 3) минеральный азот в обменном состоянии; 4) азот растительных остатков; 5) аммоний фиксированный в глинистых минералах; 6) газообразный азот в почвенном воздухе.

В дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах Беларуси на долю легко- и трудногидролизуемого азота приходится 12–23%, негидролизуемого 75–80%, минерального – 1–2% от валового азота почвы. Взаимоотношения между формами зависят в значительной степени от протекания процессов аммонификации, нитрификации и денитрификации [94, 202].

Углерод содержится в гумусе и в органических остатках, его много в составе карбонатов. Содержание в почве колеблется от долей процента до 3–5 и даже 10% в торфах и черноземах. Гумус является главным источником углерода, участвующего в процессе фотосинтеза. Его

содержание в почве пополняется внесением органических удобрений, за счёт сидератов, соломы и корневых остатков растений [209].

Валовое содержание в почве фосфора в виде  $P_2O_5$  составляет 0,1-0,2%. Очень важный элемент в земледелии, так как многие почвы в естественном состоянии содержат мало доступных для растений фосфатов. Фосфор почвы можно разделить: 1) на фосфор, входящий в состав аморфных и кристаллических минералов (апатиты, фосфориты, вивианиты); 2) фосфор, входящий в состав органических веществ (фитины, фосфатиды, нуклеопротеиды, сахарофосфаты и др.); 3) фосфор, адсорбированный на поверхности оксидов железа и алюминия и других неорганических компонентов почвы; 4) фосфор почвенного раствора. На долю органических фосфатов в дерново-подзолистых почвах приходится до 40% валового, в черноземах – около 60%. Запасы подвижного, и из-за этого доступного для растений фосфора, зависят от скорости превращения органического фосфора и труднодоступных минеральных соединений. Для определения фосфатного режима почвенные фосфаты разными методами делят на фракции, воздействуя на почву растворителями. При этом выделяются органические фосфаты, фосфаты железа и алюминия, недоступные для растений, фосфаты кальция разной степени растворимости. Наиболее благоприятной реакцией почвы, при которой накапливаются доступные для растений фосфаты, является рН 6,0–6,5. В кислой и щелочной среде происходит образование неподвижных форм фосфатов железа и алюминия [53, 94, 101].

Алюминий и железо входят в состав первичных и вторичных минералов, накапливаются в форме оксидов и гидроксидов, образуют с органическими веществами комплексные соединения. При выветривании формируются аморфные гели, которые при кристаллизации переходят во вторичные минералы.

В кислой среде гидроксиды алюминия (рН < 5,0) и гидроксиды железа (рН < 3) становятся подвижными, появляются ионные формы железа и алюминия, которые связывают растворимые фосфаты в нерастворимые, в результате этого снижается доступность фосфора растениям.

В анаэробных условиях оксид железа переходит в закисную форму с образованием растворимых соединений, доступных растениям. В аэробных условиях и при нейтральной реакции (рН – 7,0) наблюдается хлороз из-за недостатка растениям железа. Повышенная подвижность железа и алюминия угнетает растения. Валовое содержание  $Al_2O_3$  в почвах колеблется от 1–2 до 15–20%,  $Fe_2O_3$  – от 0,5–1,0 до 8–10% [53].

Калий – необходимый элемент для растений. Содержание  $K_2O$  в почвах колеблется от 1 до 2–3%, больше в тяжелых, меньше – в легких почвах. Входит в состав глинистых минералов, гидрослюд, калиевых полевых шпатов, биотита, мусковита, солей и др. Калий минералов растениям недоступен. Формы калия в почве: 1) калий почвенного раствора (водорастворимый); 2) обменный; 3) труднодоступный (необменный); 4) калий почвенных минералов. Между ними существует подвижное равновесие. Если оно нарушается, то ионы калия заново перераспределяются между ними. Наиболее быстро восстанавливается равновесие между обменным и водорастворимым калием, медленнее – между необменным и обменным. Основным источником калия для растений являются калий почвенного раствора и обменный калий. Калий минералов превращается медленно, и часто в течение одного вегетационного периода не становится доступным для растений [99, 100].

Кальций и магний относятся к необходимым для растений элементам питания. Содержание  $CaO$  в бескарбонатных суглинистых почвах составляет 1–3%, содержание  $MgO$  обычно близко к  $CaO$ .

Формы в почве: 1) кальций и магний минералов; 2) обменные формы; 3) кальций и магний почвенного раствора (водорастворимые формы). К основным формам кальция и магния, способным поглощаться растениями, относятся водорастворимые и обменные фракции. В большинстве почв соотношение между обменными одновалентными и двухвалентными катионами определяет катионную активность почвы, от которой зависит поступление катионов в растения. Для каждого вида растений эти соотношения должны быть оптимальными, что необходимо учитывать при известковании. Например, наиболее благоприятно отражающими условиями минерального питания растений являются следующие уровни  $Ca$  – 40–50,  $Mg$  – 10–15,  $K$  – 4–5% для озимой ржи и ячменя;  $Ca$  – 35–40,  $Mg$  – 13–17,  $K$  – 4–5% от емкости катионного обмена для льна-долгунца, т.е. отношение  $K : Mg : Ca$  должно иметь выражение 1 : 2,5–3 : 9–10 [40, 53].

Валовое содержание в почвах натрия в виде  $NaO$  составляет около 1–3%. Он содержится в составе главным образом полевых шпатов, может присутствовать в виде хлоридов. Имеет значение для оптимизации катионной активности в почве. Дефицита этого элемента в почве для растений обычно не прослеживается. Формы нахождения в виде натрий минералов, обменной и водорастворимой фракций [51, 101].

Содержание серы в почвах в виде  $\text{SO}_3$  колеблется от 0,01 до 2% и более, присутствует в виде растворимых сульфатов, адсорбированных на почвенных минералах, сульфидов и в составе органического вещества. Для растений доступны сульфаты почвенного раствора. Основным источником серы, поступающей в почвенный раствор, является органическая сера. Ее обычно в 10 раз меньше, чем азота, и при минерализации органического вещества она освобождается быстрее, чем азот [51, 53, 101].

К важнейшим компонентам почвы, определяющим её плодородие, следует отнести целый перечень микроэлементов. В этот перечень входят бор, марганец, кобальт, медь, цинк, молибден и др. Они содержатся в почвах в небольших количествах ( $n \cdot 10^{-3}\%$ ), играют чрезвычайно важную роль в жизни растений, человека и животных, принимают участие в углеводном и азотном обменах, окислительно-восстановительных процессах, входят в состав ферментов, гормонов, витаминов, повышают устойчивость живых организмов к болезням и неблагоприятным внешним условиям. Недостаток микроэлементов в почвах приводит к снижению урожайности растений и качества их продукции, что вызывает нарушение нормальной деятельности организмов животных и человека, а также развитие различных заболеваний. В то время избыток микроэлементов может вызывать токсикоз, накопление их в повышенном количестве в растениях может стать причиной тяжелых заболеваний животных [51, 70].

Валовые запасы микроэлементов в почвах определяются главным образом их содержанием в материнской породе и в преобладающей мере связаны с содержанием в почве первичных минералов, отчасти глинистых минералов и органического вещества.

В процессе почвообразования происходит их перераспределение, вследствие чего они накапливаются, вымываются из верхних горизонтов. Их содержание в почве может увеличиваться в результате внесения удобрений, техногенных загрязнений, вблизи вулканов и др. По этим причинам выделяют территории с недостаточным или избыточным содержанием микроэлементов и которые получили название биогеохимических провинций. Так, территория Беларуси, особенно Полесье, характеризуется недостатком йода в водах и почвах, в результате чего наблюдается зобная болезнь, при недостатке кобальта развивается лейкемия (сухотка в Прибалтике).

Доступность микроэлементов для растений определяется содержанием их в почвенном растворе и в ионообменном состоянии. Она зависит от реакции среды, содержания органического вещества,

окислительно-восстановительных условий, биологической активности почвы. Так, при кислой реакции увеличивается подвижность Zn, Cu, Mn, Co и уменьшается подвижность Mo. Такие элементы как B, I, F подвижны в кислой и щелочной среде.

Гумусовые кислоты, а также муравьиная, лимонная и другие могут образовывать с микроэлементами как растворимые, так и нерастворимые соединения.

Среднее содержание подвижных форм микроэлементов в почвах Беларуси показано в таблице. 1.11. (цит. по Горбылёва А. И. и др., 2002).

Таблица 1.11 – Среднее содержание подвижной формы микроэлементов в почвах Республики Беларусь, мг/кг

Почвы	Бор	Марганец	Кобальт	Медь	Цинк	Молибден
Дерново-подзолистые: на песках	0,16	33,0	0,33	0,90	0,77	0,06
суглинистые на песках	0,18	35,0	0,40	1,30	0,94	0,08
супесчаные	0,23	33,7	0,50	1,50	1,12	0,12
на моренных суглинках	0,23	75,3	0,57	1,40	-	0,09
на лессах	0,18	77,0	0,59	1,40	-	0,09
заболоченные суглинистые	0,28	85,0	0,97	1,90	1,18	0,09
Низинные	1,58	76,9	0,87	3,20	-	0,23
Дерново-болотные супесчаные и суглинистые	0,32	52,9	1,02	2,3	0,40	0,13

Одним из важнейших компонентов почв является органическое вещество и те процессы, которые происходят при его трансформации. Органическое вещество почв представляет собой совокупность живой биомассы, органических остатков растений, микроорганизмов, животных различной степени разложения, продуктов их метаболизма и гумуса. В органическом веществе накапливаются запасы элементов питания и энергии, поэтому оно является регулятором главнейших физико-химических и биологических свойств почвы и определяет специфику этих свойств. В любой природной зоне все свойства почвы формируются при непосредственном или косвенном участии органического вещества, поэтому его значение невозможно переоценить.

К источникам органической части почвы относятся органические остатки разной природы, поступающие в нее. Например, в целинных почвах это растительные остатки, микроорганизмы и почвенная фауна, являющиеся как исходным материалом для образования гумуса, так и возбудителями гумусообразования. Наибольшую биомассу и годичный прирост в наземных биоценозах составляют

зеленые растения (автотрофы), способные синтезировать органические вещества из минеральных соединений. Биомасса почвенных микроорганизмов и представителей животного мира в несколько десятков, сотен и даже тысяч раз уступает биомассе зеленых растений. Новых запасов органического вещества они не вносят, а перерабатывают растительные остатки, образуя вторичные формы органических веществ почвы.

Химический состав органических остатков зависит от типа отмерших организмов, основную массу веществ которых составляют белки, углеводы, лигнин, липиды и липопротеиды, дубильные вещества, смолы, алкалоиды, воски и много других органических соединений. Содержание золы в них колеблется в пределах 1-10%. В живом организме комплекс этих соединений образует сложную открытую изотермическую систему, отличающуюся высокой ферментативной активностью. При отмирании организмов эта система подвергается сложным процессам трансформации, превращаясь в новые, уже неживые формы накопления органических веществ в биосфере [53, 211].

При отмирании белковые вещества быстро подвергаются биохимическим превращениям. Под влиянием протеаз они расщепляются на более простые части и аминокислоты, которые легко гумифицируются и минерализуются. Белки отмерших организмов в составе гумуса один из основных источников азота в почве. Одновременно с разрушением первичных белков всегда происходит синтез вторичных, в клетках микроорганизмов.

Скорость превращений углеводов может быть различной и определяется их химическим составом. Наиболее быстро разлагаются моно- и олигосахариды, полисахариды разлагаются медленнее и еще медленнее – целлюлоза. Лигнин относится к наиболее устойчивым углеводам против разложения, но он хорошо гумифицируется, поэтому многие исследователи считают его основным гумусообразителем.

В группу липидов почвы входит обширная группа жиров и жироподобных веществ, воски, липопротеиды. Они медленно разлагаются, причем со временем скорость их трансформации становится меньше, в результате чего происходит относительное накопление липидов. Одновременно количество липидов может возрасти при нарастании биомассы грибов, участвующих в разложении органического вещества, так как их тело содержит до 20% липидов [53].

В почвообразовании активную роль играют растительные вещества вторичного происхождения: эфирные масла и смолы, ароматические соединения, органические кислоты алифатического ряда, алкалоиды, антибиотики, регуляторы роста и др.

Таким образом, с органическими остатками в почву поступает целый комплекс различных по молекулярной массе, химическому строению и разной степени устойчивости соединений. Среди них преобладают высокомолекулярные соединения, подвергающиеся сложным процессам превращения, главнейшие из которых – гумификация и минерализация. Основным источником органических веществ в пахотных почвах являются органические удобрения разного состава.

### **1.3.1. Дерново-подзолистые почвы**

В соответствии с классификацией почв дерново-подзолистые почвы Беларуси рассматриваются как самостоятельный тип почв, в то время как на территории России они рассматриваются как подтип подзолистых почв. В Беларуси на долю дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных приходится 87,5% площади сельскохозяйственных угодий, и они составляют основной фонд пахотных земель.

По своему происхождению дерново-подзолистые почвы являются результатом совместного и синхронного развития подзолистого, дернового и элювиально-глеевых процессов. При этом проявлению дернового процесса противостоит подзолистый, определенное участие в обособлении подзолистого горизонта имеет процесс лессиважа.

Дерново-подзолистые почвы расположены в основном в подзоне южной тайги. Образуются они в условиях промывного водного режима на бескарбонатных породах различного генезиса и гранулометрического состава под травянистыми и мохово-травянистыми лесами. Развивающаяся под пологом леса травянистая растительность приводит к формированию в верхней части профиля гумусово-элювиального горизонта. Кислые продукты разложения лесной подстилки, перемещаясь с осадками по профилю, вызывают разрушение органической и минеральной части почвы и формирование под гумусовым горизонтом хорошо выраженного подзолистого. Последний сменяется иллювиальным, постепенно переходящим в почвообразующую породу.

В результате такого развития профиль почвы четко дифференцируется на верхнюю элювиальную и нижнюю иллювиальную части. При этом из верхней части профиля вымываются не только продукты почвообразования, но и илистые частицы. Наиболее четко дифференциация профиля, как по гранулометрическому, так и химическому составу выражена у почв, сформировавшихся на тяжелых породах.

Классификация и характеристика свойств этих почв проводится в зависимости от морфологического строения профиля и характера налагающихся процессов. Выделяют четыре подтипа дерново-подзолистых почв: 1) дерново-палево-подзолистые; 2) собственно дерново-подзолистые; 3) дерново-подзолистые эродированные; 4) дерново-подзолистые окультуренные. В пахотных почвах видо-вым признаком является степень их окультуренности [94].

Агрономическая характеристика дерново-подзолистых почв обусловлена их генетическими особенностями. Для них характерна кислая реакция почвенного раствора, они имеют значительную обменную кислотность, до 80% которой может приходиться на обменный алюминий, гидролитическую кислотность от 3 до 6 мэкв/100 г, низкую емкость поглощения (5–15 мэкв) и степень насыщенности основаниями (50–70%). Поэтому большая часть этих почв нуждается в известковании [80, 94].

Для дерново-подзолистых почв характерно низкое содержание фульватного гумуса в пахотном горизонте (0,5–1,0% – в легких, 2–3% – в суглинках) при резком снижении с глубиной. В суглинистых почвах содержится 0,1–0,2% азота (N), 0,07–0,12% фосфора ( $P_2O_5$ ), 1,5–2,5 калия ( $K_2O$ ), в легких – соответственно 0,03–0,08, 0,03–0,06 и 0,5–1,0%. Фосфор содержится преимущественно в минеральных соединениях и доступность его растениям ограничена. Содержание микроэлементов колеблется в широких пределах, возможен как недостаток некоторых из них (B, Mo, Cu и др.), так и избыток (Mn). В естественном состоянии эти почвы бедны подвижными соединениями питательных элементов, поэтому при распашке на них возможны урожаи на уровне 5–10 ц/га. При этом количество подвижных элементов питания находится в сильной зависимости от гранулометрического состава [53, 94]. Гранулометрический состав определяет и их физические свойства. Суглинистые почвы обеспечивают лучшую водообеспеченность в силу более высоких их показателей наименьшей влагоемкости во все периоды вегетации, чем почвы песчаные и супесчаные (табл. 1.12.).



Таблица 1.12 – Содержание подвижных элементов питания в среднеокультуренных дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава, кг/га (цит. по Кулаковская Т.Н. и др., 1978)

Почвы	Азот нитратный и аммонийный	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> в 0,2 н. HCl	K <sub>2</sub> O в 1 н. CH <sub>3</sub> COOM-14	Сумма подвижных Cu, B, Co, Mg	Физическая глина, %
Суглинистые на моренных и лессовидных суглинках	80-90	210-230	350-400	5-16	25-35
Супесчаные, подстилаемые мореной	40-50	160-200	250-300	3-6	15-20
Супесчаные на песках	40-50	130-150	220-240	2-7	10-15
Песчаные	30-40	110-120	180-200	1-5	5-10

В условиях Беларуси именно суглинистые почвы, за небольшим исключением, хорошо поддаются окультуриванию. Супесчаные почвы характеризуются менее устойчивым водным режимом по сравнению с ними, но более доступным запасом элементов питания. В случаях близкого подстилания суглинками по свойствам приближаются к ним. Песчаные почвы отличаются от суглинков и супесей низким потенциальным плодородием, неустойчивым водным режимом из-за высокой водопроницаемости. При этом недостаток влаги чаще всего наступает в период наибольшего потребления ее растениями. Поэтому в Брестской и Гомельской областях, где много легких почв, значительно чаще проявляются неблагоприятные последствия наступления засухи.

Окультуренные почвы обладают следующими признаками: имеют мощный (20-25 см и более) темноокрашенный пахотный горизонт с хорошо выраженной комковатой структурой; подзолистый горизонт и признаки эрозии отсутствуют; реакция среды, содержание и качество гумуса, оснований, подвижных соединений макро- и микроэлементов достигли оптимальных интервалов [53, 135].

Продуктивность естественных кормовых угодий может быть повышена регулированием водно-воздушного режима, увеличением запасов питательных веществ и за счет проведения таких культурно-технических мероприятий, как ликвидация кустарников, кочек и камней.

При сельскохозяйственном использовании дерново-подзолистых почв обязательно их систематическое, планомерное окультуривание с применением всего комплекса мероприятий. Окультуривание

составляют правильные севообороты с включением многолетних трав, углубление пахотного слоя, известкование, внесение органических и минеральных удобрений. Для песчаных и супесчаных почв необходима сидерация в виде посевов различных растений на зеленое удобрение.

В общем, окультуривание как подзолистых, так и дерново-подзолистых почв – сложный элювиально-аккумулятивный процесс, аккумулятивная часть которого должна все время поддерживаться на высоком уровне. В противном случае усиливается развитие подзолистого процесса и происходит быстрая утрата плодородия. Об этом свидетельствуют результаты агрохимического обследования почв республики в 1996–1999 гг. и данные о снижении урожайности в эти годы, прежде всего из-за недостатка удобрений [40].

Дерново-подзолистые заболоченные почвы образуются в условиях длительного периодического переувлажнения застойными атмосферными или неглубоко залегающими грунтовыми водами. Они более характерны для территорий, сложенных лессами, лессовидными, водно-ледниковыми и древнеаллювиальными отложениями в условиях слабодренированного рельефа.

Насыщенность отдельных горизонтов или же всего профиля влагой в течение более или менее длительного времени приводит к развитию в почве восстановительных процессов. Следствием этого являются образование ржаво-охристых пятен, пунктаций марганца, железисто-марганцевых конкреций, общее осветление профиля в зоне кратковременного анаэробноз, образование пятен и прослоек глея и сплошных глеевых горизонтов в зоне длительного или постоянного анаэробноз [175].

Основные массивы дерново-подзолистых заболоченных почв заняты лесами и малопродуктивными лугами. Небольшие участки, встречающиеся на фоне других почв, используются под пашней. Они в наибольшей степени распространены среди подзолистых и дерново-подзолистых почв. По классификации России, дерново-подзолистые заболоченные почвы отнесены на уровне подтипа к типу болотно-подзолистых. Такое деление не отражает в должной степени свойств данных почв. Учитывая, что в Беларуси они занимают 40,5% площади сельскохозяйственных угодий и что степень проявления болотного процесса и его сочетание с подзолистым специфична для условий Беларуси дерново-подзолистые заболоченные почвы рассматриваются как самостоятельный тип. Это полуболотные почвы. В них имеется вся гамма переходов от дерново-подзолистой

до болотной почвы [23]. В зависимости от характера увлажнения тип дерново-подзолистых заболоченных почв делится на подтипы: 1) дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные; 2) дерново-подзолистые грунтово-оглеенные; 3) дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные осушенные; 4) дерново-подзолистые грунтово-оглеенные осушенные [53].

### **1.3.2. Торфяно-болотные почвы**

Как известно для территории Беларуси характерно наличие большого количества болот и заболоченных земель, которые разбросаны в пределах отдельных районов и областей неравномерно. Наибольшее количество торфяно-болотных почв имеется в Брестской, Минской и Гомельской областях. Для данного типа почв присуще наличие избыточного увлажнения, которое возникает при застое на местности поверхностных и грунтовых вод.

Все болотные почвы в зависимости от происхождения, условий залегания и характера растительности делят на два типа: верховые (олиготрофные) и низинные (эвтрофные). Переходные (мезотрофные) торфяники, занимают промежуточное положение и больше тяготеют к верховому типу.

В зависимости от условий и формирования болот, территорию Беларуси подразделяют на три основных района: 1) северный, или озерный, с преобладанием моренных и конечно-моренных отложений; 2) центральный повышенно-равнинный район, сложенный моренными, флювиогляциальными и древнеаллювиальными отложениями; 3) южный низменный с преобладанием флювиогляциальных и аллювиальных отложений. Следовательно, территория Гомельской области входит в южный болотный район.

Во всех трёх районах преобладают торфяно-болотные почвы низинного типа. В северной части Беларуси значительное место также занимают торфяники верхового типа.

В центральной части Беларуси преобладают торфяники преимущественно низинного типа, сложенные торфами различного строения в зависимости от особенностей гидрохимического режима [109].

Установлено, что основное количество болот республики расположено в пределах Полесской низменности, занимающей в республике около 6 млн. га. В Полесской низменности преобладают низинные болота. На их долю приходится более 85 % площади болотных массивов. Наиболее крупные массивы представлены заросшими

неглубокими водоемами или озеровидными понижениями, заполненные преимущественно тростниковым торфом. Для ландшафта Полесья характерно сочетание небольших по площади мелкозалежных торфяников с минеральными заболоченными почвами и песчаными буграми. На данные бугры может приходиться от 12 до 15% болотных площадей. Самые большие участки верховых и переходных торфяников отмечаются в пойме Припяти и меньшие по площади участки болот – в водоразделах питающих Припять рек. Существенная часть площадей переходных и верховых болот размерами до 1 га имеется среди лесов [157].

Торфяно-болотные почвы республики по содержанию и запасам органического вещества значительно превосходят все другие почвы. Оно является самым главным богатством торфяных почв, определяющим их потенциальное плодородие, а также важнейшие физические, физико-химические и агрохимические свойства. От 80 до 90% торфа состоит из смеси полуразложившихся растений-торфообразователей и специфических гумусовых веществ, состав которых различается в зависимости от условий и характера торфообразования. Состав органического вещества торфяных почв колеблется в широких пределах по типам и видам торфа. Почвы низинных болот больше содержат углерода и азота и меньше кислорода, чем верховые торфа. В верховых торфах по мере увеличения степени разложения и снижения содержания кислорода наблюдается обогащение углеродом.

От состава органического вещества торфяных почв зависят различия между типами и видами торфа. Так, экстрактивных веществ, извлекаемых органическими растворителями, в низинных торфах травяной группы содержится от 2,77 до 4,40%, в лесных – до 9,77%. Наибольшее количество битумов содержит торф переходных болот, особенно с более высокой степенью разложения. Увеличение количества битумов, происходит вследствие потери углеводной части растений, которое зависит от степени разложения торфа.

Низинные торфяные почвы отличаются от переходных и верховых более высоким содержанием гумусовых веществ, среди которых – гуминовых кислот. Гуминовые кислоты могут до 42% накапливаться в тростниковых и древесных торфах средней и высокой степени разложения. Прямая зависимость между содержанием гуминовых кислот и степенью разложения торфа отмечается лишь в однородных по ботаническому составу торфах.

В верховых торфах с 5–10% степенью разложения количество легкогидролизуемых веществ увеличено, а вот в низинных и переходных

лесных торфах их содержание сравнительно низкое. Гумификация и минерализация органического вещества в верховых торфяных почвах развивается медленно и с преобладанием фульвокислот над гуминовыми. При переходе к низинным торфам характер гумусообразования меняется в сторону увеличения роли гуминовых кислот.

После мелиорации и сельскохозяйственного использования микробиологическое и биохимическое разложение органического вещества усиливается, что ведет к образованию гумусовых веществ разной степени подвижности. Если в первые годы преобладают легкоподвижные гумусовые соединения, то с увеличением срока использования торфяно-болотных почв возрастает количество труднорастворимых гумусовых веществ.

Характерные особенности органического вещества торфяно-болотных почв отражает их химический состав, различающийся по типам и разновидностям (табл. 1.13.)

Таблица 1.13 – Химический состав торфяно-болотных почв [109]

Показатели	Типы и виды почв				
	низинные торфяники			переходный	верховой
	пойменные	ольховые	травяные		
Степень разложения, %	30–60	40–60	25–40	10–45	5–30
Зольность, %	8–34	13–25	7–20	5–10	1–5
Азот общий, %	2,8–3,8	3,0–4,5	2,0–4,0	1,4–2,5	0,5–2,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0,2–0,7	0,35–0,4	0,15–0,40	0,15–0,35	0,03–0,25
K <sub>2</sub> O, %	0,05–0,3	0,1–0,2	0,02–0,3	0,05–0,3	0,01–0,10
CaO, %	2,0–10,0	3,0–4,5	1,0–6,0	0,15–2,5	0,1–0,5
K <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	1,2–14,4	1,5–4,5	1,2–7,2	0,9–4,7	0,03–1,4
pH в KCl	4,2–7,1	5,2–6,2	4,5–6,0	3,5–5,3	2,6–4,2

Исследования химического состава низинных торфяно-болотных почв различной степени разложения и ботанического состава свидетельствуют о высоком содержании азота, которое может достигать 3% и выше, в остальных – от 0,5 до 2,5%.

Одним из важнейших показателей торфяных почв является их зольность. Зольный состав данных почв формируется из остатков растений-торфообразователей, осадка минеральных веществ, взвешенных и частично растворенных в поверхностных и грунтовых водах, из выпавших с атмосферными осадками частиц и приносимой ветром пылью. На зольность сильно влияет также интенсивность обработки почвы. Основными компонентами зольной части торфов являются кремний, кальций, фосфор, магний, железо и алюминий, составляющие 90–95% остатка золы.

Содержание валового фосфора в торфяно-болотных почвах гораздо выше, чем в дерново-подзолистых. Однако запасы фосфора и калия весьма незначительны, если учесть объемный вес органических почв. Количество фосфора в золе еще не говорит о степени доступности его растениям. Фосфорная кислота, входящая в состав органических молекул, химически связана с белковыми веществами торфяных почв и до 80% от общих запасов находится в поглощенном органическими коллоидами состоянии. Калий в торфяных почвах содержится в растворимых, усвояемых растениями соединениях. Болотные районы Полесья отличаются небольшим количеством калия в сравнении с торфяно-болотными почвами центральных районов, где оно несколько выше.

Торфяно-болотные почвы имеют катионную емкость обмена в 16–34 раза выше, чем дерново-подзолистые суглинистые, и в 20–50 раз больше, чем песчаные. Степень насыщенности основаниями у разных типов болотных почв неодинакова: в торфах низинных болот она достигает 70–80 и даже 100%, а у верховых болотных почв не выше 15–20%.

В составе практически всех торфяных почв к основным компонентам неорганической части относится кальций. Одновременно с питательной функцией кальций выполняет регулирующую роль почвенной среды. Благодаря высокой растворимости наличие кальция в торфяной почве в основном связано с химическими и биохимическими процессами. Среди форм нахождения кальция в почвенной среде определяют следующие: ионную в жидкой фазе торфа; сорбированную тонкодисперсными частицами органической и органо-минеральной природы; химически связанную с органическими молекулами при оторфовании растений; в составе сохранившихся растений, раковин пресноводных моллюсков; в обломочных минералах; в форме минеральных почвообразований, главным образом карбонатов [105].

К одним из важнейших химических показателей в характеристике торфа относится реакция среды этих почв. Из-за органогенного характера происхождения оценка их по кислотности весьма специфична, так же как своеобразна и природа кислотности торфяно-болотных почв.

Торфяные почвы бедны такими микроэлементами как медь, кобальт, бор, молибден и др. Среди них особое значение имеет медь. В исследованиях Лупиновича И. С. с сотрудниками установлено, что торфяно-болотные почвы низинного типа на территории Беларуси по содержанию меди можно разбить на три группы [107]. К первой

группе следует относить почвы с повышенным содержанием меди (до 25 мг/кг), но с низким уровнем ее подвижности (5–10%); ко второй группе – с валовым содержанием меди примерно таким же, но с коэффициентом подвижности в 2–3 раза выше. В третью группу входят почвы с наименьшим валовым содержанием меди (10 мг/кг) и с коэффициентом её подвижности от 30 до 65%.

Известно, что в формировании торфяно-болотных почв важнейшую роль выполняют её живые организмы. В почве органическая масса торфа подвергается сложным биохимическим превращениям под влиянием разнообразных групп микрофлоры. При этом максимальное количество микроорганизмов содержится в верхнем горизонте хорошо разложившегося торфа, обычно в пределах его профиля на глубине от 20 до 60 см, где происходят основные процессы торфообразования [43].

Торфообразование является результатом протекания преимущественно аэробных процессов, протекающих в верхних слоях торфяной почвы в период ее подсыхания. В аэробных процессах участвуют грибы-гумификаторы и сопутствующих им бактерии. Превращение органических веществ происходит последовательно, с заменой одних групп микроорганизмов на другие. Вначале активно развиваются плесневые грибы и неспороносные микроорганизмы. Потом в минерализации более стойких соединений участвуют спорообразующие бактерии. В это же время активизируется деятельность целлюлозных бактерий. Затем происходит нарастание численности актиномицетов, участвующих в биологических превращениях органических веществ почвы.

Продолжительное время торфяники в Беларуси рассматривались как источник ресурсов топлива. Для этого в них определялся ботанический состав, теплотворная способность, зольность, степень разложения. Затем их стали очень широко вовлекать в сельскохозяйственное использование. В связи с этим появилась необходимость в изучении тех их свойства, которые определяют и влияют на плодородие. К таким свойствам стали относить полевую влагоемкость, влажность замедления роста растений, влажность увядания, содержание  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$ , объемный вес, тепло- и температуропроводность, объемную теплоемкость и др.

После осушения и последующего освоения торфяников резко изменяются их свойства, особенно водные. Это обусловлено тем, что торф очень влагоёмок. Влагоемкость торфа иногда достигает 1700% и в зависимости от группы и вида, а также степени разложения

колеблется от 700 до 1700%. Влажность высокозольных торфов (зольность 12-50%) ниже, чем у соответствующих нормально зольных торфов.

У осушенных торфяно-болотных почв, как правило, пористость аэрации вполне достаточна для нормального роста и развития сельскохозяйственных культур. Не лимитируют плодородие данных почв и водно-физические свойства. Лишь только в отдельных случаях наблюдается анаэробно-биотический процесс (ранней весной, когда растения ещё не вегетируют). Установлено, что плодородие глубокоосушенных торфяно-болотных почв может снижаться из-за недостатка влаги.

Исследования о влиянии температуры почв на рост растений и урожай определенно свидетельствуют о наличии прямой взаимосвязи между этими параметрами. Установлено увеличение поступления воды и элементов питания к корням растений при повышении температуры почвы. Теплофизические свойства торфяно-болотной почвы зависят главным образом от ее влажности. В отличие от дерново-подзолистых почв данные почвы имеют в 1,5–2,0 раза большую объемную теплоемкость. А вот теплопроводность их, наоборот, в 2,5–3,0 раза, температуропроводность в 3–4 раза ниже, чем у дерново-подзолистых почв [109, 110].

Из-за высокой теплоемкости и низкой теплопроводности торфяные почвы слабо прогреваются, поэтому страдают в период ранних осенних и поздних весенних заморозков. Наибольшая продолжительность заморозков на осушенных болотах наблюдается при малых значениях теплоемкости и теплопроводности верхних слоев почв, то есть при низкой их влажности. Знание значений теплофизических свойств почв необходимо для их регулирования в период выращивания растений. Например, уплотнение почвы увеличивает теплопроводность и температуру почвы, рыхление – наоборот, уменьшает скорость проникновения тепла в почву. При этом температура ее снижается. Температура почвы является одним из факторов, определяющих ее плодородие. Исследования показывают, что средние месячные температуры торфяно-болотной и дерново-подзолистой супесчаной почв в одном и том же месте могут достигать до 3 °С, что весьма существенно.

Создать более благоприятные тепловые условия для роста и развития растений на торфяно-болотных почвах удастся путем проведения агротехнических приемов [96]. Эффективность агротехнических приемов на данных почвах во многом зависит от погодных условий. Например, в период теплой весны клубни картофеля высаживают на



глубину 12–16, в период холодной – на 8–12 см. Мелкая посадка в условиях холодной весны способствует более раннему появлению всходов и цветению, так как клубни находятся в более прогретом слое почвы.

В жаркие годы для сохранения влаги и не доведения перегрева почвы, используется мелкое рыхление торфяно-болотной почвы в междурядьях на глубину 5–9 см и во влажные годы – глубокое окучивание, для испарения лишней влаги и поглощения почвой больше солнечной энергии. В результате проведения данных приёмов повышается температура почвы.

Ширина междурядий и густота размещения растений также влияют на температуру почвы. Так, при ширине междурядий кукурузы 100 см почва поглощает в 1,4 раза больше энергии, чем при междурядьях 50 см. Соответственно повышается и температура почвы.

При размещении на гектаре 39 тыс. растений кукурузы температура почвы примерно в 1,5 раза выше, чем при густоте 78 тыс.

Кулисы из высокостебельных растений ослабляют теплообмен почв и повышают температуру воздуха от 2 до 3 °С ночью и до 8–10 °С днем. Повышение температуры воздуха также ведет к повышению температуры почв. В настоящее время широко используются, особенно в овощеводстве, разнообразные синтетические пленки. Применение синтетических пленок способствует повышению температуры почв до 6–8 °С. Агротехническими приемами также можно повысить температуру почв на 5–7 °С. Это применяется при создании лучших условий и получении более высокого урожая.

В настоящее время в Беларуси особое внимание уделяется охране и рациональному использованию торфяных почв. В основе охраны и дальнейшего использования торфяных почв лежит требование обеспечить высокую продуктивность возделываемых культур при экономном расходовании органического вещества. Цель требования – сохранить органическое вещество почв на возможно более длительный период. Поэтому структура посевных площадей на торфяных почвах строится с учетом удельного веса этих почв в землепользовании. Как правило, мощные и среднemocные торфяные почвы в основном отводятся под культурные луга длительного пользования, а торфяные почвы с мощностью торфа менее 1 м исключаются из пашни и используются под многолетние злаковые и злаково-бобовые травы. При ненадлежащей работе мелиоративной системы площади торфяных почв исключаются из состава пахотных земель и отводятся под луга длительного пользования. Большие площади осушенных земель республики являются не только источником

наиболее дешевых кормов для скота, но и выполняющие важные почвозащитные функции. Отсюда главное направление травосеяния и луговодства на осушенных торфяных почвах – максимально использовать биологический азот путём существенного включения в состав травостоев бобовых трав.

Известно, что на скорость минерализации торфа существенным образом влияют возделываемые культуры. Минимальные потери органического вещества почв отмечаются под многолетними травами, максимальные – при возделывании пропашных культур, в то время как зерновые культуры занимают промежуточное положение.

При наличии недостатков в сельскохозяйственной эксплуатации мелиорированных земель их состояние ухудшается. И, как следствие этого, значительные площади торфяные почвы могут превращаться в органоминеральные образования со сложным микрорельефом. Как установлено к настоящему времени, под воздействием процессов минерализации и дефляции площадь глубоководных торфяников в отдельных районах Беларуси сократилась и существенно возросла площадь деградированных торфяных почв.

По данным национального Статистического комитета в настоящее время в пределах территории Беларуси общая площадь осушенных земель составляет 3,4 млн. га, из них для сельскохозяйственных целей – 2,9 млн. га (табл. 1.14.). В сельскохозяйственном пользовании находится свыше 2,9 млн га угодий на торфяных почвах различной мощности, ботанического состава и уровней окультуренности. С 2011 по 2017 годы в республике количество сельскохозяйственных мелиорированных земель уменьшилось на 48,2 тыс. га. За данный период времени в структуре сельскохозяйственных мелиорированных земель количество пахотных земель увеличилось на 129,1 тыс. га или на 10,8%. Увеличение произошло за счёт распаханности луговых земель, площади которых уменьшились на 187,8 тыс. га.

Таблица 1.14 – Наличие мелиорированных земель в Беларуси на начало года, тыс. га

Показатели	Годы наблюдений	
	2011	2017
1	2	3
Общая площадь мелиорированных земель	3 444,0	3 445,4
в том числе:		
осушенные	3 413,4	3 415,1
орошаемые	30,6	30,3

Продолжение таблицы 1.14

1	2	3
сельскохозяйственные земли	2 952,9	2 904,7
в том числе:		
осушенные	2 922,3	2 874,4
орошаемые	30,6	30,3
пахотные земли	1 289,6	1 428,7
в том числе:		
осушенные	1 265,1	1 404,2
орошаемые	24,5	24,5
луговые земли	1 658,5	1 470,7
в том числе:		
осушенные	1 652,7	1 465,2
орошаемые	5,8	5,5
Удельный вес мелиорированных земель в общей площади земель, в процентах	16,6	16,6
в том числе:		
осушенные	16,4	16,5
орошаемые	0,2	0,1

Удельный вес мелиорированных земель в общей площади земель республики составляет 16,6% и практически со временем не меняется.

Анализ посевных площадей на осушенных землях свидетельствует об их увеличении в 2016 году на 112,8 тыс. га или на 8,5% в сравнении с 2011 годом (табл. 1.15.). В структуре посевных площадей в 2016 году зерновые и зернобобовые занимали 42,8%, технические культуры – 4,3%, картофель – 0,4%, овощи – 0,09%, кормовые культуры – 52,9%.

Таблица 1.15 – Посевные площади сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях в сельскохозяйственных организациях Беларуси в 2011 и 2016 годах

Показатели	Годы наблюдений	
	2011	2016
1	2	3
Посевная площадь		
На осушенных землях, тыс. га	1 320,4	1 433,2
в процентах к общей посевной площади	25,7	27,1
На орошаемых землях, тыс. га	21,9	21,3
в процентах к общей посевной площади	0,4	0,4
Зерновые и зернобобовые культуры		
На осушенных землях, тыс. га	645,7	606,1
в процентах к общей посевной площади	25,7	26,9
На орошаемых землях, тыс. га	8,4	9,3
в процентах к общей посевной площади	0,3	0,4
Культуры технические		
На осушенных землях, тыс. га	75,0	61,1
в процентах к общей посевной площади	15,2	16,1
На орошаемых землях, тыс. га	1,5	0,7

Продолжение таблицы 1.15

1	2	3
в процентах к общей посевной площади	0,3	0,2
Картофель		
На осушенных землях, тыс. га	10,7	6,3
в процентах к общей посевной площади	18,0	17,7
На орошаемых землях, тыс. га	0,9	0,8
в процентах к общей посевной площади	1,5	2,2
Овощи		
На осушенных землях, тыс. га	3,8	1,4
в процентах к общей посевной площади	22,1	19,7
На орошаемых землях, тыс. га	1,4	0,7
в процентах к общей посевной площади	8,1	9,9
Культуры кормовые		
На осушенных землях, тыс. га	585,2	758,4
в процентах к общей посевной площади	28,6	29,0
На орошаемых землях, тыс. га	9,7	9,8
в процентах к общей посевной площади	0,5	0,4

Основные массивы таких почв (свыше 65%) имеет мощность торфа до 1 м, а 90% торфяных почв на Белорусском Полесье подстилаются рыхлыми песчаными отложениями. Деградации торфяных почв при осушении и последующем их сельскохозяйственном использовании связаны с разложением торфа и сработкой его органического вещества.

Под так называемой сработкой принято понимать убыль в почве торфа в результате его минерализации, а также ветровой, водной, технической эрозий и вымывания. Как правило, её выражают потерей торфа в тоннах на гектар в год или линейной величиной уменьшения мощности торфа в сантиметрах в год. Если сработку исчисляют в сантиметрах в год, то в нее могут также включать процесс физического уплотнения торфа при его обезвоживании под действием собственной массы и проходов сельскохозяйственной техники.

Установлено, что скорость сработки торфа на осушенных торфяных почвах в Беларуси колеблется в пределах 0,5–12 см/год, но наиболее характерными ее величинами для условий республики являются 1–4 см/год или 3–20 т/га и более [95].

По мере длительности сельскохозяйственного использования сработка торфа уменьшается, но не прекращается, причём в первые годы она протекает более интенсивно, постепенно снижаясь в последующие годы.

При существующей системе земледелия на мелиорированных торфяниках, при которой на них размещаются пропашные культуры, выращивается значительная доля зерновых, происходит быстрое

уменьшение мощности торфяной залежи с выходом на поверхность подстилающих песков. И как следствие такого использования торфяных почв, к настоящему времени в Республике Беларусь их уже деградировано более 200 тыс. га, на которых слой торфа практически разрушен полностью. Согласно прогнозным расчетным данным, следует ожидать дальнейшее увеличение площади деградированных торфяных почв. Оно обусловлено следующими причинами. Во-первых, проведение широкомасштабной мелиорации привело к резкому изменению соотношения осушенных болот и болот, находящихся в естественном состоянии. Во-вторых, чрезмерное осушение, неудовлетворительное состояние водорегулирующих систем на фоне более частого и длительного по времени проявления, в последние десятилетия, засух и засушливых явлений торфяные пожары внесли и вносят заметный вклад в деградацию торфяных почв. Установлено, что в большинстве случаев к основным причинам возникновения пожаров на торфяных болотах относятся самовозгорание торфа; искры от транспорта и сельскохозяйственной техники; небрежное обращение с огнем и др. В-третьих, не до конца решенной проблемой Беларуси является использование выработанных торфяных месторождений, общая площадь которых оценивается в количестве более 330 тыс. га. В этой связи восстановление природоохранных и средоформирующих функций, на основе научно обоснованных направлений их использования, следует отнести к числу приоритетных мероприятий в борьбе с деградацией земель.

На этом основании, как уже и отмечалось выше, важным направлением в области охраны почв является оптимизация сельскохозяйственного использования земель Беларуси. Ее целью является исключение из активного использования низкокачественных, неустойчивых для земледелия земель, переориентация их на более экономически эффективное и экологически обоснованное использование.

Оптимизация площадей обрабатываемых земель это не только повышение эффективности земледелия не затратными методами, снижение числа рисков деградации земель, но и создание более экологически устойчивой системы землепользования.

Государственная стратегия использования торфяных почв и, прежде всего, маломощных ориентируется к тому, чтобы полностью вывести из севооборотов зерновые и пропашные культуры, оставив на них преимущественно луговые травы длительного использования. Следовательно, перед исследователями стоит задача

обеспечить необходимой научной информацией развитие высокопродуктивного, экономически выгодного луговодства, считая его основой экологически безопасного земледелия.

Одним из направлений восстановления биосферных функций болот относят и считают перспективным заболачивание выработанных торфяных месторождений. И к настоящему времени проведено повторное заболачивание на торфяных месторождениях в разных зонах Беларуси на площади более 30 тыс. га. Данная реабилитация болот позволяет обеспечить не только восстановление болото- и торфообразовательных процессов, но и биосферных функций болот. На восстановленных болотах предусматривается создание природоохранных зон, улучшающих состояние природной среды. Считается, что внедряемое направление использования выработанных торфяных месторождений может быть не только значительным территориальным ресурсом, но и эффективным средством стабилизации и поддержания благоприятной природной среды.

Например, идея использования возобновляемой биомассы болотных фитоценозов и энергетических целях возникла и разрабатывалась в Институте природопользования НАН Беларуси ещё с восьмидесятых годов прошлого века. Ежегодно воспроизводимая биомасса болотных растений может перерабатываться в твердое, жидкое или газообразное топливо, компосты, картон, бумагу, упаковочные и другие материалы. В условиях умеренного климата разные болотные фитоценозы дают ежегодный прирост сухой биомассы от 2–5 до 10–20 т/га [25, 44]. К настоящему времени это направление энергетики начало, хотя и медленно, развиваться. В Беларуси первый опыт производства биомассы болотных растений в энергетических целях организован на непригодных для земледелия и лесного хозяйства участках выработанного торфяного месторождения Докудовское, являющегося сырьевой базой Лидского торфобрикетного завода [167].

Одновременно, к этому следует подчеркнуть актуальность образования в Беларуси новых охраняемых природных территорий, создания экологической сети и интеграции ее в общеевропейскую экологическую сеть, сохранения типичных и уникальных ландшафтов. Наряду с уже проводимыми в республике мерами еще одной мерой сохранения естественного разнообразия почв Беларуси может быть Красная книга почв. В нее могут быть включены основные виды почв, имеющие важное экологическое и научно-познавательное значение для Беларуси.

Известно, что после 26 апреля 1986 года время в Беларуси разделилось на доаварийное и послеаварийное. После катастрофы на ЧАЭС ситуация в аграрной сфере Беларуси самым серьезным образом обострилась вследствие многоизотопного радиоактивного загрязнения обширных территорий. Коснулось оно и значительных территорий сельскохозяйственных мелиорированных торфяных почв. В силу особенностей их морфологического состава и специфики загрязнения радионуклидами в послеаварийный период потребовались обширные и глубокие исследования путей миграции радионуклидов из почвы в растения и коренной пересмотр стратегии ведения сельского хозяйства на мелиорированных землях.

#### 1.4. Взаимосвязь гранулометрического состава почвы и миграции радионуклидов в растения

В результате активного изучения миграции радионуклидов из почвы в растения, особенно после аварии на ЧАЭС, было показано, что оно во многом зависит от гранулометрического состава почв. Так, на песчаных почвах поступление радионуклидов в растения выше, чем на супесчаных и суглинистых почвах. Об этом свидетельствует анализ коэффициентов перехода (Кп)  $^{137}\text{Cs}$  в биологическом звене миграции почва-растения, накопленных в многочисленных исследованиях белорусских учёных и обобщенных по состоянию на 1997 год (Руководство по ведению агропромышленного производства ..., 1997) и по состоянию на 2012 год (Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства ..., 2012).

В связи с тем, что в Руководствах и Рекомендациях коэффициенты приводятся для почв с пятью градациями обменного калия, но на загрязненной территории преобладает группа земель с содержанием калия 201-300 мг/кг почвы, анализу были подвергнуты Кп характерные для данной градации как самые многочисленные (табл. 1.16.).

Таблица 1.16 – Распределение загрязненных  $^{137}\text{Cs} > 1 \text{ Ки/км}^2$  почв пахотных сельскохозяйственных земель по группам содержания подвижных форм калия

Область	По группам содержания $\text{K}_2\text{O}$ мг/кг почвы, %				
	<80	81-140	141-200	201-300	>300
1	2	3	4	5	6
Брестская	10,5	30,3	30,7	22,3	6,3
Гомельская	5,6	14,9	19,7	32,0	27,9

Продолжение таблицы 1.16

1	2	3	4	5	6
Гродненская	11,3	30,8	32,7	20,8	4,4
Минская	4,3	23,4	29,7	28,4	14,2
Могилевская	4,3	14,8	26,1	36,0	18,8
Беларусь	5,6	16,5	22,9	32,1	23,0

В таблице 1.17. приведены средние показатели коэффициентов, установленные для зерна, соломы, сена, сенажа, силоса, зеленой массы, картофеля и овощей. Как видно, на песчаной почве миграция  $^{137}\text{Cs}$  выше у всех культур в сравнении с супесчаной и суглинистой почвой. Так, например, по данным 2012 года у зерна овса она выше в 1,2 и 2,2 раза, у сена из многолетних злаковых трав в 1,7 и 2,4 раза, у зеленой массы из вико-овсяной смеси в 1,4 и 1,7 раза соответственно.

Таблица 1.17 – Средние значения коэффициентов перехода (Кп, Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>)  $^{137}\text{Cs}$  для дерново-подзолистых Республики Беларусь по состоянию на 1997 и 2012 годы

Культура	Супесчаные		Песчаные		Суглинистые	
	1997 г.	2012 г.	1997 г.	2012 г.	1997 г.	2012 г.
1	2	3	4	5	6	7
<b>Зерно (влажность 14%) :</b>						
Овес	0,18	0,041	0,22	0,070	0,10	0,04
Озимая рожь	0,05	0,017	0,07	0,030	0,05	0,01
Ячмень	0,05	0,029	0,06	0,040	0,03	0,02
Рапс яровой	0,39	0,14				
<b>Солома (влажность 20%) :</b>						
Овес	0,29	0,045	0,48	0,070	0,24	0,04
Озимая рожь	0,19	0,037	0,23	0,050	0,15	0,03
Ячмень	0,16	0,049	0,19	0,070	0,06	0,04
<b>Сено (влажность 16%) :</b>						
Клевер	0,59	0,39	0,59		0,48	0,29
Многолетние злаковые травы	0,65	0,55	0,67	0,94	0,49	0,40
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,61	0,44	0,63	0,60	0,58	0,32
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	1,77	1,4	1,85	2,1	1,36	1,1
<b>Силос (влажность 75%) :</b>						
Клевер	0,17	0,12	0,18		0,14	0,08
Многолетние злаковые травы	0,19	0,16	0,20	0,28	0,15	0,12
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,18	0,13	0,19	0,18	0,14	0,10
Вико-овсяная смесь	0,10	0,050	0,14	0,80	0,07	0,04
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	0,52	0,42	0,55	0,63	0,40	0,34



Продолжение таблицы 1.17

1	2	3	4	5	6	7
Кукуруза	0,14	0,061			0,10	0,04
Зеленая масса (влажность 82%) :						
Клевер	0,12	0,083			0,10	0,06
Многолетние злаковые травы	0,14	0,12	0,14	0,20	0,10	0,08
Многолетние злаково-бобовые смеси	0,13	0,094	0,14	0,12	0,10	0,07
Вико-овсяная смесь	0,09	0,036	0,13	0,05	0,06	0,03
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	0,38	0,30	0,39	0,45	0,29	0,24
Кукуруза			0,15	0,05	0,07	0,03
Рапс яровой	0,25	0,082	0,33	0,16		
Картофель, овощи (влажность 78–87%):						
Картофель	0,05	0,027	0,55	0,040	0,02	0,24
Свекла	0,05	0,025	0,08	0,038	0,03	0,022
Морковь	0,06	0,022	0,08	0,030	0,03	0,019

Сравнение коэффициентов миграции, полученные к 1997 и 2012 годам по культурам и по почвенным разновидностям дерново-подзолистой почвы, свидетельствуют, что практически все они за данный период времени снизили свои значения. Если взять зерно овса, то на супесчаной почве Кп в 2012 году уже имел показатель в 4,4 раза ниже, чем в 1997 году, соответственно на песчаной почве в 3,1 раза и на суглинистой почве в 2,5 раза. В целом в группе зерна в 1997 году на супесчаной почве колебания Кп имели значения в пределах 0,05–0,39, на песчаной почве – 0,06–0,22 и на суглинистой почве – 0,03–0,10, в в 2012 году – соответственно 0,017–0,14, 0,03–0,07 и 0,01–0,04 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>. То же самое прослеживается с зеленой массой, где в 1997 году на супесчаных почвах были установлены Кп в пределах колебаний 0,09–0,38, на песчаной почве – 0,13–0,33 и на суглинистой почве – 0,06–0,29, а в 2012 году соответственно 0,036–0,30, 0,05–0,20 и 0,03–0,24 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>. В принципе такая же ситуация характерна и для всех остальных культур.

Для Кп на торфяной почве характерны более высокие значения во все периоды наблюдений в сравнении с дерново-подзолистой почвой и они, также к 2012 году, значительно снизились (табл. 1.18.). В период 1997 года Кп для разных видов сена колебались от 4,2 до 17,7, в период 2012 года – от 1,4 до 4,8 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>, или были меньше в 3,0–3,7 раза. Размеры перехода радионуклида уменьшились также в силос в 1,8–3,8 раза и зелёную массу в 1,7–3,8 раза.

Таблица 1.18 – Средние значения коэффициентов перехода ( $K_p$ , Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>) <sup>137</sup>Cs для торфяных почв Республики Беларусь по состоянию на 1997 и 2012 годы

Культура	Годы наблюдений	
	1997	2012
Сено (влажность 16%) :		
Многолетние злаковые травы	4,85	2,60
Естественные сенокосы	17,72	4,80
Многолетние злаковые травы	4,16	1,4
Многолетние злаково-бобовые смеси		
Естественные сенокосы	9,48	2,60
Силос (влажность 75%) :		
Многолетние злаковые травы	1,44	0,8
Естественные сенокосы	5,27	1,4
Зеленая масса (влажность 82%) :		
Многолетние злаковые травы	1,04	0,6
Естественные сенокосы	3,80	1,0

Из этого следует, что в послеаварийное время для <sup>137</sup>Cs характерно снижение миграции вследствие его закрепления как в дерново-подзолистой, так и торфяной почвах.

Анализ особенностей миграции <sup>90</sup>Sr из почв в растения по показателям его  $K_p$  проводили по группе кислотности 6,01–6,50 рН<sub>ксл</sub> так как на загрязненной территории в эту группу попали самые большие площади пахотных земель (табл. 1.19.). Например, в указанную группу кислотности в Гомельской области распределилось 36,5%, в Могилевской области 35,6% земель.

Таблица 1.19 – Распределение загрязненных <sup>137</sup>Cs > 1 Ки/км<sup>2</sup> почв пахотных земель по группам кислотности (рН<sub>ксл</sub>)

Область	По группам кислотности, %					
	<4,50	4,51-5,00	5,01-5,50	5,51-6,00	6,01-6,50	>6,51
Брестская	2,0	10,0	23,5	28,9	23,5	12,1
Гомельская	0,9	3,7	12,0	25,4	36,5	21,5
Гродненская	2,1	7,8	29,1	27,5	25,9	7,6
Минская	1,2	7,0	22,4	39,4	28,5	1,5
Могилевская	0,8	4,2	14,2	32,2	35,6	13,0
Беларусь	1,0	4,5	14,0	27,7	34,9	17,9

Анализ средних значений показателей  $K_p$  <sup>90</sup>Sr показывает, что самые низкие их значения характерны для суглинистых почв, затем по возрастающей следуют супесчаные и замыкают этот ряд песчаные почвы (табл. 1.20.). Такая расстановка  $K_p$  наиболее характерна для 1997 года. В это время на суглинистых почвах  $K_p$  по зерновым культурам колебалась в пределах 0,68–1,17, на супесчаных почвах –

0,80–1,45 и на песчаных – 0,90–1,54 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>. К 2012 году самые низкие показатели Кп оказались на супесчаных почвах (0,69–1,30), несколько большие на суглинистых почвах (0,73–1,30) и наиболее высокие на песчаных почвах (1,0–1,7). На суглинистых и песчаных почвах в 2012 году Кп имели более высокие показатели в сравнении с 1997 годом. Так, на суглинистых почвах они приросли на 7,3–11,1%, на песчаных почвах – на 10,4–11,1%. На супесчаных почвах такая особенность значений Кп не прослеживается.

Таблица 1.20 – Средние значения коэффициентов перехода (Кп, Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>) <sup>90</sup>Sr для дерново-подзолистых Республики Беларусь по состоянию на 1997 и 2012 годы

Культура	Супесчаные		Песчаные		Суглинистые	
	1997г	2012 г.	1997 г.	2012 г.	1997 г.	2012 г.
1	2	3	4	5	6	7
Зерно (влажность 14%) :						
Овес	1,17	1,0	1,28	1,4	1,08	1,2
Озимая рожь	0,80	0,69	0,90	1,0	0,68	0,73
Озимая пшеница	1,05	0,89			0,83	0,89
Ячмень	1,45	1,3	1,54	1,7	1,17	1,3
Солома (влажность 20%) :						
Овес	4,15	3,7	4,80	5,3	3,97	4,3
Озимая рожь	4,02	3,6	4,54	4,9	3,47	3,7
Ячмень	5,48	4,9	5,62	6,1	4,35	4,7
Сено (влажность 16%) :						
Клевер	18,56	14	21,8		14,03	15
Многолетние злаковые травы	7,65	6,9	11,42	13	7,08	7,8
Многолетние злаково-бобовые смеси	13,11	11	16,61	18	10,56	12
Сенаж						
Клевер	9,93	7,6	11,59		7,46	8,3
Многолетние злаковые травы	4,09	3,7	6,07	6,7	3,76	4,2
Многолетние злаково-бобовые смеси	7,01	6,0	8,84	9,8	5,62	6,2
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	4,17	7,3	6,32	12,0	3,81	6,4
Силос (влажность 75%) :						
Клевер	5,52	4,2	6,49		4,17	4,6
Многолетние злаковые травы	2,28	2,1	3,39	3,7	2,11	2,3
Многолетние злаково-бобовые смеси	3,90	3,3	4,94	5,4	3,14	3,5
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	2,32	4,1		6,6	2,13	3,5
Кукуруза	1,43	1,2	1,69	1,5	1,32	0,79
Зеленая масса (влажность 82%) :						
Клевер	3,97	3,1	4,67		3,00	3,3
Многолетние злаковые травы	1,64	1,5	2,45	2,7	1,52	1,7

Продолжение таблицы 1.20

1	2	3	4	5	6	7
Многолетние злаково-бобовые смеси	2,81	2,4	3,56	3,9	2,26	2,5
Многолетние злаковые травы на пойменных землях	1,67	2,9	2,55	4,7	1,53	2,6
Кукуруза	1,03	0,88	1,22	1,2	0,95	0,57
Картофель, овощи (влажность 78-87%) :						
Картофель	0,12	0,1	0,24	0,20	0,12	0,10
Свекла	0,58	0,6	0,81	0,90	0,50	0,5

Если далее, например, проанализировать Кп  $^{90}\text{Sr}$  по группе культур направляемых на зеленую массу, то можно заметить, что в 1997 году они по почвенным разновидностям расположились также как и в группе культур зерна. Самые низкие показатели были показаны на суглинистых почвах, где они находились в пределах 0,95-3,00, несколько большие на супесчаных почвах – 1,03–3,97 и еще большие на песчаных почвах – 1,22–4,67 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>. В 2012 году прослеживается некоторое снижение показателей Кп на супесчаных почвах и увеличение на суглинистых и песчаных. Так, в 1997 году на супесчаных почвах Кп имели показатели 1,03–3,97, суглинистых – 0,95–3,00 и песчаных – 1,22–4,67, в 2012 году соответственно – 0,88–3,1, 0,57–3,30 и 1,20–4,70 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>.

Из анализа Кп двух радионуклидов можно сделать вывод о том, что на их показатели влияет как агрофизический состав почв, так и особенности самих радионуклидов. Доступность  $^{137}\text{Cs}$  для растений зависит не только от свойств почв, но и со временем снижается. В отношении  $^{90}\text{Sr}$  можно сказать, что на его миграцию также влияют агрофизические свойства почвы, но со временем она в звене почва-растения может увеличиваться.

## ГЛАВА 2

# АГРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Основным направлением в повышении продуктивности и устойчивости земледелия является повышение плодородия почв и обработка всех элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Плодородие почв является основой устойчивого развития всего аграрного производства при любых погодных условиях.

Агрохимические показатели являются важной составляющей общей оценки потенциального плодородия почв [38, 39, 94]. В условиях интенсивного использования земель происходит существенное изменение свойств почв. Для оценки состояния плодородия почв сельскохозяйственных земель, разработки мероприятий по его поддержанию и повышению проводится агрохимическое обследование.

В условиях Гомельской области изучением изменений почвенного плодородия занимаются областные проектно-исследовательские станции химизации сельского хозяйства. Так, ежегодная исследовательская и производственная деятельность коммунального унитарного предприятия Гомельская областная проектно-исследовательская станция химизации сельского хозяйства (ОПИСХ) направлена на дальнейшее повышение эффективности агрохимического обследования сельскохозяйственных предприятий, разработку необходимой проектно-сметной документации, нацеленной на повышение плодородия почвы, обследование и картирование сельскохозяйственных угодий в хозяйствах области .

### **2.1. Оптимизация кислотности почв**

Оптимизация степени кислотности почв является важным условием повышения урожайности сельскохозяйственных культур и обязательной предпосылкой эффективного применения минеральных удобрений [30, 31, 33, 35, 85]. Оптимизация кислотности почв обеспечивается чрез их известкование, которое является важным и наиболее радикальным средством улучшения свойств кислых почв. Известкование оказывает многостороннее влияние на улучшение агрохимических, агрофизических и биологических свойств почв, обеспечение растений кальцием и магнием, мобилизацию и иммобилизацию макро- и микроэлементов в почве, создание оптимальных

физических, водно-физических, воздушных и других условий жизни культурных растений.

Оптимальная реакция почв не является строго фиксированной величиной и зависит как от перечня видов возделываемых культур, так и от целого ряда свойств почв. Наиболее требовательно к оптимизации реакции почв высокоинтенсивное растениеводство. Установлено, что эффективность минеральных удобрений снижается как в сильноокислом, так и в нейтральном и слабощелочном диапазоне почвенной среды [40, 94]. Также показано, что оптимальная кислотность почвы является важным фактором, способствующим новообразованию и закреплению гумусовых веществ, поскольку сильноокислая или щелочная реакция ограничивают их образование и закрепление в почве [77].

Особо важным является контроль за изменением площади сильно- и среднекислых почв с показателем рН менее 5,0, где за счет известкования можно получить прибавку урожайности всех культур севооборота в кормовых единицах на суглинистых почвах не менее 4,0–6,3 ц/га и на супесчаных – 3,5–5,6 ц/га [85].

В многочисленных исследованиях установлены диапазоны реакции почв по отдельным культурам, сгруппированы по типам севооборотов, гранулометрическому составу почв и используются в качестве ориентиров при известковании кислых почв. Дозы извести рекомендуется дифференцировать с таким расчётом, чтобы сильно- и среднекислые почвы нейтрализовать до нижнего уровня оптимального диапазона, а малые дозы извести на слабокислых почвах не позволяли превысить верхний уровень оптимального диапазона кислотности. Основным мерилем оптимизации степени кислотности почв по пригодности почвы для возделывания группы однотипных сельскохозяйственных культур является средневзвешенная реакция почвы элементарных участков. На больших полях севооборота при близких показателях средневзвешенной реакции элементарных участков судят о характере всего поля. Однако, на практике средневзвешенные показатели рН могут включать участки как с сильноокислой, так и слабощелочной реакцией. Поэтому для оценки результативности известкования по районам и хозяйствам наиболее важным критерием является удельный вес сильно- и среднекислых почв с показателем  $pH < 5,0$  от общей площади земель. Как было установлено, на почвах с показателем рН менее 5,0 наблюдаются значительные недоборы урожайности практически всех сельскохозяйственных культур. В этой связи при разработке программ известкования доля сильно- и среднекислых пахотных и луговых почв должна

быть не более 5% от общей площади [69]. В соответствии с требованиями «Инструкции о порядке известкования кислых почв...» [69] в первую очередь необходимо известковать поля и участки с сильно-кислой реакцией, затем – со среднекислой и только после – со слабо-кислой. При проведении работ одним из важнейших требований является равномерность внесения извести по площади поля, чтобы избежать очагов недостаточной или избыточной нейтрализации почв.

По данным Богдевича И.М. с соавторами [40] почвы, развивающиеся на карбонатных породах, и другие почвы со слабощелочной и нейтральной реакцией (седьмая группа кислотности –  $\text{pH} > 7,0$  и шестая –  $\text{pH} 6,5-7,0$ ) занимают в Беларуси сравнительно небольшую долю (13,8%) от площади пашни. Эта группам почв пригодна для таких ценных культур, как сахарная свекла, кукуруза, рапс, пшеница, люцерна и клевер. Одновременно, авторы подчёркивают, что при нейтральной и слабощелочной реакции почв снижается доступность таких микроэлементов как Mn и Zn. Это, в свою очередь, приводит к недобору урожайности и ухудшает качество продукции культур-кальцефобов, поэтому на таких почвах не следует размещать лен-долгунец, люпин и картофель. Как установлено, такие культуры как сахарная свекла, клевер, озимая пшеница и ячмень дают наибольшую урожайность при реакции суглинистых и супесчаных, подстилаемых мореной почв при  $\text{pH} 6,2-6,7$ . На этих же почвах лен, картофель, люпин, овес, озимая рожь показывают наибольшую урожайность при уровнях  $\text{pH} 5,6-6,0$ . Отмечается, что при размещении культур-кальцефобов на почвах с реакцией в пределах  $\text{pH} 6,1-6,5$  их урожайность снижается на 8%, а на почвах с показателями  $\text{pH} 6,6-7,0$  – на 18% [30, 94]. В этой связи рекомендуется в севооборотах со льном, картофелем и люпином известкование проводить на связных почвах при показателе  $\text{pH}$  менее 5,5, а на песчаных почвах – менее 5,25.

После аварии на ЧАЭС на загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  землях значимость известкования кислых почв возросла. Было установлено, что минимальное накопление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческой продукции достигается при сдвиге от оптимальной реакции почв на 0,2–0,3 единицы  $\text{pH}$  в сторону щелочного диапазона [165]. Однако это снижение накопления радионуклидов в растениях было незначительным. Поэтому было решено вносить на загрязнённых радионуклидами землях повышенные дозы извести только на сильно- и среднекислых почвах с целью достижения оптимальных диапазонов кислотности почв из расчета на максимальную урожайность возделываемых культур (табл. 2.1. и 2.2.) [168].

Таблица 2.1 – Среднегодовые дозы известковых удобрений (т/га, CaCO<sub>3</sub>) для известкования кислых почв пахотных земель, загрязненных радионуклидами

Группы почв	Содержание гумуса, %	рН солевой вытяжки							
		4,25 и менее	4,26-4,50	4,51-4,75	4,76-5,00	5,01-5,25	5,26-5,50	5,51-5,75	5,76-6,00
Минеральные									
Песчаные	менее 1,50	8,0	7,5	6,5	5,5	4,5	3,5	-	-
	1,51-3,00	8,5	8,0	7,0	6,0	5,0	4,0	-	-
	более 3,00	9,0	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	-	-
Рыхлосупесчаные	менее 1,50	10,0	9,0	8,5	7,0	5,5	5,0	3,0	-
	1,51-3,00	10,5	9,5	9,0	8,0	6,5	6,0	3,5	-
	более 3,00	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0	4,5	-
Связносупесчаные	2,0 и менее	12,0	10,5	10,0	9,0	8,0	6,5	5,0	4,0
	более 2,0	13,0	11,5	11,0	10,0	8,5	7,0	5,5	4,5
Легко- и среднесуглинистые	2,0 и менее	15,0	14,0	13,0	12,0	11,0	9,5	7,0	6,0
	более 2,0	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0
Торфяные									
Торфяные	-	13,0 (19,0)*	10,0	7,5	5,0	-	-	-	-

\* – для почв с рН 4,0 и ниже

Если касаться особенностей Гомельской области, то показано, что в результате интенсивного известкования уже в начале 90-х годов на её сельскохозяйственных угодьях был достигнут близкий к оптимальному уровень реакции почвенной среды.

Таблица 2.2 – Среднегодовые дозы известковых удобрений (т/га, CaCO<sub>3</sub>) для известкования кислых почв сенокосов и пастбищ, загрязненных радионуклидами

Группы почв	рН солевой вытяжки							
	4,25 и менее	4,26-4,50	4,51-4,75	4,76-5,00	5,01-5,25	5,26-5,50	5,51-5,75	5,76-6,00
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность загрязнения <sup>137</sup> Cs – 1,0-4,90, <sup>90</sup> Sr – 0,15-0,29 Ки/км <sup>2</sup>								
Песчаные	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	-	-
Рыхлосупесчаные	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	
Связносупесчаные	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	4,5	4,0	3,5
Суглинистые и глинистые	9,0	8,5	8,0	7,5	7,0	6,0	5,0	4,0
Торфяные	13,0 (19,0)*	10,0	7,5	5,0	-	-	-	-



## Продолжение таблицы 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плотность загрязнения $^{137}\text{Cs}$ – 5,0-40,0, $^{90}\text{Sr}$ – 0,3-3,0 Ки/км <sup>2</sup>								
Песчаные	9,0	8,5	7,5	6,5	5,5	4,5	-	-
Рыхлосупесчаные	11,0	10,0	9,5	8,5	7,5	7,0	4,5	-
Связносупесчаные	13,0	11,5	11,0	10,0	8,5	7,0	5,5	4,5
Суглинистые и глинистые	16,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,5	8,0	7,0
Торфяные	13,0 (19,0)*	10,0	7,5	5,0	-	-	-	-

\* – для почв с рН 4,0 и ниже.

Средневзвешенный показатель рН на пахотных землях составлял 5,83, а количество средне- и сильнокислых почв с показателем рН менее 5,0 снизилось до 6,8 % (табл. 2.3.) [9].

В течение последующих двадцати лет известкование почв являлось одним из важнейших приоритетов хозяйственно-экономической деятельности, что позволило практически оптимизировать состояние почвенной кислотности. Средневзвешенное значение рН пахотных почв, в период 1998–2009 г.г., стабилизировалось на уровне 5,89–5,90. Количество кислых почв уменьшилось до уровня 6,5–6,8%.

Наличие кислых пахотных почв по области составляло около 6,5%. Из них наибольшая площадь кислых почв была установлена в Лельчицком (15,1%), Жлобинском (10,5%), Калинковичском (12,2%), Ельском (9,8%) и Светлогорском (11,9%) районах. Одновременно переизвесткованные почвы занимали в области 0,6% и наибольшее количество их имелось в Брагинском (2,1%), Гомельском (1,2%), Добрушском (0,9%), Лоевском (4,2%), Речицком (2,3%) и Хойникском (0,6%) районах.

Таблица 2.3 – Динамика показателей степени кислотности (рН в  $K_{Cl}$ ) в пахотных почвах Гомельской области по турам обследования (по данным Гомельской ОПИСХ)

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989 г.– 1993 г.	1994 г.– 1997 г.	1998 г. – 2001 г.	2002 г. – 2005 г.	2006 г. – 2009 г.
1	2	3	4	5	6	7
1	Брагинский	6,02	6,08	6,01	6,04	6,16
2	Б.-Кошелевский	5,93	5,99	6,12	6,07	6,11
3	Ветковский	6,00	5,93	5,98	5,98	5,81
4	Гомельский	5,86	5,93	5,95	5,96	5,80
5	Добрушский	5,95	6,10	6,12	6,09	6,07
6	Ельский	5,65	5,76	5,73	5,90	5,70
7	Житковичский	5,64	5,66	5,72	5,64	5,73
8	Жлобинский	5,84	5,93	5,96	5,87	5,75
9	Калинковичский	5,65	5,65	5,66	5,61	5,67

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7
10	Кормянский	6,00	6,12	6,26	6,23	6,16
11	Лельчицкий	5,53	5,56	5,62	5,61	5,56
12	Лоевский	6,05	6,06	5,94	6,11	6,11
13	Мозырский	6,01	5,97	5,86	5,99	5,99
14	Наровлянский	5,95	5,95	6,03	5,89	6,12
15	Октябрьский	5,56	5,59	5,58	5,67	5,67
16	Петриковский	5,54	5,60	5,61	5,55	5,70
17	Речицкий	6,01	5,99	6,02	6,04	5,96
18	Рогачевский	5,81	5,91	6,05	6,01	5,91
19	Светлогорский	5,67	5,71	5,71	5,72	5,63
20	Хойникский	5,93	6,06	6,08	6,17	6,14
21	Чечерский	5,93	6,04	6,05	6,01	5,98
	По области	5,83	5,89	5,92	5,91	5,89

Одновременно с пахотными почвами интенсивное известкование проводилось и на улучшенных сенокосах и пастбищах, что позволило к началу 90 годов приблизиться к оптимальному уровню реакции почвенной среды. На улучшенных сенокосах и пастбищах эти показатели были несколько ниже, чем на пашне, тем не менее, средневзвешенный показатель рН имел значение 5,70, а количество кислых почв – 7,4% (табл. 2.4.).

В течение последующих двадцати лет (1998-2009 гг.) средневзвешенное значение рН луговых почв стабилизировалось на уровне 5,80. На культурных лугах кислые почвы занимали 6,8%, а рН более 7,0 – 2,2%. Наибольшие площади кислых почв имелись в Житковичском – 11,0%, Калинковичском – 10,9%, Лельчицком – 15,1%, Петриковском – 11,1% и Ельском – 10,8% районах. Наибольшее количество луговых земель со слабощелочной реакцией почв было зарегистрировано в Брагинском (7,0%), Гомельском (4,4%), Добрушском (5,4%), Лоевском (5,3%), Речицком (6,5%) и Хойникском (5,2%) районах.

Таблица 2.4 – Динамика показателей степени кислотности (рН в КСИ) в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области по турам обследования (по данным Гомельской ОПИСХ)

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989 г.– 1993 г.	1994 г.– 1997 г.	1998 г.– 2001 г.	2002 г. – 2005 г.	2006 г. – 2009 г.
1	2	3	4	5	6	7
1	Брагинский	5,70	5,67	5,75	5,79	5,98
2	Б.-Кошелевский	5,85	5,93	6,15	6,09	6,19
3	Ветковский	5,93	5,89	5,92	5,92	5,83
4	Гомельский	5,89	5,92	5,96	6,06	5,86
5	Добрушский	6,10	6,17	6,18	6,14	6,22
6	Ельский	5,40	5,49	5,55	5,77	5,69
7	Житковичский	5,52	5,51	5,51	5,48	5,57

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7
8	Жлобинский	5,69	5,78	5,82	5,78	5,64
9	Калинковичский	5,59	5,58	5,56	5,52	5,57
10	Кормянский	5,82	6,10	6,22	6,19	6,23
11	Лельчицкий	5,29	5,34	5,38	5,44	5,47
12	Лоевский	5,87	6,02	5,88	6,08	6,08
13	Мозырский	5,72	5,58	5,57	5,86	5,86
14	Наровлянский	5,61	5,71	5,83	5,84	6,04
15	Октябрьский	5,44	5,44	5,42	5,58	5,58
16	Петриковский	5,33	5,39	5,42	5,42	5,58
17	Речицкий	5,92	6,03	6,07	6,12	6,10
18	Рогачевский	5,73	5,74	6,03	5,98	5,94
19	Светлогорский	5,57	5,57	5,55	5,59	5,61
20	Хойникский	5,81	5,84	5,84	6,00	5,96
21	Чечерский	5,72	5,81	5,88	5,89	5,98
	По области	5,70	5,74	5,78	5,82	5,83

К концу первого десятилетия текущего века уже около 75% площади пахотных почв области имели благоприятную реакцию среды для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур [9, 33].

К этому времени, по данным Богдевича И.М. с соавторами [40], доля глинистых и суглинистых пахотных почв с сильно- и среднекислой реакцией составляла 3,9%, супесчаных – 7,4, а песчаных – 10,9% (табл. 2.5.).

Таблица 2.5 – Распределение минеральных пахотных почв Беларуси различного гранулометрического состава по группам кислотности (2009-2012 гг.)

Почва	Площадь, тыс. га	По группам кислотности, %							Средневзвешенный рН
		I	II	III	IV	V	VI	VII	
		<4,50	4,51-5,00	5,01-5,50	5,51-6,00	6,01-6,50	6,51-7,00	>7,00	
Глинистые и суглинистые	1019	0,8	3,1	11,0	26,3	38,0	17,7	3,1	6,10
Супесчаные	2511	1,5	5,9	19,1	32,8	28,7	10,5	1,7	5,89
Песчаные	1059	2,3	8,6	22,5	31,9	24,0	8,8	1,9	5,77

По результатам предыдущего тура обследования, пахотных почв с показателями реакции рН <5,0 насчитывалось, соответственно, 2,7, 5,0 и 9,1%. Следовательно, подкисление пахотного горизонта более заметно проявляется на супесчаных и песчаных почвах.

Основная задача на период дальнейших лет состояла в поддержании достигнутого уровня реакции почв сельскохозяйственном использовании.

По данным агрохимического обследования в области насчитывалось около 240 тыс. га кислых почв, подлежащих известкованию. На эти земли требовалось ежегодно вносить около 350 тыс. тонн  $\text{CaCO}_3$ . Такое количество извести необходимо было для поддержания оптимальной кислотности почв, эффективного использования удобрений, а также предотвращения загрязнения сельскохозяйственной продукции антропогенными элементами и радионуклидами. Фактически по отчётности за 2008–2010 годы количество вносимой извести составило 74% от потребности, в 2011–2012 годы – 59%, а в 2013 году внесли только 49% необходимых известковых мелиорантов [40]. Известно, что сдвиг реакции почвенной среды, как в сторону подкисления, так и в сторону слабощелочной реакции (рН более 7,0) приводит как к снижению продуктивности культур, так и к повышенной миграции радионуклидов в биологическом звене почва-растения [8, 39].

В рамках Министерства сельского хозяйства и продовольствия в республике изучением агрохимических показателей почв занимаются областные проектно-изыскательские станции химизации сельского хозяйства (ОПИСХ), которые располагают необходимым для этого оборудованием и персоналом.

Исследовательская работа КУП «Гомельская ОПИСХ» строится в соответствии с утверждаемой программой работы на предстоящий год. Ежегодно станцией проводятся исследования сельскохозяйственных земель ряда районов Гомельской области на содержание минеральных веществ в почве с последующим картированием обследованных угодий. Агрохимическое обследование земель организуется в соответствии с методическими указаниями: «Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» (2012) [93]. и другими нормативными документами. Одновременно методическое руководство организацией работ осуществляет РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси».

Станцией, в 2017 году, было повторено изучение агрохимических показателей почв сельскохозяйственных земель шести районов Гомельской области, где до этого, в 2013 году, оно проводилось. На периодичности обследования и изучения агрохимических показателей строится многолетняя работа предприятия.

В число шести районов входили Октябрьский, Мозырский, Лоевский, Буда-Кошелевский, Кормянский и Чечерский. В 2013 году в этих районах было обследовано 174,3 тыс. га, в 2017 году – 187,2 тыс. га пахотных земель сельскохозяйственных угодий в 52 сельхозпредприятиях (табл. 2.6.).

Для этого группой почвоведов было проведено полевое агрохимическое обследование в Октябрьском, Мозырском, Лоевском, Буда-Кошелёвском, Кормянском и Чечерском районах. Данная работа проводилась на территории 52 сельхозпредприятий с общей площадью 244232 га сельскохозяйственных угодий, из которых 76,6% составляли земли пашни и 23,4% земли улучшенных сенокосов и пастбищ.

Таблица 2.6 – Количество обследованных площадей сельскохозяйственных угодий в 2017 году в сравнении с предыдущим туром в 2013 году

Наименование района	Цикл обследования	Площадь сельскохозяйственных угодий, га	В том числе			
			пашня, га	%	улучшенные сенокосы и пастбища	%
Октябрьский	XII	36687	23791	64,8	12896	35,2
	XIII	37777	27203	72,0	10574	28,0
	+-	+1090	+3412		-2322	
Мозырский	XII	29578	21808	73,7	7770	26,3
	XIII	30854	22864	74,1	7990	25,9
	+-	+1276	+1056		+220	
Лоевский	XII	31555	23292	73,8	8263	26,2
	XIII	32108	23023	71,7	9085	28,3
	+-	+553	-269		+822	
Буда-Кошелёвский	XIII	76124	51919	68,2	24205	31,8
	XIV	76989	59756	77,6	17233	22,4
	+-	+865	+7837		-6972	
Кормянский	XIII	37461	30834	82,3	6627	17,7
	XIV	36697	31667	86,3	5030	13,7
	+-	-764	+833		-1597	
Чечерский	XIII	29752	22639	76,1	7113	23,9
	XIV	29807	22686	76,1	7121	23,9
	+-	+55	+47		+8	
Всего		241157	174283	68,8	66874	31,2
		244232	187199	76,6	57033	23,4
		+3075	+12916		-9841	

Из данного количества в Октябрьском районе на площади 37850 га было отобрано 4 484 образца в 10-ти сельхозпредприятиях, или один образец с 8,45 га. В Мозырском районе обследовано 31064 га сельхозугодий 8-ми предприятий и отобрано 3564 образца

почвы, где один образец характеризует 8,72 га. В Лоевском районе обследовано 32388 га 9-ти предприятий, в которых отобрано 3688 образцов, или 1 образец с 8,79 га. В Буда-Кошелёвском районе было обследовано 77639 га 11-ти предприятий и отобрано 8 804 образца, или 1 образец с 8,82 га. В Кормяном районе агрохимическое обследование проведено на площади 37073 га 7-ми предприятий. Отобрано 4 326 образцов, или 1 образец с 8,57 га. В Чечерском районе на площади 30130 га было отобрано 3 526 образцов 7-ми предприятий, или 1 образец с 8,55 га. Попутно было обследовано 81 крестьянско-фермерское хозяйство общей площадью 8 410 га.

В целом в 2017 году, в сравнении с предыдущим туром, было на 3,0 тыс. га обследовано больше площадей, причём на 12,9 тыс. га больше земель пашни и на 9,8 тыс.га меньше земель улучшенных сенокосов и пастбищ.

Изменение площадей пашни между последними турами по градации кислотности почвы показано в таблице 2.7. Если проследить изменение показателей кислотности по отдельным районам, то можно заметить, что в Октябрьском районе установлен сдвиг количества площадей в диапазон кислотности 5,01-6,5 рН. В данном диапазоне в сравнении с предыдущим туром количество площадей пашни увеличилось на 3697 га, в то время как в остальных рамках диапазона они уменьшились.

Следует отметить, что, несмотря на указанные изменения, средневзвешенные показатели кислотности в данном районе не изменились и остались на уровне рН–5,48 (рис. 2.1.).

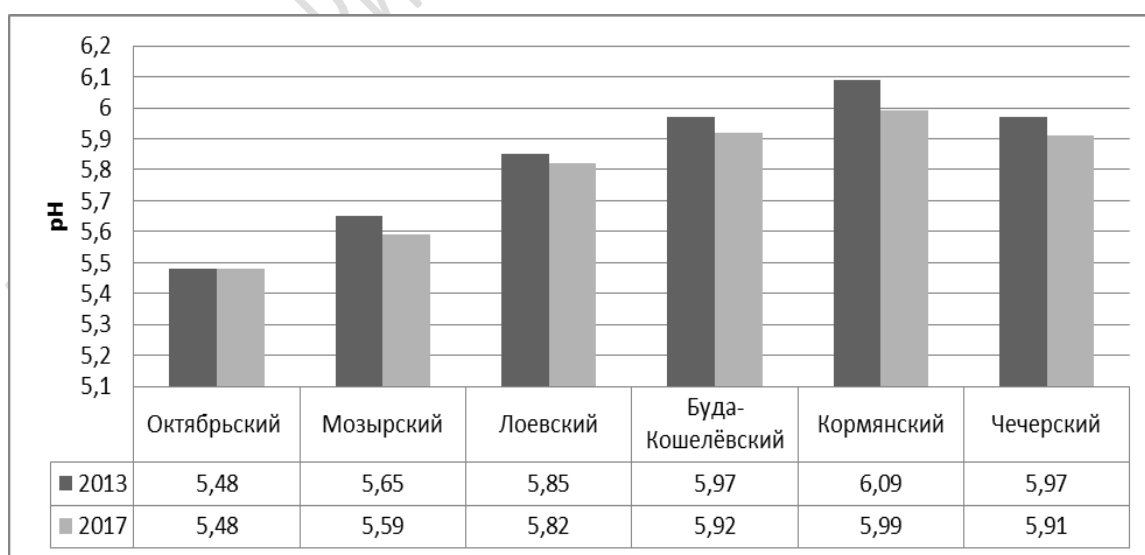


Рисунок 2.1 – Средневзвешенные показатели кислотности пахотных земель по районам в 2013 и 2017 годах

Таблица 2.7 – Распределение обследованных площадей пашни по градации кислотности

Наименование района	Год обследования	Градация кислотности											
		≤4,50		4,51-5,00		5,01-5,50		5,51-6,00		6,01-6,50		6,51-7,00	
		≤4,00		4,01-4,50		4,51-5,00		5,01-5,50		5,51-6,00		6,01-6,50	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	223	0,9	1915	8	6870	28,9	10128	42,7	3907	16,4	748	3,1
	2017	198	0,7	1718	6,3	8374	30,8	11807	43,4	4421	16,3	685	2,5
	+-	-25	-0,2	-197	-1,7	1504	1,9	1 679	0,7	514	-0,1	-63	-0,6
Мозырский	2013	802	3,7	2 291	10,5	5536	25,4	6528	29,9	4980	22,8	1671	7,7
	2017	465	2	2832	12,4	6904	30,2	7211	31,5	4 410	19,3	955	4,2
	+-	-337	-1,7	541	1,9	1368	4,8	683	1,6	-570	-3,5	-716	-3,5
Лоевский	2013	673	2,9	2090	9	4255	18,3	6234	26,7	5788	24,8	3672	15,8
	2017	448	1,9	2144	9,3	5177	22,5	6621	28,8	4552	19,8	2578	11,2
	+-	-225	-1	54	0,3	922	4,2	387	2,1	-1236	-5	-1094	-4,6
Буда-Кошелевский	2013	734	1,4	3246	6,2	8246	15,9	13333	25,7	14509	28	11861	22,8
	2017	893	1,5	4112	6,9	11242	18,8	16141	26,9	15871	26,6	8889	14,9
	+-	159	0,1	866	0,7	2996	2,9	2808	1,2	1362	-1,4	-2972	-7,9
Кормянский	2013	356	1,2	1468	4,8	3886	12,6	6679	21,7	8797	28,5	9615	31,1
	2017	197	0,6	1528	4,8	5121	16,2	8539	27	9549	30,1	6012	19,0
	+-	-159	-0,6	60	0	1235	3,6	1860	5,3	752	1,6	-3603	-12,1
Чечерский	2013	483	2,1	1553	6,9	3169	14	5432	24	6630	29,3	5295	23,4
	2017	459	2	1399	6,2	4072	17,9	6148	27,1	6504	28,7	3298	14,5
	+-	-24	-0,1	-154	-0,7	903	3,9	716	3,1	-126	-0,6	-1997	-8,9

В Мозырском районе между турами происходило подкисление пахотных земель. Это видно из того, что в диапазоне кислотности рН 6,01–7,00 их количество уменьшилось на 7,0% и увеличилось на 8,3% в диапазоне 4,51–6,00. Средневзвешенный показатель кислотности почв снизился на 0,06 единицы.

В Лоевском районе также как и Мозырском районе наблюдался некоторый сдвиг площадей почв в сторону кислотности. Так, в градации кислотности рН 6,01–7,00 количество площадей уменьшилось на 9,6% и увеличилось на 6,6% в градации рН 4,51–6,00. В данном районе средневзвешенный показатель кислотности почв снизился на 0,03 единицы.

В Буда-Кошелёвском районе произошли изменения в градации рН 6,01–7,00, где количество площадей уменьшилось в сторону кислотности на 9,3%. Соответственно средневзвешенный показатель кислотности снизился на 0,05 единицы.

В Кормяном районе в границах рН 6,51–7,00 количество пашни снизилось на 3,6 тыс. га или на 12,1% в сторону площадей с более низкой кислотностью. При этом средневзвешенный показатель кислотности снизился с рН 6,09 до 5,99. И, наконец, в Чечерском районе в диапазоне рН 6,01–7,00 площадь пашни уменьшилась на 9,5%, что способствовало снижению средневзвешенного показателя на 0,06 единицы.

Во всех районах, за исключением Буда-Кошелёвского района, установлено снижение количества площадей в самом кислом диапазоне с рН менее 4,50, что следует отнести как к положительному факту.

В целом оценивая по шести районам динамику кислотности почвы пашни нужно отметить, что за период между турами она сдвинулась в кислую сторону на 0,05 единицы с рН 5,84 до 5,79.

Как было выше показано в течение года площадей улучшенных сенокосов и пастбищ удалось обследовать в количестве 57,0 тыс.га, что на 9,8 тыс. га оказалось меньше, чем в предыдущем туре. После распределения земель сенокосов и пастбищ по градации кислотности было установлено, что практически во всех районах на данном виде угодий происходило подкисление почв (табл. 2.8.). Это следует из показателей табличных данных, которые свидетельствуют, что в диапазоне кислотности с рН 5,51–7,00 как количество площадей, та и их удельный вес уменьшились в сравнении с предыдущим обследованием.



Таблица 2.8 – Распределение площадей обследованных земель улучшенных сенокосов и пастбищ по градации кислотности

Наименование района	Год обследования	Градации кислотности											
		≤4,50		4,51-5,00		5,01-5,50		5,51-6,00		6,01-6,50		6,51-7,00	
		≤ 4,00		4,01-4,50		4,51-5,00		5,01-5,50		5,51-6,00		6,01-6,50	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	81	0,6	706	5,5	3523	27,3	5172	40,2	2789	21,6	625	4,8
	2017	84	0,8	606	5,7	2950	27,9	3997	37,8	2317	21,9	610	5,8
	+ -	3	0,2	-100	0,2	-573	0,6	-1175	2,4	472	0,3	-15	1
Мозырский	2013	262	3,4	759	9,8	1809	23,3	2354	30,3	1984	25,5	602	7,7
	2017	180	2,3	1034	12,9	2442	30,6	2558	32,0	1470	18,4	289	3,6
	+ -	82	1,1	275	3,1	633	7,3	204	1,7	514	-7,1	313	4,1
Лоевский	2013	151	1,8	525	6,4	1321	16,0	2133	25,7	2131	25,8	1783	21,6
	2017	277	3,0	614	6,8	1692	18,6	2508	27,7	2003	22,0	1145	12,6
	+ -	126	1,2	89	0,4	371	2,6	375	2	-128	-3,8	638	-9
Буда-Кошелевский	2013	381	1,6	1199	5,0	2765	11,4	4 642	19,2	6491	26,8	8342	34,4
	2017	157	0,9	857	5,0	2080	12,1	3741	21,7	4524	26,2	3780	21,9
	+ -	-224	-0,7	-342	0	-685	0,7	-901	2,5	-1967	-0,6	-4562	-12,5
Кормянский	2013	41	0,6	235	3,5	564	8,5	882	13,3	1787	27,0	3118	47,1
	2017	12	0,2	123	2,4	392	7,8	1005	20,0	1651	32,8	1582	31,5
	+ -	-29	-0,4	-112	-1,1	-172	-0,7	123	6,7	-136	5,8	1 536	-15
Чечерский	2013	134	1,9	413	5,8	795	11,2	1572	22,1	2096	29,4	2082	29
	2017	53	0,7	409	5,7	1064	14,9	1826	25,6	1915	27,1	1413	19,8
	+ -	-81	-1,2	-4	-0,1	269	3,7	254	3,5	-181	-2,3	669	-9

Снизилась и средневзвешенные показатели почвенной кислотности (рис. 2.2.). Так, указанные показатели понизили свои значения в Октябрьском районе на 0,03, в Мозырском – на 0,11, Лоевском – на 0,07, Буда-Кошелёвском – на 0,01, Кормянском – на 0,05 и Чечерском – на 0,04 единицы.

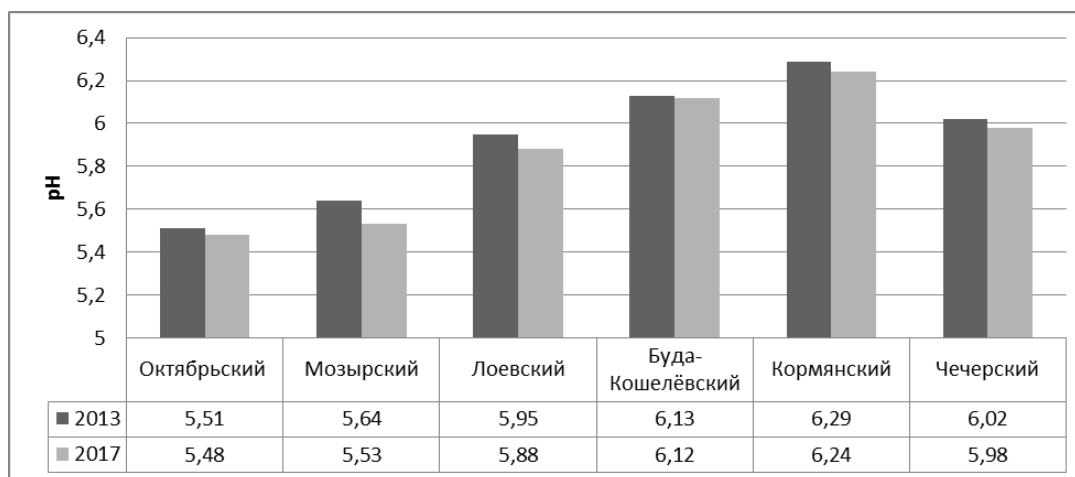


Рисунок 2.2 – Средневзвешенные показатели кислотности земель улучшенных сенокосов и пастбищ по районам между турами исследований

Итак, оказалось, что если в целом оценивать по шести районам динамику кислотности почвы улучшенных сенокосов и пастбищ нужно отметить, что за период между турами она сдвинулась в кислую сторону на 0,05 единицы с рН 5,92 до 5,87.

Анализ проведения известкования кислых почв в области свидетельствует, что планируемые объемы внесения известковых материалов полностью выполняются. Например, в 2017 году из запланированных 46,3 тыс. га было фактически произвестковано 100 % площадей.

В планы известкования включаются и мероприятия, способствующие обеспечению производства сельскохозяйственной продукции в пределах требований радиационной безопасности. Так, известкование сельскохозяйственных земель, загрязненных цезием – 137 с плотностью 1 Ки/км<sup>2</sup> и более и стронцием-90 0,15 Ки/км<sup>2</sup> и более в 2017 году составило 17,3 тыс. га.

Как правило, известкование кислых почв в хозяйствах проводится согласно разработанной проектно-сметной документации. При разработке проектно-сметной документации исключаются из плана известкования кислые почвы сенокосов и пастбищ, постоянно затопляемые весенними паводками, участки, переданные гослесхозам и другим землепользователям, а также расположенные в водоохраных зонах.

На протяжении года со стороны специалистов районных агрохимотделов и отдела проектно-сметной документации станции постоянно осуществляют авторский контроль за реализацией проектно-сметной документации. Вместе с тем, из общего объема произвесткованных площадей только 14% были приняты с оценкой «хорошо», а 86% с оценкой «удовлетворительно». Из вышеприведенного следует, что несмотря на выполняемые объёмы известкования качество проведения работ не соответствует технологическим требованиям. Из-за этого может страдать состояние кислотности почв сельскохозяйственных угодий.

Итак, как показали исследования, за время между последними турами агрохимического изучения состояния степени кислотности почв пашни и почв улучшенных сенокосов и пастбищ шести районов области показатели рН сдвинулись в кислую сторону на 0,05 единицы. За период с 2013 по 2017 годов сдвиг произошёл в почвах пашни с рН 5,84 до 5,79, в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ – с рН 5,92 до 5,87.

## **2.2. Динамика обеспеченности почв кальцием**

Почвенное плодородие во многом зависит от достаточного для развития растений количества минеральных элементов в почвенном горизонте. Среди большого состава биологически важных минеральных элементов особая роль отводится такому макроэлементу как кальций. Кальций – один из распространенных в природе химических элементов. Встречается в форме углекислого кальция –  $\text{CaCO}_3$  (известняк, мел, мрамор), сернокислого кальция –  $\text{CaSO}_4$  (гипс), фтористого кальция –  $\text{CaF}_2$  (флуорит), доломита –  $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$  и фтор-апатита –  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ . Выявлено 11 изотопов кальция, среди которых 6 стабильных.

Кальций является постоянной составной частью живых организмов. В кормовых растениях находится в водорастворимой, кислоторастворимой и адсорбированной фракциях. К наиболее подвижной относится водорастворимая фракция, наименее подвижная – кислоторастворимая. Формы кальция водной фракции представлены солями органических кислот, преимущественно лимонной и частично протеинатом кальция. Кислоторастворимая фракция включает соли яблочной и щавелевой кислот, адсорбированная фракция (солевая вытяжка) – протеинат кальция и другие полимерные соединения. Небольшое количество общего кальция связано с липидами [51].

Известно, что кальций является структурным элементом клеточных оболочек и он необходим для образования новых клеток растений. Поэтому дефицит кальция может сдерживать рост всех частей растения, в том числе корневой системы. Слабое развитие корневой системы может приводить к усилению дефицита и нарушению баланса других минеральных элементов питания растений [35, 38, 39,].

Из растительных кормов богаты кальцием бобовые травы, подсолнечник, относительно бедны злаковые травы и кукуруза. Вегетативные части растений богаче кальцием, чем генеративные. Уровень кальция в растениях зависит от рН почвы, степени известкования, содержания в ней магния. Оптимальным содержанием кальция в зеленых растениях, по мнению Георгиевского В.И. с соавторами [51], следует считать 40–60 мг в 1 кг сухого вещества, а высоким – 100 мг и более.

Кальций находится в почве и растениях в виде двухвалентного катиона. Обменно-поглощенные почвенными коллоидами ионы этого элемента являются наиболее доступными для растений. Растворы в большинстве почв содержат кальций в избытке: свыше 90% общей концентрации катионов. Поэтому кальций – наиболее важный катион, определяющий степень растворения микроэлементов в почве [70].

Согласно литературным данным на минеральный состав почв влияют климат и погодные условия. При обильных дождях и высокой температуре быстро происходит выветривание. Вследствие гумидного климата и потерь минеральных веществ в почвах происходит их выщелачивание, что вызывает подкисление и снижение плодородия почв.

Запасы минеральных веществ в почвах достаточно велики, но они часто находятся в недоступных для растений формах. Поэтому общепринятой обеспеченностью растений минеральными элементами считается критерий наличия в почве легкодоступных минеральных соединений. В дерново-подзолистых почвах Беларуси валовое содержание кальция в пахотном слое составляет 0,4–1,0%, что существенно меньше его кларка [84, 85, 94].

До начала интенсивного известкования примерно до 90% площади пахотных почв Беларуси имели недостаток обменных форм кальция, который ограничивал урожайность культурных растений. В настоящее время на основных массивах почв содержание кальция в доступной форме для питания растений не лимитирует формирование высокого уровня урожайности. Средневзвешенное содержание обменного кальция в почвах Беларуси в последние два десятилетия

стабилизировалось на уровне СаО около 1000–1100 мг/кг на пашне и около 1500 мг/кг в луговых почвах [30, 38, 39].

Роль оптимизации реакции почв существенно возрастает в интенсивном земледелии. Эффективность минеральных удобрений снижается как в сильноокислом, так и в нейтральном и слабощелочном диапазоне почвенной среды [57, 164]. Оптимизация кислотности почв является важным фактором, способствующим новообразованию и закреплению гумусовых веществ, поскольку сильнокислая или щелочная реакция ограничивают их образование и закрепление в почве [77].

Цель исследования заключалась в анализе результатов известкования, распределения площади пахотных и луговых почв в Гомельской области по содержанию обменных форм кальция в почвах за период между двумя последними турами агрохимического обследования, а также динамики кальция за весь период мониторинга.

Материалами работы служили результаты многолетних исследований почв Гомельской области.

В Беларуси известкование кислых почв организовано на государственном уровне и проводится с 1965 года. За это время в республике создана и успешно работает система научного и материально-технического обеспечения данного вида работ. Она предусматривает, что областные проектно-изыскательские станции химизации сельского хозяйства (ОПИСХ) разрабатывают проектно-сметную документацию, а затем совместно со специалистами хозяйств-заказчиков и организаций-исполнителей контролируют площади, дозы извести и качество выполняемых работ. В рамках Гомельской области проведение данных работ возложено на Гомельскую ОПИСХ. Витебское ОАО «Доломит» обеспечивает республику доломитовой мукой. Районные объединения агросервиса осуществляют хранение, транспортировку и внесение извести в почву. Научное обеспечение проблемы известкования на протяжении всего периода осуществляет РНДУП «Институт почвоведения и агрохимии».

Анализ динамики содержания подвижного кальция в почве пашни сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует, что его средневзвешенный показатель в период VII тура обследования (1989–1993 г.) имел значение 885 мг/кг, VIII тура (1994–1997 г.) – 896 мг/кг, IX тура (1998–2001 г.) – 832 мг/кг, X тура (2002–2005 г.) – 854 мг/кг и XI тура (2006–2009 г.) – 864 мг/кг (табл. 2.9.).

Из приведенных данных видно, что если в период 1989–1997 годов показатели содержания подвижного кальция в почве пашни приросли на 11 мг/кг, то уже с 1998 они снизились и составляли 92,8–96,4% от достигнутого уровня.

Таблица 2.9 – Динамика показателей содержания подвижного кальция в почвах пашни сельскохозяйственных районов Гомельской области по турам обследования, мг/кг

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г.	1994г.– 1997г.	1998г.– 2001г.	2002г.– 2005г.	2006г.– 2009г.
1	Брагинский	102	998	897	942	943
2	Б.-Жошелевский	877	800	754	773	835
3	Ветковский	806	511	754	584	670
4	Гомельский	918	879	842	715	851
5	Добрушский	856	767	791	855	792
6	Ельский	812	955	779	870	793
7	Житковичский	1259	1212	1158	1190	1295
8	Жлобинский	846	814	790	769	836
9	Калинковичский	1051	993	982	1055	979
10	Кормянский	814	827	760	694	666
11	Лельчицкий	761	923	734	887	850
12	Лоевский	941	835	810	845	845
13	Мозырский	598	629	565	629	629
14	Наровлянский	724	873	695	683	638
15	Октябрьский	1107	1104	1038	1185	1185
16	Петриковский	939	890	889	910	882
17	Речицкий	1015	1051	894	1031	1018
18	Рогачевский	764	769	741	695	805
19	Светлогорский	1016	1109	888	1075	1009
20	Хойникский	904	1208	861	883	798
21	Чечерский	854	832	735	717	617
	По области	885	896	832	854	864

В отношении почвы улучшенных сенокосов и пастбищ установлено, содержание подвижного кальция, в период VII тура обследования находилось на уровне 1297 мг/кг почвы, VIII тура – 1295 мг/кг, IX тура – 1253 мг/кг, X тура – 1352 мг/кг и XI тура – 1370 мг/кг (табл. 2.10.). Как видно из приведенного ряда показателей можно говорить о положительной динамике увеличения подвижного кальция в почве улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области. За период с 1989 года по 2009годы прирост подвижного кальция составил 73 мг/кг почвы или на 5,6%.

Таблица 2.10 – Динамика показателей содержания подвижного кальция в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ сельскохозяйственных районов Гомельской области по турам обследования, мг/кг

П/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г.	1994г. – 1997г.	1998г.– 2001г.	2002г. – 2005г.	2006г. – 2009г.
1	Брагинский	168	1506	1456	1653	1628
2	Б.-Кошелевский	1400	1278	1172	1214	1301
3	Ветковский	1309	842	1303	1184	1267
4	Гомельский	1429	1314	1339	1294	1433
5	Добрушский	1465	1408	1436	1477	1457
6	Ельский	914	1055	910	1040	992
7	Житковичский	1353	1386	1318	1370	1526
8	Жлобинский	1238	1108	1193	1260	1357
9	Калинковичский	1426	1330	1392	1509	1480
10	Кормянский	1162	1222	1258	1164	1172
11	Лельчицкий	977	1156	941	1196	1109
12	Лоевский	1231	1234	1050	1219	1219
13	Мозырский	835	908	885	1003	1003
14	Наровлянский	1042	1221	937	930	960
15	Октябрьский	1339	1357	1296	1505	1505
16	Петриковский	1233	1109	1171	1213	1249
17	Речицкий	1525	1563	1416	1628	1577
18	Рогачевский	1344	1229	1256	1257	1300
19	Светлогорский	1465	1434	1238	1571	1522
20	Хойникский	1522	1727	1524	1663	1571
21	Чечерский	1383	1104	1202	1172	985
	По области	1297	1295	1253	1352	1370

По данным Института почвоведения и агрохимии Беларуси в 2012 году более чем 80% площади пашни республики характеризовались высокой степенью обеспеченности почв обменным кальцием (табл. 2.11.).

Около 42,5% пахотных земель содержали СаО в диапазоне 801–1200 мг/кг почвы. Только на 14,7% площади пахотных почв сельскохозяйственные культуры испытывали недостаток кальция для формирования урожая. Высокая обеспеченность почв кальцием наблюдалась на 93,3% площади улучшенных сенокосов и пастбищ. За период с 2008 по 2012 годы средневзвешенное содержание СаО по республике приросло на 118 мг/кг, а в Гомельской области на 130 мг/кг.

Таблица 2.11 – Распределение площади пахотных почв Беларуси по содержанию кальция

Область	% по группам содержания СаО, мг/кг почвы						2009–2012 гг.	2005–2008 гг.
	I	II	III	IV	V	VI	средневзвешенное содержание СаО, мг/кг почвы	
	<400	401- 800	801- 1200	1201- 1600	1601- 2000	>2000		
Брестская	0,5	18,3	36,0	13,9	6,3	25,0	1251	1248
Витебская	0,1	2,7	27,0	35,2	35,0	0,0	1446	1187
Гомельская	0,7	25,5	42,8	12,4	4,1	14,5	1070	940
Гродненская	0,4	18,2	55,2	19,4	4,2	2,6	1074	1041
Минская	0,5	9,7	37,1	29,6	10,0	13,1	1171	1240
Могилевская	0,4	13,6	58,2	24,6	2,5	0,7	1067	1068
Беларусь	0,4	14,3	42,5	23,0	10,5	9,3	1180	1062

Гомельской ОПИСХ в 2013 году были выполнены исследования сельскохозяйственных земель шести районов Гомельской области и в 2017 году, через четыре года, в этих же районах проведено повторное обследование содержания кальция на пашне (табл. 2.12.).

Как следует из показателей таблицы 2.12., по содержанию кальция в дерново-подзолистой и торфяной почвах применяется шестиинтервальная градация показателей. Анализ результатов исследований свидетельствует, что если площади первого интервала (менее 400 мг/кг почвы) и второго интервала (401–800 мг/кг почвы) в 2013 году составили 28,9% от всей площади обследованных площадей, то в 2017 году их удельный вес снизился на 2,0%. Одновременно отмечен прирост площадей на 1,0% в третьем, на 0,4% в пятом и на 1,1% в шестом интервалах. Из этого следует, что произошло увеличение количества площадей с более высоким содержанием кальция в почве. Если в 2013 году 71,1% обследованных площадей имели удельную концентрацию кальция более 801 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 год уже 73,1%.

При повторном определении средневзвешенное содержание кальция в пахотной почве в целом по шести районам было выше на 8,5 мг/кг в сравнении с предыдущим обследованием данных почв (рис. 2.3.). Исключение составляли лишь показатели в Кормянском и Чечерском районах, где они были соответственно ниже на 70,0 и 39,0 мг/кг почвы. Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 763–1352 мг/кг, в 2017 году – 809–1346 мг/кг почвы.



Таблица 2.12 – Агрохимическая характеристика пахотных почв сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию кальция

Наименование района	Год Обследования	Градации кальция, мг/кг почвы											
		≤400х		401-800		801-1200		1201-1600		1600-200		≥ 2000	
		≤1200хх		1201-2400		2401-3600		3601-4800		4801-6000		≥ 6000	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	239	1,0	4569	19,2	6901	29,0	1717	7,2	739	3,1	9626	40,5
	2017	65	0,2	6083	22,4	7242	26,6	1901	7,0	1339	4,9	10573	38,9
	+ -	-174	-0,8	1514	3,2	341	-2,4	184	-0,2	600	1,8	947	-1,6
Мозырский	2013	351	1,6	14616	67,0	5773	26,5	542	2,5	136	0,6	390	1,8
	2017	86	0,4	13083	57,2	8541	37,4	713	3,1	224	1,0	217	0,9
	+ -	-265	-1,2	-1533	-9,8	2768	10,9	171	0,6	88	0,4	-173	-0,9
Лоевский	2013	85	0,4	8849	37,9	7241	31,1	2 337	10,0	1530	6,6	3250	14,0
	2017	168	0,7	7136	31,0	7539	32,8	3079	13,4	1367	5,9	3734	16,2
	+ -	83	0,3	-1713	-6,9	298	1,7	742	3,4	-163	-0,7	484	2,2
Буда-Кошелевский	2013	260	0,5	12652	24,4	26349	50,7	7782	15,0	2221	4,3	2655	5,1
	2017	494	0,8	12020	20,1	28696	48,0	9836	16,5	3481	5,8	5229	8,8
	+ -	234	0,3	-632	-4,3	2347	-2,7	2054	1,5	1260	1,5	2574	3,7
Кормянский	2013	183	0,6	4695	15,2	17290	56,1	6748	21,9	1176	3,8	742	2,4
	2017	111	0,4	6095	19,2	19368	61,2	4919	15,5	680	2,1	494	1,6
	+ -	-72	-0,2	1400	4,0	2078	5,1	-1829	-6,4	-496	-1,7	-248	-0,8
Чечерский	2013	170	0,8	3759	16,6	12310	54,4	4937	21,8	529	2,3	934	4,1
	2017	113	0,5	4864	21,4	11974	52,8	4555	20,1	466	2,1	714	3,1
	+ -	-57	-0,3	1105	4,8	-336	-1,6	-382	-1,7	-63	-0,2	-220	-1
Итого	2013	1288	0,7	49140	28,2	75864	43,5	24063	13,8	6331	3,6	17597	10,1
	2017	1037	0,6	49281	26,3	83360	44,5	25003	13,4	7557	4,0	20961	11,2
	+ -	-251	-	141	-1,9	7496	1,0	940	-0,4	1226	0,4	3364	1,1
Примечание: х – градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв													

Среди обследованных районов самое низкое содержание кальция в почве пашни установлено в Мозырской районе, где оно в 2017 году было на 208–537 мг/кг почвы меньше его средневзвешенного содержания в остальных районах.

В 2017 году количество обследованных площадей почв улучшенных сенокосов и пастбищ было меньше на 9,8 тыс. га в сравнении с предыдущим их изучением в 2013 году (табл. 2.13.). Распределение площадей по удельной концентрации в почве кальция показало, что если в 2013 году в первые три группы их входило 37,8%, в четвертую-шестую 62,2%, то в 2017 году соответственно 32,2 и 67,8%.

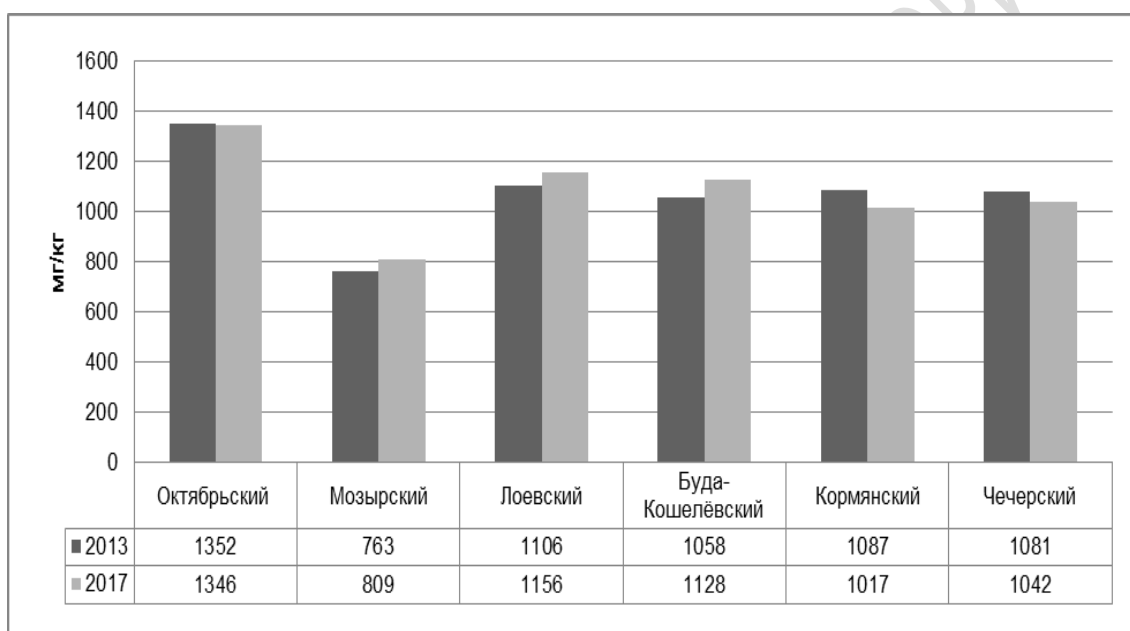


Рисунок 2.3 – Средневзвешенное содержание кальция в пахотной почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах

Сравнение пахотных и луговых площадей по содержанию кальция свидетельствует, что в первой и второй группах (до 800 мг/кг почвы) в 2017 году находилось 10,4% луговых почв и 26,9% пахотных почв. Из чего следует, что содержание кальция в луговой почве выше, чем в пахотной. Такая же ситуация наблюдалась и при обследовании почв в 2013 году.

Изменение средневзвешенных показателей содержания кальция через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2.4. В пяти районах установлено увеличение средневзвешенных показателей содержания кальция.

Таблица 2.13 – Агрохимическая характеристика почв улучшенных сенокосов и пастбищ сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию кальция

Наименование района	Год обследования	Градации кальция, мг/кг почвы											
		≤400х		401-800		801-1200		1201-1600		1600-200		≥2000	
		≤1200хх		1201-2400		2401-3600		3601-4800		4801-6000		≥6000	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	7	0,1	949	7,4	1600	12,4	1341	10,4	844	6,5	8155	63,2
	2017	17	0,2	696	6,6	1230	11,6	1081	10,2	915	8,7	6635	62,7
	+-	10	0,1	-253	-0,8	-370	-0,8	-260	-0,2	71	2,2	-1520	-0,5
Мозырский	2013	75	1,0	1863	24,0	2222	28,5	1212	15,6	846	10,9	1552	20,0
	2017	7	0,1	1612	20,2	2340	29,2	1195	15,0	1162	14,5	1674	21,0
	+-	-68	-0,9	-251	-3,8	118	0,7	-17	-0,6	316	3,6	122	1
Лоевский	2013	24	0,3	1509	18,3	2348	28,4	1062	12,9	826	10,0	2494	30,1
	2017	22	0,2	1003	11,0	2218	24,4	1475	16,2	970	10,7	3397	37,5
	+-	-2	-0,1	-506	-7,3	-130	-4	413	3,3	144	0,7	903	7,4
Буда-Кошелевский	2013	103	0,4	2867	11,8	6027	24,9	4062	16,8	3048	12,6	8098	33,5
	2017	65	0,4	1307	7,6	3333	19,3	2962	17,2	1715	10,0	7851	45,5
	+-	-38	0	-1560	-4,2	-2694	-5,6	-1100	0,4	-1333	-2,6	-247	12
Кормянский	2013	34	0,5	315	4,8	2019	30,5	1557	23,5	772	11,6	1930	29,1
	2017	0	0,0	86	1,7	1306	26,0	1136	22,6	750	14,9	1752	34,8
	+-	-34	-0,5	-229	-3,1	-713	-4,5	-421	-0,9	-22	3,3	-178	5,7
Чечерский	2013	150	2,1	977	13,7	2180	30,7	1552	21,8	654	9,2	1600	22,5
	2017	129	1,8	1016	14,3	2014	28,2	1615	22,7	363	5,1	1984	27,9
	+-	-21	-0,3	39	0,6	-166	-2,5	63	0,9	-291	-4,1	384	5,4
Итого	2013	393	0,6	8480	12,7	16396	24,5	10786	16,1	6990	10,5	23829	35,6
	2017	240	0,4	5720	10,0	12441	21,8	9464	16,6	5875	10,3	23293	40,9
	+-	-153	-0,2	-2760	-2,7	-3955	-2,7	-1322	0,5	-1115	-0,2	-536	5,3

Примечание: х- градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв

Только в Октябрьском районе данный показатель в 2017 году был на 17 мг/кг ниже. В Мозырском районе он оказался выше на 90 мг/кг почвы, в Лоевском – на 126 мг/кг почвы, в Буда-Кошелёвском – на 130 мг/кг почвы, в Кормяном – на 100 мг/кг почвы и в Чечерском районе – на 27 мг/кг почвы. Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 1238–1688 мг/кг, в 2017 году – 1328–1671 мг/кг почвы. Средневзвешенное содержание в луговой почве кальция в 2013 году установлено в количестве 1443 мг/кг почвы, в 2017 году – 1519 мг/кг почвы или было больше на 76 мг/кг.

Сравнение изменения средневзвешенных показателей содержания кальция в пахотной и луговой почвах свидетельствует, что если за четырёхлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 8,5 мг/кг почвы, то на луговых угодьях – 76 мг/кг.

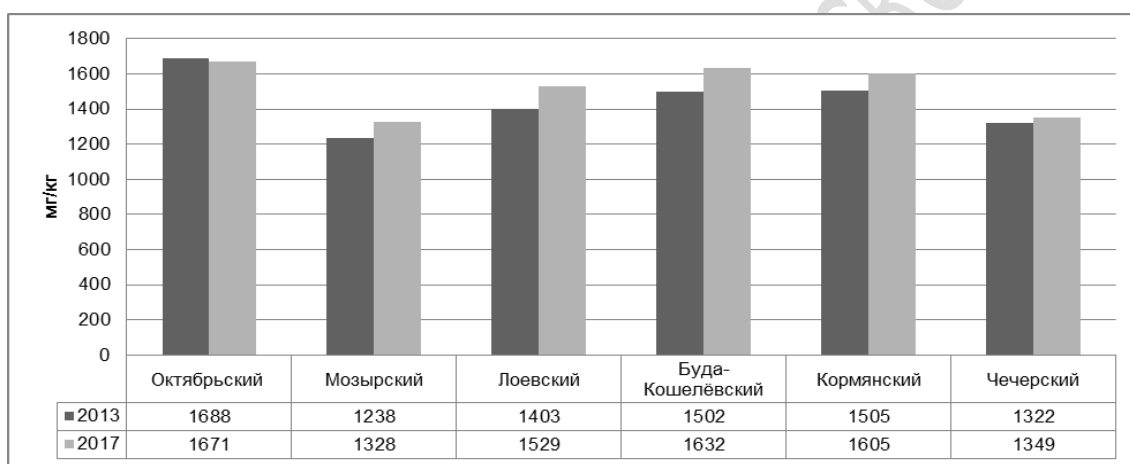


Рисунок 2.4 – Средневзвешенное содержание кальция в луговой почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах

Итак, кальций является незаменимым минеральным элементом в жизни растений и животных. Анализ результатов исследований на содержание кальция в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании средневзвешенных показателей, в 2013 году, на пахотной почвы в пределах 763–1352 мг/кг, в 2017 году – 809–1346 мг/кг почвы, в луговой – соответственно 1238–1688 и 1328–1671 мг/кг. Наблюдается увеличение количества площадей с более высоким содержанием в почве кальция. Если в 2013 году 71,1% обследованных площадей пашни имели удельную концентрацию кальция более 801 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 год уже 73,1%, соответственно луговых почв – 86,4 и 89,6%.

### 2.3. Содержание магния в почвах и его динамика

Магний – щелочноземельный элемент, встречается в природе в виде карбонатов (магнезит –  $MgCO_3$ , доломит –  $MgCO_3 \cdot CaCO_3$ ), силикатов (оливин –  $(MgFe)_2SiO_4$ ), сульфатов (кизерит –  $MgSO_4 \cdot H_2O$ ), хлоридов (карналлит –  $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ).

Магний является необходимым компонентом организма растений и животных. В растениях он входит в состав хлорофилла листьев и фитина семян. Часть магния связана в виде протеинов, карбонатов и фосфатов. В растениях магний может находиться в виде водорастворимой, кислоторастворимой и адсорбированной фракций. Наибольшее количество магния в кормовых растениях наблюдается в ранние фазы их развития. При недостатке магния в почве его содержание в вегетативных органах снижается. При внесении магниевых удобрений концентрация легкоподвижных фракций магния в растениях увеличивается. Из растительных кормов наиболее богаты магнием отруби, жмыхи и шроты, подсолнечник, ботва кормовой и сахарной свеклы (4–8 мг на 1 кг сухого вещества. В сене и траве содержится в среднем 2–3 мг [51].

Магний является важным элементом в минеральном питании растений, и его недостаток ограничивает урожайность сельскохозяйственных культур и снижает качество продукции. Исследования по изучению магниевому питанию растений проводились еще в 70-е годы двадцатого века на почвах с низким содержанием обменного магния. Сравнительно недавно, в 2016–2017 гг., исследователем Станилевич И.С. (2019) [188] на базе стационарного полевого опыта в ОАО «Гастелловское» Минского района, проведено изучение влияния содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на урожайность и качество зерна гороха. Цель исследования заключалась в установлении параметров количественной зависимости урожайности и качества зерна гороха от обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием. Опыт был заложен в двух полях в звене севооборота: яровое тритикале - горох - яровая пшеница. Возделываемая культура - горох посевного сорта Белус.

Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы перед закладкой опыта имели следующие характеристики: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,8–2,1%,  $pH_{KCl}$  – 5,8–6,0,  $P_2O_5$  (0,2М HCl) – 350–450 мг/кг почвы,  $K_2O$  (0,2М HCl) – 264–300 мг/кг, Ca (1М KCl) – 750–900 мг/кг, Mg (1М KCl) 47–145 мг/кг почвы. Предварительно на

опытном участке было создано четыре уровня обеспеченности почвы обменным магнием, которые отображали диапазон различий по содержанию обменного магния в дерново-подзолистых суглинистых почвах Беларуси: 1-й уровень – 46–50 мг/кг, 2-й уровень – 90–92 мг/кг, 3-й уровень – 138–147 мг/кг и 4-й уровень – 183–198 мг/кг.

Высокие уровни содержания обменного магния в почве создавались за счет внесения быстродействующего удобрения – сульфата магния ( $MgSO_4 \times 7H_2O$ ).

Схема опытов включала 9 вариантов удобрений на каждом из четырех уровней содержания обменного магния в почве, исследовалось действие полной дозы удобрений, варианта с повышенной дозой калия, серы в форме сульфата аммония, в дозе 36 кг/га и некорневых подкормок раствором сульфата магния в дозах Mg 1 и 1,5 кг/га в фазу бутонизации. Из минеральных удобрений использовали карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, сульфат аммония.

В результате проведенных исследований в среднем за два года была получена урожайность зерна гороха 29,2–50,7 ц/га с содержанием сырого белка 18,1–20,3%, а также установлена зависимость урожайности зерна гороха и содержания в нем сырого белка от обеспеченности почвы обменным магнием. Повышение в почве обменного магния с 1-го уровня (46–50 мг/кг) до 3-го уровня (138–147 мг/кг) способствовало увеличению урожайности зерна гороха в варианте без удобрений на 10,6 ц/га (26,6%), в фоновом варианте – на 6,5 ц/га (14,3%), при этом содержание сырого белка повысилось на 0,8%. Дальнейшее повышение обеспеченности почвы обменным магнием до 4-го уровня (183–198 мг/кг) приводило к снижению урожайности и снижению содержания белка в зерне в варианте без удобрений на 1,4 ц/га и на 1,2%, в фоновом варианте – на 2,1 ц/га и на 0,5% соответственно. Автором исследований сделан вывод о том, что для получения высокой урожайности зерна гороха содержание обменного магния в почве – Mg 125–150 (или MgO 220–250) мг/кг почвы – является оптимальным диапазоном. Этот диапазон оптимума относится к четвертой группе, действующей в Беларуси градации обеспеченности почв магнием.

За последние десятки лет известкование кислых почв доломитовой мукой многократно повысило содержание обменного магния в почве, которое в настоящее время составляет 147 мг/кг в пахотных почвах, 163 мг/кг в луговых почвах. К группам почв

с повышенным и высоким содержанием магния относится 76% пахотных и 90% луговых почв Беларуси, с низким – около 3% [36, 40, 116, 157].

Анализ динамики содержания подвижного магния в почве пашни сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует, что его средневзвешенный показатель в период VII тура обследования (1989–1993 г.) имел значение 134 мг/кг, VIII тура (1994–1997 г.) – 143 мг/кг, IX тура (1998–2001 г.) – 127 мг/кг, X тура (2002–2005 г.) – 140 мг/кг и XI тура (2006–2009 г.) – 134 мг/кг (табл. 2.14.). Из приведенных данных видно, что в период 1989-2009 годов показатели содержания подвижного магния в почве пашни в период IX тура исследований оказались ниже на 7 мг/кг, затем в X туре приросли на 13 мг/кг и в XI туре остались на уровне VII тура.

Таблица 2.14 – Динамика показателей содержания подвижного магния в почвах пашни сельскохозяйственных районов Гомельской области по турам обследования, мг/кг

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г.	1994г.– 1997г.	1998г.– 2001г.	2002г. – 2005г.	2006г.– 2009г.
1	Брагинский	128	135	129	153	129
2	Б.-Кошелевский	132	136	115	126	133
3	Ветковский	135	142	127	108	122
4	Гомельский	132	153	123	114	126
5	Добрушский	95	122	107	122	108
6	Ельский	165	169	151	175	156
7	Житковичский	178	170	166	174	202
8	Жлобинский	133	119	129	133	133
9	Калинковичский	125	130	127	136	118
10	Кормянский	126	142	127	131	103
11	Лельчицкий	169	171	147	191	179
12	Лоевский	135	129	108	136	136
13	Мозырский	142	141	119	141	141
14	Наровлянский	135	234	143	148	135
15	Октябрьский	147	139	140	186	186
16	Петриковский	140	144	148	142	145
17	Речицкий	136	141	113	149	132
18	Рогачевский	119	131	127	141	138
19	Светлогорский	142	158	118	158	136
20	Хойникский	133	191	136	149	134
21	Чечерский	123	135	119	117	93
	По области	134	143	127	140	134

За данный период времени в Чечерском районе произошло снижение обменного магния в почве пашни на 30 мг/кг, с 123 до 93 мг/кг. Низкие показатели содержания магния характерны для Добрушского

района, где они не превысили 122 мг/кг почвы и самые высокие – для Житковичского и Октябрьского районов в которых они увеличились к XI туру соответственно до 202 и 186 мг/кг.

В отношении почвы улучшенных сенокосов и пастбищ установлено, что содержание подвижного магния, в период VII тура обследования находилось на уровне 162 мг/кг почвы, VIII тура – 166 мг/кг, IX тура – 158 мг/кг, X тура – 184 мг/кг и XI тура – 188 мг/кг (табл. 2.15.). Как видно из приведенного ряда показателей можно говорить о положительной динамике увеличения подвижного магния в почве улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области. За период с 1989 по 2009 годы прирост подвижного магния составил 26 мг/кг почвы или на 16 %.

Таблица 2.15 – Динамика показателей содержания подвижного магния в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ сельскохозяйственных районов Гомельской области по турам обследования, мг/кг

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г.	1994г.– 1997г.	1998г. – 2001г.	2002г. – 2005г.	2006г. – 2009г.
1	Брагинский	123	131	139	187	173
2	Б.-Кошелевский	181	175	156	166	181
3	Ветковский	158	159	156	159	185
4	Гомельский	172	187	172	157	189
5	Добрушский	126	151	139	166	164
6	Ельский	185	178	168	212	209
7	Житковичский	171	177	176	183	226
8	Жлобинский	157	125	160	176	184
9	Калинковичский	142	145	141	175	158
10	Кормянский	155	188	106	178	168
11	Лельчицкий	227	226	197	254	266
12	Лоевский	164	157	139	171	171
13	Мозырский	182	181	169	210	210
14	Наровлянский	170	239	183	190	182
15	Октябрьский	163	158	160	220	220
16	Петриковский	148	159	166	174	189
17	Речицкий	165	169	144	191	180
18	Рогачевский	160	158	171	192	200
19	Светлогорский	167	188	131	204	182
20	Хойникский	147	171	151	177	187
21	Чечерский	134	130	148	134	113
	По области	162	166	158	184	188

Вместе с тем, в Чечерском районе произошло снижение обменного магния в почве сенокосов и пастбищ к XI туру на 17–35 мг/кг в сравнении с предыдущими турами и его показатель оказался самым



низким среди всех районов области, то есть, как и в почве пашни. Самые высокие показатели содержания магния установлены в Лельчицком, Житковичском, Октябрьском и Мозырском районах в которых они увеличились к XI туру соответственно до 266, 226, 220 и 210 мг/кг.

Повышение содержания магния в почве, как и других элементов питания, сопровождается увеличением урожайности сельскохозяйственных культур до определенных оптимальных параметров концентрации магния в почвенном растворе. При избытке магния наблюдается антагонистическое действие его на поступление кальция и калия в растения, поэтому мониторинг содержания обменного магния в почвах сельскохозяйственных угодий имеет большое практическое значение. Установлено, что избыток магния в почве не оказывает отрицательного влияния на урожайность большинства сельскохозяйственных культур до тех пор, пока обменного кальция в почве существенно больше, чем магния [4, 10, 30, 36, 40].

Предельные параметры содержания обменного магния в почве, при которых наступает снижение урожайности, различаются в зависимости от гранулометрического состава и соответствующих им емкости и состава обменных катионов. В литературе имеются различные ориентировочные пороговые параметры. По данным Богдевича И.М. и Ломонос О.Л. [36], в специально спланированных многолетних полевых опытах на возрастающих уровнях обеспеченности дерново-подзолистых легкосуглинистых почв магнием, наибольшая урожайность картофеля, кормовой свеклы, зерновых колосовых культур и ярового рапса, при среднегодовой продуктивности севооборота в к.ед. 8,9 т/га, была получена в диапазоне содержания MgO 160-260 мг/кг почвы при эквивалентном соотношении  $Ca^{2+}:Mg^{2+} = 4-6$ . Дальнейшее повышение содержания обменного магния до уровня  $MgO > 300$  мг/кг почвы при соотношении  $Ca^{2+}:Mg^{2+} < 2,8$  сопровождалось небольшим снижением продуктивности севооборота на 5% и заметным снижением урожайности семян ярового рапса на 30%. Наибольшая урожайность зеленой массы и зерна кукурузы получена в диапазоне содержания MgO 300-400 мг/кг почвы при эквивалентном соотношении  $Ca^{2+}:Mg^{2+} = 3,2-4,5$  [191]. Средневзвешенное содержание обменного магния в пахотных почвах Беларуси к 2012 году составило 259 мг MgO на кг почвы (табл. 2.16.) [40].

Таблица 2.16 – Распределение площади пахотных почв Беларуси по содержанию магния

Область	По группам содержания MgO, мг/кг почвы						2009-2012гг.	2005-2008 гг.
	I	II	III	IV	V	VI	средневзвешенное содержание MgO, мг/кг почвы	
	<60	61-90	91-150	151-300	301-450	>450		
Брестская	2,0	5,0	18,1	48,3	18,8	7,8	219	214
Витебская	0,0	0,1	0,8	27,2	71,8	0,1	351	257
Гомельская	0,3	1,5	13,3	60,0	15,9	9,0	228	133
Гродненская	1,2	4,2	21,1	62,0	10,2	1,3	204	218
Минская	0,4	1,3	8,0	48,4	31,2	10,7	266	265
Могилевская	0,3	1,3	6,2	46,9	40,3	5,0	284	266
Беларусь	0,7	2,2	11,1	48,7	31,5	5,8	259	218

По данным Богдевича И.М. с соавторами (2014) на 2,9% площади пашни, возделываемые культуры испытывали острый недостаток, а на 11,1% – умеренный недостаток магния для формирования высокой урожайности. Около половины площади пашни характеризовались близкой к оптимальной обеспеченностью почв магнием для большинства возделываемых культур. На 31,5% площади пашни отмечалось высокое содержание магния в почве, а на 5,8% – очень высокое, на почвах обеих групп может иметь место снижение урожайности возделываемых культур при недостатке обменного кальция в результате подкисления реакции почв. Повышенная обеспеченность магнием, как пахотных почв, так и почв улучшенных сенокосов и пастбищ наиболее характерна для суглинистых почв с повышенной емкостью катионного обмена.

Определение содержания в почве подвижного магния проводилось в шести районах Гомельской области в 2013 году с их повторением в течение 2017 года. Для этого анализировались на содержание магния отобранные пробы с почвы пашни и почвы улучшенных сенокосов и пастбищ. Как видно из показателей таблицы 2.17. во всех шести районах области количество слабообеспеченных почв магнием (менее 90 мг/кг почвы) к 2017 году уменьшилось. Если в 2013 году удельный вес таких почв по районам колебался от 3,2% до 8,4%, то уже в 2017 году – от 0,7% до 4,0%. В 2017 году самое меньшее количество слабообеспеченных почв магнием (193 га) было установлено в Октябрьском районе и самое большое (910 га) в Чечерском районе.

Таблица 2.17 – Агрохимическая характеристика пахотных почв сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию магния

Наименование района	Год обследования	Градации содержания магния, мг/кг почвы													
		≤60		61-90		90-150		151-300		301-450		≥ 451		Слабообеспеченные почвы ≤90	
		≤200		201-300		301-450		401-900		901-1500		≥1500			
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	139	0,6	620	2,6	4573	19,2	8464	35,6	4359	18,3	5636	23,7	759	3,2
	2017	9	0,0	184	0,7	2498	9,2	11813	43,4	5174	19,0	7525	27,7	193	0,7
	+-	-130	-0,6	-436	-1,9	-2075	-10,0	3349	7,8	815	0,7	1889	4	-566	-2,5
Мозырский	2013	314	1,4	1364	6,3	6430	29,5	12099	55,4	1237	5,7	364	1,7	1678	7,7
	2017	10	0,0	209	0,9	4382	19,2	16582	72,5	1361	6,0	320	1,4	219	0,9
	+-	-304	-1,4	-1155	-5,4	-2048	-10,3	4483	17,1	124	0,3	-44	-0,3	-1459	-6,8
Лоевский	2013	354	1,5	1268	5,4	9527	40,9	9651	41,5	1986	8,5	506	2,2	1622	6,9
	2017	52	0,2	443	1,9	5996	26,0	13296	57,8	2454	10,7	782	3,4	495	2,1
	+-	-302	-1,3	-825	-3,5	-3531	-14,9	3645	16,3	468	2,2	276	1,2	-1127	-4,8
Буда-Кошелевский	2013	533	1,0	1732	3,3	12866	24,8	29357	56,6	6217	12,0	1214	2,3	2265	4,3
	2017	105	0,2	644	1,1	7573	12,7	36606	61,2	11898	19,9	2930	4,9	749	1,3
	+-	-428	-0,8	-1088	-2,2	-5293	-12,1	7249	4,6	5681	7,9	1716	2,6	-1516	-3
Кормянский	2013	469	1,5	736	2,4	4168	13,5	20748	67,3	4074	13,2	639	2,1	1205	3,9
	2017	93	0,3	399	1,3	3081	9,7	21565	68,1	5916	18,7	613	1,9	492	1,6
	+-	-376	-1,2	-337	-1,1	-1087	-3,8	817	0,8	1842	5,5	-26	-0,2	-713	-2,3
Чечерский	2013	740	3,3	1163	5,1	3754	16,6	12913	57,1	3538	15,6	531	2,3	1903	8,4
	2017	293	1,3	617	2,7	2590	11,4	12432	54,9	6313	27,8	441	1,9	910	4,0
	+-	-447	-2	-546	-2,4	-1164	-5,2	-481	-2,2	2775	12,2	-90	-0,4	-993	-4,4

Примечание: х- градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв

При повторном определении средневзвешенное содержание магния в пахотной почве в целом по шести районам было выше на 28 мг/кг в сравнении с предыдущим обследованием данных почв и которое увеличилось с 209 до 237 мг/кг почвы (рис. 2.5.). Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 178–246 мг/кг, в 2017 году – 204–276 мг/кг почвы. Среди обследованных районов самое низкое содержание магния в почве пашни было установлено в Мозырском районе, где оно в 2017 году составило 204 мг/кг почвы и было на 72 мг/кг меньше, чем в Октябрьском районе, где оно находилось на самом высоком уровне из всех шести районов.

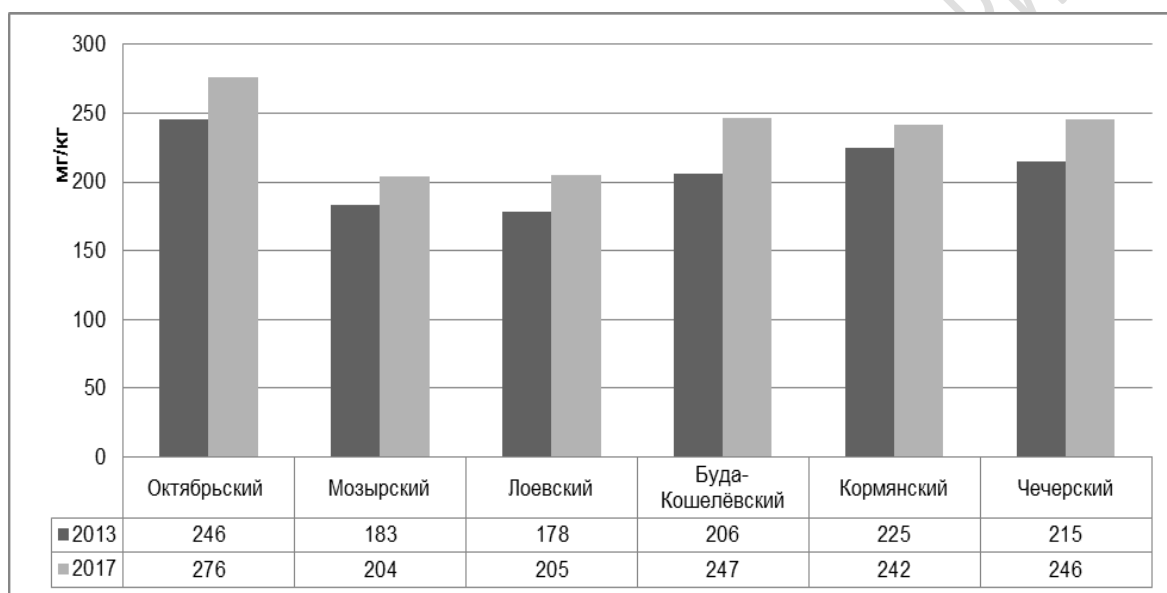


Рисунок 2.5 – Динамика средневзвешенных значений магния в почве пашни по районам

К 2017 году количество слабообеспеченных магнием площадей почв в структуре улучшенных сенокосов и пастбищ снизилось до 0,1–3,3%, вместо 0,9–8,2% в 2013 году, что выражалось в натуральных показателях соответственно как 7–235 га и 110–981 га. (табл. 2.18.). Из всех районов самая большая площадь слабообеспеченных почв в количестве 235 га оставалась в Чечерском районе, а в Кормянском и Мозырском районах таких площадей практически не осталось.

Сравнение пахотных и луговых площадей по содержанию магния свидетельствует, что если слабообеспеченных почв в шести районах оставалось по состоянию на 2017 год на пашне 3058 га (1,6% от площади пашни), то на сенокосах и пастбищах 549 га (1,0% от площади данных угодий) или 5,6 раза меньше.

Таблица 2.18 – Агрохимическая характеристика почв улучшенных сенокосов и пастбищ сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию магния

Наименование района	Год обследования	Градации содержания магния, мг/кг почвы													
		≤ 60		61-90		90-150		151-300		301-450		≥451		Слабообеспеченные почвы ≤90	
		≤ 200		201-300		301-450		401-900		901-1500		≥1500			
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	12	0,1	99	0,8	686	5,3	3213	24,9	4401	34,1	4485	34,8	111	0,9
	2017	24	0,2	55	0,5	215	2,0	2302	21,8	3123	29,5	4855	46,0	79	0,7
	+ -	12	0,1	-44	-0,3	-471	-3,3	-911	-3,1	-1278	-4,6	370	11,2	-32	-0,2
Мозырский	2013	22	0,3	88	1,1	847	10,9	2949	38,0	2198	28,3	1666	21,4	110	1,4
	2017	5	0,1	2	0,0	338	4,2	3489	43,7	2096	26,2	2060	25,8	7	0,1
	+ -	-17	-0,2	-86	-1,1	-509	-6,7	540	5,7	-102	-2,1	394	4,4	-103	-1,3
Лоевский	2013	35	0,4	139	1,7	1704	20,6	3950	47,8	1842	22,3	593	7,2	174	2,1
	2017	41	0,5	78	0,9	849	9,3	3901	42,9	2799	30,8	1417	15,6	119	1,4
	+ -	6	0,1	-61	-0,8	-855	-11,3	-49	-4,9	957	8,5	824	8,4	-55	-0,7
Буда-Кошелевский	2013	215	0,9	766	3,2	2387	9,9	10024	41,3	6678	27,6	4135	17,1	981	4,1
	2017	8	0,0	94	0,5	767	4,5	5369	31,2	5775	33,5	5220	30,3	102	0,5
	+ -	-207	-0,9	-672	-2,7	-1620	-5,4	-4655	-10,1	-903	5,9	1085	13,2	-879	-3,6
Кормянский	2013	69	1,0	96	1,4	371	5,6	2185	33,0	2033	30,7	1873	28,3	165	2,4
	2017	0	0,0	7	0,1	100	2,0	1276	25,4	1899	37,7	1748	34,8	7	0,1
	+ -	-69	-1	-89	-1,3	-271	-3,6	-909	-7,6	-134	7	-125	6,5	-158	-2,3
Чечерский	2013	175	2,5	408	5,7	757	10,6	3020	42,5	1961	27,6	792	11,1	583	8,2
	2017	55	0,8	180	2,5	520	7,3	3054	42,9	1981	27,8	1331	18,7	235	3,3
	+ -	-120	-1,7	-228	-3,2	-237	-3,3	34	0,4	20	0,2	539	7,6	-348	-4,9

Изменение средневзвешенных показателей содержания магния через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2.6. Во всех районах установлено увеличение средневзвешенных показателей содержания магния.

Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 240–336 мг/кг, в 2017 году – 285–373 мг/кг почвы. В целом по всем районам средневзвешенное содержание в луговой почве магния в 2013 году установлено в количестве 271 мг/кг почвы, в 2017 году – 323 мг/кг почвы или было больше на 52 мг/кг

Сравнение изменения средневзвешенных показателей содержания магния в пахотной и луговой почвах свидетельствует, что если за четырёхлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 28 мг/кг почвы, то на луговых угодьях – 52 мг/кг.

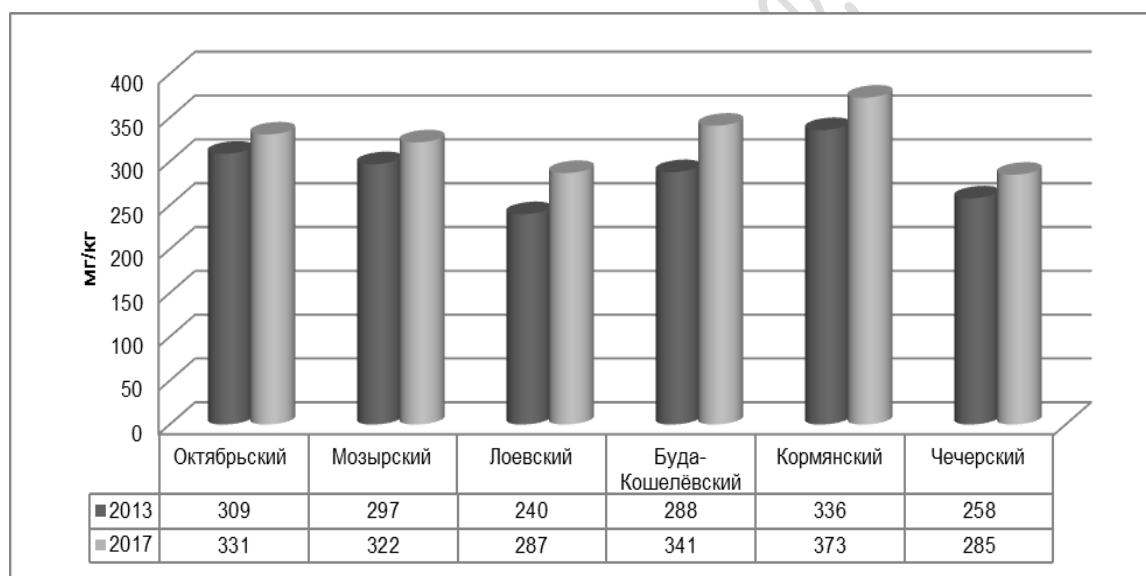


Рисунок 2.6 – Динамика по районам средневзвешенных значений магния в почве сенокосов и пастбищ

В Беларуси за длительный период планомерное известкование позволило оптимизировать реакцию почв, произвести насыщение поглощающего комплекса почв магнием и кальцием на основных массивах сельскохозяйственных земель. В настоящее время должно проводиться поддерживающее известкование для компенсации выщелачивания вглубь профиля почвы магния и кальция и выноса их с урожаем растениеводческой продукции.

## 2.4. Обеспеченность почв калием

Благодаря своей электронной структуре калий является одним из наиболее подвижных элементов в природе. Содержится в земной коре в количестве 1,5 вес.%. Входит в состав нескольких сотен минералов, основными из которых являются лейцит, глауконит, нефелин, карнолит, сильвинит, каинит. При химическом выветривании калий-алюмосиликатов большая часть ионов калия остается в почвенном растворе и служит источником питания для растений [53].

Среди известных изотопов калия имеются два стабильных, один – естественно-радиоактивный  $^{40}\text{K}$ , составляющий 0,012% общего калия) и пять – искусственно-радиоактивных.

Калий является незаменимым элементом для растений и животных. Он находится во всех частях растений, но преобладает в вегетативных органах. Содержится в протоплазме клеток в виде свободных или связанных ионов. Калий необходим для синтеза крахмала и белка, а также для поддержания оптимального уровня дыхания и гидратации клеточных коллоидов. Содержание калия в растениях зависит от стадии вегетации (с возрастом его количество уменьшается), типа почвы, дозы калийных и органических удобрений.

Богаты калием луговые и пастбищные травы, клевер, люцерна, ботва кормовой свеклы, картофель, соевый шрот, кормовые дрожжи [51, 130].

Пахотные почвы Гомельской области характеризуются средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием. Некоторое снижение объемов внесения калийных удобрений в 1994–1996 гг. сопровождалось уменьшением содержания калия в почвах в большинстве районов области. Однако в дальнейшем внесение калийных удобрений было увеличено в соответствии с потребностями сельскохозяйственных культур, и к 2009 году средневзвешенное содержание подвижного калия в пахотных почвах повысилось до уровня 202 мг/кг, что на 7 мг/кг выше, чем по результатам предыдущего тура обследования (табл. 2.19). Увеличение средневзвешенного содержания калия в почвах пашни отмечалось по 15 районам области, но более всего в районах загрязненных радионуклидами, что было обусловлено внесением повышенных доз калийных удобрений на загрязненные радионуклидами земли. Наиболее существенный рост содержания калия в пахотных почвах зафиксирован в Буда-Кошелевском (от 203 до 229 мг/кг), Ветковском (от 254 до 266 мг/кг), Наровлянском (от 169 до 205 мг/кг) и Жлобинском (от 170 до 197 мг/кг) районах. Снижение содержания калия в пахотных почвах произошло в Добрушском (от 243 до 220 мг/кг), Речицком (от 217 до 209 мг/кг) и Светлогорском (от 147 до 136 мг/кг) районах [9].

Таблица 2.19 – Динамика показателей содержания подвижного калия в почвах пашни сельскохозяйственных районов Гомельской области по турам обследования, мг/кг

П/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г.	1994г. – 1997г.	1998г. – 2001г.	2002г. – 2005г.	2006г. – 2009г.
1	Брагинский	187	182	209	249	243
2	Б.-Кошелевский	205	190	186	203	229
3	Ветковский	195	201	210	254	266
4	Гомельский	189	175	163	191	209
5	Добрушский	216	212	223	243	220
6	Ельский	179	135	134	181	175
7	Житковичский	160	147	148	159	174
8	Жлобинский	180	167	181	170	197
9	Калинковичский	143	147	139	154	153
10	Кормянский	196	194	201	223	232
11	Лельчицкий	153	134	120	141	156
12	Лоевский	163	155	151	173	173
13	Мозырский	135	165	143	157	157
14	Наровлянский	152	149	155	169	205
15	Октябрьский	144	146	130	153	153
16	Петриковский	138	127	115	123	137
17	Речицкий	176	170	171	217	209
18	Рогачевский	202	182	203	234	242
19	Светлогорский	168	134	126	147	136
20	Хойникский	246	231	263	296	298
21	Чечерский	204	195	186	193	227
	По области	180	170	172	195	202

По данным Гомельской ОПИСХ за двадцатилетний период отмечено уменьшение удельного веса пахотных почв, слабо обеспеченных калием (1-2 группа, <140 мг/кг К<sub>2</sub>O). В 1998 г. такие почвы занимали 43,4%, а в 2009 году – 32,8% пашни. Вместе с тем еще достаточно большой их удельный вес оставался в таких районах как Ельский (41,1%), Житковичский (41,7%), Калинковичский (51,3%), Лельчицкий (52,2%), Лоевский (41,4%), Мозырский (49,3%), Октябрьский (46,9%), Петриковский (61,4%) и Светлогорский (60,4%). Слабо обеспеченные калием почвы под сенокосами и пастбищами занимали в области 60,4%, с колебанием от 46,6% в Наровлянском районе до 71,6% в Светлогорском.

На улучшенных сенокосах и пастбищах средневзвешенное содержание калия в почве в течение двадцати лет изменялось также в сторону увеличения от 109 до 138 мг (табл. 2.20.).

Тенденция изменения уровня применения калийных удобрений на улучшенных сенокосах и пастбищах наблюдалась такая же, как и на пашне. Однако применяемые дозы калийных удобрений, особенно на



сенокосах и пастбищах, оставались еще недостаточными и были не сбалансированные по азоту и фосфору для получения высокой продуктивности и оптимизации калийного режима почв.

Таблица 2.20 – Динамика показателей содержания подвижного калия в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ сельскохозяйственных районов Гомельской области по турам обследования, мг/кг

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г.	1994г. – 1997г.	1998г.– 2001г.	2002г. – 2005г.	2006г. – 2009г.
1	Брагинский	106	115	112	151	130
2	Б.-Кошелевский	122	115	120	132	162
3	Ветковский	98	116	102	139	138
4	Гомельский	114	110	96	109	125
5	Добрушский	119	123	126	148	129
6	Ельский	142	108	111	145	158
7	Житковичский	122	122	106	127	136
8	Жлобинский	111	112	111	106	126
9	Калинковичский	87	112	87	117	111
10	Кормянский	121	117	106	110	136
11	Лельчицкий	127	103	101	117	122
12	Лоевский	119	100	100	141	141
13	Мозырский	97	113	115	153	153
14	Наровлянский	110	117	130	154	175
15	Октябрьский	119	123	103	131	131
16	Петриковский	105	106	95	105	119
17	Речицкий	127	126	124	168	162
18	Рогачевский	110	112	127	145	161
19	Светлогорский	129	103	95	119	113
20	Хойникский	112	130	127	148	155
21	Чечерский	116	114	112	109	146
	По области	115	114	109	130	138

Показатели содержания подвижного калия в почве шести районах Гомельской области, полученные в 2013 и 2017 годах приведены в таблице 2.21. Как видно из табличных данных количество слабообеспеченных почв калием (менее 140 мг/кг почвы) к 2017 году увеличилось во всех шести районах. Если в 2013 году удельный вес таких почв по районам колебался от 9,8% до 45,7%, то уже в 2017 году – от 13,4% до 56,8%. В натуральном выражении это выглядело как 38350 га в 2013 году и 52140 га в 2017 году или прирост площадей составил 13790 га. В 2017 году самое меньшее количество слабообеспеченных почв калием (4127 га) было установлено в Чечерском районе и самое большое (15426 га) – в Октябрьском районе.

Таблица 2.21 – Агрохимическая характеристика пахотных почв сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию калия

Наименование района	Год обследования	Содержание K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы													
		≤ 80		81-140		141-200		201-300		301-400		≥401		Слабообеспеченные 1-2	
		≤200		201-400		401-600		601-1000		1001-1300		≥1301			
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	1367	5,7	6389	26,9	8374	35,2	5588	23,5	1307	5,5	766	3,2	7756	32,6
	2017	4143	15,2	11283	41,6	7194	26,4	3759	13,8	606	2,2	218	0,8	15426	56,8
	+ -	2776	9,5	4894	14,7	-1180	-8,8	-1829	-9,7	-701	-3,3	-548	-2,4	7670	24,2
Мозырский	2013	1890	8,7	6229	28,6	6503	29,7	5182	23,8	1463	6,7	541	2,5	8119	37,3
	2017	2412	10,5	8183	35,9	6481	28,3	4299	18,8	1151	5,0	338	1,5	10595	46,4
	+ -	522	1,8	1954	7,3	-22	-1,4	-883	-5	-312	-1,7	-203	-1	2476	9,1
Лоевский	2013	3288	14,1	7353	31,6	5109	21,9	4776	20,5	1699	7,3	1067	4,6	10641	45,7
	2017	3144	13,7	8249	35,7	6556	28,5	3850	16,7	980	4,3	244	1,1	11393	49,4
	+ -	-144	-0,4	896	4,1	1447	6,6	-926	-3,8	-719	-3	-823	-3,5	752	3,7
Буда-Кошелевский	2013	1173	2,3	5142	9,9	9056	17,4	16465	31,7	11456	22,1	8627	16,6	6315	12,2
	2017	2378	4,0	8221	13,8	12106	20,3	18677	31,1	11094	18,6	7280	12,2	10599	17,8
	+ -	1205	1,7	3079	3,9	3050	2,9	2212	-0,6	-362	-3,5	-1347	-4,4	4284	5,6
Кормянский	2013	1005	3,3	2019	6,5	3569	11,6	8927	28,9	8724	28,3	6590	21,4	3024	9,8
	2017	1111	3,5	3145	9,9	6559	20,7	11487	36,4	6883	21,7	2482	7,8	4256	13,4
	+ -	106	0,2	1126	3,4	2990	9,1	2560	7,5	-1841	-6,6	-4108	-13,6	1232	3,6
Чечерский	2013	349	1,5	2146	9,5	3755	16,6	6623	29,2	5517	24,4	4249	18,8	2495	11,0
	2017	631	2,8	3496	15,4	5810	25,6	7209	31,8	4116	18,1	1424	6,3	4127	18,2
	+ -	282	1,3	1350	5,9	2055	9	586	2,6	-1401	-6,3	-2825	-12,5	1632	7,2

Примечание: х- градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв.

При повторном определении средневзвешенное содержание калия в пахотной почве в целом по шести районам было ниже на 33 мг/кг в сравнении с предыдущим обследованием данных почв (рис. 2.7.). Снижение показателей произошло от 16 мг/кг в Мозырском до 48 мг/кг почвы в Чечерском районах. Если колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 174–295 мг/кг, то в 2017 году – 134–248 мг/кг почвы. Среди обследованных районов самое низкое содержание калия в почве пашни установлено в Октябрьском районе, где оно в 2017 году было на 20–114 мг/кг почвы меньше средневзвешенного содержания в остальных районах.

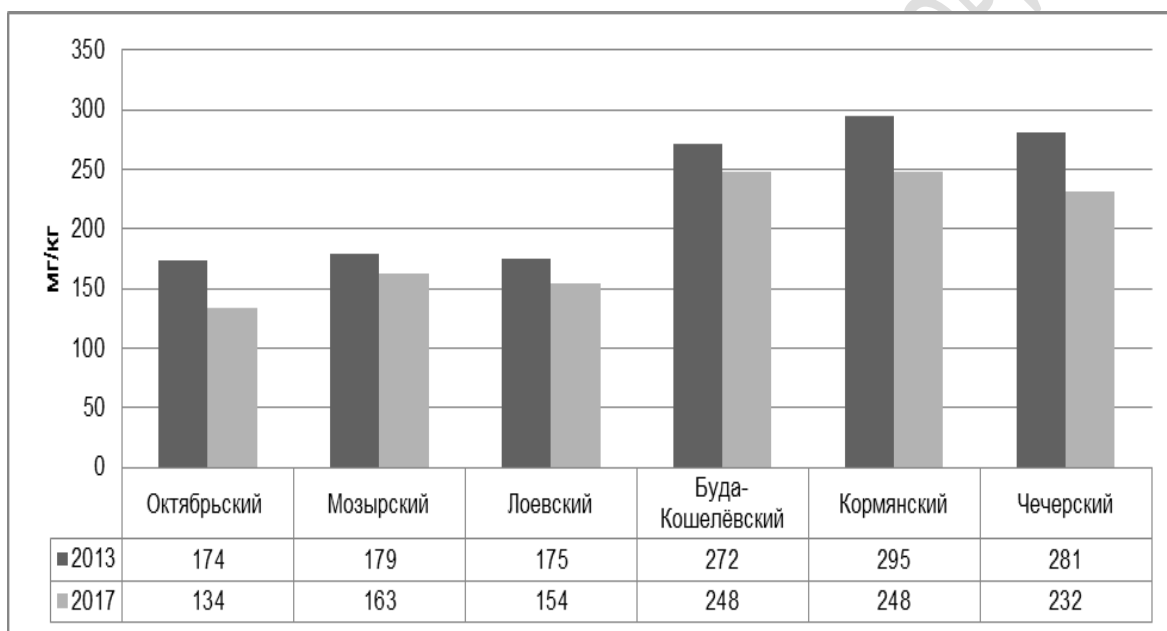


Рисунок 2.7 – Динамика средневзвешенных значений калия в пахотной почве районов

Распределение площадей улучшенных сенокосов и пастбищ по удельной концентрации в почве калия показало, что на этих угодьях также как и на пашне произошло снижение показателей калия. Если в 2013 году удельный вес слабообеспеченных почв в структуре сенокосов и пастбищ районов колебался от 37,2 до 55,1%, то в 2017 году – от 44,4 до 64,3% (табл. 2.22.). Прирост слабообеспеченных калием почв сенокосов и пастбищ к 2017 году составил 6070 га.

Сравнение прироста слабообеспеченных калием пахотных и луговых почв свидетельствует, что на пашне их увеличилось в 2,3 раза больше, чем на сенокосах и лугах.

Таблица 2.22 – Агрохимическая характеристика почв улучшенных сенокосов и пастбищ сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию калия

Наименование района	Год обследования	Содержание K <sub>2</sub> O, мг/кг почвы													
		≤80		81-140		141-200		201-300		301-400		≥ 401		Слабообеспеченные 1-2	
		≤ 200		201-400		401-600		601-1000		1001-1300		≥ 1301			
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	1872	14,5	4364	33,9	3575	27,7	2178	16,9	581	4,5	326	2,5	6236	48,4
	2017	2340	22,1	4458	42,2	2378	22,5	1115	10,5	164	1,6	119	1,1	6798	64,3
	+ -	468	7,6	94	8,3	-1197	-5,2	-1063	-6,4	-417	-2,9	-207	-1,4	562	15,9
Мозырский	2013	1067	13,7	2117	27,3	1754	22,6	1964	25,3	617	7,9	251	3,2	3184	41,0
	2017	1260	15,8	2295	28,6	2083	26,1	1763	22,1	440	5,5	149	1,9	3555	44,4
	+ -	193	2,1	178	1,3	329	3,5	-201	-3,2	-177	-2,4	-102	-1,3	371	3,4
Лоевский	2013	2064	25,0	2491	30,1	1444	17,5	1354	16,4	366	4,4	544	6,6	4555	55,1
	2017	2762	30,4	2985	32,8	1998	22,0	963	10,6	243	2,7	134	1,5	5747	63,2
	+ -	698	5,4	494	2,7	554	4,5	-391	-5,8	-123	-1,7	-410	-5,1	1192	8,1
Буда-Кошелевский	2013	3978	16,4	5989	24,7	4700	19,4	5269	21,8	2632	10,9	1637	6,8	9967	41,1
	2017	2899	16,8	5156	30,0	3488	20,2	3193	18,5	1260	7,3	1237	7,2	8055	46,8
	+ -	-1079	0,4	-833	5,3	-1212	0,8	-2076	-3,3	-1372	-3,6	-400	0,4	-1912	5,7
Кормянский	2013	1050	15,8	1422	21,5	1203	18,2	1401	21,1	908	13,7	643	9,7	2472	37,3
	2017	737	14,7	1773	35,3	1003	19,9	851	16,9	394	7,8	272	5,4	2510	50,0
	+ -	-313	-1,1	351	13,8	-200	1,7	-550	-4,2	-514	-5,9	-371	-4,3	38	12,7
Чечерский	2013	776	10,9	1869	26,3	1426	20,0	1597	22,5	814	11,4	631	8,9	2645	37,2
	2017	1238	17,4	2109	29,7	1840	25,8	1207	16,9	462	6,5	265	3,7	3347	47,1
	+ -	462	6,5	240	3,4	414	5,8	-390	-5,6	-352	-4,9	-366	-5,2	702	9,9

Примечание: х- градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв.

Изменение средневзвешенных показателей содержания калия через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2.8. Во всех шести районах установлено уменьшение средневзвешенных показателей содержания калия.

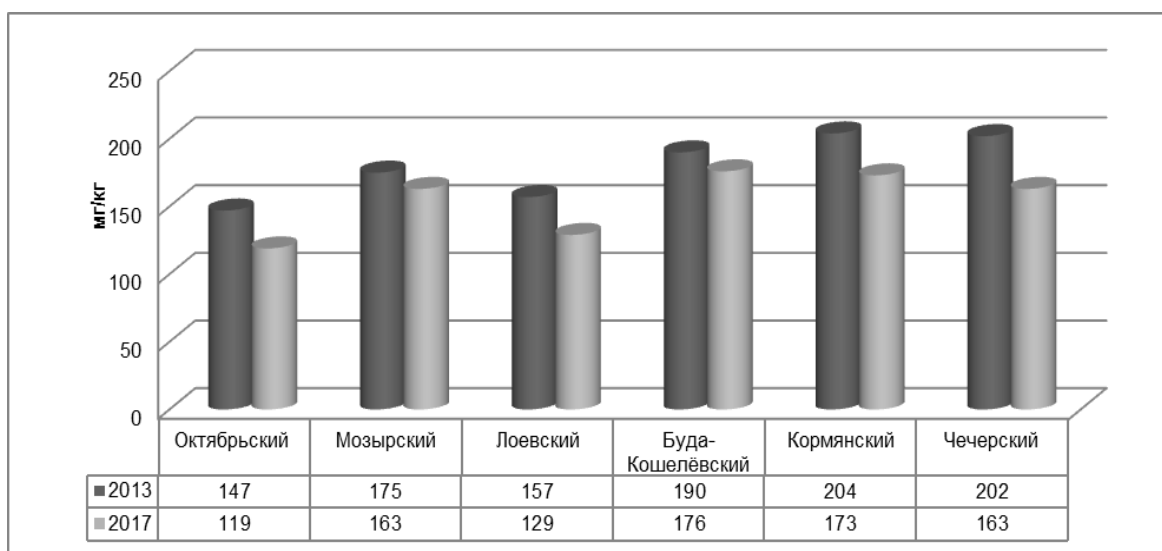


Рисунок 2.8 – Динамика средневзвешенных значений калия по районам в почвах лугов и пастбищ

Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 147–204 мг/кг, в 2017 году – 119–176 мг/кг почвы. По всем районам средневзвешенное содержание в луговой почве калия в 2013 году установлено в количестве 179 мг/кг почвы, в 2017 году – 154 мг/кг почвы или было меньше на 25 мг/кг. Только в Октябрьском районе данный показатель в 2017 году был на 17 мг/кг ниже. В Октябрьском и Доевском районах он оказался ниже на 28 мг/кг почвы, в Мозырском районе на 12 мг/кг почвы, в Буда-Кошелёвском на 14 мг/кг почвы, в Кормянском на 31 мг/кг почвы и в Чечерском районе на 31 мг/кг почвы.

Сравнение изменения средневзвешенных показателей содержания калия в пахотной и луговой почвах свидетельствует, что за четырёхлетний период на пахотной почве уменьшение показателя достигло 33 мг/кг, на луговых угодьях 25 мг/кг почвы.

После чернобыльской трагедии внесению калийных удобрений на загрязненной территории Беларуси стали уделять особое внимание. Это связано с тем, что внесение дифференцированных доз (в зависимости от типа почв, содержания в них подвижного калия и плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) калийных удобрений на слабо обеспеченных подвижным калием почвах (< 150 мг/кг почвы) уменьшает поступление в растения цезия-137 до 2,0 раза, а стронция-90 – до 1,5 раза.

Основные и дополнительные дозы калийных удобрений дифференцируются по типам почв, содержанию подвижного калия в почве и трем уровням плотности загрязнения радионуклидами: первый – содержание цезия-137 1–4,9 Ки/км<sup>2</sup> или стронция-90 – 0,15–0,29 Ки/км<sup>2</sup>; второй – содержание цезия-137 5,0–14,9 Ки/км<sup>2</sup> или стронция-90 – 0,30–0,99 Ки/км<sup>2</sup>; третий – содержание цезия-137 15,0–40,0 Ки/км<sup>2</sup> или стронция-90 – 1,0–3,0 Ки/км<sup>2</sup> (табл. 2.23.)

Таблица 2.23 – Нормативы потребности в калийных удобрениях (кг/га д.в. в год) на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	Содержание К <sub>2</sub> О, мг/кг почвы	Основные дозы К <sub>2</sub> О кг/га	Дополнительные дозы К <sub>2</sub> О (кг/га) при плотности загрязнения, Ки/км <sup>2</sup>		
			<sup>137</sup> Cs 1,0-4,9	<sup>137</sup> Cs 5,0-14,9	<sup>137</sup> Cs 15,0-40,0
			<sup>90</sup> Sr 0,15-0,29	<sup>90</sup> Sr 0,30-0,99	<sup>90</sup> Sr 1,0-3,0
Пахотные земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	80 и менее	100	50	100	150
	81-140	90	30	60	90
	141-200	80	20	40	60
	201-300	55	15	30	45
	более 300	-	-	-	-
Торфяные	200 и менее	140	40	80	120
	201-400	120	30	60	90
	401-600	100	20	40	60
	601-1000	60	10	20	30
	более 1000	-	-	-	-
Улучшенные луговые земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	80 и менее	80	40	80	120
	81-140	70	30	60	90
	141-200	60	20	40	60
	201-300	45	15	30	45
	более 300	-	-	-	-
Торфяные	200 и менее	100	40	80	120
	201-400	90	30	60	90
	401-600	80	20	40	60
	601-1000	60	10	20	30
	более 1000	-	-	-	-

На землях с высоким содержанием подвижных форм калия (более 300 мг/кг на минеральных и 1000 мг/кг на торфяных почвах) целесообразно внесение минимальных доз удобрений для поддержания оптимального калиевого режима почв [168].

Итак, калий является незаменимым минеральным элементом в жизни растений и животных. Анализ результатов исследований на содержание калия в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует, что к 2009 году средневзвешенное содержание подвижного калия в пахотных почвах повысилось до

уровня 202 мг/кг, в почвах лугов и сенокосов – до 138 мг/кг. Такое количество калия в основном соответствовало с потребностями сельскохозяйственных культур. Аналогичные исследования в шести районах области, в 2013 и 2017 годах, показали, что за четырёхлетний период произошло уменьшение средневзвешенного содержания калия на пахотной почве на 33 мг/кг, на луговой на 25 мг/кг. Вследствие этого произошло увеличение количества слабообеспеченных почв калием на пашне на 13790 га, на лугах и пастбищах на 6070 га.

На территории радиоактивного загрязнения, с целью снижения миграции радионуклидов в звене почва-растения, рекомендуется внесение дополнительных доз калийных удобрений дифференцированных по плотности загрязнения угодий.

## 2.5. Потребность и обеспеченность почв фосфором

Фосфор, как и кальций, распространен в природе (содержание в земной коре 0,08-0,12 вес.%). Он входит в состав ортофосфатных минералов кальцийфторапатита –  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$  и гидроксилapatита –  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$ , содержащихся в апатитовых и фосфоритных рудах. Природный фосфор состоит из одного стабильного изотопа  $^{31}\text{P}$ . Из шести искусственных радиоактивных изотопов фосфора практическое применение в биологии получил один –  $^{32}\text{P}$  с периодом полураспада 14,2 дня [51, 53].

В растениях фосфор содержится главным образом в виде органических соединений – солей фитиновой кислоты, фосфолипидов, нуклеиновых кислот и других соединений, причем в зерне (семенах) его в 3–4 раза больше, чем в соломе. Примерное распределение фракций фосфора в зерне следующее: фитаты растворимые и нерастворимые – 50–70%, фосфолипиды, фосфопротеины, нуклеиновые кислоты – 20–30, минеральные фосфаты – 8–12%. В зерне фосфор в среднем составляет 3,5–4,5 г, в пастбищных травах – 2,5–3,0 г на 1 кг сухого вещества. Уровень фосфора в растениях повышается при внесении в почву фосфорных удобрений. В поздних фазах вегетации количество фосфора снижается.

Потери фосфора наблюдаются в процессе силосования трав, а также при дождливой погоде во время сеноуборки, так как более 3/4 фосфора травы представляет собой водорастворимую фракцию. Относительно богаты фосфором жмыхи, шроты, пшеничные отруби, а также корма животного происхождения [51, 130].

Как в других областях Республики Беларусь, так и в Гомельской области преобладают дерново-подзолистые почвы, которые имеют низкое потенциальное плодородие, поэтому требуется применение удобрений как одного из наиболее существенных факторов, влияющих как на состояние плодородия почв, так и на продуктивность. Удобрения применяются таким образом, чтобы не только компенсировать вынос элементов питания с урожаем, но и повысить их запас в почвах и тем самым предотвратить их деградацию. Устойчивость дерново-подзолистых почв к деградации имеет большое научное и практическое значение. Одним из видов химической деградации пахотных почв является истощение их элементами питания, что отчетливо проявляется при экстенсивном способе хозяйствования [28, 120].

Известно, что содержание подвижных форм фосфатов является одним из основных признаков окультуренности почв и самым тесным образом связано с плодородием, урожайностью культур и качеством получаемой продукции [47, 94, 183].

По данным Гомельской ОПИСХ, в Гомельской области в период 1986-1990 гг., на пашню ежегодно вносилось в среднем по 65 кг/га д.в. в виде фосфорных удобрений. Одновременно по 26 кг  $P_2O_5$  на гектар поступало в составе органических удобрений. В итоге этим обеспечивался положительный баланс фосфора и накопление его в почвах. В дальнейшем объемы применения фосфорных удобрений самым существенным образом снизились. Уже в период 1994–1996 гг. дозы фосфорных удобрений в среднем по области уменьшились до 12–15 кг д.в., что было в 4–5 раз меньше по сравнению с 1990 г. Уровень применения фосфорных удобрений стал повышаться только с 1997 года и в 2008 году достиг 45 кг/га д.в. Однако и такие дозы фосфорных удобрений оказались недостаточными для существенного повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий и оптимизации содержания подвижных форм фосфора в почвах. В 2009 году средневзвешенное содержание подвижного фосфора в пахотных почвах составило 225 мг/кг (табл. 2.24.). Уменьшение запасов подвижного фосфора по отношению к предыдущему туру агрохимического обследования почв произошло в 103 хозяйствах.

Наиболее существенное снижение содержания подвижного фосфора в пахотных почвах произошло в Ельском (от 204 до 198 мг/кг) и Лельчицком (от 154 до 149 мг/кг) районах. Высокой долей в пашне почв, низко обеспеченных фосфором, характеризовались такие районы как Ельский (23,8%), Житковичский (24,7%), Лельчицкий (38,6%), Октябрьский (38,7%), Петриковский (28,0%) и Светлогорский (28,2%).



Таблица 2.24 – Динамика показателей содержания подвижного фосфора в пахотных почвах Гомельской области по турам обследования, мг/кг

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г.	1994г.– 1997г.	1998г.– 2001г.	2002г.– 2005г.	2006г.– 2009г.
1	Брагинский	210	247	226	250	250
2	Б.-Кошелевский	229	248	239	199	232
3	Ветковский	235	254	224	223	245
4	Гомельский	255	281	255	252	262
5	Добрушский	242	246	237	255	256
6	Ельский	208	177	165	204	198
7	Житковичский	203	203	197	192	200
8	Жлобинский	205	221	230	197	220
9	Калинковичский	189	201	174	193	204
10	Кормянский	215	240	240	200	225
11	Лельчицкий	156	141	133	154	149
12	Лоевский	221	224	185	204	204
13	Мозырский	220	219	193	226	226
14	Наровлянский	231	255	228	232	239
15	Октябрьский	183	188	157	164	164
16	Петриковский	191	195	191	185	188
17	Речицкий	221	214	212	230	231
18	Рогачевский	227	237	245	217	251
19	Светлогорский	210	182	161	191	197
20	Хойникский	243	277	262	284	298
21	Чечерский	212	247	234	179	230
	По области	216	225	213	211	225

Почвы пашни, с высоким содержанием фосфора (более 400 мг/кг), занимали 6,1%. Более всего таких почв находилось в Гомельском (14,0%), Добрушском (10,0%) и Хойникском (11,6%) районах. В целом пахотные почвы области характеризовались повышенным содержанием подвижного фосфора.

В сравнении с почвами пашни на почвах улучшенных сенокосов и пастбищ применение фосфорных удобрений находилось очень незначительным и существовало по остаточному принципу. Если в 1986-1990 гг. на луговых угодьях применялось 24 кг/га д.в. фосфора, то в последующие годы 1–2 кг/га. Вследствие этого, средневзвешенное содержание подвижного фосфора в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ по области уменьшилось с 134 мг/кг в 1997 году до 131 мг/кг в 2009 году (табл. 2.25.).

Почвы сенокосов и пастбищ имели в основном среднее содержание фосфора. Слабо обеспеченные фосфором почвы занимали около 49,4%. Однако, в таких районах как Ельский,

Брагинский, Октябрьский, Петриковский, Светлогорский и Лельчицкий площади таких почв составляли от 54,8 до 77,1%. Наиболее заметное снижение содержания фосфора за период между X и XI турами обследования произошло в почвах лугов Добрушского (от 170 до 157 мг/кг), Лельчицкого (от 74 до 70 мг/кг) и Хойникского (от 183 до 177 мг/кг) районов. По области удельный вес луговых почв с содержанием фосфора более 400 мг/кг составил 3,6%. Такие почвы занимали в Добрушском районе около 7,0% земель, в Хойникском – 9.8%.

Таблица 2.25 – Динамика показателей содержания подвижного фосфора в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области по турам обследования, мг/кг

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г. – 1993г.	1994г.– 1997г.	1998г. – 2001г.	2002г. – 2005г.	2006г. – 2009г.
1	Брагинский	127	141	119	119	114
2	Б.-Кошелевский	148	164	154	128	149
3	Ветковский	137	155	138	143	133
4	Гомельский	153	169	154	143	148
5	Добрушский	152	146	158	170	157
6	Ельский	124	95	94	115	113
7	Житковичский	118	124	110	113	121
8	Жлобинский	128	143	151	125	139
9	Калинковичский	115	121	93	96	120
10	Кормянский	131	141	130	104	132
11	Лельчицкий	88	69	65	74	70
12	Лоевский	146	142	117	149	149
13	Мозырский	124	118	103	136	136
14	Наровлянский	145	157	147	159	157
15	Октябрьский	106	108	74	78	78
16	Петриковский	117	124	112	101	98
17	Речицкий	142	140	134	151	156
18	Рогачевский	128	135	145	139	158
19	Светлогорский	117	87	77	94	93
20	Хойникский	157	190	150	183	177
21	Чечерский	132	152	151	109	159
	По области	130	134	122	123	131

Приведенные результаты свидетельствуют о большой пестроте почв по содержанию фосфора. Применение фосфорных удобрений с учетом обеспеченности почв фосфором может повышать окупаемость их применения и снижать производительные затраты. Было очевидно, что при сохранении вносимых количеств фосфорных

удобрений, ожидать какого-то повышения запасов фосфора, особенно в луговых почвах, не приходилось. В то же время истощение запасов фосфора в почве приводит к ускоренному вырождению травостоев, снижению кормовых достоинств многолетних трав и снижению эффективности вносимых азотных и калийных удобрений. Следовательно, увеличение количества вносимых фосфорных удобрений на пахотных и луговых землях является неотложной задачей.

В настоящее время в республике применяются интенсивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур, основой которых являются мероприятия по оптимизации условий роста и развития растений в период вегетации. Одним из основных мероприятий необходимых для роста и получения высоких урожаев культур является применение минеральных удобрений, в число которых входят фосфорные удобрения. Фосфорные удобрения производятся на Гомельском химическом заводе из привозного сырья. Удобрения отличаются довольно высокой стоимостью, поэтому не все сельскохозяйственные предприятия имеют возможности их приобретать под полную потребность. По этой причине в растениеводческой отрасли наблюдается недостаточность объемов применения удобрений, особенно фосфорных, что в сочетании с нарушением соотношения элементов питания может приводить к деградации почвенного плодородия. Всё это обуславливает необходимость его постоянного изучения.

Как следует из показателей таблицы 2.26., в 2017 году, в сравнении с аналогичными данными 2013 года, количество слабообеспеченных фосфором пахотных почв во всех обследованных районах, за исключением Чечерского, увеличилось на 0,5% в Кормянском и на 14,6% в Октябрьском районах. При этом среди пахотных земель слабообеспеченные фосфором почвы занимали площадь в Октябрьском районе 8086 га или 29,7%, в Лоевском районе – соответственно 5200 га или 22,6%.

Определение средневзвешенного содержания фосфора в пахотной почве показало, что оно во всех обследованных в 2017 году районах оказалось ниже в сравнении с предыдущим обследованием данных почв (рис. 2.9.). Так, в 2017 году в сравнении с 2013 годом, содержание фосфора в пахотной почве Октябрьского района снизилось на 45 мг/кг почвы, в Мозырьском районе – на 26 мг/кг почвы, в Лоевском районе – на 11 мг/кг почвы, Буда-Кошелёвском районе – на 32 мг/кг почвы, Кормянском районе – на 33 мг/кг почвы и Чечерском районе – на 8 мг/кг почвы.

Таблица 2.26 – Агрохимическая характеристика пахотных почв сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию фосфора

Наименование района	Год обследования	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы													
		≤60х		61-100		101-150		151-250		251-400		≥ 401		Слабообеспеченные (≤100х и ≤300хх)	
		≤200хх		201-300		301-500		501-800		801-1200		≥1201			
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	1035	4,4	2548	10,7	4606	19,4	7997	33,5	5921	24,9	1684	7,1	3583	15,1
	2017	2461	9,0	5625	20,7	6703	24,6	8054	29,7	3510	12,9	850	3,1	8086	29,7
	+-	1426	4,6	3077	10	2097	5,2	57	-3,8	-2411	-12	-834	-4	4503	14,6
Мозырский	2013	753	3,5	2176	10,0	3299	15,1	7352	33,7	5610	25,7	2618	12,0	2929	13,5
	2017	997	4,4	2775	12,1	5012	21,9	7477	32,7	4461	19,5	2142	9,4	3772	16,5
	+-	244	0,9	599	2,1	1713	6,8	125	-1	-1149	-6,2	-476	-2,6	843	3
Лоевский	2013	1951	8,4	3041	13,1	4817	20,7	7718	33,0	4611	19,8	1154	5,0	4992	21,5
	2017	1545	6,7	3655	15,9	5182	22,5	8054	34,9	3951	17,2	636	2,8	5200	22,6
	+-	-406	-1,7	614	2,8	365	1,8	336	1,9	-660	-2,6	-518	-2,2	208	1,1
Буда-Кошелевский	2013	2325	4,5	4060	7,8	6570	12,7	14597	28,1	16347	31,5	8020	15,4	6385	12,3
	2017	2414	4,0	6822	11,4	10672	17,9	20117	33,7	13556	22,7	6175	10,3	9236	15,4
	+-	89	-0,5	2762	3,6	4102	5,2	5520	5,6	-2791	-8,8	-1845	-5,1	2851	3,1
Кормянский	2013	1580	5,1	2197	7,1	3420	11,1	8376	27,2	10663	34,6	4598	14,9	3777	12,2
	2017	1106	3,5	2924	9,2	5233	16,5	11480	36,3	8490	26,8	2434	7,7	4030	12,7
	+-	-474	-1,6	727	2,1	1813	5,4	3104	9,1	-2173	-7,8	-2164	-7,2	253	0,5
Чечерский	2013	1256	5,5	1370	6,1	2221	9,8	6701	29,6	8408	37,1	2683	11,9	2626	11,6
	2017	557	2,5	1607	7,1	3036	13,4	7637	33,7	7835	34,4	2014	8,9	2164	9,6
	+-	-699	-3	237	1	815	3,6	936	4,1	-573	-2,7	-669	-3	-462	-2

Примечание: х- градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв.

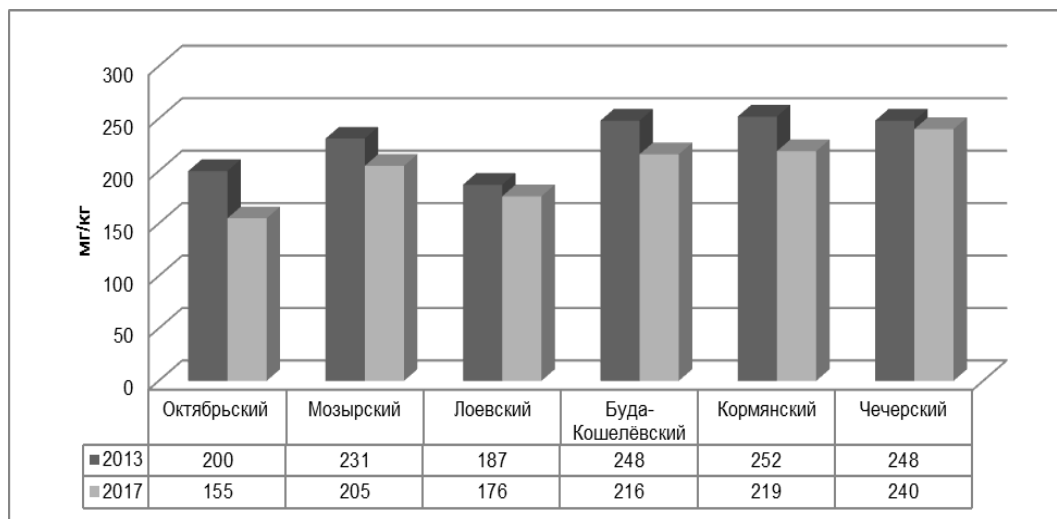


Рисунок 2.9 – Средневзвешенное содержание фосфора в пахотной почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах

Как уже отмечалось, вместе с пахотными почвами одновременно изучению подвергались и луговые почвы (табл. 2.27.).

Как и среди пахотных почв, количество слабообеспеченных фосфором луговых почв в 2017 году также увеличилось, в сравнении с предшествующим обследованием. За исключением Чечерского района, где их количество уменьшилось на 186 га или на 2,6%, в остальных же районах увеличилось от 4,2% в Буда-Кошелёвском до 11,9% в Октябрьском районах. Среди луговых земель удельный вес слабообеспеченных фосфором площадей составил в Кормянском районе 53,4%, в Октябрьском районе 50,7%, в Мозырском районе 45,7%. Изменение средневзвешенных показателей содержания фосфора через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2.10. Так, в Октябрьском районе данный показатель в 2017 году был ниже на 26 мг/кг почвы, в Мозырском – на 16 мг/кг почвы, в Лоевском – на 11 мг/кг почвы, в Буда-Кошелёвском – на 18 мг/кг почвы, в Кормянском – на 26 мг/кг почвы и в Чечерском районе не изменился.

Сравнение изменения средневзвешенных показателей на пахотной и луговой почвах свидетельствует, что на луговых угодьях снижение содержания фосфора происходило более низкими темпами, чем на пахотных землях. Например, в Октябрьском районе средневзвешенное содержание фосфора к 2017 году в пахотной почве снизилось на 45 мг/кг почвы, в луговой на 26 мг/кг почвы, в Мозырском районе соответственно на 26 и 16 мг/кг почвы, в Буда-Кошелёвском района – на 32 и 18 мг/кг почвы, в Кормянском районе – на 33 и 26 мг/кг почвы, в Чечерском районе – на 8 и 0 мг/кг почвы и только в одном Лоевском районе эти показатели оказались одинаковыми, на уровне 8 мг/кг почвы.

Таблица 2.27 – Агрохимическая характеристика луговых почв сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию фосфора

Наименование района	Год обследования	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы													
		≤ 60х		61-100		101-150		151-250		251-400		≥ 401		Слабообеспеченные 1-2	
		≤200хх		201-300		301-500		501-800		801-1200		≥1201			
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	1644	13	3361	26,1	3254	25,2	3312	25,7	1112	8,6	213	1,7	5005	38,8
	2017	2147	20	3216	30,4	3255	30,8	1512	14,3	361	3,4	83	0,8	5363	50,7
	+ -	503	7,6	-145	4,3	1	5,6	-1800	-11,4	-751	-5,2	-130	-0,9	358	11,9
Мозырский	2013	808	10,4	1999	25,7	1717	22,1	1912	24,6	969	12,5	365	4,7	2807	36,1
	2017	1192	14,9	2462	30,8	1564	19,6	1796	22,5	641	8,0	335	4,2	3654	45,7
	+ -	384	4,5	463	5,1	-153	-2,5	-116	-2,1	-328	-4,5	-30	-0,5	847	9,6
Лоевский	2013	1345	16,3	1801	21,8	1883	22,8	1779	21,5	977	11,8	478	5,8	3146	38,1
	2017	1081	11,9	2878	31,7	2101	23,1	1721	18,9	945	10,4	359	4,0	3959	43,6
	+ -	-264	-4,4	1077	9,9	218	0,3	-58	-2,6	-32	-1,4	-119	-1,8	813	5,5
Буда-Кошелевский	2013	4088	16,9	4868	20,1	4760	19,7	5263	21,7	3648	15,1	1578	6,5	8956	37,0
	2017	2936	17,0	4193	24,2	3870	22,5	3630	21,1	1682	9,8	922	5,4	7129	41,2
	+ -	-1152	0,1	-675	4,1	-890	2,8	-1633	-0,6	-1966	-5,3	-656	-1,1	-1827	4,2
Кормянский	2013	1741	26,3	1123	16,9	1037	15,6	1416	21,4	927	14,0	383	5,8	2864	43,2
	2017	1173	23,3	1515	30,1	996	19,8	828	16,5	360	7,2	158	3,1	2688	53,4
	+ -	-568	-3	392	13,2	-41	4,2	-588	-4,9	-567	-6,8	-225	-2,7	-176	10,2
Чечерский	2013	1615	22,7	1098	15,4	1149	16,2	1542	21,7	1144	16,1	565	7,9	2713	38,1
	2017	1339	18,8	1188	16,7	1171	16,4	1673	23,5	1264	17,8	486	6,8	2527	35,5
	+ -	-276	-3,9	90	1,3	22	0,2	131	1,8	120	1,7	-79	-1,1	-186	-2,6

Примечание: х- градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв.

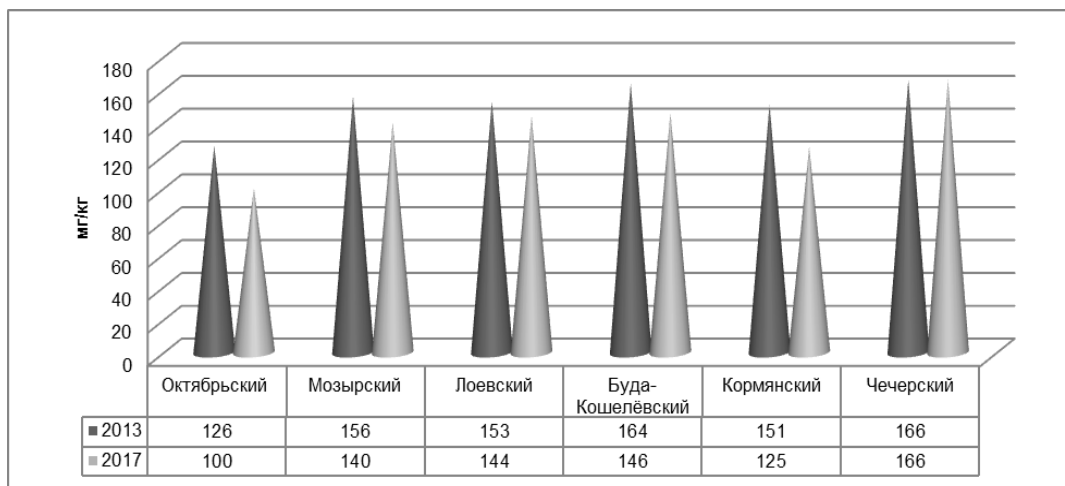


Рисунок 2.10 – Средневзвешенное содержание фосфора в луговой почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах

По результатам обследования сельскохозяйственных предприятий Октябрьского, Мозырского, Лоевского, Буда-Кошелёвского, Кормянского и Чечерского районов группой информации и картографии предприятия была проведена электронная обработка агрохимических показателей, составлены агрохимические паспорта сельскохозяйственных предприятий и районов в целом. Изготовлены картограммы показателей содержания фосфора для сельскохозяйственных предприятий, районных агрохимотделов, районных агросервисов. Полученные результаты исследований пахотных и луговых почв шести районов Гомельской области дополнили областную базу агрохимических данных.

Данные областной базы агрохимических исследований используются для определения потребности в удобрениях под планируемый урожай. На основании показателей агрохимической базы под урожай 2017 года была определена потребность в фосфорных удобрениях как по области в целом, так и в разрезе районов и хозяйств. Был проведён также анализ внесения данного вида удобрений и установлена обеспеченность в их потребности (табл. 2.28.).

Общая потребность области в фосфорных удобрениях составила 40,3 тыс. тонн действующего вещества. Однако для её удовлетворения было приобретено и внесено только 13,4 тыс. тонн фосфорных туков, что не превысило 33 % от требуемого количества. Среди районов не оказалось ни одного со 100% обеспеченностью фосфорными удобрениями. Самый высокий показатель обеспеченности оказался в Наровлянском районе (85%), затем следовали Брагинский (82%) и Ветковский районы (75%). Совсем не вносились фосфорные удобрения в Октябрьском районе и в незначительных количествах – в Петриковском (3%), Житковичском (5%) и Светлогорском (9%) районах.

Таблица 2.28 – Потребность и внесение фосфорных удобрений под урожай 2017 года по районам Гомельской области, тонн д.в.

№№ пп.	Наименование районов	Требуется	Внесено	% обеспеченности
1	Брагинский	1617	1323,8	82
2	Б-Кошелевский	2624	1339,1	51
3	Ветковский	1123	843,3	75
4	Гомельский	2020	560,3	28
5	Добрушский	2156	563,5	26
6	Ельский	1476	902,8	61
7	Житковичский	1720	92,4	5
8	Жлобинский	4109	465,2	11
9	Калинковичский	2929	736,7	25
10	Кормянский	1532	862,4	56
11	Лельчицкий	1330	444,9	33
12	Лоевский	1124	311,4	28
13	Мозырский	1317	369,3	28
14	Наровлянский	526	445,5	85
15	Октябрьский	1478	0	0
16	Петриковский	2314	67,3	3
17	Речицкий	3677	1384,4	38
18	Рогачевский	3117	1352,4	43
19	Светлогорский	1657	141,4	9
20	Хойникский	1159	641,5	55
21	Чечерский	1295	554,8	43
	Всего по области	40300	13402,4	33

В кормопроизводстве на загрязненной территории, для поддержания плодородия почв и снижения миграции радионуклидов в растения, особенно большое значение имеет, наряду с другими удобрениями, внесение фосфорными удобрениями. С этой целью в послеаварийное время были разработаны под основные сельскохозяйственные культуры дозы дополнительных фосфорных удобрений для земель с разной плотностью загрязнения радионуклидами (табл. 2.29.) [168].

Таблица 2.29 – Нормативы потребности в фосфорных удобрениях (кг/га в год) на загрязненных радионуклидами землях

Почвы	Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг почвы	Основные дозы P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , кг/га	Дополнительные дозы P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (кг/га) при плотности загрязнения, Ки/км <sup>2</sup>		
			<sup>137</sup> Cs 1,0–4,9	<sup>137</sup> Cs 5,0–14,9	<sup>137</sup> Cs 15,0–40,0
			<sup>90</sup> Sr 0,15–0,29	<sup>90</sup> Sr 0,30–0,99	<sup>90</sup> Sr 1,0–3,0
1	2	3	4	5	6
Пахотные земли					
Дерново-подзолистые, дерновые	60 и менее	45	15	30	45
	61-100	40	10	20	30
	101-150	35	5	10	15
	151-250	20	-	5	10
	более 250	-	-	-	-



Продолжение таблицы 2.29

1	2	3	4	5	6
Торфяные	200 и менее	60	20	40	60
	201-300	45	15	30	45
	301-500	30	10	20	30
	501-800	20	-	5	10
	более 800	-	-	-	-
Улучшенные луговые земли					
Дерново- подзолистые, дерновые	60 и менее	35	15	30	45
	61-100	30	10	20	30
	101-150	25	5	10	15
	151-250	10	-	5	10
	более 250	-	-	-	-
Торфяные	200 и менее	55	15	30	45
	201-300	40	10	20	30
	301-500	35	5	10	15
	501-800	20	-	5	10
	более 800	-	-	-	-

Таким образом, приведенные данные о потребности и количестве вносимых фосфорных удобрений в сельскохозяйственных районах Гомельской области свидетельствует об их явно низкой обеспеченности, не более 33%. Из-за недостаточного внесения фосфора наблюдается отрицательная динамика его содержания, как в пахотных, так и в луговых почвах, причём в пахотных она происходит более высокими темпами. Соответственно увеличивается количество слабообеспеченных почв данным элементом. В отдельных районах количество таких почв на пашне увеличилось до 29,7%, среди луговых земель до 53,4%, что отрицательным образом может сказываться на их плодородии и на получении желаемой растениеводческой продукции сельскохозяйственных культур.

## 2.6. Значение гумуса и обеспеченность им почв

Органическое вещество почвы имеет важнейшее значение в существовании жизни на нашей планете. Почвы планеты благодаря гумусу осуществляют накопление и хранение солнечной энергии на земле. Накопленная энергия при разложении органического вещества через биохимические и химические реакции высвобождается благодаря этому в почве, происходят важнейшие процессы почвообразования. Без этой энергии не может осуществляться жизнедеятельность микроорганизмов обитающих в почвах. По исследованиям ученых, в дерново-подзолистой почве нашей зоны запас энергии в составе гумусовых веществ колеблется от 100 до 260 млн. ккал/га [4].

Содержание гумуса является одним из основных показателей плодородия почвы. В гумусированной почве наиболее благоприятно складываются агрохимические, физические и биологические свойства для растений. Исключение гумуса из почвы превратило бы ее в бесплодную минеральную породу. Собственно гумусовые вещества составляет 80–90% всей органической части почвы [94]. Главным источником их пополнения являются корневые и поверхностные растительные остатки. Растения в процессе роста и развития в результате фотосинтетической деятельности накапливают солнечную энергию. После уборки культур растительные остатки в почве под влиянием микроорганизмов подвергаются сложным биохимическим процессам, в результате которых образуется специфический комплекс соединений, получивший название перегноя или гумуса.

Почвенный гумус является главным источником питательных веществ для растений. В нем содержится до 90% всего азота почвы. При разложении перегноя азот, фосфор, сера и другие заключенные в нем питательные элементы переходят в доступное для растений состояние. В настоящее время доказано, что в составе гумуса содержатся ферменты, витамины и ростовые вещества, которые оказывают существенное влияние на развитие растений. Под влиянием гумусовых веществ увеличивается влагоемкость почвы, улучшается ее структура, воздушный и тепловой режимы, повышается поглощательная способность [22, 27, 77, 89].

Получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на преобладающих дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, обладающих низким потенциальным плодородием, тесно связано с содержанием органических веществ [195, 210, 217].

В 90-е годы на пахотных почвах Гомельской области поддерживался положительный баланс гумуса. Он достигался за счет большого выхода навоза на торфяной подстилке и расширения доли многолетних трав до 24% от общей площади посева. В результате средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах области было повышено с 1,89% (1970 г.) до 2,48% (1994 г.). Потребовалось более двадцати лет упорного труда и больших капиталовложений, чтобы повысить содержание гумуса в почве, в среднем на 0,59%.

Затем в последующие годы средневзвешенное содержание гумуса начинает снижаться (табл. 2.30.). В 2009 г. этот важнейший показатель плодородия дерново-подзолистых пахотных почв снизился до уровня 2,27%. За последние четыре года до 2009 года средневзвешенное содержание гумуса в пахотных почвах области снизилось на 0,02%.

Уменьшение содержания гумуса в пахотных почвах произошло в двенадцати районах. На пахотных землях только в Гомельском, Ельском, Жлобинском, Кормянском, Лельчицком и Чечерском районах отмечена положительная динамика содержания гумуса в почвах.

Таблица 2.30 – Динамика показателей содержания гумуса в пахотных почвах Гомельской области по турам обследования, %

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г.	1994г.– 1997г.	1998г.– 2001г.	2002г.– 2005г.	2006г.– 2009г.
1	Брагинский	2,19	2,32	2,31	2,26	2,11
2	Б.-Кошелевский	2,11	2,27	2,16	2,08	2,01
3	Ветковский	2,62	2,16	2,25	2,12	2,07
4	Гомельский	2,68	2,56	2,55	2,33	2,37
5	Добрушский	2,14	2,10	2,05	1,97	1,87
6	Ельский	2,72	2,86	2,52	2,54	2,55
7	Житковичский	2,87	2,81	2,74	2,72	2,65
8	Жлобинский	2,65	2,59	2,50	2,22	2,33
9	Калинковичский	2,83	2,79	2,61	2,56	2,51
10	Кормянский	2,04	2,13	1,95	2,04	2,07
11	Лельчицкий	2,69	2,78	2,48	2,54	2,66
12	Лоевский	2,31	2,06	2,15	2,12	2,12
13	Мозырский	2,03	2,05	2,02	2,22	2,22
14	Наровлянский	2,31	2,50	2,41	2,29	2,25
15	Октябрьский	2,72	2,89	2,76	2,88	2,88
16	Петриковский	2,76	2,78	2,68	2,58	2,43
17	Речицкий	2,42	2,36	2,30	2,23	2,21
18	Рогачевский	2,61	2,50	2,41	2,29	2,22
19	Светлогорский	2,69	3,01	2,72	2,76	2,74
20	Хойникский	2,20	2,22	2,28	2,16	1,97
21	Чечерский	2,34	2,37	2,24	2,20	2,25
	По области	2,48	2,46	2,37	2,29	2,27

Существенное снижение содержания гумуса между X и XI турами обследования в пахотных почвах произошло в Брагинском (на 0,15%), Петриковском (на 0,15%) и Хойникском (на 0,19%) районах. Существенное снижение запасов гумуса в пахотных почвах наблюдалось практически в каждом втором хозяйстве области и стало серьезной угрозой потери их плодородия и последующего снижения продуктивности полей. Слабо обеспеченные гумусом пахотные почвы занимали 8,5%. Самые большие площади почв с низкой обеспеченностью гумусом находились в Добрушском районе – 20,8%, Лоевском – 16,2% и Хойникском – 17,5%. Больше половины пахотных земель занимали почвы с содержанием гумуса от 1,51 до 2,50%. Их доля составляла 57,0%.

В почвах луговых земель снижение содержания гумуса между X и XI происходило несколько меньшими темпами и которое не превысило 0,01% а средневзвешенное значение гумуса оставалось на уровне 2,71% (табл. 2.31.). Уменьшение содержания гумуса в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ произошло в одиннадцати районах.

Таблица 2.31 – Динамика показателей содержания гумуса в почвах улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области по турам обследования, %

№ п/п	Наименование района	VII тур	VIII тур	IX тур	X тур	XI тур
		1989г.– 1993г	1994г. – 1997г	1998г. – 2001г.	2002г. – 2005г.	2006г. – 2009г.
1	Брагинский	2,79	2,87	2,78	2,83	2,66
2	Б.-Кошелевский	2,62	2,65	2,59	2,51	2,43
3	Ветковский	2,78	2,42	2,65	2,52	2,45
4	Гомельский	2,86	2,92	2,89	2,80	2,80
5	Добрушский	2,77	2,76	2,73	2,64	2,63
6	Ельский	2,93	3,03	2,80	2,79	2,84
7	Житковичский	2,94	3,05	2,95	2,96	2,95
8	Жлобинский	2,77	2,84	2,73	2,62	2,71
9	Калинковичский	3,01	3,01	2,87	2,88	2,87
10	Кормянский	2,39	2,56	2,52	2,49	2,66
11	Лельчицкий	2,91	3,05	2,83	2,88	2,95
12	Лоевский	2,62	2,52	2,33	2,49	2,49
13	Мозырский	2,50	2,63	2,56	2,63	2,63
14	Наровлянский	2,72	2,94	2,82	2,68	2,57
15	Октябрьский	2,93	3,10	2,97	2,99	2,99
16	Петриковский	3,02	2,99	2,89	2,86	2,80
17	Речицкий	2,78	2,86	2,77	2,73	2,72
18	Рогачевский	2,84	2,85	2,75	2,69	2,61
19	Светлогорский	2,84	3,07	2,94	2,94	2,99
20	Хойникский	2,93	3,00	2,92	2,90	2,77
21	Чечерский	2,62	2,38	2,46	2,38	2,41
	По области	2,79	2,85	2,76	2,72	2,71

Наиболее заметное снижение содержания гумуса в луговых землях произошло в Брагинском (-0,17%) и Хойникском (-0,13%), а прирост средневзвешенной величины – в Кормянском (+0,17%) и Жлобинском (+0,09%) районах. На сенокосах и пастбищах слабо обеспеченные гумусом почвы занимали 3,1%.

В течение последующих туров специалистами-почвоведом было проведено полевое агрохимическое обследование в Октябрьском, Мозырском, Лоевском, Буда-Кошелевском, Кормянском и Чечерском районах (табл. 2.32).

Таблица 2.32 – Агрохимическая характеристика пахотных почв сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию гумуса

Наименование района	Год обследования	Градации почв по содержанию гумуса, %													
		≤ 1.00		1.01-1.50		1.51 - 2.00		2.01 - 2.50		2.51 - 3.00		≥ 3.01		Слабообеспеченные 1-2	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	0	0,0	118	0,7	866	5,2	2211	13,2	3119	18,6	10468	62,3	118	0,7
	2017	0	0,0	56	0,3	668	3,5	2023	10,6	3015	15,8	13269	69,8	56	0,3
	+ -	0	0,0	-62	-0,4	-198	-1,7	-188	-2,6	-104	-2,8	2801	7,5	-62	-0,4
Мозырский	2013	0	0,0	1626	7,5	9098	41,7	6 438	29,6	2755	12,7	1839	8,5	1626	7,5
	2017	11	0,0	751	3,3	6588	28,9	8847	38,8	4238	18,6	2381	10,4	762	3,3
	+ -	11	0,0	-875	-4,2	-2510	-12,8	2409	9,2	1483	5,9	542	1,9	-864	-4,2
Лоевский	2013	0	0,0	1847	8,1	7008	30,6	5609	24,6	4144	18,2	4222	18,5	1847	8,1
	2017	59	0,3	1208	5,4	5489	24,5	6169	27,4	3839	17,1	5683	25,3	1267	5,7
	+ -	59	0,3	-639	-2,7	-1519	-6,1	560	2,8	-305	-1,1	1461	6,8	-580	-2,4
Буда-Кошелевский	2013	0	0,0	4374	8,5	20532	39,6	15102	29,2	7384	14,3	4357	8,4	4374	8,5
	2017	12	0,0	2841	4,8	19488	32,7	20647	34,7	9918	16,6	6678	11,2	2 853	4,8
	+ -	12	0,0	-1533	-3,7	-1044	-6,9	5545	5,5	2534	2,3	2321	2,8	-1521	-3,7
Кормянский	2013	16	0,1	1192	3,9	10100	32,8	12390	40,2	4949	16,1	2125	6,9	1208	4,0
	2017	8	0,0	950	3,0	10262	32,4	13700	43,4	5199	16,4	1522	4,8	958	3,0
	+ -	-8	-0,1	-242	-0,9	162	-0,4	1310	3,2	250	0,3	-603	-2,1	-250	-1,0
Чечерский	2013	65	0,3	1022	4,6	6447	29,0	8844	39,7	4325	19,4	1548	7,0	1087	4,9
	2017	8	0,0	390	1,7	4471	19,9	8766	39,2	6713	29,9	2083	9,3	398	1,7
	+ -	-57	-0,3	-632	-2,9	-1976	-9,1	-78	-0,5	2388	10,5	535	2,3	-689	-3,2

Как видно из показателей таблицы 2.32. за четырехлетний период после предыдущего тура (в 2013 году) обследования количество слабо обеспеченных почв гумусом во всех районах снизилось. Снижение по районам составило от 0,4% в Октябрьском районе до 4,2% в Мозырском районе. Одновременно за данный период времени возросло количество почв с содержанием гумуса более 3,01% от 2,3% в Чечерском районе до 10,4% в Мозырском районе. И только в Кормянском районе количество почв с таким показателем гумуса снизилось на 2,1%.

Снижение количества слабо обеспеченных почв положительным образом коррелирует со средневзвешенными показателями (рис. 2.11.). По всем районам средневзвешенное содержание гумуса в пахотной почве увеличилось от 0,01% в Кормянском до 0,15% в Мозырском и Чечерском районах. В целом по шести районам средний показатель содержания гумуса прирос на 0,1% с 2,29% в 2013 году до 2,39% в 2017 году, что следует отнести к положительной тенденции.

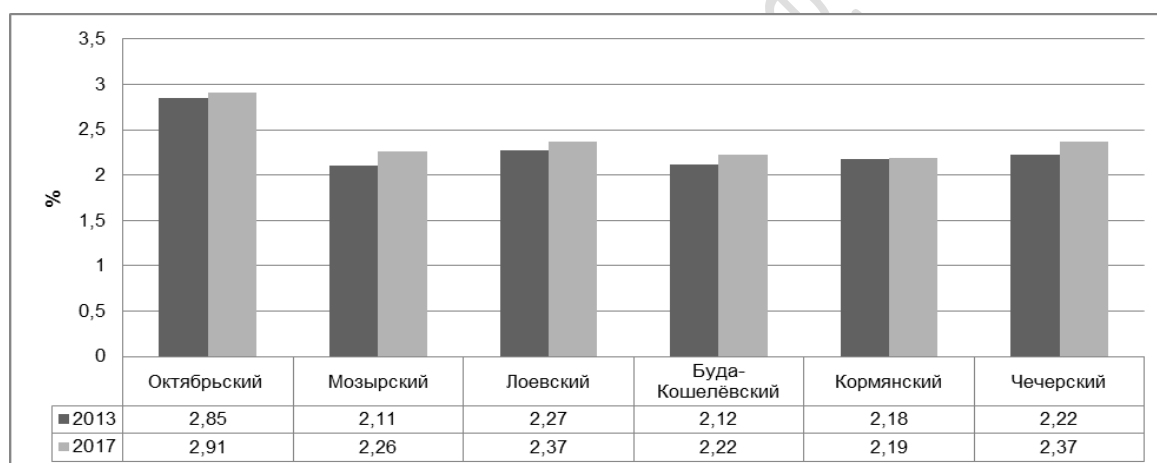


Рисунок 2.11 – Динамика средневзвешенных значений гумуса в пахотной почве обследованных районов

Кроме пахотных почв одновременно обследованию подвергались и луговые почвы (табл. 2.33.). С этой целью были отобраны пробы почвы луговых земель на площади 66,97 тыс. га в 2013 году и 57,0 тыс. га в 2017 году. Распределение площадей по градации содержания гумуса в почве показало, что если в 2013 году слабо обеспеченных почв гумусом было установлено 1434 га, то в 2017 году на 698 га меньше или на 49%. Из этого следует, что количество луговых почв с более высоким содержанием гумуса увеличилось. Так, например, прирост количества площадей луговых почв с содержанием гумуса более 3,01% составил от 3,9% в Октябрьском районе до 15,2% в Кормянском районе.

Таблица 2.33 – Агрохимическая характеристика почв улучшенных сенокосов и пастбищ сельскохозяйственных районов Гомельской области обследованных в 2013 и 2017 годах по содержанию гумуса

Наименование района	Год обследования	Градации почв по содержанию гумуса, %													
		≤1.00		1.01 - 1.50		1.51 - 2.00		2.01 - 2.50		2.51 - 3.00		≥3.01		Слабообеспеченные 1-2	
		га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	0	0,0	46	0,6	77	1,0	564	7,4	497	6,5	6454	84,5	46	0,6
	2017	0	0,0	32	0,6	60	1,1	168	3,1	366	6,8	4774	88,4	32	0,6
	+-	0	0	-14	0	-17	0,1	-396	-4,3	-131	0,3	-1680	3,9	-14	0
Мозырский	2013	0	0,0	77	1,1	1161	16,5	1308	18,6	1140	16,2	3344	47,6	77	1,1
	2017	0	0,0	46	0,6	430	5,9	1510	20,6	1502	20,5	3827	52,4	46	0,6
	+-	0	0	-31	-0,5	-731	-10,6	202	2	362	4,3	483	4,8	-31	-0,5
Лоевский	2013	0	0,0	275	3,5	1711	21,9	1366	17,5	1094	14,0	3353	43,1	275	3,5
	2017	8	0,1	204	2,4	979	11,5	1869	21,9	1135	13,3	4325	50,8	212	2,5
	+-	8	0,1	-71	-1,1	-732	-10,4	503	4,4	41	-0,7	972	7,7	-63	-1
Буда-Кошелевский	2013	24	0,1	536	2,3	5584	24,2	5398	23,4	4120	17,8	7437	32,2	560	2,4
	2017	7	0,0	291	1,8	2229	14,2	3467	22,0	2746	17,5	6993	44,5	298	1,8
	+-	-17	-0,1	-245	-0,5	-3355	-10	-1931	-1,4	-1374	-0,3	-444	12,3	-262	-0,6
Кормянский	2013	0	0,0	26	0,4	1152	17,8	2179	33,8	1300	20,1	1806	27,9	26	0,4
	2017	0	0,0	11	0,2	454	9,3	1216	24,8	1108	22,6	2116	43,1	11	0,2
	+-	0	0	-15	-0,2	-698	-8,5	-963	-9	-192	2,5	310	15,2	-15	-0,2
Чечерский	2013	39	0,6	411	6,4	1691	26,2	2047	31,6	1097	17,0	1172	18,2	450	7,0
	2017	33	0,5	104	1,7	1163	19,0	2098	34,4	1178	19,3	1533	25,1	137	2,2
	+-	-6	-0,1	-307	-4,7	-528	-7,2	51	2,8	81	2,3	361	6,9	-313	-4,8

Обращают на себя внимание заметные различия в содержании гумуса в луговой почве районов. Если в Октябрьском, Мозырском и Лоевском районах количество почв с содержанием гумуса в 2017 году составило соответственно 88,4%, 52,4% и 50,8%, то в Буда-Кошелёвском, Кормянском и Чечерском районах не превысило 50 % и соответственно составило 44,5%, 43,1% и 25,1%.

Изменение средневзвешенных показателей содержания гумуса через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2.12. Так, в Октябрьском районе данный показатель в 2017 году был выше на 0,03%, в Мозырском – на 0,12%, в Лоевском – на 0,13%, в Буда-Кошелёвском – на 0,16 %, в Кормянском – на 0,02 мг/кг и в Чечерском районе – на 0,15%. В целом по шести районам средний показатель содержания гумуса прирос на 0,13% с 2,58% в 2013 году до 2,71% в 2017 году.

Сравнение изменения средневзвешенных показателей на пахотной и луговой почвах свидетельствует, что на луговых угодьях накопление гумуса происходило чуть более высокими темпами (на 0,03%), чем на пахотных землях. Так, если разница данного показателя в 2013 году между пахотными и луговыми почвами имела разницу в 0,29%, то в 2017 году – 0,32%. Отсюда вытекает, что луговые почвы имеют более высокое содержание гумуса в сравнении с пахотными почвами и эта разница за период наблюдений увеличилась.

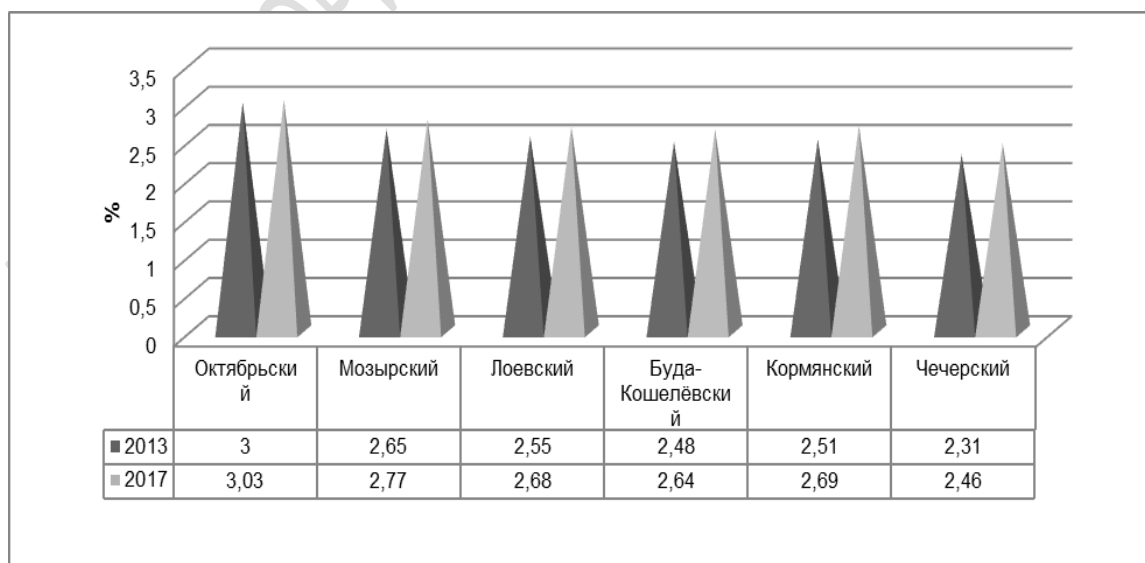


Рисунок 2.12 – Динамика средневзвешенных значений гумуса в почве улучшенных сенокосов и пастбищ обследованных районов



По результатам обследования сельскохозяйственных предприятий Октябрьского, Мозырского, Лоевского, Буда-Кошелевского, Кормянского и Чечерского районов группой информации и картографии Гомельской ОПИСХ проведена электронная обработка агрохимических показателей, составлены агрохимические паспорта сельскохозяйственных предприятий и районов в целом. Изготовлены картограммы показателей содержания гумуса для сельскохозяйственных предприятий, районных агрохимотделов, районных агросервисов. Полученные результаты исследований пахотных и луговых почв шести районов Гомельской области пополнили областную базу агрохимических данных.

Данные областной базы агрохимических исследований используются для определения потребности в удобрениях под планируемый урожай. На основании показателей агрохимической базы под урожай 2017 года была определена потребность в органических удобрениях как по области в целом, так и в разрезе районов и хозяйств.

Потребность в органических удобрениях для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в 2017 году, при сложившейся структуре посевных площадей, по области составила 12697,3 тысяч тонн или по 18,3 т на 1 га пашни, с колебаниями от 19,0 т/га в Светлогорском и Октябрьском до 17,2 т/га в Добрушском и 17,4 т/га в Ветковском районах. Фактически было внесено на пашню 6564,4 тысяч тонн или по 8,1 т/га, с колебаниями по районам от 12,3 т/га в Мозырском до 3,8 т/га в Наровлянском. Кроме того, за счет посевов промежуточных культур, дополнительно в почву поступило 246,8 тысячи тонн органики. Этого количества органических удобрений было недостаточно для обеспечения бездефицитного баланса гумуса. Дефицит составил около 5886,1 тысячи тонн.

В ряде районов, из-за отсутствия достаточного количества компостирующего материала, нарушалась технология приготовления и внесения качественных органических удобрений. Это было связано с тем, что в 2017 году на приготовление компостов было использовано только 1,4 тысяч тонн торфа, 436,9 тысяч тонн соломы и 17,4 тысяч тонн других видов подстилки. К этому следует добавить, что на многих фермах и комплексах структура навоза на 29–35% состоит из полужидкой фракции и 9–15% – жидкой. При сложившихся объемах использования торфа и соломы полужидкая и жидкая фракции навоза в полном объеме не используются, так как практически отсутствуют технические средства для их внесения.

Для компостирования данных фракций навоза необходимо иметь более 500 тысяч тонн компостирующих материалов.

При годовом внесении органики на сельскохозяйственные земли в количестве 7001,1 тысяч тонн, в летне-осенний период было внесено 1189,2 тысяч тонн или 17%, с колебаниями по районам от 31% (Буда-Кошелевский) до 2% (Кормянский и Чечерский). В двух районах, таких как Ельский и Хойникский, в летне-осенний период органика вообще не вносилась.

Фактическая окупаемость 1 тонны органических удобрений, внесенных под зерновые и зернобобовые культуры, составила 24,3 кг зерна. По районам окупаемость зерном 1 тонны органики колебалась от 18,6 кг в Октябрьском и 19,6 кг в Хойникском районах до 32,2 кг в Петриковском районе, при нормативной оплате 25 кг зерна.

При нормативной оплате 35 кг кормовых единиц, фактическая оплата 1 тонны органических удобрений, внесенных под все сельскохозяйственные культуры на пашне, составила 33,5 кг к. ед. По районам окупаемость 1 тонны органики находилась в пределах от 26,0 кг к. ед. в Кормянском и 26,8 кг к. ед. в Хойникском районах до 42,8 кг к. ед. в Петриковском и 42,5 кг к. ед. в Житковичском районах.

Известно, что основными источниками пополнения запасов гумуса в почвах оставались и будут и в дальнейшем оставаться органические удобрения, пожнивные и корневые остатки сельскохозяйственных культур. В связи с уменьшением поголовья скота и практически прекращением использования торфа, внесение органических удобрений на пахотных землях в последнее время сократилось до уровня 6,0–8,0 т/га.

Однако по расчётам специалистов для обеспечения бездефицитного баланса гумуса в пахотных почвах, минимальная потребность в органических удобрениях в хозяйствах области необходима на уровне 16–18,0 т/га, или в целом по области около 11–12 млн тонн при нынешней областной структуре посевных площадей. С учетом поголовья скота и выхода экскрементов в общественном секторе, возможности использования торфа, соломы, остатков прошлых лет, – реальный годовой выход навоза в области оценивается в 5–7 млн тонн, что не может обеспечивать возможности для ведения высокоинтенсивного земледелия.

В Гомельской области, также как и в других областях республики, происходят изменения в структуре посевных площадей, связанные с интенсификацией сельскохозяйственного производства.

В последние годы существенным образом расширяются посевы пропашных культур, особенно кукурузы. Одновременно с этим не наблюдается увеличение площадей многолетних трав, главного гумусообразующего и почвозащитного фактора современного земледелия [38, 39, 40]. Например, если в 1995 году в среднем по области на один гектар пропашных культур приходилось 1,8 гектаров многолетних трав, то затем это соотношение снизилось вдвое – до 0,9. На этом основании, с целью достижения бездефицитного баланса гумуса в почвах области, необходимо особенно тщательно подходить и уделять особое внимание совершенствованию структуры посевных площадей, как одному из стратегических направлений агрономической службы. В этом смысле в структуре посевных площадей требуется расширение посевов и повышение урожайности многолетних бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей (не менее 20%). Чем больше в структуре посевных площадей удельный вес многолетних трав, тем меньше баланс гумуса в почве зависит от доз органических удобрений [161, 162, 217].

По данным, полученным Никончик П.И. [126, 127], по количеству поставляемого в почву органического вещества за счет растительных остатков культуры различаются в 8–10 раз. Наибольшая их масса поступает от многолетних трав (50,4–62,9 ц/га) и наименьшая – от корнеклубнеплодов (6,9–11,7 ц/га). Зерновые колосовые занимают среднее положение (26,2–32,3 ц/га). Большие различия и между видами севооборотов. В оптимальном зернотравяном, зернотравяно-пропашном и зерновом с клевером растительных остатков накапливалось 35,1–41,8 ц/га, а в пропашном и зернопропашном – 14,6–23,0 ц/га. В зернотравяном севообороте с 50 % многолетних трав с четырехлетним их использованием растительных остатков запахивалось в почву в 1,6 раза меньше (25,9 ц/га), чем в севообороте с 33,3 % трав при однодвухгодичном использовании (40,6 ц/га).

В зернотравяном и зернотравяно-пропашном севооборотах с 25 и 33,3% многолетних трав (клевер 1 г. п., клевер + злаки 2 г. п.) баланс гумуса складывался положительно не только при навозно-минеральной системе (за 26 лет + 0,20–0,24%), но и при минеральной системе удобрений (+0,01–0,04%). В пропашном и зернопропашном севооборотах баланс отрицательный как при минеральной (-0,21–0,29%), так и навозно-минеральной системе удобрений (-0,05–0,09%). Увеличение удельного веса многолетних трав в севообороте с 33 до 83%, за счет удлинения срока пользования с 3-х до

7-ми лет и бессменное возделывание злаковых трав (30 лет) не привело к увеличению накопления гумуса в почве, наоборот, имела место тенденция к снижению содержания (с 2,32 до 2,29%).

Рекомендуется также иметь в структуре посевных площадей не менее 10% пожнивных и поукосных культур. Использование поукосных и пожнивных посевов, наряду с увеличением производства кормов, способствует повышению плодородия почвы, обогащая её органическим веществом. В наибольшей мере для пожнивных посевов пригодны холодостойкие быстрорастущие культуры семейства крестоцветных, проявляющие высокую отзывчивость на применение азотного удобрения.

В результате многолетних наблюдений Никончика П. И. [127] установлено, что насыщение севооборотов до 37,5% промежуточными культурами увеличивает поступление органического вещества в почву за счёт растительных остатков на 30,7-33,2%, а содержание гумуса в почве за 8-летнюю ротацию севооборота возрастает на 3,2-4,6% по отношению к исходному уровню. При этом масса растительных остатков зависит от ряда факторов.

В опытах, выполненных Шлапуновым В.Н. с соисполнителями [217] на легкосуглинистой почве НППЦ по земледелию, урожайность пожнивных культур (рапса ярового, рапса озимого, сурепицы озимой и редьки масличной), под которые вносилось азотное удобрение в дозе 90 кг/га д.в., обеспечивало получение урожайности зелёной массы в зависимости от культуры от 168 до 277 ц/га, или в 2,9–3,1 раза больше в сравнении с безазотным фоном. По утверждению авторов исследования зелёная масса пожнивных крестоцветных культур имеет высокую обеспеченность кормовым белком. Увеличение доз азота с 30 до 90 кг/га д.в. сопровождалось повышением содержания сырого протеина в сухом веществе рапса ярового с 15,2 до 18,7%, рапса озимого – с 16,9 до 23,8%, сурепицы озимой – с 17,3 до 21,4%, редьки масличной – с 16,6 до 18,8%. Наряду с ростом урожайности, с увеличением доз азота с 30 до 90 кг/га д.в. возрастал и вынос с урожаем из почвы элементов питания не только валовый с 1 га, но и на единицу продукции. В расчёте на 1 т сухого вещества в зависимости от культуры он увеличивался по азоту на 12,8–22,5%, калию – на 10,6–20,6%, фосфору – на 5,9–9,5%. С ростом урожайности пожнивных и поукосных культур увеличивается и поступление в почву органического вещества с корневыми и стерневыми остатками.

В опытах этих же авторов, проведённых на экспериментальной базе «Жодино» Смолевичского района показано, что накопление

в почве растительных остатков в значительной мере зависит от вида промежуточной культуры и сроков посева. Среди бобовых культур более высоким накоплением растительных остатков при поукосном посеве (15.07) выделялись викоовсяная смесь и люпин жёлтый – 22 и 20 ц/га соответственно. При переносе сева этих культур на 29.07 урожайность снижалась на 58,5–45%, а накопление растительных остатков – на 65,0–54,5%. Более урожайной в поукосных посевах была пелюшко-овсяная смесь. Она превзошла люпин на 10,8%, викоовсяную смесь – на 35% при первом сроке сева и, соответственно, на 65,4% и 86,1% при втором. Однако по накоплению в почве растительных остатков смесь пелюшки с овсом при первом сроке сева уступала другим культурам. В тоже время возможности расширения площадей под поукосными культурами ограничиваются необходимостью размещения в этих полях севооборота рано высеваемых рапса озимого и сурепицы на маслосемена. Поэтому более перспективно увеличение площади посева пожнивных культур для использования на корм и зелёное удобрение, играющих значительную роль и в накоплении органического вещества корневых и стерневых остатков. Как и в поукосных посевах урожайность пожнивных культур от первого срока сева (05.08) к последнему (17.08) также снижалась в зависимости от культуры в 1,8–3,4 раза. При первом сроке пожнивного посева урожайность рапса ярового составила 372, рапса озимого – 197, сурепицы озимой – 189, редьки масличной – 230 и горчицы белой – 167 ц/га зелёной массы. При такой урожайности корневые и стерневые остатки рапса и сурепицы составляли 24–28 ц/га. Наименьшим их накопление было у горчицы белой (12,9 ц/га) и редьки масличной (18,2 ц/га). При втором сроке сева (19.08) накопление растительных остатков, как и урожайность, снижались в 2–3 раза. Химическим анализом установлено, что из минеральных веществ в растительных остатках озимых рапса и сурепицы содержалось калия – 70–80 кг/га, азота – 50–70 кг/га, фосфора – 30–40 кг/га.

◀ Кроме всего вышеприведенного одним из путей повышения содержания в почве гумуса является увеличения объемов внесения органических удобрений за счёт утилизации полужидкой фракции навоза (которая может достигать до 41% в структуре навоза) путём использования торфа, сапропелей и других наполнителей. К хорошим источникам увеличения объемов внесения органических удобрений следует отнести солому. Известно, что запашка одной тонны соломы в сочетании с жидким навозом или минеральным азотом по своему действию равноценна примерно 7,5 т/га навоза. При использовании соломы на удобрение происходит обогащение почвы

элементами питания и повышается содержание гумуса. С одной тонны соломы в почву возвращается 4,2 кг азота, 1,7 кг фосфора, 8,3 кг калия, 4,2 кг кальция, 0,7 кг магния, и ряд микроэлементов, которые больше накапливаются в соломе, чем в зерне. Удобрение соломой повышает доступность фосфора и калия почвы, за счет растворяющего действия веществ кислой природы, образующихся при ее разложении. Это особенно важно при дефиците минеральных удобрений, имеющем место во многих хозяйствах области.

Приведенный перечень мер при их постоянном и целенаправленном использовании может обеспечить стабильный бездефицитный или положительный баланс гумуса в пахотных почвах, что является основой расширенного воспроизводства плодородия почв.

В настоящее время современное состояние баланса гумуса в пахотных почвах Беларуси у почвоведов вызывает определенную озабоченность. Несмотря на высокую значимость содержания гумуса в почве, фактическое состояние его баланса не соответствует требованиям интенсивного ведения агропроизводства. Так, по результатам агрохимического обследования почв за десятилетний период (1996–2010 гг.), средневзвешенное содержание гумуса снизилось с 2,28 до 2,23%. До этого три десятилетия, до 1996 года, поддерживался положительный баланс гумуса за счет большого выхода навоза на торфяной подстилке и расширения доли многолетних трав до 25–28% в общей структуре посевов. В последующие годы уменьшение применения органических удобрений приняло системный характер. В 1986–1990 гг. на 1 га пашни было внесено 14,1, в 1991–1995 гг. – 11,6, в 1996–2000 гг. – 8,1, в 2001–2005 гг. – 6,5, в 2006–2010 гг. – 7,9 т. К тому же с 1996 г. начали сокращаться площади многолетних трав с 1440,1 тыс. га (27,9%) до 666 тыс. га (12,8%) в 2012 г., а площади кукурузы увеличились за этот период с 184,3 тыс. га (3,6%) до 1062,7 тыс. га (20,4%). Это значительно снизило возможности пополнения органического вещества за счет самих растений в севооборотах и воспроизводства гумуса в почве. Наиболее целесообразным является стабилизировать посевные площади многолетних трав на уровне 850–900 тыс. га и кукурузы на силос 500–550 тыс. га [34, 40].

В кормопроизводстве на загрязненной территории, для поддержания плодородия почв и снижения миграции радионуклидов в растения, особенно большое значение имеет внесение, наряду с минеральными, органических удобрений в необходимых количествах. С этой целью в послеаварийное время были разработаны под основные сельскохозяйственные культуры дозы органических удобрений (табл. 2.34.) [168].

Таблица 2.34 – Рекомендуемые дозы органических удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на загрязненных радионуклидами землях

Культура	Органические удобрения (фон), т/га
Картофель	40-50
Озимые зерновые	20-30
Сахарная свекла	60-70
Кормовая свекла	70-80
Кукуруза	70-80
Многолетние злаковые травы при залужении	30-40

Таким образом, получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на преобладающих дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, обладающих низким потенциальным плодородием, тесно связано с содержанием органических веществ. Требуется постоянное периодическое изучение изменений содержания гумуса в почве сельскохозяйственных угодий с тем, чтобы знать его динамику и разрабатывать мероприятия по управлению процессами его накопления. В районах Гомельской области, в которых недостаточно вносятся органические удобрения, наблюдается низкая окупаемость удобрений зерном и оплата в кормовых единицах.

## 2.7. Микроэлементы почв

### 2.7.1. Содержание меди в пахотной и луговой почвах

Почвы и растения – важные компоненты биологической среды, которая может быть в целом охарактеризована как огромная, сложная и постоянно изменяющаяся часть биосферы. Распространенность микроэлементов в почвах влияет на поступление этих элементов в живые организмы и поэтому имеет большое значение в исследованиях в области охраны окружающей среды и производства продуктов питания.

Медь – элемент побочной подгруппы I группы периодической системы. В земной коре ее содержится примерно 0,007 вес. %, т. е. в 600 раз меньше, чем железа. Медь входит в состав более 200 минералов, но главным ее источником служат сульфидные руды [53]. В природе медь представлена двумя стабильными изотопами –  $^{63}\text{Cu}$  и  $^{65}\text{Cu}$  (в соотношении 69,1 и 30,9%, соответственно). Из восьми искусственных

радиоизотопов меди в биологических исследованиях обычно используют  $^{64}\text{Cu}$  с периодом полураспада 12,8 ч.

Медь относится к незаменимым элементам в жизни растений и животных. В растениях она участвует в процессе фотосинтеза, способствует усвоению крахмала и азота, повышает устойчивость хлорофилла, стимулирует дыхание. В вегетативных частях растений меди больше, чем в генеративных. На ее содержание влияет вид растений, тип почвы, стадия вегетации, внесение медьсодержащих удобрений. Из растительных кормов относительно богаты медью просо, шрот, клеверная мука, сухой жом, патока, дрожжи, из животных – костная и мясо-костная мука, творог.

Внимание зоотехников привлекают следующие аспекты проблемы медного питания животных: 1) наличие биогеохимических провинций и районов с недостаточностью меди в почвах и растениях; 2) возникновение дефицита меди у телят при длительном выпаивании цельного молока и заменителя цельного молока; 3) возможность вторичной недостаточности меди вследствие ее сложных взаимодействий с другими элементами; 4) возрастающая опасность хронических медных токсикозов в связи с неумеренным ее использованием в животноводстве [51, 87].

Почва является особенной частью биосферы, которая не только геохимически аккумулирует компоненты, как природных, так и антропогенных выбросов, но и выступает естественным буфером, контролирующим перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество [75]. Микроэлементы, поступающие из различных источников, попадают в конечном итоге на поверхность почвы и их дальнейшая судьба зависит от ее химических и физических свойств. В настоящее время загрязнение почв происходит главным образом в промышленных районах и в центрах крупных населенных пунктов от предприятий, транспорта, коммунальных сточных вод. Источниками микроэлементов для почв также являются вносимые удобрения, пестициды, полив и орошение [157].

Из почвы растения могут накапливать микроэлементы, особенно тяжелые металлы, в тканях вследствие больших возможностей адаптации к изменениям почвенных химических свойств. Поэтому растения являются промежуточным резервуаром, через который микроэлементы переходят из почв в организм человека и животных [76, 153, 154].

Медь относится к одному из тяжелых металлов в почве. Преобладающей обычно в поверхностных средах подвижной формой меди является катион с валентностью +2, однако в почвах могут присутствовать и другие ионные формы. Ионы меди способны прочно



удерживаться в обменных позициях, как на неорганических, так и на органических веществах.

Несмотря на то что в агрономической практике важное значение имеют растворимые, а следовательно, подвижные и доступные формы меди в почвах, при геохимических исследованиях основная доля получаемой информации – это валовые содержания меди в почвах. Распределение валовых содержаний меди в поверхностном слое почв различных стран колеблется в пределах 1–160 мг/кг сухой массы почвы [70]. В песчаных почвах и подзолах Европейской части бывшего СССР в пределах 1,5–29 мг/кг или в среднем 11 мг/кг сухой массы [65], в суглинистой и глинистой почве Томской области в пределах 1–21 мг/кг или в среднем 12 мг/кг [68], в черноземах соответственно 16–70 или 27,5 мг/кг [65, 70, 219].

Медь, сохраняющаяся в поверхностном слое, влияет на биологическую активность почвы и может поступать в растения в самых различных условиях. После поступления в растения медь присутствует в основном в комплексных соединениях с низкомолекулярными органическими веществами и протеинами. Она входит в состав ферментов, имеющих жизненно важные функции для метаболизма растений, играет значительную роль в таких физиологических процессах как фотосинтез, дыхание, перераспределение углеводов, восстановление и фиксация азота, метаболизм протеинов и клеточных стенок. Медь контролирует образование ДНК и РНК, и ее дефицит заметно тормозит репродукцию растений, оказывает влияние на механизмы, определяющие устойчивость к заболеваниям. В вегетативных частях растений меди больше, чем в генеративных. На её содержание влияет тип почвы, вид растений, стадия вегетации, внесение медьсодержащих удобрений. В ряде работ сообщалось, что длительное использование неорганических фосфатных удобрений существенно повышает природный уровень меди и фосфора в почвах [70, 76].

Внимание практиков связано с такими проблемами медного питания животных как наличие биогеохимических провинций, дефицит меди у молодняка при выпаивании цельного молока и заменителя цельного молока, вторичная недостаточность меди из-за её сложных взаимоотношений с другими элементами, опасности хронических медных токсикозов вследствие её неправильного использования в животноводстве или высокого содержания в кормах [51]. На основании вышеприведенного можно заключить, что меди придаётся большое значение в исследованиях в области охраны окружающей среды и производства продуктов питания, поэтому определение её содержания в почве сельскохозяйственных угодий проводится на регулярной основе, в том числе и в Гомельской области.

Как следует из показателей таблицы 2.35. по содержанию меди в дерново-подзолистой и торфяной почвах применяется четырёхинтервальная градация показателей. Анализ результатов исследований свидетельствует, что если удельный вес площадей первого интервала (менее 1,5 мг/кг почвы) в 2013 году составил 52,1% от всей площади обследованных площадей, то в 2017 году он был ниже на 2,27%. Проанализировав показатели четвертого интервала, с самой высокой концентрацией меди, можно отметить, что удельный вес площадей здесь прирост на 0,98%, с 1,32% до 2,30%. Также отмечен прирост площадей на 0,05% во втором интервале и на 0,65% в третьем интервале. Из этого следует, что наблюдается увеличение количества площадей с более высоким содержанием в почве меди. Если в 2013 году 47,9% обследованных площадей имели удельную концентрацию меди более 1,51 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 год уже 50,2%.

Таблица 2.35 – Агрохимическая характеристика пахотной почвы шести районов Гомельской области по содержанию меди

Наименование района	Год обследования	Содержание меди, мг/кг почвы							
		≤1,50х		1,51-3,00		3,01-5,00		≥ 5,01	
		≤ 5,09xx		5,10-9,09		9,10-12,09		≥ 12,10	
		га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	7502	31,5	12910	54,3	2800	11,8	579	2,4
	2017	9490	34,9	14148	52,0	2508	9,2	1057	3,9
	+ -	1988	3,4	1238	-2,3	-292	-2,6	478	1,5
Мозырский	2013	14916	68,4	5423	24,9	902	4,1	567	2,6
	2017	13329	58,2	7745	33,9	998	4,4	792	3,5
	+ -	-1587	-10,2	2322	9,0	96	0,3	225	0,9
Лоевский	2013	7301	31,3	13253	57,0	2405	10,3	333	1,4
	2017	6168	26,8	13412	58,2	2987	13,0	456	2,0
	+ -	-1133	-4,5	159	1,2	582	2,7	123	0,6
Буда-Кошелевский	2013	26953	51,9	23111	44,5	1353	2,6	502	1,0
	2017	26411	44,2	27833	46,6	3933	6,6	1579	2,6
	+ -	-542	-7,7	4722	2,1	2580	4	1077	1,6
Кормянский	2013	20660	67,0	9513	30,9	558	1,8	103	0,3
	2017	22204	70,1	8858	28,0	349	1,1	256	0,8
	+ -	1544	3,1	-655	-2,9	-209	-0,7	153	0,5
Чечерский	2013	14102	62,3	8237	36,4	255	1,1	45	0,2
	2017	14675	64,7	7483	33,0	297	1,3	231	1,0
	+ -	573	2,4	-754	-3,4	42	0,2	186	0,8

Примечание: х- градация для минеральных почв, xx – градация для торфяных почв.

При повторном определении средневзвешенное содержание меди в пахотной почве в целом по шести районам на 0,08 мг/кг было выше в сравнении с предыдущим обследованием данных почв

(рис. 2.13.). Исключение составляли лишь показатели в Октябрьском и Кормянемском районах, где они были соответственно ниже на 0,06 и 0,02 мг/кг почвы. Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 1,44–2,16 мг/кг, в 2017 году – 1,42–2,17 мг/кг почвы.

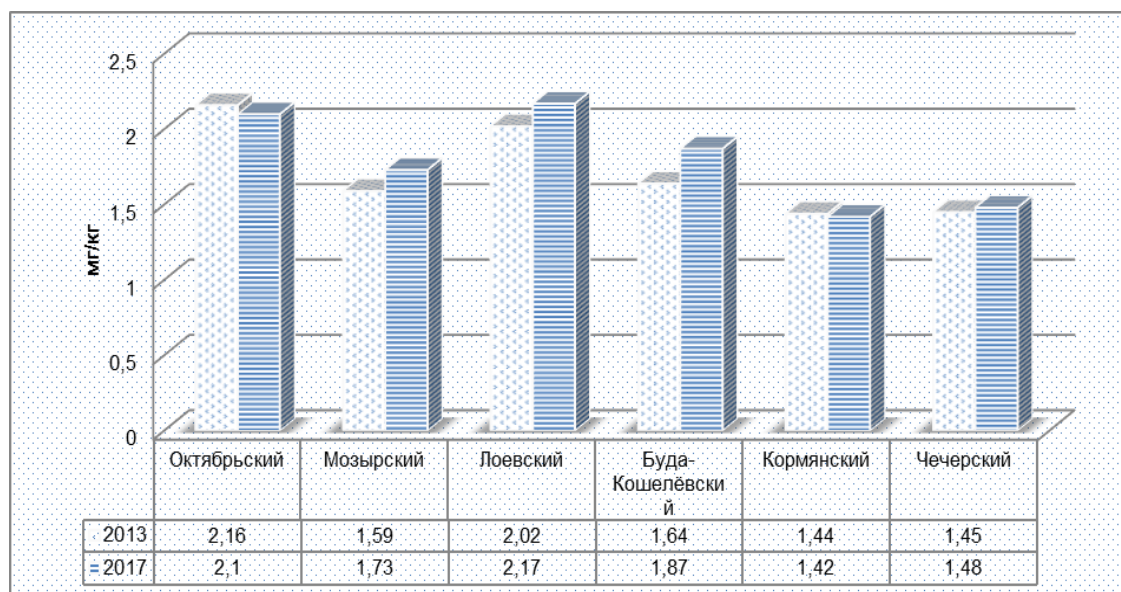


Рисунок 2.13 – Средневзвешенное содержание меди в пахотной почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах

Кроме пахотных почв одновременно обследованию подвергались и луговые почвы (табл. 2.36.). С этой целью были отобраны пробы почвы луговых земель на площади 66,97 тыс. га в 2013 году и 57,0 тыс. га в 2017 году. Распределение площадей по удельной концентрации в почве меди показало, что если в 2013 году первую группу их попало 45,8%, во вторую 41,4%, третью группу 9,7% и четвертую группу 3,1%, то в 2017 году соответственно 39,1, 42,4, 13,1 и 5,4%. Из этого следует, что количество луговых почв с более высоким содержанием меди увеличилось. Если количество площадей в первой группе уменьшилось на 6,7%, то на такое же количество их приросло во второй-четвертой группах. Во второй группе прирост составил 1,0 %, третьей группе – 3,4% и четвертой группе – 2,3%. Количество площадей луговых земель с содержанием меди более 1,5 мг/кг почвы увеличилось с 54,2% до 60,9%.

Сравнение пахотных и луговых площадей по содержанию меди свидетельствует, что в первой группе луговых почв в 2017 году находилось 39,1%, пахотных почв – 49,8%. Из этого вытекает, что содержание меди в луговой почве выше, чем в пахотной. Такая же ситуация наблюдалась и при обследовании почв в 2013 году.

Таблица 2.36 – Агрохимическая характеристика луговой почвы шести районов Гомельской области по содержанию меди

Наименование района	Год обследования	Площадь, га	Содержание меди, мг/кг почвы							
			менее 1,50х		1,51-3,00		3,01-5,00		более 5,01	
			менее 5,09xx		5,10-9,09		9,10-12,09		более 12,10	
			га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	12896	4093	31,7	6951	53,9	1349	10,5	503	3,9
	2017	10574	3719	35,2	5175	48,9	1056	10,0	624	5,9
	+-	-2322	-374	3,5	-1776	-5	-293	-0,5	121	2
Мозырский	2013	7770	4429	57,0	2509	32,3	581	7,5	251	3,2
	2017	7990	3430	42,9	3189	39,9	1020	12,8	351	4,4
	+-	220	-999	-14,1	680	7,6	439	5,3	100	1,2
Лоевский	2013	8263	2910	35,2	3878	46,9	1138	13,8	337	4,1
	2017	9085	2280	25,1	4845	53,3	1573	17,3	387	4,3
	+-	822	-630	-10,1	967	6,4	435	3,5	50	0,2
Буда-Кошелёвский	2013	24205	9351	38,6	10395	42,9	3354	13,9	1105	4,6
	2017	17233	5046	29,3	7454	43,3	3415	19,8	1318	7,6
	+-	-6972	-4305	-9,3	-2941	0,4	61	5,9	213	3
Кормянский	2013	6627	3281	49,6	2671	40,3	540	8,1	135	2,0
	2017	5030	2215	44,0	1896	37,7	617	12,3	302	6,0
	+-	-1597	-1066	-5,6	-775	-2,6	77	4,2	167	4
Чечерский	2013	7113	4459	62,7	2279	32,0	297	4,2	78	1,1
	2017	7121	4125	57,9	2240	31,5	444	6,2	312	4,4
	+-	8	-334	-4,8	-39	-0,5	147	2	234	3,3

Примечание: х- градация для минеральных почв, xx – градация для торфяных почв.

Изменение средневзвешенных показателей содержания меди через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2.14. Так, только в Октябрьском районе данный показатель в 2017 году был без изменений и находился на уровне 2,20 мг/кг почвы, в Мозырском районе оказался выше на 0,25 мг/кг почвы, в Лоевском – на 0,23 мг/кг почвы, в Буда-Кошелёвском – на 0,37 мг/кг почвы, в Кормянском – на 0,33 мг/кг почвы и в Чечерском районе – на 0,28 мг/кг почвы. Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году варьировало в пределах 1,55–2,20 мг/кг, в 2017 году – 1,83–2,20 мг/кг почвы. Средневзвешенное содержание в луговой почве меди в 2013 году было в количестве 1,96 мг/кг почвы, в 2017 году – 2,21 мг/кг почвы или было больше на 0,25 мг/кг почвы.

Сравнение изменения средневзвешенных показателей содержания меди в пахотной и луговой почвах свидетельствует, что если за четырёхлетний период на пахотной почве прирост

показателя составил 0,08 мг/кг почвы, то на луговых угодьях – 0,25 мг/кг. Следовательно, скорость накопления меди в луговой почве оказалась более чем в 3,1 раза высокой в сравнении с пахотной почвой.

Итак, медь является незаменимым элементом в жизни растений и животных. Почва относится к части биосферы, которая не только геохимически аккумулирует медь, но является естественным буфером, контролирующим её перенос в растения.

Анализ результатов исследований на содержание меди в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании средневзвешенных показателей, в 2013 году, для пахотной почвы в пределах 1,44–2,16 мг/кг, в 2017 году – 1,42–2,17 мг/кг почвы, в луговой – соответственно 1,55–2,20 и 1,83–2,20 мг/кг почвы. Наблюдается увеличение количества площадей с более высоким содержанием в почве меди. Если в 2013 году 47,9% обследованных площадей пахотных почв имели удельную концентрацию меди более 1,51 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 год уже 50,2 %, соответственно луговых почв – 54,2% и 60,9%.

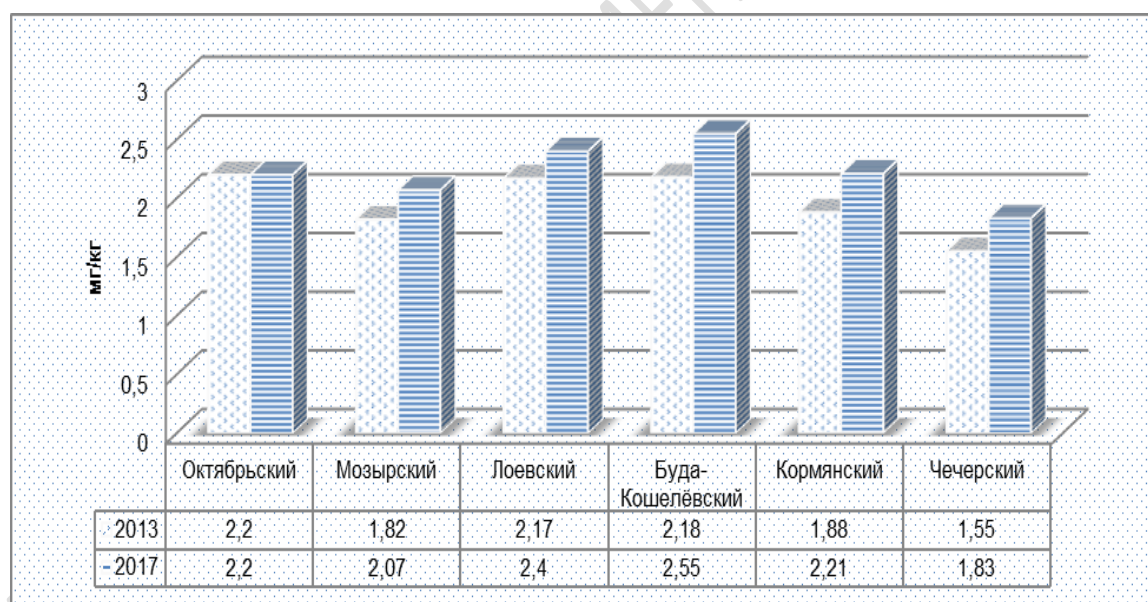


Рисунок 2.14 – Средневзвешенное содержание меди в луговой почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах

Средневзвешенное содержание меди в луговой почве в 2013 году имело значение на уровне 1,96 мг/кг почвы, через четыре года – 2,21 мг/кг, в пахотной почве соответственно – 1,72 и 1,80 мг/кг почвы. Следовательно, если за четырёхлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 0,08 мг/кг почвы, то на луговых угодьях – 0,25 мг/кг или более чем в 3,1 раза.

## 2.7.2. Обеспеченность почв цинком

Цинк – химический элемент побочной подгруппы II группы периодической системы. В земной коре содержится в количестве 0,004 вес.%, входит в состав полиметаллических руд. В природе представлен пятью стабильными изотопами с атомной массой 64, 66, 67, 70 в соотношении соответственно 48,9, 27,8, 4,1, 18,6 и 0,6%. Из девяти радиоактивных изотопов цинка практическое применение в биологии нашел только один –  $^{65}\text{Zn}$  с периодом полураспада 245 дней. Не будучи продуктом деления урана,  $^{65}\text{Zn}$  тем не менее является одним из элементов, загрязняющих атмосферу при ядерных взрывах [53].

Цинк является необходимым элементом для жизни растений и животных, В растениях он участвует в окислительно-восстановительных процессах, образовании хлорофилла и ауксина (ростового вещества), синтезе аминокислоты триптофана. Богаты цинком отруби, сухие дрожжи, зерна злаковых и бобовых. В зерне цинк концентрируется преимущественно в эндосперме. Из животных кормов много цинка в мясо-костной муке (75–100 мг/кг сухого вещества). Среднее содержание цинка в пастбищных травах – 30–50 мг/кг сухого вещества. На пастбищах без подкормки крупный рогатый скот иногда недополучает цинк. В зоотехнической практике уровень цинкового питания должен особенно контролироваться в рационах свиней и птицы, так как возможны и первичная и вторичная недостаточность этого элемента [51].

Цинк выполняет важные функции в метаболизме растений. К наиболее важным из них относятся вхождение в состав разнообразных энзимов, таких, как дегидрогеназы, протеиназы, пептидазы и фосфогидролазы, участвующих в метаболизме белков и углеводов. Имеются данные, что цинк влияет на проницаемость мембран и что он стабилизирует клеточные компоненты и системы у микроорганизмов. Установлено, что цинк повышает устойчивость растений к сухим и жарким погодным условиям, к бактериальным и грибковым заболеваниям [70, 157, 211].

Растительные виды и разновидности ярко различаются по чувствительности к недостатку цинка. К наиболее важным факторам, приводящим к дефициту цинка у растений следует отнести низкое содержание цинка в почве, карбонатность почв и рН больше 7, низкое содержание органических веществ в почве, слабая микробиологическая активация цинка в почве, антагонистические эффекты, различия генотипов растений и др. [106, 181, 215].

Цинк относительно активен в биохимических процессах. Он участвует в биологических и химических реакциях с рядом элементов. Известны антогонистические отношения между цинком и медью, проявляющиеся в торможении поглощения одного элемента другим, между цинком и железом. Избыток в почве цинка ведёт к заметному понижению содержания железа в растениях. Взаимодействие цинка и фосфора отмечается весьма часто, особенно после внесения в почву фосфатов и извести. При интенсивном накоплении фосфора в почвах возникает дефицит цинка. Взаимодействие цинка с азотом обусловлено вторичным эффектом разбавления, связанным с ростом биомассы растений и её обогащением цинком. Взаимодействие цинка с кальцием и цинка с магнием зависят от вида растений и почвенной среды [74, 75, 153, 154].

Считается, что содержание цинка в растениях зависит от их генотипов и его концентраций в почвах. Вместе с тем, содержание цинка в пищевых растениях, зерне злаков и кормовых травах из разных стран мира сильно не различаются. Содержание цинка колеблется от 1,2 мг/кг в яблоках до 73 мг/кг сухой массы в листьях салата. Среднее содержание цинка в зерне пшеницы варьирует от 22 до 33 мг/кг сухой массы и не различается от мест произрастания. Среднее содержание цинка в почвах различных стран изменяется в пределах 17–125 мг/кг [51, 70].

Загрязнение цинком окружающей среды, особенно почв, заметно влияет на его концентрацию в растениях. Цинк наиболее подвижен и биологически доступен в кислых легких минеральных почвах. Его растворимость и доступность в почвах отрицательно коррелирует со степенью насыщенности кальцием и с содержанием соединений фосфора [106, 107, 157].

Антропогенное загрязнение почв сельскохозяйственных угодий цинком обусловлено агротехнической деятельностью. Восстановление качества загрязненных цинком почв, основанное на ограничении его доступности, проводят путём известкования или внесения органических удобрений [153, 154].

Исследование почв на содержание цинка проводится во всех областях Беларуси, в число которых входит и Гомельская область. Как следует из показателей таблицы 2.37. по содержанию цинка почвы сельскохозяйственных угодий распределяются на 4 группы с применением интервальной градации показателей. Например, для дерново-подзолистых почв установлены интервалы показателей цинка менее 3,0; 3,01-5,0; 5,01-10,0 и более 10,1 мг/кг почвы. Анализ результатов

исследований свидетельствует, что от 49,9 % до 82,6 % площадей пахотных земель в происследованных районах, были отнесены в градацию с содержанием цинка до 3,00 мг/кг почвы. В целом по всем районам в пахотной почве за четырёхлетний период произошло увеличение с 56,6% до 64,6% площадей в данном диапазоне содержания цинка. Так, если в 2013 году в распределение площадей по 1, 2, 3 и 4 группам содержания цинка выглядело как 56,6%, 31,5%, 10,8% и 1,0%, то в 2017 году – соответственно 64,6%, 25,6%, 7,5% и 2,2%. В группе с содержанием цинка менее 3 мг/кг почвы количество площадей увеличилось с 98695 га до 120237 га, или приросло на 22242 га, за счёт уменьшения площадей во 2 и 3 группах.

Таблица 2.37 – Агрохимическая характеристика пахотной почвы шести районов Гомельской области по содержанию цинка

Наименование района	Год обследования	Содержание цинка, мг/кг почвы							
		≤3,00х		3,01-5,00		5,01-10,00		≥ 10,01	
		≤10,09xx		10,10-15,09		15,10-30,09		≥ 30,10	
		га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	6958	29,2	11908	50,1	4651	19,5	274	1,2
	2017	14504	53,3	9521	35,0	2898	10,7	280	1,0
	+-	7546	24,1	-2387	-15,1	-1753	-8,8	6	-0,2
Мозырский	2013	8764	40,2	9532	43,7	2837	13,0	675	3,1
	2017	16753	73,3	3845	16,8	1323	5,8	943	4,1
	+-	7989	33,1	-5687	-26,9	-1514	-7,2	268	1
Лоевский	2013	14449	62,0	6034	25,9	2601	11,2	208	0,9
	2017	15024	65,3	6135	26,6	1752	7,6	112	0,5
	+-	575	3,3	101	0,7	-849	-3,6	-96	-0,4
Буда-Кошелевский	2013	27608	53,2	17550	33,8	6295	12,1	466	0,9
	2017	29836	49,9	20721	34,7	6659	11,1	2540	4,3
	+-	2228	-3,3	3171	0,9	364	-1	2074	3,4
Кормянский	2013	23293	75,6	5703	18,5	1676	5,4	162	0,5
	2017	26083	82,4	4630	14,6	847	2,7	107	0,3
	+-	2790	6,8	-1073	-3,9	-829	-2,7	-55	-0,2
Чечерский	2013	17623	77,9	4174	18,4	826	3,6	16	0,1
	2017	18737	82,6	3239	14,3	570	2,5	140	0,6
	+-	1114	4,7	-935	-4,1	-256	-1,1	124	0,5

Примечание: х- градация для минеральных почв, xx – градация для торфяных почв.

Кроме увеличения площадей с самым низким содержанием цинка установлено увеличение площадей на 1,2% в группе с самым высоким его содержанием. Количество площадей в данной группе увеличилось с 1801 га до 4122 га или на 2321 га.

На основании полученных результатов исследований динамики содержания цинка в пахотной почве можно заключить, что, несмотря



на увеличение количества площадей на 1,2% в диапазоне содержания цинка более 10,01 мг/кг почвы, в целом за четырёхлетний период произошло их количественное снижение во 2 и 3 группах и, как результат этого, перемещение площадей в сторону 1 группы, или из диапазона содержания 3,01–10,00 мг/кг в диапазон менее 3,00 мг/кг.

Определение средневзвешенного содержания цинка в пахотной почве в целом по шести районам, в 2017 году, было ниже на 0,21 мг/кг в сравнении с предыдущим обследованием данных почв (рис. 2.15.).

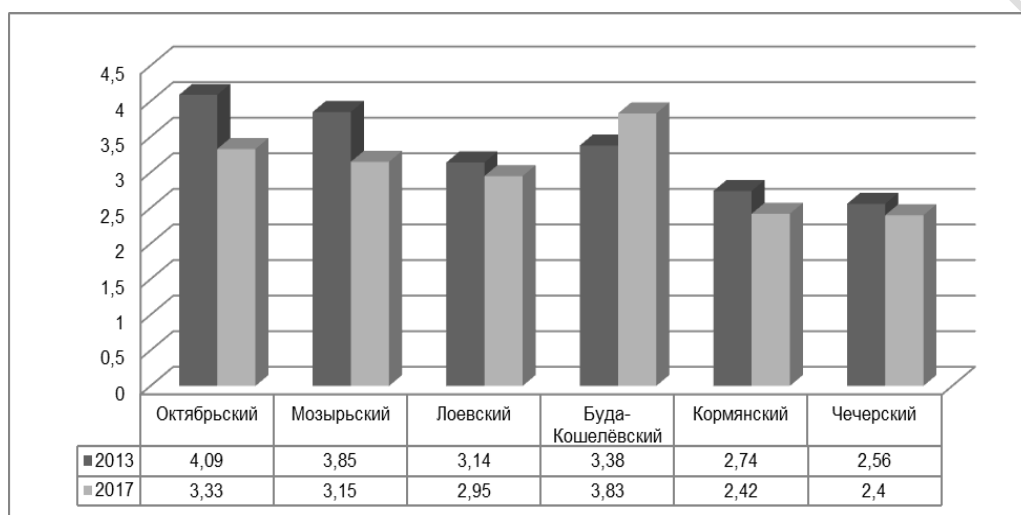


Рисунок 2.15 – Средневзвешенное содержание цинка в пахотной почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах, мг/кг

Исключение составил лишь показатель в Буда-Кошелёвском районе, где он был выше на 0,45 мг/кг почвы. Колебание средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 2,56-4,09 мг/кг, в 2017 году – 2,40-3,83 мг/кг почвы.

Одновременно с пахотными почвами содержание цинка определялось и в луговых почвах (табл. 2.38.). С этой целью были отобраны пробы почвы луговых земель на площади 66,9 тыс. га в 2013 году и 57,0 тыс. га в 2017 году.

Распределение площадей по группам в соответствии с удельной концентрацией цинка в почве показало, что если в 2013 году в первую группу их входило 46,1%, во вторую группу 33,8%, третью группу 17,6% и четвертую группу 2,5%, то в 2017 году – соответственно 53,8%, 27,9%, 14,6% и 3,7%. Из этих показателей следует, что количество луговых почв с самым низким содержанием цинка (первая группа) приросло на 7,7% и с самым высоким – на 1,2% (четвёртая группа). Увеличение количества площадей в перечисленных группах произошло за счёт их снижения на 5,9% во второй группе и на 3,0% в третьей группе.

Обращает на себя внимание тот факт, что в Октябрьской и Мозырском районах количество угодий с содержанием цинка в почве менее 3,0 мг/кг увеличилось соответственно на 20,2% и 26,9%, в то время как в Буда-Кошелёвском на 5,1% и Чечерском районе на 3,1% уменьшилось, а в Лоевском районе практически их количество не изменилось.

Таблица 2.38 – Агрохимическая характеристика луговой почвы шести районов Гомельской области по содержанию цинка

Наименование района	Год обследования	Площадь, га	Содержание цинка, мг/кг почвы							
			≤3,00х		3,01-5,00		5,01-10,00		≥ 10,01	
			≤ 10,09xx		10,10-15,09		15,10-30,09		≥ 30,10	
			га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	12 896	4735	36,7	6030	46,8	1 907	14,8	224	1,7
	2017	10574	6020	56,9	3 430	32,4	1 034	9,8	90	0,9
	+-	-2 322	1285	20,2	-2 600	-14,4	-873	-5	-134	-0,8
Мозырский	2013	7770	3981	51,2	2463	31,7	1248	16,1	78	1,0
	2017	7990	6240	78,1	1157	14,5	367	4,6	226	2,8
	+-	220	2 259	26,9	-1306	-17,2	-881	-11,5	148	1,8
Лоевский	2013	8263	4730	57,2	2075	25,1	1269	15,4	189	2,3
	2017	9085	5203	57,3	2428	26,7	1132	12,5	322	3,5
	+-	822	473	0,1	353	1,6	-137	-2,9	133	1,2
Буда-Кошелёвский	2013	24205	8614	35,6	8564	35,4	6084	25,1	943	3,9
	2017	17233	5248	30,5	6360	36,9	4568	26,5	1057	6,1
	+-	-6972	-3366	-5,1	-2204	1,5	-1516	1,4	114	2,2
Кормянский	2013	6627	3654	55,1	1967	29,7	867	13,1	139	2,1
	2017	5030	3070	61,0	1105	22,0	607	12,1	248	4,9
	+-	-1597	-584	5,9	-862	-7,7	-260	-1	109	2,8
Чечерский	2013	7113	5067	71,3	1537	21,6	414	5,8	95	1,3
	2017	7121	4853	68,2	1453	20,4	630	8,8	185	2,6
	+-	8	-214	-3,1	-84	-1,2	216	3	90	1,3

Примечание: х- градация для минеральных почв, xx – градация для торфяных почв.

Изменение средневзвешенных показателей содержания цинка через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2.16.

Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 2,92–4,41 мг/кг, в 2017 году – 2,80–4,89 мг/кг почвы. В целом средневзвешенное содержание

в луговой почве цинка по всем районам в 2013 году было в количестве 3,63 мг/кг почвы, в 2017 году – 3,56 мг/кг почвы или меньше на 0,07 мг/кг. Снизилось средневзвешенное содержание цинка в луговой почве в Октябрьском районе на 0,67 мг/кг почвы, в Мозырском районе – на 0,74 мг/кг, и, наоборот, увеличилось его содержание в Лоевском районе на 0,08 мг/кг, в Буда-Кошелёвском районе на 0,47 мг/кг, в Кормянском районе на 0,19 мг/кг и Чечерском районе на 0,24 мг/кг.

Сравнение количества почв пахотных и луговых площадей по содержанию цинка свидетельствует, что если в 2013 году 56,6% пахотных и 46,1% луговых почв находилось в первой группе, то в 2017 году – уже 64,6% пахотных и 53,8% луговых. Это свидетельствует о снижении содержания цинка в обоих видах почв, так как в первой группе количество пахотных площадей приросло на 8,0%, луговых на 7,7%.

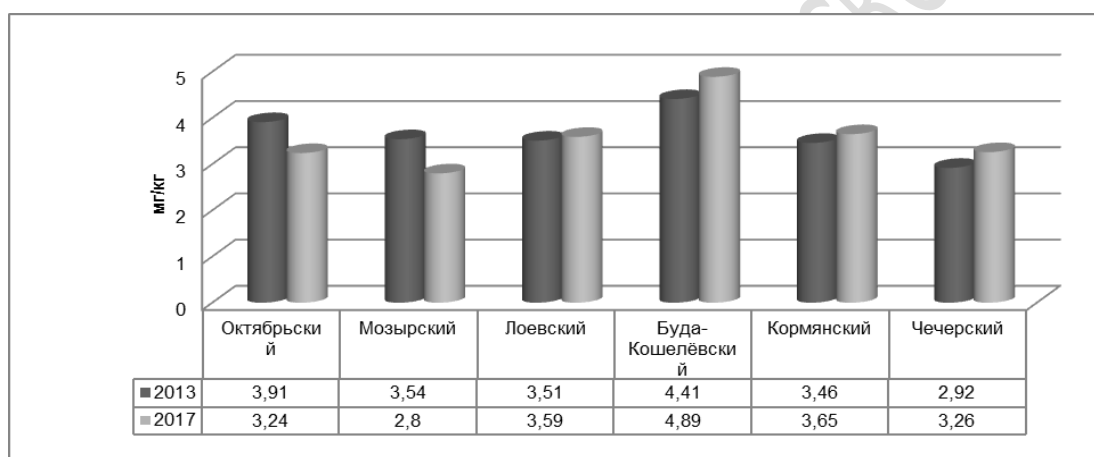


Рисунок 2.16 – Средневзвешенное содержание цинка в луговой почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах, мг/кг

Таким образом, цинк относится к минеральным элементам, необходимым для роста и развития растений. Сельскохозяйственные растения получают цинк из почвы. Анализ результатов исследований по содержанию цинка в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании его средневзвешенных показателей, в 2013 году, в пахотной почве находилось в пределах 2,56–4,09 мг/кг, в 2017 году – 2,40–3,83 мг/кг, в луговой – соответственно 2,92–4,41 мг/кг, 2,80–4,89 мг/кг.

Средневзвешенное содержание цинка в луговой почве в 2013 году имело значение на уровне 3,63 мг/кг, через четыре года – 3,56 мг/кг, в пахотной почве соответственно – 3,29 и 3,01 мг/кг почвы. Следовательно, за четырёхлетний период на пахотной почве уменьшение содержания цинка произошло на 0,28 мг/кг почвы, на луговых угодьях – 0,07 мг/кг.

### 2.7.3. Содержание в почвах бора

Среди почвенных микрокомпонентов питания растения требовательны к содержанию в них бора. Бор – единственный неметалл в III группе. В земной коре он распределен неоднородно. Содержание бора в породах возрастает с их кислотностью. При химическом выветривании пород бор легко переходит в раствор, образуя различные анионы.

Поведение бора в почвах широко изучалось. Показано, что бор гораздо сильнее сорбируется почвой, чем другие анионы. Тип сорбции бора на поверхности глиен сходен больше с сорбцией катионов, нежели анионов. Преобладающими механизмами в кислых и нейтральных почвах является адсорбция бора кислородными и гидроксильными радикалами на поверхности алюмосиликатов и путем включения в их межслоевые или структурные позиции. Описаны различные механизмы реакций бора с компонентами почв. Эти реакции в основном зависят от pH, причем максимум всегда наблюдается при pH выше 7. Концентрация бора в почвенных растворах относительно высока и может составлять 67–3000 мкг/л [70]. Среди микрокомпонентов питания бор считается наиболее подвижным элементом в почвах. Его передвижение в почве зависит от потока воды, с которой он вымывается вниз по почвенному профилю.

В большинстве почв бор сравнительно дефицитный элемент. Однако при избыточном его внесении с удобрениями почвы могут содержать опасные количества этого элемента. Сточные воды, используемые для поливки, и выбросы в атмосферу золы от сжигания топлива могут также быть важным источником загрязнения почв бором.

В почве бор взаимодействует с другими минеральными элементами. Особенно часто обнаруживается взаимосвязь между бором и кальцием. Растения развиваются нормально при условии, что существует определенный баланс как в поступлении бора и кальция, так и в концентрациях их в тканях. Обычно в кислых почвах часто отмечается дефицит бора, вызванный известкованием. Показано, что известкование приводит к пониженной адсорбции бора, поэтому токсичное действие этого элемента может быть ослаблено или даже предотвращено внесением кальция в почву. Это явление объясняется как реакциями в почвенной среде, так и метаболическими процессами.

Считается, что бор и фосфор аналогично взаимодействуют с группой OH, поэтому потребление этих элементов растениями сходно. Потребление и распределение фосфора в растениях во многом зависит от концентрации бора, так как она снижает подвижность фосфора в корнях.

Растворимые в почве формы бора легкодоступны для растений, которые могут потреблять как недиссоциированную борную кислоту,

так и другие формы бора, присутствующие в питающем растворе. В метаболизме растений бор играет незаменимую роль, особенно у высших растений. Его функции у растений связаны с процессами метаболизма углеводов и переносом сахаров через клеточные мембраны; синтезом нуклеиновых кислот и фитогормонов; образованием клеточных стенок; развитием растительных тканей [214, 215].

Для некоторых видов растений свойственен дефицит бора, и прежде всего, для таких сельскохозяйственных культур как сахарная и кормовая свекла, сельдерей, подсолнечник, бобовые, яблоня. Симптомы недостаточности бора обычно проявляются в задержке и ненормальном развитии ростовых точек, голубовато-зеленой окраске молодых листьев и ухудшении образования плодов.

С другой стороны некоторые виды растений обладают низкой потребностью в боре и могут быть чувствительны к повышенным уровням его содержания, даже если последние лишь ненамного превышают необходимые для нормального роста. Для таких растений токсичное действие бора может возрасти при интенсивном применении борсодержащих удобрений. На чувствительные к бору сельскохозяйственные культуры (например, зерновые) оказывают влияние даже низкие его концентрации в почвенных растворах (около 1 мг/л). Многие другие культуры могут быть нечувствительны и к 5 мг/л, но 10-15 мг/л токсичны даже для толерантных видов [18].

Основные площади пашни Беларуси заняты дерново-подзолистыми почвами. Механический состав оказывает большое влияние на содержание в почвах микроэлементов в число которых входит и бор. Например, суглинистые почвы содержат значительно больше микроэлементов, чем песчаные и супесчаные. Если среднее содержание микроэлементов в песчаных почвах принять за единицу, то по отношению к ним содержание микроэлементов в супесчаных почвах в 1,3–2,6, в суглинистых в 1,5–4 раза больше. Валовое содержание бора в дерново-подзолистой почве Беларуси колеблется в пределах 7,8–27,0 мг/кг, подвижного – 0,17–0,31 мг/кг почвы [61].

Известно, что основой рационального применения микроудобрений в сельском хозяйстве являются данные о содержании микроэлементов в почвах. Микроэлементы в почвах анализируются в каждом туре всеми областными станциями химизации Беларуси. При этом, как следует из показателей таблицы 2.39., по содержанию бора почвы сельскохозяйственных угодий распределяются на группы с применением интервальной градации показателей.

Таблица 2.39 – Агрохимическая характеристика пахотной почвы шести районов Гомельской области по содержанию бора

Наименование района	Год обследования	Содержание бора, мг/кг почвы							
		≤ 0,30 <sup>х</sup>		0,31-0,70		0,71-1,00		≤ 1,01	
		≤ 1,09 <sup>хх</sup>		1,10-2,09		2,10-3,09		≤ 3,10	
		га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	280	1,2	15443	64,9	3970	16,7	4098	17,2
	2017	699	2,6	15631	57,5	4471	16,4	6402	23,5
	+ -	419	1,4	188	-7,4	501	-0,3	2304	6,3
Мозырский	2013	64	0,3	21123	96,8	478	2,2	143	0,7
	2017	1058	4,6	20698	90,6	1051	4,6	57	0,2
	+ -	994	4,3	-425	-6,2	573	2,4	-86	-0,5
Лоевский	2013	138	0,6	17446	74,9	3473	14,9	2235	9,6
	2017	2106	9,1	17106	74,4	2843	12,3	968	4,2
	+ -	1968	8,5	-340	-0,5	-630	-2,6	-1267	-5,4
Буда-Кошелевский	2013	135	0,3	44720	86,1	5919	11,4	1145	2,2
	2017	2947	4,9	38987	65,2	14505	24,3	3317	5,6
	+ -	2812	4,6	-5733	-20,9	8586	12,9	2172	3,4
Кормянский	2013	240	0,8	27311	88,5	2864	9,3	419	1,4
	2017	2554	8,1	22408	70,7	6257	19,8	448	1,4
	+ -	2314	7,3	-4903	-17,8	3393	10,5	29	0
Чечерский	2013	108	0,5	20501	90,6	1501	6,6	529	2,3
	2017	998	4,4	16551	73,0	4593	20,2	544	2,4
	+ -	890	3,9	-3950	-17,6	3092	13,6	15	0,1
Примечание: х- градация для минеральных почв, хх – градация для торфяных почв.									

Например, для дерново-подзолистых почв установлены интервалы показателей бора менее 0,30; 0,31–0,70; 0,71–1,00 и более 1,01 мг/кг почвы. По результатам тура обследования в 2017 году было установлено, что в шести районах Гомельской области от 57,5% до 90,6% площадей пахотных земель находилось с содержанием бора в пределах от 0,31 до 0,70 мг/кг почвы. В то же время, если удельный вес площадей первого интервала (менее 0,3 мг/кг почвы) в 2013 году составлял 0,6% от всей площади обследованных площадей, то в 2017 году площадей в данном интервале увеличилось в 9,3 раза. Также увеличилось количество площадей в третьем интервале с 10,2% до 16,3% и в четвертом интервале с 5,6 % до 6,2 %. Во втором интервале (0,31-0,70 мг/кг бора в почве) произошло уменьшение площадей на 11,7%, с 83,6 до 71,9%.

Из этого следует, что за счёт перераспределения площадей с интервалом 0,31-0,70 мг/кг бора в почве произошло увеличение на 5%

площадей в интервале менее 0,3 мг/кг бора в почве и на 6,7% увеличение количества площадей в интервалах более 0,71 мг/кг почвы.

Определение средневзвешенного содержания бора в пахотной почве в целом по шести районам на 0,02 мг/кг было выше в сравнении с предыдущим обследованием данных почв (рис. 2.17.).

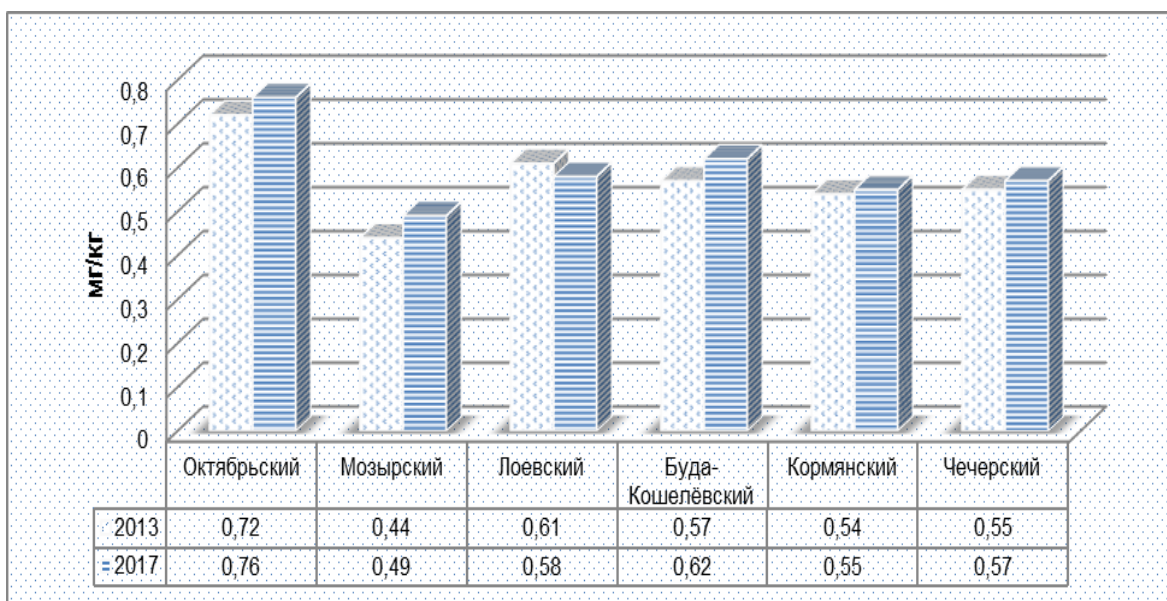


Рисунок 2.17 – Средневзвешенное содержание бора в пахотной почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах

Исключение составлял лишь показатель в Лоевском районе, где он был ниже на 0,08 мг/кг почвы. Колебание средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 0,44–0,72 мг/кг, в 2017 году – 0,49–0,76 мг/кг почвы.

Одновременно с пахотными почвами обследовались и луговые почвы (табл. 2.40.). С этой целью были отобраны пробы почвы луговых земель на площади 66,97 тыс. га в 2013 году и 57,0 тыс. га в 2017 году.

Распределение площадей по группам в соответствии с удельной концентрацией бора в почве показало, что если в 2013 году в первую группу их входило 0,7%, во вторую группу 67,6%, третью группу 16,3% и четвертую группу 15,4%, то в 2017 году – соответственно 2,5%, 55,2%, 21,7% и 20,6%. Из этих показателей следует, что количество луговых почв с самым низким содержанием бора (первая группа) приросло на 1,8%. Отмечен прирост площадей в третьей на 5,4% и в четвертой группе на 5,2%. Увеличение количества площадей в перечисленных группах произошло за счёт их снижения на 12,4% во второй группе. Обращает на себя внимание тот факт, что если в 2013 году в Лоевском и Чечерском районах угодий с содержанием бора в почве

менее 0,3 мг/кг не было обнаружено, то уже в 2017 году таких площадей установлено в количестве 462 га и 51 га соответственно.

Сравнение количества почв пахотных и луговых площадей по содержанию бора свидетельствует, что если в 2013 году 0,6–0,7 % пахотных и луговых почв находилось в первой группе (было примерно одинаковое количество), то в 2017 году – уже 5,6% пахотных и 2,5% луговых. Это говорит о том, что произошло снижение содержания бора в обоих видах почв, причём в пахотной – в 2,2 раза больше, чем в луговой.

Таблица 2.40 – Агрохимическая характеристика луговой почвы шести районов Гомельской области по содержанию бора

Наименование района	Год Обследо- вания	Содержание бора, мг/кг почвы							
		≤ 0,30х		0,31-0,70		0,71-1,00		≥ 1,01	
		≤ 1,09xx		1,10-2,09		2,10-3,09		≥ 3,10	
		га	%	га	%	га	%	га	%
Октябрьский	2013	275	2,1	5 986	46,4	3 223	25,0	3 412	26,5
	2017	176	1,7	3 951	37,4	2 263	21,4	4 184	39,5
	+ -	-99	-0,4	-2035	-9,0	-960	-3,6	772	13
Мозырский	2013	93	1,2	6720	86,4	618	8,0	339	4,4
	2017	287	3,6	5873	73,5	1425	17,8	405	5,1
	+ -	194	2,4	-847	-12,9	807	9,8	66	0,7
Лоевский	2013	0	0,0	4874	59,0	1785	21,6	1604	19,4
	2017	462	5,1	5909	65,1	1475	16,2	1239	13,6
	+ -	462	5,1	1035	6,1	-310	-5,4	-365	-5,8
Буда- Кошелёвский	2013	189	0,8	15502	64,0	4458	18,4	4056	16,8
	2017	334	1,9	7441	43,3	4488	26,0	4970	28,8
	+ -	145	1,1	-8 061	-20,7	30	7,6	914	12
Кормянский	2013	17	0,3	4 887	73,7	1029	15,5	694	10,5
	2017	86	1,7	2 386	47,4	1524	30,3	1034	20,6
	+ -	69	1,4	-2 501	-26,3	495	14,8	340	10,1
Чечерский	2013	0	0,0	5 429	76,3	646	9,1	1038	14,6
	2017	51	0,7	4 607	64,7	1300	18,3	1163	16,3
	+ -	51	0,7	-822	-11,6	654	9,2	125	1,7

Примечание: х- градация для минеральных почв, xx – градация для торфяных почв.

Изменение средневзвешенных показателей содержания бора через четырехлетний период на почвах улучшенных луговых угодий приведено на рисунке 2.18. Так, только в Лоевском районе данный показатель в 2017 году был меньше на 0,1 мг/кг почвы, а в Октябрьском районе он увеличился на 0,11 мг/кг, Мозырском районе – на 0,07 мг/кг почвы, в Буда-Кошелёвском – на 0,17 мг/кг



почвы, в Кормянском – на 0,13 мг/кг почвы и в Чечерском районе – на 0,01 мг/кг почвы. Колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 0,52-0,83 мг/кг, в 2017 году – 0,59-0,94 мг/кг почвы. Средне-взвешенное содержание в луговой почве бора в 2013 году было в количестве 0,70 мг/кг почвы, в 2017 году – 0,77 мг/кг почвы или было больше на 0,07 мг/кг почвы.

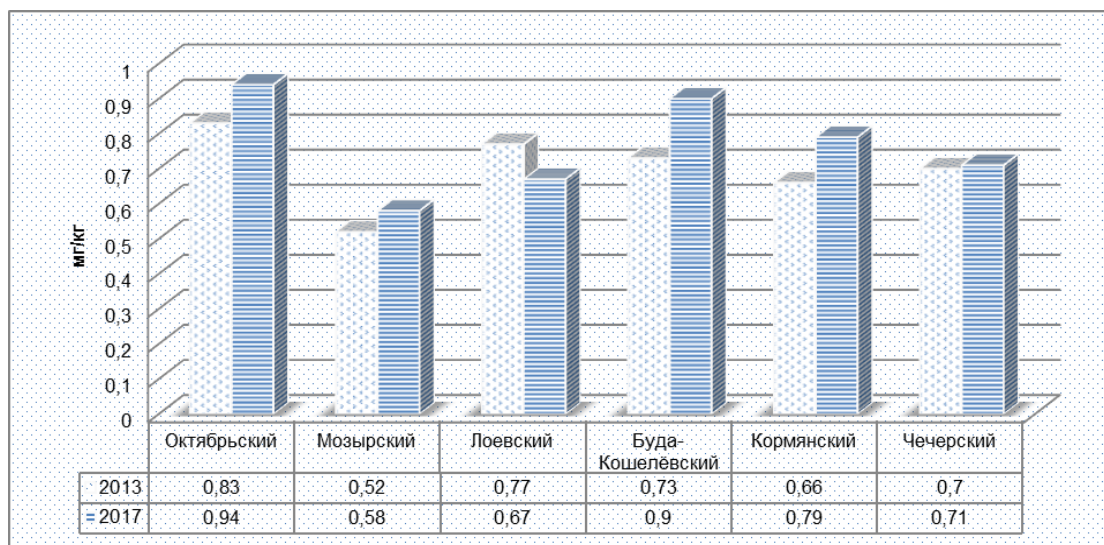


Рисунок 2.18. Средневзвешенное содержание бора в луговой почве обследованных районов в 2013 и 2017 годах

Сравнение изменения средневзвешенных показателей содержания бора в пахотной и луговой почвах свидетельствует, что если за четырёхлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 0,02 мг/кг почвы, то на луговых угодьях – 0,07 мг/кг. Следовательно, скорость накопления бора в луговой почве оказалась более чем в 3,5 раза высокой в сравнении с пахотной почвой.

Содержание бора в пахотных почвах интенсивно исследовалось во всем мире. Суммарные содержания бора в поверхностном слое почв изменяются от 1 до 467 мг/кг при средних значениях 9–85 мг/кг. Самые низкие его концентрации установлены в песчанистых и супесчанистых почвах, а наивысшие – в солончаках [70].

Таким образом, бор относится к минеральным элементам, имеющим большое значение в развитии и росте растений. Основным источником бора для растений является почва. Анализ результатов исследований по содержанию бора в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании его средневзвешенных показателей, в 2013 году, в пахотной почве в пределах 0,44–0,72 мг/кг, в 2017 году – 0,49–0,76 мг/кг, в луговой – соответственно 0,52–0,83 и 0,59–0,94 мг/кг. Средневзвешенное содержание бора в луговой почве

в 2013 году имело значение на уровне 0,70 мг/кг, через четыре года – 0,77 мг/кг, в пахотной почве соответственно – 0,57 и 0,59 мг/кг почвы. Следовательно, за четырёхлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 0,02 мг/кг почвы, на луговых угодьях – 0,07 мг/кг.

Наблюдается перераспределение количества площадей с содержанием бора 0,31-0,70 мг/кг в сторону с более низким содержанием в почве бора и в сторону с более высоким его содержанием. Так, в 2013 году 0,6% обследованных площадей пахотных почв имели удельную концентрацию бора менее 0,3 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 год уже 5,6%, соответственно луговых почв – с 0,7% до 2,5%. Прирост в 2017 году пахотных площадей с содержанием бора выше 0,71 мг/кг составил 6,7%, луговых 10,6%.

\*\*\*

Почвы сельскохозяйственных угодий являются уникальным природным ресурсом. В силу своего естественно-исторического почвообразования территория Беларуси, в том числе и её Гомельской области, характеризуется пестротой почвенного покрова, в разнообразии которого большую лепту вносят антропогенные преобразования. Из всего разнообразия компонентного состава почвенного покрова сельскохозяйственных земель республики более 65% представляют почвы в разной степени, измененные хозяйственной деятельностью человека [212].

Почвенный покров, как наиболее динамически изменяющийся компонент агроэкосистем, в настоящее время функционирует в режиме необходимом для человека и его устойчивость зависит от многочисленных человеческих усилий. Цена устойчивости агроландшафта включает в себя затраты на поддержание производственных и экологических функций [58, 157]. Влияние антропогенного фактора на протекание процессов почвообразования в последнее десятилетие возрастает и выражается в степени изменения свойств почв.

В этой связи актуальны исследования по получению разносторонних сведений о качественных и количественных показателях, характеризующих экологическое и агрогенетическое разнообразие, уровень плодородия, производительную способность почвенных разновидностей, наиболее распространенных в составе сельскохозяйственных земель республики и на их основе разработке агроэкологических паспортов почв, содержащих унифицированные и достоверные данные, необходимые для специалистов-практиков [12].

Известно, что в Беларуси, начиная с 60-х годов прошлого века, проведено три тура качественной оценки (бонитировки) и два тура

кадастровой оценки сельскохозяйственных земель. Второй тур кадастровой оценки завершился в 2016 году. Он был выполнен совместно специалистами УП «Проектный институт Белгипрозем», РУП «Институт почвоведения и агрохимии» и РУП «Информационный центр земельно-кадастровых данных и мониторинга земель» по усовершенствованной методике (2011).

В соответствии с данной методикой основными показателями кадастровой оценки земель являются: балл плодородия почв, общий балл кадастровой оценки земель, нормативный чистый доход, дифференциальный доход и кадастровая стоимость земель, которые установлены по всем видам земель (пахотные, под постоянными культурами, улучшенные луговые, естественные луговые и в среднем все сельскохозяйственные земли) для всех сельскохозяйственных организаций, административных районов, областей и республики в целом. Методика предусматривает ежегодное обновление результатом оценки с учетом новых получаемых данных (новое почвенное или агрохимическое обследование и др.) [212]. В результаты кадастровой оценки, проведенной в 2017–2018 годах, по новой методике было установлено, что общий балл кадастровой оценки земель в целом по сельскохозяйственным землям в Брестской области составляет 30,7, Витебской – 23,7, Гомельской – 26,9, Гродненской – 32,0, Минской – 31,2, Могилёвской – 27,7 и в целом по Беларуси – 29,0.

Из всех этих показателей наиболее важным и значимым является балл плодородия почв. Он применяется для решения различных агрономических задач в сфере сельскохозяйственного производства (оптимизации размещения посевов сельскохозяйственных культур с учетом качества земель, совершенствования специализации сельскохозяйственных организаций и структуры посевных площадей в них, прогнозирования урожайности культур), а также используется для расчета многих экономических показателей (анализа окупаемости удобрений и др.). Балл плодородия почв по видам сельскохозяйственных земель по областям и республике приведен в таблице 2.41.

По пахотным землям, как основному виду сельскохозяйственных земель, наиболее высокий балл плодородия почв имеет Гродненская область (35,5 балла), затем идет Минская область (33,4), Могилевская и Брестская области (по 31,7 балла). Самый низкий балл имеют Гомельская (28,6) и Витебская (28,3) области. По улучшенным луговым землям более высоким баллом оценены земли Брестской (31,0 балла), Гродненской (30,3) и Минской (30,0 балла) областей.

По сельскохозяйственным землям в среднем самый высокий балл имеет также Гродненская область (32,8 балла), затем Минская (31,4) и Брестская область (30,4 балла). По административным районам наблюдаются еще большие колебания по баллу плодородия почв. Максимальный балл по пахотным землям имеет Несвижский район (43,9), минимальный – Городокский (22,5 балла). Причем из всех 118 районов республики оценку в 25 и менее баллов имеют 5 районов, 25,1–30,0 баллов – 49 районов, 30,1–35,0 баллов – 47 районов, более 35,0 баллов – 17 районов. На хозяйственном уровне самый высокий балл плодородия почв пахотных земель в ОАО «Туровщина» Житковичского района (50,6), а самый низкий – в ОАО «Комаринский» Брагинского района Гомельской области (17,6 балла).

Таблица 2.41 – Балл плодородия почв по видам сельскохозяйственных земель в Республике Беларусь и её областях

Области	Пахотные и под постоянными культурами	Улучшенные Луговые	Естественные Луговые	Всего сельскохозяйственные
Брестская	31,7	31,0	16,5	30,4
Витебская	28,3	27,1	12,3	26,2
Гомельская	28,6	28,7	14,6	27,2
Гродненская	35,5	30,3	15,0	32,8
Минская	33,4	30,0	13,9	31,4
Могилевская	31,7	29,1	14,4	28,8
Беларусь	32	29	14	29

Для широкого использования материалы оценки переданы всем сельскохозяйственным организациям, районным и областным управлениям сельского хозяйства и продовольствия, Министерству сельского хозяйства и продовольствия, а также размещены на сайте Государственного комитета по имуществу Республики Беларусь и опубликованы в монографии «Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика» (2017) [212].

## ГЛАВА 3

### РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЗЕМЕЛЬ

#### 3.1. Динамика радиоактивного загрязнения

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглась территория Беларуси, России и Украины площадью более 125 тыс. км<sup>2</sup>. Наиболее распространенным радионуклидом является <sup>137</sup>Cs с периодом полураспада 30 лет. Радиоактивно загрязненной <sup>137</sup>Cs с содержанием в почве более 1 Ки/км<sup>2</sup> оказалась территория Беларуси площадью 46 тыс. км<sup>2</sup> (22% от общей площади), в том числе 19 тыс. км<sup>2</sup> сельскохозяйственных земель, 20 тыс. км<sup>2</sup> земель лесного фонда. Прежде чем радионуклид станет неопасным для человека и животных требуется, чтобы для этого прошло не менее 6–10 периодов полураспада [129].

Радиоактивные осадки были обнаружены на землях 59 районов Беларуси. Среди территории, загрязненной <sup>137</sup>Cs выше 37 кБк/м<sup>2</sup> (1,0 Ки/км<sup>2</sup>), на земли сельскохозяйственного использования пришлось 1866 тыс. га (около 20 % их общей площади), в том числе 1725 тыс. га имели плотность загрязнения 37–555 кБк/м<sup>2</sup> (1–15 Ки/км<sup>2</sup>), 141,0 тыс. га – 555–1480 кБк/м<sup>2</sup> (15–40 Ки/км<sup>2</sup>) и выше [31]. Обследованием земель на наличие <sup>90</sup>Sr было установлено, что его выпадения имели меньший и более локальный характер. Плотность выпадения этого радионуклида выше 5,55 кБк/м<sup>2</sup> (0,15 Ки/км<sup>2</sup>) была обнаружена на площади 21,1 тыс. км<sup>2</sup> Гомельской и Могилевской областей, что составляет более 10% территории республики. Загрязнение территории в виде изотопов <sup>238</sup>, <sup>240</sup>, <sup>241</sup>Pu и <sup>241</sup>Am установлено на площади около 4,0 тыс. км<sup>2</sup>, или 2%. Это в основном территория Гомельской области (6 районов) и существенно меньше Могилевской области (1 район) [2].

Чернобыльское техногенное загрязнение повлекло за собой целый ряд экологических, экономических и социальных проблем. Затраты на ликвидацию последствий чернобыльской катастрофы для республики Беларусь оцениваются в сумме 235 млрд. долл. США [1, 2]. По подсчётам экспертов, подготовленным и составленным в 1996 г., суммарный экономический ущерб, нанесенный в результате аварии на ЧАЭС только агропромышленному комплексу Республике Беларусь, за период 1986–1990 гг. составил 18,3 млрд. долл. (в сопоставимых ценах 1992 г.), за период 1986–2015 гг. оценивается в 72 млрд. долл. [3].

В послеаварийное время радиологическая обстановка обусловлена наличием и действием в окружающей среде таких долгоживущих изотопов как  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238, 240, 241}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ . В этой связи, в соответствии с действующим законодательством, в Беларуси было введено зонирование территории с радиоактивным загрязнением. Критериями зонирования являются плотности загрязнения почв радионуклидами  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{238, 240, 241}\text{Pu}$  соответственно 37, 5,55, 0,37 кБк/м<sup>2</sup> (1,0, 0,15, 0,01 Ки/км<sup>2</sup>) и величина среднегодовой эффективной дозы облучения населения [182].

За прошедшие тридцать четыре года после аварии, из-за естественного распада радионуклидов, плотности их концентрации в почве существенным образом уменьшились. Это один из важнейших положительных процессов, благодаря которому радиоактивная напряженность будет уменьшаться и дальше. В послеаварийное время количество загрязненных земель ежегодно сокращается. За период времени с 1991 по 2019 годы (27 лет) количество таких сельскохозяйственных земель сократилось на 486,8 тыс. га или на 36%. Среднегодовое снижение площадей составило 18,0 тыс. га или по 1,3% от загрязненной площади в 1991 году. С 2013 года площади загрязненных земель сельскохозяйственного использования ежегодно сокращаются примерно на 16,8 тыс. га или на 1,7% и переводятся в разряд чистых (табл. 3.1.). За семилетний период, с 2013 года по 2019 год, количество площадей сельскохозяйственных площадей сократилось на 117,5 тыс. га [129]. Вместе с тем, самые большие массивы сельскохозяйственных земель в количестве 513,4 тыс. га (54,4%) в Гомельской и 249,2 тыс. га (28,8%) в Могилёвской областях продолжают относиться в разряд радиационно-опасных. Для освобождения остающихся земель от радионуклидов и перевода их в разряд чистых, при сохранении таких темпов сокращения, ещё требуется около 52 лет (864,4 : 16,78).

Таблица 3.1 – Динамика сокращения площади сельскохозяйственных земель, загрязненных радионуклидами в Республике Беларусь по состоянию на 1.01. года, тыс. га

	Годы наблюдений								
	1991	2002	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Республика Беларусь	1351,2	1182,1	981,9	970,7	941,3	927,7	903,1	877,2	864,4
Области:									
Брестская	79,2	100,9	62,0	57,7	52,6	52,1	50,7	45,7	41,6
Витебская	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2
Гомельская	781,6	655,9	570,2	567,6	561,7	552,0	533,3	516,7	513,4
Гродненская	64,5	34,8	22,9	22,9	20,8	19,8	18,3	18,3	16,8
Минская	65,0	61,0	51,9	51,2	50,0	48,7	46,9	44,7	43,2
Могилевская	360,6	329,1	274,6	271,0	255,9	254,9	253,7	251,6	249,2

В целом по республике загрязненные  $^{137}\text{Cs}$  земли сельскохозяйственного использования по состоянию на 01.01. 2019 года занимали около 11,7%. (табл. 3.2). Среди градаций плотности выпадения  $^{137}\text{Cs}$  наибольшую группу (80,3% от загрязненных) составляют земли с самыми низкими показателями плотности – в пределах 37–185 кБк/м<sup>2</sup> (1,0–5,0 Ки/км<sup>2</sup>). Это свидетельствует о том, что эта группа земель являются резервом для возврата их в ближайшие годы в разряд чистых. В данной группе имеются земли во всех областях республики. Наряду с этим, как видно из показателей таблицы, самый длительный период возврата земель в разряд чистых будет сохраняться в Гомельской и Могилёвской областях.

Таблица 3.2 – Распределение сельскохозяйственных земель Беларуси по плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  на начало года, тыс. га

	Год наблюдения	Всего	% от площади сельхозземель	В том числе с плотностью загрязнения, Ки/км <sup>2</sup>			
				1-5	5-15	15-40	>40
Республика Беларусь	1991	1351,2	17,4	933,7	354,1	61,5	1,9
	2002	1182,1	13,0	844,9	296,4	40,5	0,3
	2019	864,4	11,7	694,4	150,0	17,9	0,1
Области:							
Брестская	1991	79,2	6,7	73,2			
	2002	100,9	7,0	94,8	6,0	0,09	
	2019	41,6	3,5	40,7	0,9		
Витебская	1991	0,3	0,02	0,27			
	2002	0,4	0,025	0,4			
	2019	0,2	0	0,2			
Гомельская	1991	781,6	61,2	514,5	216,5	48,7	1,9
	2002	655,9	45	445,6	184,3	25,7	0,3
	2019	513,4	42,8	392,0	106,7	14,6	0,1
Гродненская	1991	64,5	5,8	62,8	1,6	0,1	
	2002	34,8	3,0	34,4	0,4		
	2019	16,8	1,6	16,8			
Минская	1991	65,0	4,2	61,1	3,9		
	2002	61,0	3,0	58,3	2,7	0,02	
	2019	43,2	2,7	43,0	0,2		
Могилевская	1991	360,6	28,5	221,8	126,7	12,1	
	2002	329,1	23,0	211,4	103,0	14,7	
	2019	249,2	22,9	203,6	42,2	3,3	

Это обусловлено тем, что в этих областях наиболее весомы в структуре землепользования доли загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственных земель – в Гомельской 42,8% и Могилевской 22,9%. В данных областях также остаются площади с самыми высокими плотностями загрязнения.

В Гомельской области за период с 1991 по 2019 годы ежегодное уменьшение загрязненных сельскохозяйственных земель происходило на 9,93 тыс. га, что составляло 1,27% от их количества в 1991 году. При этом в диапазоне плотности свыше 40 Ки/км<sup>2</sup> площадей уменьшалось по 0,07 тыс. га или 3,5%, в диапазоне 15–40 Ки/км<sup>2</sup> – по 1,26 тыс. га или 2,6%, в диапазоне 5–15 Ки/км<sup>2</sup> – по 4,07 тыс. га или 1,9% и в диапазоне 1–5 Ки/км<sup>2</sup> – по 4,54 тыс. га или 0,88%. Как видно, по мере убывания плотности загрязнения снижалась и скорость перехода площадей в разряд менее загрязненных <sup>137</sup>Cs.

Как следует из данных Национального доклада Республики Беларусь (2016) [3], в трех областях республики имеются загрязненные <sup>90</sup>Sr земли. Среди них преобладают преимущественно земли с плотностью концентрации <sup>90</sup>Sr в диапазоне 5,5–11,1 кБк/м<sup>2</sup> (0,15–0,30 Ки/км<sup>2</sup>) и которые занимают площадь в количестве 181,9 тыс. га (59 % от общей площади загрязнения <sup>90</sup>Sr) (табл. 3.3.).

Таблица 3.3 – Распределение сельскохозяйственных земель по плотности загрязнения <sup>90</sup>Sr на 01.01.2016 г., тыс. га

Область	Год наблюдения	Плотность загрязнения, Ки/км <sup>2</sup>					Удельный вес загрязнённых земель, %
		<0,15	0,15-0,30	0,31-1,0	1,1-3,0	3,0 и >	
Брестская	1991	9,0	6,8	2,2			0,7
	2002	2,72	2,72				0,15
	2016	0,9	0,9				0,9
Гомельская	1991	512,2	235,0	218,6	34,9	0,8	41,0
	2002	383,1	197,1	157,6	27,9	0,53	27,0
	2016	293,4	168,4	106,5	18,4		24,4
Могилевская	1991	33,4	24,9	8,5			2,6
	2002	23,9	20,5	3,4			2,0
	2016	12,6	12,5	0,1			1,1
Минская	1991	0,5	0,4	0,1			0,03
	2002	0,438	0,318	0,12			0,02
	2016	-					
Всего	1991	555,1	267,1	229,8	34,9	0,8	7,2
	2002	410,1	220,8	161,1	27,9	0,53	4,0
	2016	306,9	181,9	106,6	18,4		4,1

За прошедшие годы с 1991 по 2016 (24 года) количество освобожденных от <sup>90</sup>Sr сельскохозяйственных земель сократилось на 248,2 тыс. га или на 44,7%. В среднем ежегодно сокращалось по 1,86% площадей. К 2016 году соотношение между количеством загрязненных земель <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr приобрело вид как 3 : 1, против 2,4 : 1 в 1991 году.



Расчёты показывают, что при сохранении таких темпов сокращения загрязненных площадей до полного их перехода в разряд чистых еще потребуется около 30 лет (306,9 : 10,3).

Если посмотреть на ситуацию складывающуюся в Гомельской области, как области с самыми обширными загрязненными площадями, то можно увидеть, что за данный анализируемый период количество площадей переведенных в разряд не загрязненных составило 218,8 тыс. га. или их количество снизилось на 42,7%. В среднем ежегодно количество площадей переходило по 9,1 тыс. га, что составляло 1,8 % от показателя 1991 года. В диапазоне плотности 1,1–3,0 Ки/км<sup>2</sup> ежегодное уменьшение площадей наблюдалось в количестве 0,68 тыс. га или по 1,95%, в диапазоне 0,31–1,0 Ки/км<sup>2</sup> – 4,67 тыс. га или по 2,1% и в диапазоне 0,31–1,0 Ки/км<sup>2</sup> – 2,77 тыс.га или 1,18%. Из этого следует, что в отличие от <sup>137</sup>Cs, по мере убывания плотности загрязнения <sup>90</sup>Sr, прямой зависимости убывания скорости перехода площадей в разряд менее загрязненных не прослеживается.

Кроме земель сельскохозяйственных угодий, радиоактивные осадки выпали на больших массивах лесных земель Беларуси. Следует отметить, что лесные угодья имеют значение в кормопроизводстве, хотя и не большое в сравнении с сельскохозяйственным. Во многих районах республики часть заготовленных кормов осуществляется в лесных угодьях, в летний период выпасается скот, особенно частного сектора. На начало 2019 года в Беларуси оставались загрязненными 1315,5 тыс. га лесного фонда, что на 451,1 тыс. га больше, чем сельскохозяйственных угодий (табл. 3.4.). Динамика их перевода в разряд чистых составила около 27,0 тыс. га ежегодно или по 1,8% от показателя 2013 года. При сохранении имеющейся скорости динамики и в последующие годы для полного освобождения леса от <sup>137</sup>Cs потребуется ещё около 49 лет.

Таблица 3.4 – Площадь лесного фонда Министерства лесного хозяйства Беларуси, загрязненная <sup>137</sup>Cs на 1 января, тыс. га

	Годы наблюдений						
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Республика Беларусь	1 504,6	1 457,4	1 424,8	1 395,4	1 375,9	1 356,3	1 315,5
Области:							
Брестская	105,4	100,2	94,2	89,7	85,7	83,6	80,3
Витебская	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Гомельская	884,7	863,5	846,5	831,4	824,8	816,1	798,2
Гродненская	40,3	33,8	31,4	30,0	26,0	25,6	18,8
Минская	41,3	33,9	32,9	31,7	31,4	30,9	29,6
Могилевская	432,6	425,9	419,7	412,5	407,9	400,0	388,5

Загрязненная почва является основным источником и резервуаром в цепочке поступления радионуклидов в сельскохозяйственную продукцию, а от неё к человеку. Соответственно проведению мероприятий в земледелии отводится наиважнейшая роль. Они основаны на учете различий свойств почвы [33, 56]. Прежде всего, это касается типовых её различий. Загрязненные радионуклидами земли Республики Беларусь в основном относятся к дерново-подзолистым и дерново-подзолистым заболочиваемым почвам, характеризующиеся достаточно интенсивным снижением доступности  $^{137}\text{Cs}$  при применении защитных мероприятий для корневого усвоения растениями. На долю торфяно-болотных, аллювиальных (пойменных) дерновых и деградированных торфяно-минеральных почв приходится около 20,0% [179, 202, 204]. В пределах одного типа почв биологическую доступность радионуклидов и параметры их миграции в звене почва - растение в значительной степени определяют гидроморфизм и гранулометрический состав почв [13, 34].

### **3.2. Радиологический мониторинг сельскохозяйственных земель**

Проведение радиологического мониторинга в Беларуси обеспечивается областными проектно-исследовательскими станциями химизации сельского хозяйства Министерства сельского хозяйства и продовольствия. Исследовательская работа Гомельской ОПИСХ строится в соответствии с утверждаемой программой работы на предстоящий год. Ежегодно станцией проводятся исследования сельскохозяйственных земель ряда районов Гомельской области на содержание радиоактивных веществ в почве с последующим картированием обследованных угодий. Одним из основных направлений деятельности является радиологическое обследование сельскохозяйственных земель загрязненных районов для определения плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , а также контроль качества растениеводческой продукции на содержание  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  [168].

Агрохимическое и радиологическое обследования земель организуются в соответствии с методическими указаниями: «Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь» [93], «Инструкция по известкованию кислых почв ...» [69]. и другими нормативными документами. Одновременно методическое руководство организацией работ

осуществляет РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». Так, в прошедшем, 2017 году, Гомельской ОПИСХ совместное агрохимическое и радиологическое обследование сельскохозяйственных земель проводилось в Буда-Кошелевском, Кормянском, Лоевском, Мозырском и Чечерском районах Гомельской области (табл. 3.5.).

Таблица 3.5 – Радиологическое обследованию земель по районам Гомельской области в 2017 году

Район	Обследованная площадь, га			Количество отобранных проб почвы, ед.			Количество проанализированных проб на $^{137}\text{Cs}$ , ед.
	Всего	из них земель		Всего	из них		
		сельскохозяйственных	естествен. луговых		сельскохозяйственных	естествен. луговых	
Буда-Кошелевский	76330	73765	2565	7895	7451	444	7895
Кормянский	39733	38190	1543	4049	3814	235	4049
Лоевский	16338	14963	1375	1772	1573	199	1772
Мозырский	11292	10444	848	1217	1078	139	1217
Чечерский	33811	30953	2858	3601	3136	465	3601
ВСЕГО	177504	168315	9189	18534	17052	1482	18534

По состоянию на 1 января 2018 года на территории Гомельской области имелось 1 323,8 тыс. га сельскохозяйственных угодий. Как видно из табличных данных, в 2017 году при радиологическом обследовании загрязненных радионуклидами земель сельскохозяйственных организаций вышеперечисленных районов, отбор проб почвы был проведен с площади 177504 га или 13,4% от наличных в области сельскохозяйственных угодий. Из них 12,7% приходилось на пашню, сад, улучшенные луговые земли, 0,7% – на естественные луговые земли. Всего было отобрано 18534 пробы почвенных образцов, из которых 92% приходилось на сельскохозяйственные земли и 8% на естественные луговые. На сельскохозяйственных землях 1 проба почвы была отобрана с площади 9,08 га, естественных луговых угодьях – с площади 6,20 га. Все пробы почвы проанализированы на содержание  $^{137}\text{Cs}$ . Из-за трудоёмкости радиохимических исследований  $^{90}\text{Sr}$  определение содержания  $^{90}\text{Sr}$  в образцах почв, отобранных в 2017 году, было завершено в 2018 году.

В этом же году было завершено определение плотности загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  образцов почв Наровлянского района в количестве 294 проб, отобранных при проведении обследования в 2015 году, 1620 образцов проб почв Калинковичского, 922 проб Добрушского и 3792 пробы Речицкого

районов 2016 года обследования. Всего в течение года станцией было проанализировано на содержание  $^{90}\text{Sr}$  6628 почвенных образцов.

Полученные уточненные данные обследованных земель по плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  оформляются в виде картограмм плотности загрязнения и экспликаций площадей по районам в разрезе хозяйств и в целом по области. Экспликации представляются для планирования и проведения защитных мероприятий в Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, в Министерство сельского хозяйства и продовольствия Беларуси, в сектор по агрохимическому обслуживанию Комитета по сельскому хозяйству и продовольствию Гомельского облисполкома, в обследованные районы области. Картограммы плотности загрязнения после согласования с РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» и с Минсельхозпродом (сектор сельхозрадиологии и охраны окружающей среды) также передаются в Государственное учреждение «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторинга окружающей среды».

В результате радиологического мониторинга, на начало 2018 года, установлено, что площадь сельскохозяйственных и естественных луговых земель Гомельской области, загрязненных цезием-137 с плотностью 1,0 и более  $\text{Ки}/\text{км}^2$ , составляла 529,0 тыс. га или 43,2% от площади сельскохозяйственных угодий имеющихся в распоряжении сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств, и, соответственно, стронцием-90 с плотностью 0,15 и более  $\text{Ки}/\text{км}^2$  – 296,1 тыс. га или 24,2% (таблицы 3.6. и 3.7.). Сравнение загрязненных цезием-137 угодий на конец года с их количеством на начало года (533,3 тыс. га) свидетельствует, что их количество уменьшилось на 4,3 тыс. га или на 0,3% [129]. Согласно экспликации обследованных площадей, только в Октябрьском районе плотность загрязнения цезием-137 не превышает 1,0  $\text{Ки}/\text{км}^2$ . В Петриковском и Мозырском районах плотность загрязнения цезием-137 колеблется от менее 1,0  $\text{Ки}/\text{км}^2$  до 4,9  $\text{Ки}/\text{км}^2$ . В Гомельском, Житковичском, Жлобинском, Калинковичском, Лельчицком, Речицком и Светлогорском районах плотность загрязнения цезием-137 находится в пределах от менее 1,0  $\text{Ки}/\text{км}^2$  до 9,9  $\text{Ки}/\text{км}^2$ , в Рогачевско районе – от менее 1,0  $\text{Ки}/\text{км}^2$  до 14,9  $\text{Ки}/\text{км}^2$ , в Ельском и Лоевском районах – от менее 1,0  $\text{Ки}/\text{км}^2$  до 29,9  $\text{Ки}/\text{км}^2$ . В остальных районах области плотность загрязнения составляет от менее 1,0  $\text{Ки}/\text{км}^2$  до 30–39,9  $\text{Ки}/\text{км}^2$ , кроме Кормянского и Наровлянского районов, где плотность загрязнения всех сельскохозяйственных земель цезием-137. более 1,0  $\text{Ки}/\text{км}^2$ .

Таблица 3.6 – Экспликация площадей сельскохозяйственных земель Гомельской области по плотности загрязнения Cs-137 на 01.01.2018 года, га

№ пп	Наименование районов	Всего земель	в т. ч. загрязненных	Градации по плотности загрязнения Cs-137, Ки/км <sup>2</sup>							не обл.
				<1,0	1,0-4,9	5,0-9,9	10,0-14,9	15,0-29,9	30,0-39,9	>40,0	
1	Брагинский	50282	42143	5633	33983	6158	1281	599	50	72	2506
2	Б-Кошелевский	85559	63638	16961	55574	5231	2072	757	4		4960
3	Ветковский	40933	39690	22	18103	14698	4234	2647	8		1221
4	Гомельский	68989	25563	41869	25204	359					1557
5	Добрушский	70780	25129	45002	12996	5352	3063	3629	89		649
6	Ельский	39119	34863	2628	29000	5526	325	12			1628
7	Житковичский	49821	2500	46213	2439	61					1108
8	Жлобинский	85346	19795	62916	19720	75					2635
9	Калинковичский	86536	13641	70819	13555	86					2076
10	Кормянский	40420	38850		18486	18403	1512	431	18		1570
11	Лельчицкий	40706	13518	25366	13452	66					1822
12	Лоевский	39676	7813	30927	6740	694	339	40			936
13	Мозырский	37404	8233	28741	8233						430
14	Наровлянский	18730	17076		2460	8756	3786	2035	39		1654
15	Октябрьский	39830		39498							332
16	Петриковский	70995	108	70767	108						80
17	Рогачевский	101583	55912	45280	50336	5570	6				391
18	Речицкий	96200	34226	58257	34030	196					3717
19	Светлогорский	56045	1383	54637	1148	235					25
20	Хойникский	41230	38817	402	20706	12314	3855	1935	7		2011
21	Чечерский	37475	34872	27	19020	8789	3459	3568	36		2576
	ИТОГО	1197619	517770	645965	385293	92569	23932	15653	251	72	33884
	Фермерские хозяйства	27708	11259	14670	8385	2287	455	132			1779
	ВСЕГО	1225327	529029	660635	393678	94856	24387	15785	251	72	35663

Таблица 3.7 – Экспликация площадей сельскохозяйственных земель Гомельской области по плотности загрязнения Sr-90 на 01.01.2018 года, га

№ пп	Наименование районов	Всего земель	в т.ч. загрязненных	Градации по плотности загрязнения Sr-90, Ки/км <sup>2</sup>							не обл.
				<0,15	0,15-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00	2,01-2,99	>3,00	
1	Брагинский	50282	46763	1013	6551	13426	21719	4945	122		2506
2	Б-Кошелевский	85559	17643	60 717	16185	1294	164				7199
3	Ветковский	40933	23030	16682	16603	5666	761				1221
4	Гомельский	68989	21450	45982	18740	2601	109				1557
5	Добрушский	70780	18942	51189	10753	6035	2137	17			649
6	Ельский	39119	7019	29345	6943	76					2755
7	Житковичский	49821		48713							1108
8	Жлобинский	85346	266	82 445	266						2635
9	Калинковичский	86536	19 942	64 518	14011	4637	1294				2076
10	Кормянский	40420	2623	36 227	2623						1570
11	Лельчицкий	40706	52	38766	52						1888
12	Лоевский	39676	13641	24119	11053	2317	271				1916
13	Мозырский	37404	1787	34684	1787						933
14	Наровлянский	18730	14338	2738	10997	2745	585	11			1654
15	Октябрьский	39830		39498							332
16	Петриковский	70955		70875							80
17	Рогачевский	101583	228	100 964	228						391
18	Речицкий	96200	53942	36720	43682	10031	229				5538
19	Светлогорский	56045		56020							25
20	Хойникский	41230	39188	31	2659	8632	18643	8562	654	38	2011
21	Чечерский	37475	8 917	25 982	5658	2747	512				2576
	ИТОГО	1 197 619	289 771	867 228	168791	60207	46424	13535	776	38	40620
	Фермерские хозяйства	27708	6372	19485	3469	572	1263	975	93		1851
	ВСЕГО	1 225 327	296 143	886 713	172260	60779	47687	14510	869	38	42471

Земли с плотностью загрязнения цезием-137 от 30 Ки/км<sup>2</sup> и выше 40 Ки/км<sup>2</sup> (всего 323 га) имеются в Брагинском районе, в Буда-Кошелевском, Ветковском, Добрушском, Кормянском, Наровлянском, Хойникском и Чечерском районах с плотностью загрязнения от 30-39,9 Ки/км<sup>2</sup> имеется 122 га, 4 га, 8га, 89 га, 18 га, 39 га, 7 га и 36 га соответственно.

Загрязнение территории области стронцием-90 носит меньший и пятнистый характер. Из показателей таблицы 3.7. следует, что данным радионуклидом в области загрязнено 24,2 % сельскохозяйственных земель. В Житковичском, Октябрьском, Петриковском и Светлогорском районах земли всех хозяйств по плотности загрязнения не превышают 0,15 Ки/км<sup>2</sup>. В Жлобинском, Кормянском, Лельчицком, Мозырском и Рогачевском районах плотность загрязнения стронцием-90 составляет от менее 0,15 Ки/км<sup>2</sup> до 0,30 Ки/км<sup>2</sup>, в Ельском районе – от менее 0,15 Ки/км<sup>2</sup> до 0,50 Ки/км<sup>2</sup>, в остальных районах области плотность загрязнения колеблется от менее 0,15 Ки/км<sup>2</sup> до 1,00 Ки/км<sup>2</sup>. На территории Брагинского, Добрушского, Наровлянского и Хойникского районов продолжают оставаться земли с плотностью загрязнения стронцием-90 от 1,01 Ки/км<sup>2</sup> до 2,00 Ки/км<sup>2</sup> (14510 га), выше 2,01 Ки/км<sup>2</sup> – в Брагинском и Хойникском районах (869 га) и более 3,0 Ки/км<sup>2</sup> – в Хойникском районе (38 га).

Распределение площадей сельскохозяйственных земель области по плотности загрязнения цезием-137 и стронцием-90 в процентном отношении отображено в рисунках 3.1 и 3.2.

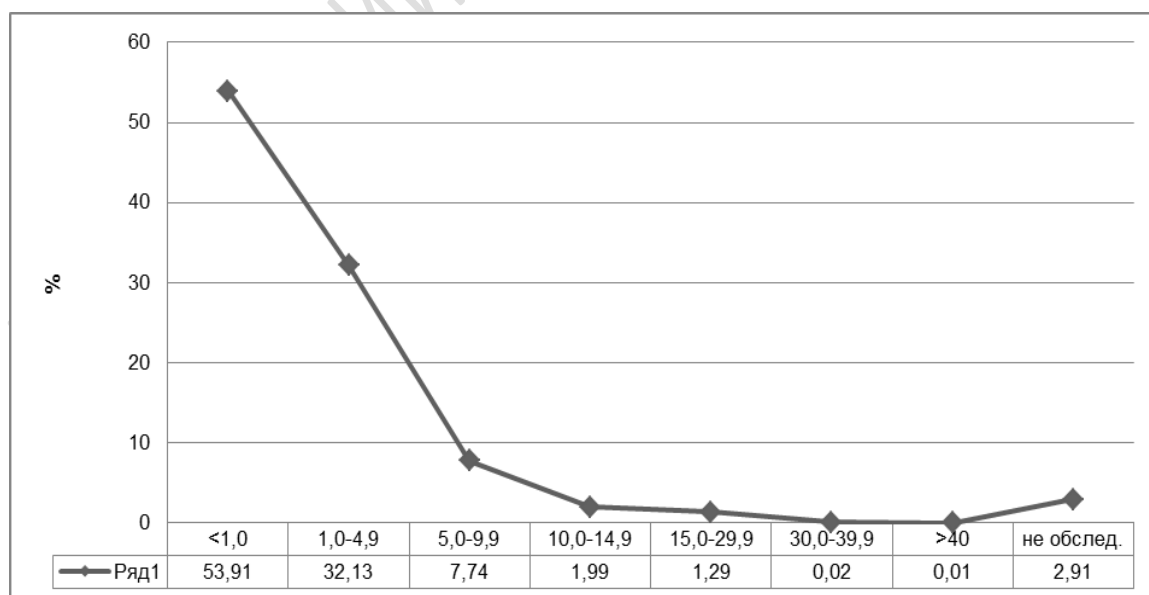


Рисунок 3.1 – Удельное распределение плотности загрязнения цезием-137 сельскохозяйственных земель Гомельской области на 01.01.2018 года

Кроме лаборатории радиологии Гомельской ОПИСХ контроль растениеводческой продукции на содержание радионуклидов в период заготовки зерна, картофеля, осуществляется в области, также и другими аккредитованными лабораториями. В 2017 году радиохимическим методом на содержание  $^{90}\text{Sr}$  всего было проанализировано 805 проб зерна и 40 проб картофеля.

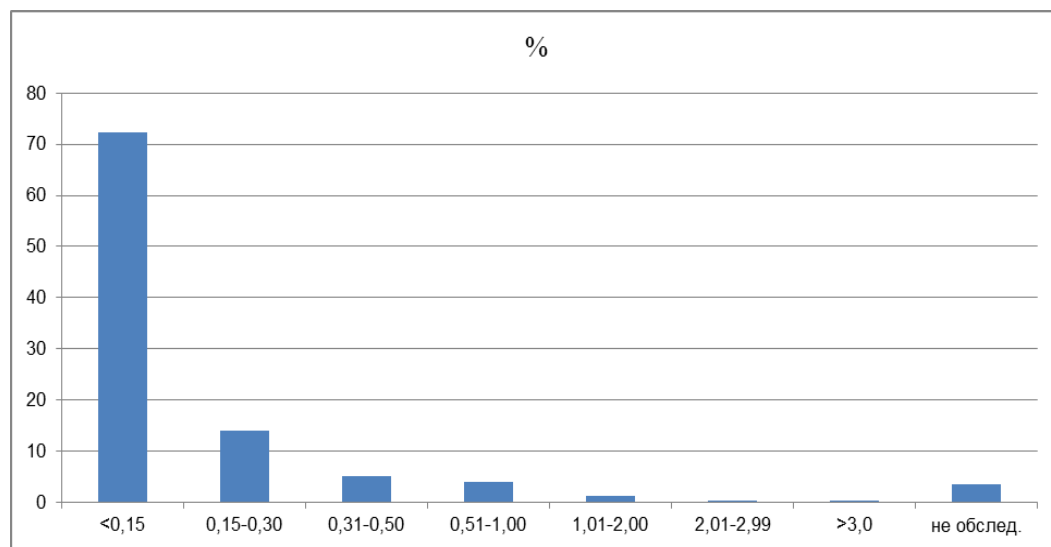


Рисунок 3.2 – Удельное распределение плотности загрязнения стронцием-90 сельскохозяйственных земель Гомельской области на 01.01.2018 года

Из них лабораторией радиологии ОПИСХ исследовано 95 проб зерна и 18 проб картофеля. Из всех проанализированных проб зерна только в 45 пробах (12769 тонн) было установлено превышение допустимого уровня содержания  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственном сырье на продовольственные цели, что составило 5,6% от общего числа всех исследованных проб. В пробах картофеля превышение норматива по содержанию  $^{90}\text{Sr}$  выявлено только в ОАО «Брагинка» и ОАО «им. Жукова» Брагинского района.

Лабораторией радиологии Гомельской ОПИСХ осуществляется также контроль качества рапса согласно технического регламента Таможенного союза (ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна»). Из проанализированных лабораторией 24 образцов зерна рапса в 45,0% было отмечено превышение допустимого уровня содержания  $^{90}\text{Sr}$ .

Итак, на территории Гомельской области в течение года на содержание в почве радионуклидов цезия-137 и стронция-90 обследуется до 13,4% сельскохозяйственных земель. Проведение радиологического мониторинга загрязненных сельскохозяйственных земель свидетельствует, что их количество на территории Гомельской области ежегодно снижается до 0,3%. В настоящее время не имеется



земель загрязненных цезием-137 в Октябрьском и, кроме 108 га (до 4,9 Ки/км<sup>2</sup>), в Петриковском районах. В отношении стронция-90 установлено, что данным радионуклидом не загрязнены продуктивные земли в Октябрьском, Житковичском, Светлогорском и Петриковском районах. Радиологическое обследование земель позволяет не только оценивать состояние обстановки на загрязненной территории, но и его результаты являются основой для разработки мероприятий по получению растениеводческой продукции в пределах установленных санитарно-гигиенических требований.

### **3.3. Особенности загрязнения почвы южных и северных районов Гомельской области цезием-137 и стронцием-90**

Следующей целью работы являлся анализ и оценка результатов радиологических исследований, проводимых Гомельской областной проектно-изыскательской станцией химизации сельского хозяйства в наиболее пострадавших от чернобыльской катастрофы районах и расположенных в ближней от станции зоне (Брагинский, Наровлянский и Хойникский районы) и дальней от станции зоне (Ветковский, Чечерский и Кормянский районы).

Как было выше показано, на территории Гомельской области имеется 1 323,8 тыс. га сельскохозяйственных угодий. В данном количестве сельскохозяйственных земель доля сельскохозяйственных угодий южных районов составляет около 8,3% и северных районов 9,0%. Соответственно в масштабах области удельный вес угодий шести районов занимает около 17,3% (табл. 3.8.).

Как следует из показателей таблицы 3.8., через 29 лет после выпадений чернобыльского цезия-137 в южных районах 88,9% почв сельскохозяйственных угодий оставались с плотностью содержания радионуклида более 1 Ки/км<sup>2</sup>, в северных районах – через 27 лет 95,4%.

Также можно заметить, что за период годов с 2007 по 2015 количество загрязненных цезием-137 сельскохозяйственных угодий в южных районах уменьшилось на 5348 га или на 4,9% от всего их количества. Следовательно, в течение восьмилетнего периода в разряд не загрязненных ежегодно переходило примерно по 668,5 га. В северных районах за период годов с 2005 по 2013 количество площадей с повышенным содержанием цезия-137 не уменьшилось, а приросло на 355 га. Прирост произошёл за счёт ввода в эксплуатацию 4094 га в Чечерском и Кормянском районах, ранее выведенных

из оборота земель, и сокращения в Ветковском районе угодий на 2885 га, что привело к увеличению площадей в трёх районах на 1189 га. Вместе в тем, удельный вес загрязнённых угодий за указанный промежуток лет снизился на 0,7 %, с 96,1% до 95,4%.

Таблица 3.8 – Показатели обследования почвы сельскохозяйственных угодий на содержание цезия-137, га

Наименование района	Год обследования	Всего угодий	Из них:		
			не обследованы	не загрязнены (< 1 Ки/км <sup>2</sup> )	загрязнены (>1 Ки/км <sup>2</sup> )
Брагинский	2007	51111	220	5308	45583
	2015	50282	2506	5633	42143
Наровлянский	2007	19428	446	338	18595
	2015	18730	1654	-	17076
Хойникский	2007	41739	1747	787	39206
	2015	41230	2011	402	38817
Итого	2007	112278	2413	6483	103384
	2015	110242	6171	6035	98036
Распределение площадей, %	2007		2,1	5,8	92,1
	2015		5,6	5,5	88,9
Ветковский	2005	43818	1744	47	42027
	2013	40933	1221	22	39690
Чечерский	2005	35614	1492	202	33920
	2013	37475	2576	27	34872
Кормянский	2005	38187	1097	-	37090
	2013	40420	1570	-	38850
Итого	2005	117 639	4333	249	113057
	2013	118 828	5367	49	113412
Распределение площадей, %	2005		3,7	0,2	96,1
	2013		4,5	0,1	95,4

Анализ загрязнённых цезием-137 сельскохозяйственных угодий по градации плотности загрязнения свидетельствует, что в южных и северных районах они существенным образом различаются. Так, если в южных районах 58589-57149 га угодий или 56,7-58,3% находились в диапазоне загрязнения 1,0–4,9 Ки/км<sup>2</sup>, то в северных районах – соответственно 49009–55609 га или 43,0–49,0% (табл. 3.9. и рис. 3.3).

В северных районах 41,1–36,9% сельскохозяйственных угодий содержали цезий-137 в диапазоне 5,0–9,9 Ки/км<sup>2</sup>, в то время как в южных районах на уровне 25,1–27,8%. Следовательно в северных районах плотности загрязнения угодий цезием-137 оказались значительно выше, чем в южных районах, расположенных ближе к источнику его выброса.

Изучение показателей содержания в почве сельскохозяйственных угодий стронция-90 показало, что если в 2007 году данным радионуклидом было загрязнено в южных районах 103382 га или 92,1%, то

в 2015 году на 3093 га меньше или на 1,1%. В северных районах в 2005 году было установлено 113037 га загрязненных стронцием-90 более 0,15 Ки/км<sup>2</sup> или 96,1% всех угодий, через восемь лет при повторном обследовании количество загрязненных площадей снизилось до 34570 га и составило 29,1% от эксплуатируемых угодий.

Таблица 3.9 – Экспликация загрязнённых площадей сельскохозяйственных угодий цезием-137 по градации плотности, га

Наименование района	Год обследования	Градации плотности, Ки/км <sup>2</sup>					
		1,0-4,9	5,0-9,9	10,0-14,9	15,0-29,9	30,0-39,9	>40,0
Брагинский	2007	36 671	5959	1791	1053	109	-
	2015	33 983	6158	1281	599	50	72
Наровлянский	2007	2 615	7790	5356	2628	188	18
	2015	2 460	8756	3786	2035	39	-
Хойникский	2007	19 303	12156	5205	2500	42	-
	2015	20 706	12314	3855	1935	7	-
Итого	2007	58 589	25905	12352	6181	339	18
	2015	57 149	27228	8922	4569	96	72
Ветковский	2005	17 085	16414	4960	3533	33	2
	2013	18 103	14698	4234	2647	8	-
Чечерский	2005	17 587	8940	3772	3490	101	30
	2013	19 020	8789	3459	3568	36	-
Кормянский	2005	14 337	21044	1597	112	-	-
	2013	18 486	18403	1512	431	18	-
Итого	2005	49 009	46 398	10 329	7135	134	32
	2014	55 609	41 890	6 205	6 646	62	-

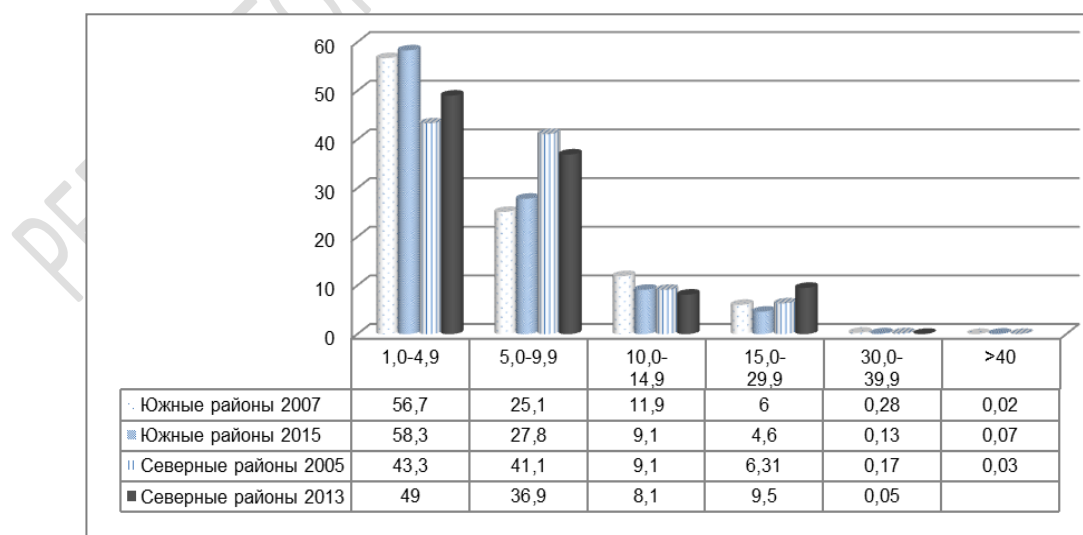


Рисунок 3.3 – Удельное распределение загрязненных сельскохозяйственных угодий цезием-137 по градации плотности, %

После распределения сельскохозяйственных угодий по градации плотности их загрязнения стронцием-90 было установлено, что в южных и северных районах они расположились разным образом. Так, если в южных районах, в 2015 году, 40947 га или 40,8% находились в диапазоне плотности 0,51–1,00 Ки/км<sup>2</sup>, то в северных районах, в 2013 году, – преимущественно в диапазоне 0,15–0,30 Ки/км<sup>2</sup> (24884 га или 72,0%). В северных районах плотность загрязнения стронцием-90 сельскохозяйственных угодий не превысила 1 Ки/км<sup>2</sup>, в то время как в южных районах количество угодий с превышением 1 Ки/км<sup>2</sup> насчитывалось, в 2015 году, 14335 га или 14,34% (табл. 3.10. и рис. 3.4).

Таблица 3.10 – Экспликация загрязнённых площадей сельскохозяйственных угодий стронцием-90 по градации плотности, га

Наименование района	Год обследования	Градации плотности, Ки/км <sup>2</sup>					
		0,15-0,30	0,31-0,50	0,51-1,00	1,00-2,00	2,01-2,99	>3,00
Брагинский	2007	36671	5954	1791	1053	109	-
	2015	6551	13426	21719	4945	122	-
Наровлянский	2007	2615	7790	5355	2628	188	18
	2015	10997	2745	585	11	-	-
Хойникский	2007	19303	12155	5205	2500	42	-
	2015	2659	8632	18643	8562	654	38
Итого	2007	58589	25904	12351	6181	339	-
	2015	20207	24803	40947	13521	776	38
Ветковский	2005	17085	16414	4960	3533	33	2
	2013	16603	5666	761	-	-	-
Чечерский	2005	17587	8940	3772	3490	101	30
	2013	5658	2747	512	-	-	-
Кормянский	2005	14 337	21 044	1597	112	-	-
	2013	2623	-	-	-	-	-
Итого	2005	49 009	46398	10329	7135	134	32
	2013	24 884	8413	1273	-	-	-

Как следует из показателей рисунка 3.4., между первых и вторым наблюдениями в почве сельскохозяйственных угодий северных районов происходило снижение концентраций радионуклида. Это видно из распределения их по градации плотности

Количество площадей с плотностью загрязнения 0,15–0,30 Ки/км<sup>2</sup> увеличилось с 43,4% до 72,0% и одновременно уменьшилось в диапазоне 0,31–0,50 Ки/км<sup>2</sup> на 16,7%. В южных районах, наоборот, ситуация при повторном обследовании выглядела несколько по-другому. При происшедшем уменьшении на 36,6% количества площадей в интервале

0,15–0,30 Ки/км<sup>2</sup> и на 0,4% в интервале 0,31–0,50 Ки/км<sup>2</sup>, здесь было установлено увеличение на 28,9% количества площадей в диапазоне плотностей загрязнения 0,51–1,0 Ки/км<sup>2</sup>, а также во всех остальных ещё более высоких плотностях загрязнения.

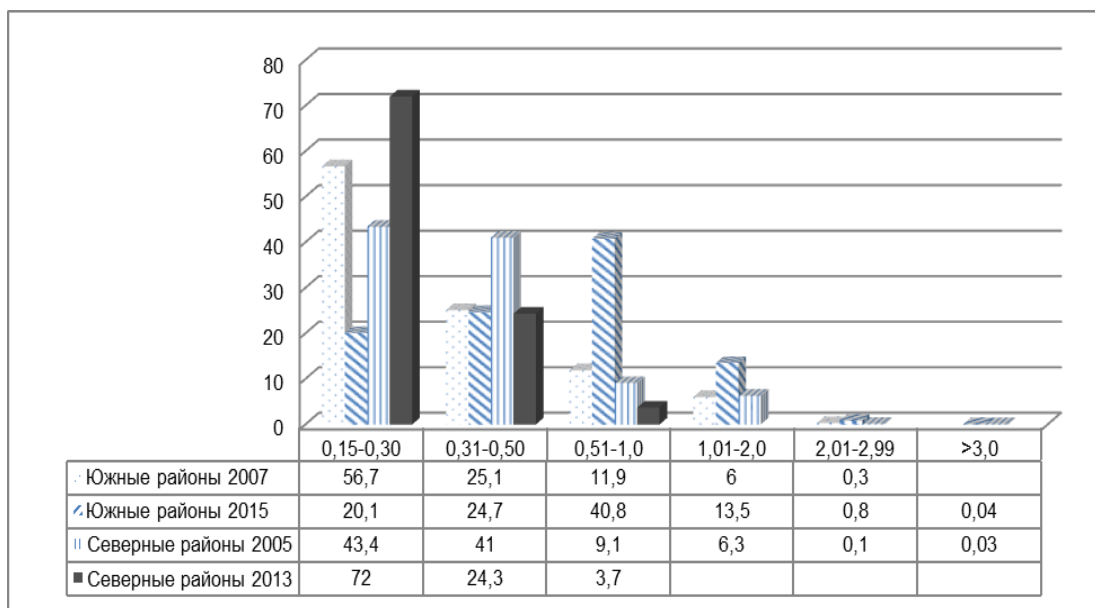


Рисунок 3.4 – Удельное распределение загрязненных сельскохозяйственных угодий стронцием-90 южных и северных районов по градации плотности, %

Итак, южные и северные районы Гомельской области относятся к наиболее загрязненным радионуклидами чернобыльского происхождения. Последнее радиологическое обследование эксплуатируемых сельскохозяйственных угодий данных районов показало, что 88,9% в южных и 95,4% в северных районах площадей содержат концентрации цезия-137 выше 1 Ки/км<sup>2</sup> и концентрации стронция-90 выше 0,15 Ки/км<sup>2</sup> – соответственно 91,0% и 29,1%. Южные районы в большей степени подвержены загрязнению стронцием-90, северные – цезием-137. В южных районах около 14,3% сельскохозяйственных угодий загрязнены стронцием-90 с плотностью более 1 Ки/км<sup>2</sup>, в то время как в северных районах плотность загрязнения данным радионуклидом не превышает 1 Ки/км<sup>2</sup>. В диапазоне градации плотности цезия-137 5,0-9,9 Ки/км<sup>2</sup> в северных районах находилось до 41,1% площадей угодий, в южных – до 27,8%.

Радиологическое обследование земель позволяет не только оценивать состояние обстановки на загрязненной территории, но и его результаты являются основой для разработки мероприятий по получению растениеводческой продукции в пределах установленных санитарно-гигиенических требований. Радионуклидный состав почв учитывается при планировании и проведении защитных мер в растениеводческой отрасли пострадавших районов.

Сокращение площади земель, загрязненных радионуклидами, происходило главным образом за счет процессов радиоактивного распада, но определенный вклад внесло выведение из оборота части земель, на которых стало невозможным производство нормативно-чистой сельскохозяйственной продукции (табл. 3.11.). За период с 1986 по 1991 годы из сельскохозяйственного оборота было выведено в трёх областях республики 263,4 тыс. га, из которых 82,1% пришлось на Гомельскую область. Среди исключенных земель пашня и многолетние насаждения составляли 31,3 % и кормовые угодья 68,7%.

Таблица 3.11 – Сведения о землях, выведенных из сельскохозяйственного использования за послеаварийный период (1986-1991 г.г.), в связи с загрязнением радионуклидами (на 13.05.2005)

	Исключено всего, тыс. га	В том числе, тыс. га	
		пашня + многолетние насаждения	кормовые угодья
Всего сельхозугодий в т. ч. по областям:	263,4	82,6	180,8
Брестская	0,1	0,1	-
Гомельская	216,3	68,6	147,7
Могилевская	47,0	13,9	33,1
Примечание – передано в госземзапас 47,4 тыс. га (Гомельская – 2,3 тыс. га, Могилевская – 45,1 тыс. га).			

В послеаварийное время на большей части выведенных из оборота землях производится посев и посадка лесов (табл. 3.12.). Так, например, в Беларуси в 2018 году, на землях подверженных загрязнению был посажен лес на площади 7707 га, из которых 256 га на выведенных из использования сельскохозяйственных землях.

Таблица 3.12 – Посев и посадка лесов на землях загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  по областям в 2018 году, га

	Всего	В том числе с плотностью загрязнения, Ки/км <sup>2</sup>		
		1-5	5-15	15-40
Республика Беларусь	7707/256 <sup>x</sup>	5962/74	1224	521/182
в том числе области:				
Брестская	851	844	7	
Гомельская	5091/244	3817/62	903	371/182
Гродненская	10/2	10/2		
Минская	78	78		
Могилёвская	1677/10	1213/10	314	150
Примечание: x – в числителе все загрязненные площади, в знаменателе – в том числе исключенные из сельскохозяйственного оборота.				

### 3.4. Ограничения использования территорий

В соответствии с законом Республики Беларусь «О социальной защите граждан, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий» (в редакции 2008 г.), основным показателем оценки территорий, где условия проживания и трудовая деятельность населения не требуют каких-либо ограничений, установлена средняя годовая эффективная доза облучения. Она не должна превышать 1 мЗв над уровнем естественного и техногенного радиационного фона [182].

Как свидетельствует мировой опыт ликвидации радиационных аварий проблеме обеспечения населения чистыми пищевыми продуктами должно уделяться наибольшее внимание. Это связано с преобладанием внутреннего облучения в суммарной дозе облучения населения, проживающего на загрязненных территориях [5, 14, 222]. Он может достигать до 90% на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава и почвах торфяного типа, которые характерны для наиболее загрязненных областей Беларуси [114]. На этом основании реабилитация загрязненных сельскохозяйственных земель и производство нормативно-чистой продукции остаются в числе приоритетов пятилетних Государственных программ по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на протяжении всех периодов их реализации и по настоящее время.

Основой радиационной защиты населения является Закон Республики Беларусь «О санитарно-эпидемическом благополучии населения» (2012) и постоянно совершенствующиеся нормативно правовые акты [63]. Принимаемые законодательные акты направлены на снижение в основных продуктах питания содержания таких радионуклидов как  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  и развитием предпосылок для их дальнейшего сокращения [204].

В связи с этим следует отметить, что допустимые уровни радионуклидов с 1986 по 1999 гг. изменялись 6 раз (табл. 3.13.) [112, 115]. Временно допустимые уровни содержания радионуклидов в продуктах питания и питьевой воде (ВДУ) были введены в СССР после аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. [48, 177]. При разработке ВДУ исходили из квоты на годовую дозу внутреннего облучения для критической группы населения 16 радиоактивно загрязненных территорий 50 мЗв (1986 г.) и 8 мЗв (1987–1992 гг.) [15].

Таблица 3.13 – Динамика изменения нормативов содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах Беларуси в послеаварийное время, Бк/кг

Наименование продукта	ВДУ-86	ВДУ-88	РКУ-90	ВДУ-91	РДУ-92	РДУ-96	РДУ-99
$^{137}\text{Cs}$							
Молоко	3700	370	185	370	111	111	100
Говядина, баранина	3700	1850	592	740	600	600	500
Свинина, птица	3700	1850	592	740	600	370	180
Хлеб и хлебопродукты	370	370	370	370	185	100	80
Овощи	3700	740	185	600	185	100	100
Картофель	3700	740	592	600	370	100	80
$^{90}\text{Sr}$							
Молоко	-	-	3,7	37	3,7	3,7	3,7
Хлеб и хлебопродукты	-	-	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7

Как видно из показателей таблицы 3.13. разработанное нормирование  $^{137}\text{Cs}$  осуществляется по большему числу продуктов, так как он, в сравнении с  $^{90}\text{Sr}$ , длительное время являлся основным дозообразующим радионуклидом на загрязненной территории. Это обусловлено тем, как установлено, что поступление  $^{137}\text{Cs}$  с пищевыми продуктами формирует у населения до 70–80% внутренней дозы облучения, а  $^{90}\text{Sr}$  большей частью не превышает 5% [14, 82, 166].

Нормированию  $^{90}\text{Sr}$  стали уделять более пристальное внимание с 1990 года, когда ввели его нормативы для таких социально важных и соответственно основных дозообразующих продуктов, как молоко, хлеб, картофель.

В первые годы после аварии на территории Беларуси руководствовались временными нормативами (ВДУ-86 и ВДУ-88). Если временные уровни рассматривались как нормативы для аварийной ситуации, то за послеаварийный период допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  в молоке и говядине ужесточились в 3,7 раза, масле коровьем – в 11,1 раз, хлебе и картофеле – в 9,3 раза, овощах – в 7,4 раза. Затем в БССР были введены республиканские контрольные уровни (РКУ-90). Начиная с 1992 года, в Республике Беларусь руководствовались только Республиканскими допустимыми уровнями. В настоящее время основными нормативами в области качества и безопасности продовольственного сырья и продуктов питания остаются Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99), Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах (введены на срок действия РДУ-99) [173]. При соблюдении рекомендаций по ведению сельскохозяйственного производства и санитарных



требований проживания на загрязненной территории РДУ-99 позволяют не превышать годовую дозу внутреннего облучения у населения на уровне 1,0 мЗв. У Беларуси, в сравнении с нормативами Российской Федерации и Украины, также пострадавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС, по отдельным продуктам прослеживаются различия (табл. 3.14.).

Таблица 3.14 – Различия нормативов по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в пищевых продуктах в странах, пострадавших от аварии на ЧАЭС, Бк/кг

Наименование продукта	ГН 10-117-99 (РДУ-99)	ГНН 845/12719, 2006 г., Украина	СанПиН 2.3.2.2650-10 РФ, ТР ТС 021/2011, ТР ТС015/2011
$^{137}\text{Cs}$			
Молоко	100	100	100
Говядина, баранина	500	200	200
Свинина, птица	180	200	200
Хлеб и хлебопродукты	40	20	40
Овощи	100	40	120
Зерно	90	50	60
Фрукты	40	70	-
$^{90}\text{Sr}$			
Молоко	3,7	20	25
Хлеб и хлебопродукты	3,7	5	40
Зерно	11	20	11

Наиболее значимым различием является норматив по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в говядине. Так, в Российской Федерации и Украине для неё санитарно-гигиенические требования жестче в 2,5 раза. В эту категорию следует отнести и зерно, для которого в этих странах норматив в 1,5-1,8 раза мягче. В отличие от Российской Федерации норматив Республики Беларусь в отношении говядины не соответствует требованиям Таможенного союза ТР ТС 021/2011, что создает определенные трудности для товаропроизводителей. Одновременно с этим в Республике Беларусь более высокие требования к нормированию  $^{90}\text{Sr}$  в молоке (в 6,8 раз), хлебе и хлебопродуктах (в 10,8 раз). Различаются также нормативы для зерна на пищевые цели, овощей, фруктов. Наличие разницы в нормативах создает предпосылки и требования для дальнейшего их совершенствования и согласования между странами участниками Таможенного союза.

В Беларуси, с целью получения конечной сельскохозяйственной продукции в пределах допустимых уровней содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ , для животноводческой отрасли были разработаны и утверждены Республиканские допустимые уровни содержания этих радионуклидов в различных видах кормов (табл. 3.15.) [168].

Таблица 3.15 – Республиканские допустимые уровни содержания  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в кормах для получения различных видов конечной продукции, Бк/кг

Наименование кормов	$^{137}\text{Cs}$			$^{90}\text{Sr}$	
	молоко цельное	молоко на масло	мясо, заключительный откорм	молоко цельное	молоко на масло
Сено	1300	1850	1300	260	1300
Солома	330	900	700	185	900
Сенаж	500	900	500	100	500
Силос	240	600	240	50	250
Зеленая масса	165	600	240	37	185
Корнеплоды	160	600	300	37	185
Зернофураж	150	600	480	100	500

В настоящее время, по данным санитарного радиационного контроля, производимая на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь сельскохозяйственная продукция и продукты питания практически все соответствуют установленным нормативам. Эти результаты были достигнуты уже к 2000 году, когда объем молока, получаемого сельскохозяйственными организациями, загрязненного  $^{137}\text{Cs}$  свыше 100 Бк/л, сократился с 524,6 тыс. тонн в 1986 году до 1,4 тыс. тонн в 2000 году, а в период 2010–2016 годов практически полностью прекратился. Данные радиологического контроля свидетельствуют об такой же обстановке в производстве молока и в личных подсобных хозяйствах.

По результатам прижизненного радиационного контроля крупного рогатого скота его возврат с мясокомбинатов сведен к минимуму. Количество мяса, загрязненного  $^{137}\text{Cs}$  свыше 500 Бк/кг, также существенным образом сократилось. Если в 1986 году такого мяса было 21,1 тыс. тонн, в 1999 году 360 тонн, то в 2010 году только 100 кг. Начиная с 2011 года, мясо со сверхнормативным содержанием  $^{137}\text{Cs}$  на перерабатывающие предприятия мясной отрасли не поступает [3].

Более десяти лет зерно и овощи практически всё соответствует гигиеническим нормативам по содержанию  $^{137}\text{Cs}$ , картофель – как по  $^{137}\text{Cs}$ , так и по  $^{90}\text{Sr}$ . Вместе с тем проблема сверхнормативного загрязнения  $^{90}\text{Sr}$  продукции растениеводства до конца не решена. Это связано с тем, что его доступность растениям во времени возрастает. Пока сохраняется производство кормов для животных с удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  выше допустимых уровней. Это касается, прежде всего, таких кормов как силос, сенаж, травяная зеленая масса. Для экспортноориентированной Республики Беларусь требуется, чтобы отправляемая продукция в страны-участницы Таможенного

союза ЕАЭС соответствовала Техническому регламенту данного объединения (ТР ТС 021/2011). По данным радиационного контроля в целом по республике ежегодные объем говядины с содержанием  $^{137}\text{Cs}$  более 200 Бк/кг пока колеблются в интервале 31–37 тонн. В связи с этим перед производителями сельскохозяйственной продукции встает задача обеспечения мяса крупного рогатого скота удельной активностью  $^{137}\text{Cs}$  не более 200 Бк/кг [104, 199]. Для выполнения таких параметров от производителей говядины требуется почти двукратного снижения активности стандартного рациона крупного рогатого скота.

В результате внедрения ограничений на загрязненной территории Беларуси производства продукции и потребления населением продуктов питания со сверхнормативным содержанием радионуклидов величина накопленной дозы облучения пострадавшими гражданами республики за 1986–2005 гг. составила 24 тыс. чел.-Зв вместо прогнозируемых 176 тыс. чел.-Зв. Из этого следует, что предотвращенная коллективная доза составила 152 тыс. чел.-Зв [83, 221].

### **3.5. Реабилитация земель**

Следует отметить, что положительные результаты в получении нормативно-чистой сельскохозяйственной продукции на загрязненных радионуклидами землях Беларуси достигнуты за счет комплекса мероприятий в земледелии, растениеводстве, животноводстве, ветеринарии, переработке продукции [8, 16, 20, 38, 204].

Известно, что важнейшая цепочка поступления радионуклидов в организм человека начинается с почвы, на которой выращиваются культурные растения. Соответственно проведению мероприятий в земледелии уделяется особое внимание. Прежде всего мероприятия основаны на учете различий свойств почвы [30, 33, 56]. В первую очередь это типовые различия почв. Загрязненные радионуклидами земли Республики Беларусь в основном представлены дерново-подзолистыми (33,4%) и дерново-подзолистыми заболачиваемыми почвами (35,6%), которые характеризуются достаточным, с практической точки зрения, снижением доступности  $^{137}\text{Cs}$  растениями при применении защитных мероприятий [175, 179]. В пределах одного типа почв в значительной степени биологическую доступность радионуклидов и параметры их миграции в звене почва - растение определяют степень гидроморфизма и гранулометрический состав почв [13, 32, 35, 38, 220].

После почвы следующим звеном трофической цепи поступления радионуклидов к человеку являются растения. В растениеводстве выделяют три группы мероприятий: организационные, агрохимические, агротехнические [7, 8, 204].

Организационные мероприятия в растениеводстве включают: инвентаризацию угодий по уровню содержания радионуклидов и составление картосхем радиоактивного загрязнения; прогнозирование содержания радионуклидов в урожае; исключение земель из сельскохозяйственного пользования; изменение структуры посевных площадей и севооборотов; увеличение доли площадей под культурами с низким уровнем накопления радионуклидов или технических культур, неиспользуемых на пищевые цели; переспециализацию отраслей растениеводства; организацию радиационного контроля; оценку эффективности мероприятий [177, 204, 206].

Многочисленными исследованиями установлены существенные различия по накоплению радионуклидов различными культурами при равных почвенных условиях. Они могут достигать до 30 раз в зависимости от вида и до 7 раз в зависимости от сорта растений [62, 66, 108, 164].

Также к настоящему времени установлено, что усредненные показатели коэффициентов перехода  $^{137}\text{Cs}$  в биологическом звене миграции почва-зерно на минеральных почвах по культурам различаются до 11–16 раз, почва-зеленая масса – до 8 раз [153, 178, 179, 194].

На загрязненных землях основные агрохимические мероприятия направлены на улучшение агрохимических свойств почв, среди которых: снижение кислотности, увеличение сорбционной способности почв, повышение концентрации конкурентных радионуклидам ионов и др. [34, 139, 144].

С этой целью в перечень агрохимических мероприятий относятся известкование кислых почв, внесение органических удобрений, внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений, оптимизацию азотного питания, внесение микроудобрений, применение средств защиты растений. Применение данных мероприятий на радиоактивно загрязненных территориях обусловлено рядом свойств и особенностей, выявленных в результате многочисленных исследований. Например, внесение извести является эффективным способом снижения поступления радионуклидов в растения. В зависимости от исходной кислотности почв известкование снижает поступления радионуклидов в урожай от 1,5 до 4 раз [38, 85, 179].

Установлено также, что наибольший эффект достигается после одновременного известкования и применения минеральных удобрений. При этом основная роль в снижении поступления  $^{137}\text{Cs}$  отводится внесению калийных удобрений. Данным агрохимическим приемом в зависимости от генезиса почв можно уменьшить переход  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственные культуры от 2 до 20 раз,  $^{90}\text{Sr}$  – в 1,2–1,5 раза. Особенно эффективно внесение калийных удобрений на почвах легких по гранулометрическому составу и на бедных калием [13, 78, 101, 122, 179].

Показано, что внесение фосфорных удобрений способствует повышению урожайности возделываемых культур и закреплению  $^{90}\text{Sr}$  в почве [196, 204]. Их применение позволяет снизить накопление  $^{137}\text{Cs}$  в продукции растениеводства на дерново-подзолистых супесчаных и песчаных почвах в 1,0–1,5 раза,  $^{90}\text{Sr}$  – в 1,2–3,5 раза [177, 179]. Минимальный переход радионуклидов в растения наблюдается при достижении оптимальных параметров агрохимических свойств почвы. Он достигается главным образом за счет значительного роста продуктивности сельскохозяйственных земель: с 27 до 40 ц к. ед. с гектара пашни и до 20–30 ц к. ед. с гектара луговых угодий. Одновременно, такая продуктивность угодий позволяет повышать экономическую эффективность и конкурентоспособность растениеводческой продукции [27, 45, 140].

Внесение сбалансированной дозы минеральных удобрений, например, N60P90K280 расширяет возможности использования торфяной почвы для производства нормативно-чистого зеленого корма. При этом предельное загрязнение почвы, на которой можно получать нормативную продукцию возрастает в разы [41].

Без должного азотного питания невозможно добиться хорошей урожайности культур. С одной стороны недостаток азотного питания ведет к снижению урожая, с другой – превышение оптимальных доз азотных удобрений вызывает большее накопление радионуклидов растениями в 1,2–2,5 раза. Результаты исследований, полученные в Могилевском филиале РНИУП «Институт радиологии», показали, что оптимальным соотношением N:K в удобрении на дерново-подзолистых почвах при возделывании зерновых является 1:1,7–2,5 [201].

Низкая обеспеченность почв гумусом также относится к параметрам, определяющим накопление радионуклидов в продукции. По данным ряда исследователей при повышенном внесении в почву органического вещества в виде навоза, перегноя, низинного торфа и торфо-навозного компоста переход радионуклидов из почвы в растения

может уменьшаться в 1,2–3,5 раза. При этом наибольший эффект отмечается на почвах легкого гранулометрического состава [177, 195].

Разработаны рекомендации по применению средств химической защиты растений, предусматривающих обработки посевов овощей и корнеплодов на землях с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  свыше  $185 \text{ кБк/м}^2$  ( $5 \text{ Ки/км}^2$ ) или  $^{90}\text{Sr}$  –  $18,5 \text{ кБк/м}^2$  ( $0,5 \text{ Ки/км}^2$ ) [168].

Агротехнические приемы в растениеводстве на загрязненной территории направлены на изменение распределения радионуклидов в почвенном профиле и предусматривают: коренное и поверхностное улучшение сенокосов и пастбищ; гидромелиорацию (осушение и оптимизацию водного режима); выбор системы обработки почвы; проведение противоэрозионных мероприятий, направленных на предотвращение вторичного загрязнения [34, 168, 224].

Выпавшие на поверхность почв лугов радионуклиды и в настоящее время остаются более доступными растениям, чем на пахотных землях, вследствие этого содержание радиоактивных элементов в кормах с естественных лугов намного выше, чем в кормовых культурах на пашне. Коренное улучшение кормовых угодий позволяет до 10 раз снизить размеры перехода в травы  $^{137}\text{Cs}$  и в 3–4 раза  $^{90}\text{Sr}$  и получать более чистые корма в течение 3–4 лет [33, 139, 140]. Это достигается через выполнение такого набора работ при коренном улучшении как вспашка, известкование, внесение минеральных удобрений, подбор травосмесей [33, 134, 138]. При этом для оптимизации азотного питания растений при коренном улучшении посев трав рекомендуется проводить бобово-злаковой травосмесью состоящей из 3–4 видов. Такая травосмесь по своей продуктивности превосходит чистые посевы злаковых трав в 1,5–2 раза и в 1,15–1,76 раз меньше накапливает  $^{137}\text{Cs}$  [168]. Для повышения продуктивности кормовых угодий обязательным приемом является известкование почв, что существенным образом улучшает их агрохимическое состояние в период длительного периода эксплуатации.

Обязательно проведение ремонтно-эксплуатационных работ на мелиоративных сооружениях на загрязненных радионуклидами осушенных землях, так как их выполнение позволяет регулировать водный режим почв, от которого во многом зависит переход  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растения. В зависимости от уровня грунтовых вод различия поступления радионуклидов в растительность на торфяных, торфяно- и торфянисто-глеевых почвах могут достигать 20 раз. На песчаных переувлажненных и торфяно-болотных почвах высокий уровень загрязнения трав наблюдается даже при относительно низких плотностях загрязнения

почв  $^{137}\text{Cs}$ . В ряду от дерновых слабogleеватых до иловато-глеевых почв коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зеленую массу многолетних трав повышаются до 10 раз [78]. Минимальное накопление  $^{137}\text{Cs}$  травами обеспечивается при уровне грунтовых вод на глубине 90–120 см [22].

Среди агротехнических приемов по снижению перехода радионуклидов в растительность важен выбор системы обработки почвы. Защитная функция данного мероприятия основана на перераспределении радионуклидов в профиле почвенного горизонта, оптимизации плотности почвы и регулировании водного режима. Мелиоративная вспашка позволяет снизить загрязнение растениеводческой продукции  $^{137}\text{Cs}$  в 1,2–5,0 раз, а в некоторых случаях до 10 раз [48, 92, 98, 179]. Вспашка с припахиванием нижележащего слоя почвы с полным оборотом пласта позволяет переместить радионуклиды в более глубокие малодоступные растениям слои почвы, уменьшив их поступление на 25–30% [92, 168]. Это остаётся актуальным до сих пор для залежных земель, где радионуклиды по-прежнему сосредоточены в верхней части пахотного горизонта. Для разбавления радионуклидов в корнеобитаемом слое почвы в зависимости от ее типа и уровня загрязнения используют отвальные и безотвальные приемы обработки почвы. Помимо традиционной вспашки практикуются также минимальная и нулевая обработки [168, 202]. В засушливые годы проявляется преимущество безотвальной обработки перед вспашкой. На легких почвах, где радионуклиды достаточно равномерно распределены по профилю, рекомендуется комбинированная безотвальная система обработки [202, 204].

На землях с высокой плотностью загрязнения (15 Ки/км<sup>2</sup> и более) для недопущения дополнительной миграции радионуклидов и снижения доз внешнего облучения работников наиболее целесообразно применение минимальной и нулевой обработки [204]. Изучено влияние этих способов обработки почвы на снижение накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  как на пахотных землях, так и на сенокосно-пастбищных угодьях. Наибольшее снижение загрязнения растений отмечалось при дисковой обработке. По сравнению с отвальной вспашкой на разную глубину различия могут достигать до 15 раз [194].

К специфическим видам обработки почвы относят предотвращение ветровой эрозии и дефляции. Среди них наиболее высокой противозерозионной эффективностью обладают глубокие безотвальные обработки почвы [204].

Среди защитных мероприятий в сельскохозяйственном производстве отдельного внимания заслуживают меры, направленные на получение нормативно-чистой животноводческой продукции,

поскольку молоко и мясо являются основными поставщиками радионуклидов в организм человека. Получение нормативно-чистой животноводческой продукции возможно лишь при правильном ведении кормопроизводства, полноценном кормлении животных на основе рационов, составленных с учетом загрязнения составляющих его компонентов [91, 197, 207]. В этой связи особый интерес представляют мероприятия не только в почвоведении и растениеводстве, но и в кормопроизводстве. В основе всех основных требований к планированию защитных и реабилитационных мероприятий, обеспечивающих адресность, эколого-экономическое обоснование и контроль эффективности лежат данные радиационного мониторинга сельскохозяйственного производства по цепочке почва-растения (корма)-животные-продукты животноводства-человек.



## ГЛАВА 4

# ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА КАЧЕСТВО КОРМОВ И ВЫНОС РАДИОНУКЛИДОВ С УРОЖАЕМ

### 4.1. Накопление радионуклидов в зерновых кормах при использовании различных форм минеральных удобрений

В соответствии с белорусским законодательством животноводческая продукция, произведенная на сельскохозяйственных землях, подвергнутых загрязнению цезием-137 и стронцием-90, и используемая для переработки и реализации на продовольственные цели, должна соответствовать нормативным требованиям по содержанию радионуклидов [58, 168, 173].

Одним из первых этапов на пути решения данной проблем является организация производства кормов для животноводства с максимально наименьшим содержанием радионуклидов. С этой целью в растениеводческой отрасли используется и продолжает изучаться целый комплекс защитных мер, направленных на снижение миграции радионуклидов в звене почва-растения [75, 158].

В разработанной системе агрохимических приемов по снижению поступления радионуклидов в кормовые культуры наиболее существенным является применение удобрений, в том числе микроэлементов. Значимость проблемы минерального питания растений определяется как необходимостью получения более высокой урожайности культур, так и дефицитом ряда минеральных элементов в кормах и рационах животных. От дефицита минеральных элементов в рационах, прежде всего, страдают высокопродуктивные животные. Применение минеральных удобрений становится важным фактором улучшения макро- и микроэлементного состава зерновых кормов. Поэтому снижение дефицита микроэлементов в кормах и профилактика многих эндемических заболеваний животных могут решаться путём применения микроудобрений в период вегетации культур. Одновременно, на загрязненных территориях путём улучшения минерального питания культур достигается снижение миграции радионуклидов из почвы в корма.

Наряду с традиционными удобрениями в Республике Беларусь активно разрабатываются и выпускаются в промышленных масштабах

комплексные формы минеральных удобрений с различным соотношением элементов питания, в том числе медленнодействующие, содержащие микроэлементы и регуляторы роста растений для различных сельскохозяйственных культур.

В настоящее время они находят применение во всех регионах республики, в том числе на загрязненных территориях. Во РНИУП «Институт радиологии» проведён ряд полевых испытаний различных доз и видов минеральных удобрений на злаковых культурах, занимающих в кормлении животных значительное место. Испытания проводились на загрязненных торфяных почвах, на которых была получена отзывчивость урожайности зерна на удобрения и установлены параметры перехода радионуклидов из почвы в зерно. Одновременно с этим, в задачу исследований входило определение радиоэкологической и практической эффективности выноса радионуклидов с урожаем.

Цель исследований заключалась в выяснении влияния доз и видов минеральных удобрений на прибавку урожая зерна злаковых культур и выноса радионуклидов на загрязненных радионуклидами торфяных почвах.

Полевые опыты с зерновыми культурами, сотрудниками лаборатории радиоэкологии торфяных почв РНИУП «Институт радиологии», были проведены в Гомельской области на торфяной почве с глубиной залегания торфа до 2,0 метров. Агрохимические показатели почвы имели следующие характеристики : зольность 23,0%;  $pH_{KCl}$  – 5,1;  $P_2O_5$  – 315 мг/кг;  $K_2O$  – 417 мг/кг;  $CaO$  – 3417 мг/кг;  $MgO$  – 409 мг/кг почвы. Плотность загрязнения  $^{137}Cs$  – 104 кБк/м<sup>2</sup> (2,8 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}Sr$  – 37,3 кБк/м<sup>2</sup> (1,1 Ки/км<sup>2</sup>) [104].

Посев беспокровный, повторность опытов 3-кратная, площадь каждой делянки 10 м<sup>2</sup>, размещение делянок рендомизированное. Из зерновых культур использовался яровой ячмень сорта «Батяка» и озимое тритикале сорта «Прометей» при шести вариантах применения удобрений (табл. 4.1.).

Таблица 4.1 – Схема проведения опыта

Варианты с ячменём	Варианты с тритикале
1. Контроль 2. N80P80K100 (стандартные) 3. N80P80K100 + Экогум АФ 4. N80P80K100 + МикроСтим-Cu, Mn 5. N-P-K=16-16-20 (комплексные) 6. N-P-K=16-16-20 + Экогум АФ 7. N-P-K=16-16-20 + МикроСтим-Cu, Mn	1. Контроль 2. N35P80K160 + N45 (стандартные) 3. N35P80K160 + Экогум АФ+ N45 4. N35P80K160+ МикроСтим-Cu, Mn + N45 5. N-P-K=7-16-32 + N45 (весенняя подкормка) (комплексные) 6. N-P-K=7-16-32+ Экогум АФ+ N45 7. N-P-K=7-16-32 + МикроСтим-Cu, Mn + N45

Стандартные и комплексные удобрения под исследуемые культуры вносились в эквивалентных дозах в соответствии со схемой полевых опытов. При проведении экспериментов использовались стандартные минеральные удобрения (карбамид, хлористый калий, суперфосфат), а также комплексные удобрения и препараты (Экогум АФ, МикроСтим-Медь, Марганец).

Опыт с яровой пшеницей сорта Ростань был проведён на загрязненной территории Брестской области в полевых условиях на торфянисто-глеевой и торфяной маломощной почвах с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  3,2 и 4,7 Ки/км<sup>2</sup>, соответственно.

Схема опыта с яровой пшеницей включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2.  $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$ ; 3.  $\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ ; 4.  $\text{P}_{60}\text{K}_{160}$ ; 5.  $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{60}$  – перед посевом; 6.  $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{60}$  – перед посевом +  $\text{N}_{30}$  – в начале фазы выхода в трубку растений (первый узел стебля); 7.  $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{60}$  – перед посевом +  $\text{N}_{60}$  – в начале фазы выхода в трубку растений (первый узел стебля); 8.  $\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{N}_{60}$  – перед посевом +  $\text{N}_{30} + \text{Cu}_{200}$  + регуляторы роста растений (РР) – в начале фазы выхода в трубку растений (первый узел стебля) +  $\text{N}_{30}$  – в начале фазы колошения. Размещение делянок в опыте рендомизированное. Общая площадь делянки 29 м<sup>2</sup>, учетная площадь – 24 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов в опыте четырехкратная [205].

Фосфорные в форме суперфосфата аммонизированного и калийные в форме калия хлористого удобрения вносились перед посевом яровой пшеницы. Азотные удобрения применяли в форме мочевины (карбамида) в основное внесение и в подкормку в начале фазы колошения, в форме смеси растворов мочевины и аммиачной селитры (КАС) – в подкормку в начале фазы выхода в трубку растений. Медьсодержащее удобрение в форме сульфата меди в дозе 200 г/га и регуляторы роста (РР) растений (терпал в дозе 2 л/га и экосил в дозе 100 мл/га) применяли совместно с азотными удобрениями во время азотной подкормки в фазу выхода в трубку растений.

В обоих опытах главная задача исследователей заключалась в изучении влияния применения удобрений на параметры перехода радионуклидов, через установление коэффициентов их перехода в звене миграции почва-зерно.

Определение накопления радионуклидов в кормовых зерновых культур устанавливали по урожайности зерна, коэффициентам перехода цезия-137 и стронция-90 в звене миграции почва-зерно и плотности загрязнения почвы.

Применение удобрений в соответствии со схемой опыта способствовало получению прибавке урожайности зерна озимой тритикале от 11,8 до 20,7 ц/га, ярового ячменя – 7,3 до 19,6 ц/га (табл. 4.2.). Наиболее высокие урожаи были получены при использовании комплексных удобрений в сравнении со стандартными. Среди комплексных удобрений наиболее высокую урожайность показал их вариант со Микростимом-Сu, Мп, где урожайность тритикале составила 44,1 ц/га и ячменя 37,9 ц/га.

Таблица 4.2 – Средняя урожайность зерновых культур за три года наблюдений [104]

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га
Озимая тритикале		
1. Контроль	23,4	-
2. N35P80K160+N45 (стандартные)	35,2	11,8
3. Стандартные + Экогум АФ	36,1	12,7
4. Стандартные +МикроСтим- Сu, Мп	36,8	13,4
5. N-P-K=7-16-32+N45 (комплексные)	38,7	15,3
6. Комплексные +Экогум АФ	41,6	18,2
7. Комплексные +МикроСтим-Сu, Мп	44,1	20,7
Яровой ячмень		
1. Контроль	18,3	-
2. N80P80K100 (стандартные)	25,6	7,3
3. Стандартные + Экогум АФ	27,2	8,9
4. Стандартные +МикроСтим- Сu, Мп	28,4	10,1
5. N-P-K=16-16-20 (комплексные)	30,5	12,2
6. Комплексные +Экогум АФ	34,1	15,8
7. Комплексные +МикроСтим-Сu, Мп	37,9	19,6

Определение параметров перехода цезия-137 из почвы в зерно показало, что у ячменя прослеживаются некоторые особенности. Они заключаются в том, что с ростом урожайности культуры снижаются показатели Кп и как результат этого – удельное содержание цезия-137 в зерне. С урожаем зерна опытных вариантов, за исключением варианта 2, где было самое высокое содержание цезия-137 в почве, также наблюдается снижение выноса радионуклида. Это свидетельствует о том, что при скармливании, например, молочным коровам 18,3 ц зерна из контрольного варианта в молоко может поступить 472,1 Бк радионуклида, в то время как из 37,9 ц варианта номер семь только 166,7 Бк или на 305,4 Бк меньше.

В отношении зерна тритикале такой закономерности не наблюдается. Во всех опытных вариантах вынос радионуклида с урожаем зерна был выше чем в контрольном варианте, несмотря на то, что показатели Кп и удельное содержание были ниже, а урожайность более высокой (табл. 4.3.).

Таблица 4.3 – Параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зерно культур, возделываемых на торфяной почве, при внесении различных форм минеральных удобрений и накопление в урожае

Варианты	Почва, Бк/кг	Кп, Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>	Зерно, Бк/кг	Накопление в урожае, Бк	+ к контролю
Озимая тритикале					
1. Контроль	785	0,29	17,3	40482	-
2. N35P80K160+N45(стандартные)	1145	0,21	17,1	60192	+19710
3. Стандартные + Экогум АФ	1206	0,18	16,2	58482	+18 000
4. Стандартные +МикроСтим- Cu, Mn	1125	0,15	12,8	47104	+6622
5. N-P-K=7-16-32+N45 (комплексные)	1143	0,13	11,3	43 731	+3249
6. Комплексные +Экогум АФ	1239	0,11	10,2	42432	+1950
7. Комплексные +МикроСтим-Cu,Mn	1488	0,09	10,1	44541	+4059
Яровой ячмень					
1. Контроль	1388	0,25	26,8	47214	-
2. N80P80K100 (стандартные)	1962	0,14	20,3	51968	+4754
3. Стандартные + Экогум АФ	1148	0,12	9,3	25296	-21918
4. Стандартные +МикроСтим- Cu, Mn	1456	0,10	10,8	30672	-16542
5. N-P-K=16-16-20 (комплексные)	1096	0,08	6,6	20130	-27084
6. Комплексные +Экогум АФ	1549	0,06	7,0	23870	-23344
7. Комплексные +МикроСтим-Cu,Mn	1611	0,04	4,4	16676	-30 538

В отношении накопления стронция-90 в урожае показано, что в сравнении с контролем все варианты удобрений способствовали снижению показателей Кп и удельному содержанию радионуклида в зерне (табл. 4.4.). Накопление радионуклида в урожае зерна озимого тритикале наблюдалось во всех опытных группах, за исключением варианта 4, а также в урожае ячменя в вариантах со стандартными удобрениями. В вариантах с комплексными удобрениями накопление в урожае стронция-90 было ниже в сравнении с контролем. Из этого следует, что одновременно с приростом урожайности зерна ячменя (варианты 5, 6 и 7) уменьшается и вынос стронция-90, что имеет большое практическое значение. Так, например, при скармливании молочным коровам 28,4 ц зерна ячменя

варианта 4 в молоко может поступить около 44,2 Бк радионуклида, а при даче животным 37,9 ц зерна варианта 7 – около 28,0 Бк или на 16,2 Бк меньше.

Таблица 4.4 – Параметры перехода  $^{90}\text{Sr}$  в зерно культур, возделываемых на торфяной почве, при внесении различных форм минеральных удобрений и накопление в урожае

Варианты	Почва, Бк/кг	Кл, Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>	Зерно, Бк/кг	Накопление в урожае, Бк	+ к контролю
Озимая тритикале					
1. Контроль	354	0,25	6,6	15444	-
2. N35P80K160+N45(стандартные)	363	0,18	5,0	17600	+2156
3. Стандартные + Экогум АФ	471	0,17	5,9	21299	+5855
4.Стандартные+МикроСтим-Сu, Мп	346	0,16	4,1	15088	-356
5. N-P-K=7-16-32+N45 (комплексные)	390	0.14	4,2	16254	+810
6. Комплексные +Экогум АФ	485	0.13	4,8	19968	+4524
7. Комплексные+МикроСтим-Сu,Мп	440	0.12	4,0	17640	+2196
Яровой ячмень					
1. Контроль	351	0,36	9,6	17568	-
2. N80P80K100(стандартные)	349	0,29	7,7	19712	+2144
3. Стандартные + Экогум АФ	385	0,26	7,6	20672	+3104
4. Стандартные +МикроСтим- Сu,Мп	429	0,24	7,8	22152	+4584
5. N-P-K=16-16-20 (комплексные)	208	0,26	4,1	12505	-5063
6. Комплексные +Экогум АФ	229	0,22	3,8	12958	-4610
7. Комплексные+МикроСтим-Сu,Мп	257	0,19	3,7	14023	-3545

В опыте с яровой пшеницей была получена прибавка зерна от 4,7 до 18,3 ц/га (табл. 4.5.) в зависимости от соотношения и доз применения удобрений [205].

Таблица 4.5 – Влияние разных доз азотных и калийных удобрений на продуктивность яровой пшеницы в среднем за 3 года исследований

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка зерна к контролю, ц/га
1. Контроль	19,8	-
2. P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	24,5	4,7
3. P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	26,5	6,7
4. P <sub>60</sub> K <sub>160</sub>	27,5	7,7
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	31,9	12,1
6. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	34,4	14,6
7. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	34,8	15,0
8. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> + Cu <sub>200</sub> + PP	38,1	18,3

При плотности загрязнения почвы  $^{137}\text{Cs}$  до  $5,0 \text{ Ки/км}^2$  внесение в неё фосфора в дозе 60 кг и калия в количестве 80-160 кг (варианты 2 – 4) способствовало снижению показателей Кп и удельного содержания цезия-137 в зерне по мере увеличения количества калия в вариантах опыта. Однако, накопление цезия-137 в урожае, или его вынос, превышало контрольный вариант от 474 до 1113 Бк (табл. 4.6.).

Таблица 4.6 – Параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  в зерно пшеницы, возделываемой на торфяной почве, при внесении различных доз фосфорных и калийных удобрений и накопление в урожае

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Кп, Бк/кг : кБк/м <sup>2</sup>	Зерно, Бк/кг	Накопление в урожае, Бк	+ к контролю
1 Контроль	19,8	0,088	13,6	27086	-
2 P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	24,5	0,076	11,5	28199	+1113
3 P <sub>60</sub> K <sub>120</sub>	26,5	0,067	10,4	27560	+474
4 P <sub>60</sub> K <sub>160</sub>	27,5	0,066	10,2	28050	+964

При внесении азота в почву в дозах 60, 90 и 120 кг на фоне фосфора в дозе 60 кг и калия 120 кг накопление в урожае цезия-137 пропорционально увеличивалось от 554 до 13421 Бк (табл. 4.7.). В шестом варианте опыта применение меди и регуляторов роста растений способствовало снижению выноса с урожаем цезия-137 в сравнении с вариантом 5.

Таблица 4.7 – Накопление  $^{137}\text{Cs}$  яровой пшеницей в зависимости от доз азотных удобрений

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Зерно, Бк/кг	Накопление в урожае, Бк	+ к контролю
1. Контроль	19,8	13,68	27086	-
2. P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	26,5	10,43	27640	+554
3. Фон + N <sub>60</sub>	31,9	10,69	34101	+7015
4. Фон + N <sub>90</sub>	34,4	11,30	38872	+11786
5. Фон + N <sub>120</sub>	34,8	11,64	40507	+13421
6. Фон + N <sub>120</sub> + Cu <sub>200</sub> + PP	38,1	9,01	34328	+7242

Таким образом, на торфяных почвах с плотностью загрязнения цезием-137 в пределах  $2,8\text{--}4,7 \text{ Ки/км}^2$  применение минеральных удобрений под яровой ячмень вызывает как снижение параметров миграции, так и уменьшение выноса радионуклида с урожаем зерна. При производстве зерновых кормов из тритикале, в зависимости от видов и доз удобрений, может происходить, в основном, увеличение выноса цезия-137 с урожаем. Применение удобрений под яровую пшеницу приводит к увеличению выноса данного радионуклида

с урожаем. В отношении стронция-90 показано, что под влиянием внесения удобрений с урожаем зерна тритикале вынос радионуклида возрастает и с зерном ячменя со стандартными удобрениями. Следовательно, из испытанных культур, на загрязненных цезием-137 торфяных почвах, для получения зерновых кормов в наибольшей степени, с радиологической точки зрения, подходит яровой ячмень.

## **4.2. Вынос радионуклидов из почвы с урожаем травосмесей**

Поиск резервов повышения эффективности использования имеющихся ресурсов – одна из важнейших задач любого производства. Основным резервом производства растительного белка для сбалансирования питательности кормов по протеину в условиях сельскохозяйственных предприятий, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, являются энергосберегающие многолетние бобово-злаковые травосмеси [153, 154, 155].

В настоящее время в структуре посевов многолетних трав бобовые занимают небольшой удельный вес. Одним из направлений в решении этой проблемы является возделывание на загрязненных радионуклидами торфяных почвах многолетних бобово-злаковых травосмесей, обладающих высокой кормовой продуктивностью. Эти травосмеси способны обеспечить за вегетацию до трех укосов с общей продуктивностью 4–5 т/га к ед., и 0,8–1,0 т/га сырого протеина, являются хорошими азотфиксаторами и предшественниками. Благодаря продуктивному использованию влаги, накопленной в торфяной почве, в весенне-летний период бобово-злаковые травосмеси ежегодно формируют высокую урожайность зеленой массы – до 590 ц/га, сена – до 130 ц/га, что позволяет получить дополнительно 20–25 ц/га к.ед./га [157].

Травосмеси используются, главным образом, в виде зеленой подкормки для крупного рогатого скота, а также для приготовления сена и сенажа. При ежедневном скармливании лактирующим коровам 20 кг зеленой массы бобово-злаковых кормосмесей на 17–24% увеличивается суточный удой, повышается содержание в молоке белка и жира. Посевы многолетних бобово-злаковых травосмесей не нуждаются в применении химических средств защиты, благодаря чему сокращаются затраты на производство травяных кормов, повышается уровень их экологической чистоты и рентабельность [103].



Высокие уровни накопления стронция-90 в бобовых культурах ограничивают возможность их использования для производства кормов в зоне радиоактивного загрязнения. В первые годы после катастрофы на ЧАЭС из севооборотов были выведены многие бобовые культуры, что негативно отразилось на состоянии кормовой базы животноводства и сбалансированности кормов по элементам питания. Накопление радионуклидов в кормах определяется видовой принадлежностью компонентов травосмесей и эколого-физиологическими особенностями их взаимоотношений в смешанных посевах. Поэтому при создании и обновлении многолетних бобово-злаковых агроценозов в зоне радиоактивного загрязнения имеет значение подбор компонентов, обеспечивающих высокую урожайность, устойчивость бобовых культур в травосмесях и в меньшей степени накапливающих радионуклиды. Этим создаются условия для полного использования биоклиматических ресурсов и достижения оптимального радиоэкологического эффекта [103, 155, 156].

Преследуемая цель исследований – определить вынос радионуклидов с урожаем бобово-злаковых травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах.

Первый полевой опыт проводился с многолетней бобово-злаковой травосмесью на землях ОАО «Маложинский» Брагинского района Гомельской области на торфяной почве (глубина залежи торфа до 2,0 м), подстилаемой песком связным. Агрохимические показатели почвы имели следующие характеристики: зольность 23,0%;  $pH_{KCl}$  – 5,1;  $P_2O_5$  – 315 мг/кг;  $K_2O$  – 417 мг/кг;  $CaO$  – 3417 мг/кг;  $MgO$  – 409 мг/кг почвы. Плотность загрязнения  $^{137}Cs$  – 104 кБк/м<sup>2</sup> (2,8 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}Sr$  – 37,3 кБк/м<sup>2</sup> (1,1 Ки/км<sup>2</sup>).

В эксперименте использовалась многолетняя многокомпонентная бобово-злаковая травосмесь, включающая 6 кг/га тимофеевки луговой, 6,0 кг/га овсяницы луговой, 6,0 кг/га костреца безостого, 4,0 кг клевера гибридного и 4,0 кг/га клевера лугового.

Полевой эксперимент проводился по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений)
2. N35P80K160 (стандартные)
- 3 N-P-K=7-16-32 (комплексные)
4. N-P-K=7-16-32 +Cu + Mn + Zn

Стандартные и комплексные удобрения вносились в дозах в соответствии со схемой полевого опыта. В составе стандартных минеральных удобрений использовались карбамид, хлористый

калий, суперфосфат, а также комплексные удобрения Гомельского химического завода вместе с микроэлементами.

Аналитические работы выполнялись в лаборатории радиозкологии торфяных почв и массовых анализов. При расчете значений параметров перехода радионуклидов (Кп) использовались данные удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  (Бк/кг) сопряженных проб почв и растений. Определение удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  (Бк/кг) почвы и растений выполнялось на гамма-спектрометрическом комплексе «Canberra-Packard» с погрешностью не более 30%. Радиохимическое выделение  $^{90}\text{Sr}$  по МВИ. МН 1932-2003 «Методика радиохимического определения УА  $^{90}\text{Sr}$  в почвах и растениях без разделения в системе стронций-кальций» с погрешностью не более 20%.

По результатам измерений рассчитывались коэффициенты перехода (Кп) как отношение удельной активности растений (Бк/кг) к плотности загрязнения почвы (кБк/м<sup>2</sup>). Вынос радионуклидов с урожаем определяли по удельному их содержанию в 1 кг и урожайности трав в кг/га.

В первом опыте при возделывании многолетней бобово-злаковой травосмеси на торфяной почве наблюдалось преимущество в применении комплексных удобрений в сравнении с стандартными удобрениями по показателям урожайности сена бобово-злаковой травосмеси (табл. 4.8.). При внесении минеральных удобрений в дозе N-P-K=7-16-32=(35-80-160)+Cu+Mn+Zn получена средняя за два года урожайность сена бобово-злаковой травосмеси в количестве 83,8 ц/га. В вариантах опыта 3 и 4 в сравнении с вариантом 2 прибавка урожая была соответственно выше на 6,6 ц/га и 12,2 ц/га.

Таблица 4.8 – Урожайность сена\* из бобово-злаковой травосмеси за 2016–2018 гг.

Варианты	Урожайность, ц/га				Прибавка, ц/га
	2016 1 укос	2017 2 укоса	2018 2 укоса	Средняя за 2 года	
1. Контроль	21,6	54,3	49,7	52,0	
2. N35P80K160 (стандартные)	34,8	73,7	69,4	71,6	19,6
3. N-P-K=7-16-32 (комплексные)	37,3	80,8	76,4	78,2	26,2
4. Комплексные + Cu+Mn+Zn	39,4	86,1	81,5	83,8	31,8
Примечание – * - сено при 16% влажности					

При внесении комплексных удобрений в сочетании с микроэлементами под многолетнюю травосмесь до 2 раз снизилось поступление  $^{137}\text{Cs}$  в сено по отношению к контролю и в 1,2 раз в сравнении с внесением стандартных удобрений в эквивалентных дозах

(табл. 4.9.). При этом накопление радионуклида в урожае ниже контроля были установлены в вариантах 3 и 4 соответственно на 76,6 и 81,6 кБк, в то время как в варианте с стандартными удобрениями оно оказалось выше на 76,6 кБк.

Таблица 4.9 – Параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  в звене почва-сено из бобово-злаковой травосмеси и его накопление в урожае

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Кп, Бк/кг : кБк/м <sup>2</sup>	$^{137}\text{Cs}$ в сене, Бк/кг	Накопление в урожае, Бк	+ к контролю
1. Контроль	52,0	1,36	141,4	735 280	-
2. N35P80K160 (стандартные)	71,6	1,09	113,4	811 944	+76664
3. N-P-K=7-16-32 (комплексные)	78,2	0,81	84,2	658 444	-76836
4. Комплексные + Cu+Mn+Zn	83,8	0,75	78,0	653 640	-81640

В отношении стронция-90 показано, что при внесении в почву удобрений наблюдается снижение показателей Кп и удельной активности сена. Эти данные могут быть использованы в кормопроизводстве при прогнозировании стронциевого поступления в травосмеси (табл. 4.10.). Вместе с этим следует учитывать, что вынос радионуклида с урожаем в вариантах с удобрениями выше, в сравнении с контролем. В свою очередь сравнение между собой вариантов с удобрениями свидетельствует, что в результате применения комплексных удобрений накопление стронция-90 в варианте 3 было меньше на 45,7 кБк и в варианте 4 на 108,0 кБк, чем в варианте 2. Следовательно, комплексные удобрения в сравнении со стандартными удобрениями, способствуют как снижению параметров перехода стронция-90, так его выносу с урожаем.

Таблица 4.10 – Параметры перехода  $^{90}\text{Sr}$  из почвы в сено из бобово-злаковой травосмеси и его накопление в урожае

Варианты опыта	Урожайность, ц/га	Кп, Бк/кг : кБк/м <sup>2</sup>	$^{90}\text{Sr}$ в сене, Бк/кг	Накопление в урожае, Бк	+ к контролю
1. Контроль	52,0	8,1	302,1	1 570 920	-
2. N35P80K160 (стандартные)	71,6	6,8	253,6	1 815 776	+224856
3. N-P-K=7-16-32 (комплексные)	78,2	6,0	223,8	1 750 116	+179196
4. Комплексные + Cu+Mn+Zn	83,8	5,4	201,4	1 687 732	+116812

Используя коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  для разных видов культур, возможно, спрогнозировать удельную активность  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственной продукции (табл. 4.11. и 4.12.).

Таблица 4.11 – Предельные значения загрязнения торфяных почв  $^{137}\text{Cs}$  при возделывании многолетней бобово-злаковой травосмеси для производства молока цельного, соответствующего РДУ-99

Варианты	Плотность загрязнения почвы $^{137}\text{Cs}$			
	сено (1300 Бк/кг)		зеленая масса (165 Бк/кг)	
	Ки/км <sup>2</sup>	кБк/м <sup>2</sup>	Ки/км <sup>2</sup>	кБк/м <sup>2</sup>
Контроль	25,8	956	15,4	570
N35P80K160 (стандартные)	32,2	1191	19,2	710
N-P-K=7-16-32 (комплексные)	>40	1605	26,1	966
Комплексные+ Cu+Mn+Zn	>40	1737	27,9	1033

Прогноз загрязнения кормов на основе многолетней бобово-злаковой травосмеси позволяет заблаговременно планировать набор культур для возделывания на загрязненных радионуклидами землях, размещение по полям севооборотов с учетом плотности загрязнения почв и различное их использование (на продовольственные цели, при производстве молока цельного, молока-сырья, заключительного откорма крупного рогатого скота и др.).

Таблица 4.12 – Предельные значения загрязнения торфяных почв  $^{90}\text{Sr}$  при возделывании многолетней бобово-злаковой травосмеси для производства молока цельного, соответствующего РДУ-99

Варианты	Плотность загрязнения почвы $^{90}\text{Sr}$			
	сено (260 Бк/кг)		зеленая масса (37 Бк/кг)	
	Ки/км <sup>2</sup>	кБк/м <sup>2</sup>	Ки/км <sup>2</sup>	кБк/м <sup>2</sup>
Контроль	0,87	32	0,58	21
N35P80K160 (стандартные)	1,02	38	0,68	25
N-P-K=7-16-32 (комплексные)	1,15	43	0,77	28
Комплексные+ Cu+Mn+Zn	1,30	48	0,87	32

Второй полевой стационарный опыт проводился в Лунинецком районе Брестской области на антропогенно-преобразованной торфяной маломощной почве с плотностью загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  4,3 Ки/км<sup>2</sup> (159,1 кБк/м<sup>2</sup>), в котором изучалось влияние уровней азотного и калийного питания на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в сено и урожайность многолетних бобово-злаковых трав.

В опыте возделывали бобово-злаковую травосмесь, включающую тимофеевку луговую (6 кг/га), овсяницу луговую (6 кг/га), кострец безостый (6 кг/га) и лядвенец рогатый (5 кг/га) [203].

Схема опыта с применением разных доз минеральных удобрений под бобово-злаковые травы приведена в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Схема применения минеральных удобрений в опыте

Варианты опыта	Дозы удобрений под 1-й укос, кг/га д.в.			Дозы удобрений под 2-й укос, кг/га д.в.		
	N	P	K	N	P	K
1. Контроль (без удобрений)	-	-	-	-	-	-
2. P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	-	90	120	-	-	-
3. P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	-	90	120	-	-	60
4. P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>	-	90	180	-	-	60
5. N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	30	90	120	-	-	60
6. N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	30	90	120	30	-	60
7. N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	60	90	120	30	-	60

В среднем за 3 года исследований продуктивность многолетних трав составила в контрольном варианте 70,2 ц/га сена или 35,8 ц/га кормовых единиц. В результате применения фосфорных и калийных удобрений продуктивность возросла до 46,0–56,7 ц/га кормовых единиц. При внесении P<sub>90</sub>K<sub>120</sub> в среднем за 3 года получена прибавка 10,2 ц/га кормовых единиц. При увеличении дозы калия до 180 кг/га (вариант 3) прибавка урожайности возросла до 19,6 ц/га. Повышение дозы удобрения до 240 кг/га (вариант 4) не способствовало дальнейшему достоверному росту урожайности (табл. 4.14.). [198, 206].

Таблица 4.14 – Влияние минеральных удобрений на продуктивность многолетних бобово-злаковых трав в среднем за 3 года исследований

Варианты опыта	Средняя урожайность за 3 года, ц/га		Прибавка к контролю, ц/га к. ед.
	сена	корм. ед.	
1 Контроль	70,2	35,8	-
2 P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	90,2	46,0	10,2
3 P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	108,6	55,4	19,6
4 P <sub>90</sub> K <sub>240</sub>	111,2	56,7	20,9
5 N <sub>30</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	128,2	65,4	29,6
6 N <sub>60</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	141,0	71,9	36,1
7 N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>180</sub>	145,5	74,2	38,4

При плотности загрязнения антропогенно-преобразованной торфяной почвы <sup>137</sup>Cs 4,3 Ки/км<sup>2</sup> содержание радионуклида по вариантам опыта снижалось от 25,7 Бк/кг до 12,3 Бк/кг в первом укосе и от 150,5 Бк/кг до 35,1 Бк/кг во втором укосе (табл. 4.15.). Во втором укосе отмечалась более низкая урожайность сена трав по отношению к первому укосе. В контрольном варианте она не превысила 63,9%, в вариантах с удобрениями колебалась от 61,0% до 69,2%. Соответственно во втором укосе была выше удельная концентрация цезия-137 в 1 кг сена второго укоса. Эта разница в контроле составила

4,2 раза, в вариантах с удобрениями от 2,4 до 3,9 раз. На накопление радионуклида в урожае, как первого, так и второго укосов оказало влияние внесение удобрений. Во всех шести вариантах с удобрениями накопление цезия-137 в урожае было ниже от 15810 Бк до 47853 Бк в первом укосе и от 64052 Бк до 214156 Бк во втором укосе в сравнении с контролем.

Таблица 4.15 – Накопление  $^{137}\text{Cs}$  в урожае сена бобово-злаковой травосмеси

Варианты опыта	Урожайность, ц/га		Удельная активность, Бк/кг		Накопление в урожае, Бк			
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос	1-й укос	+ к контролю	2-й укос	+ к контролю
1 Контроль	43,0	27,5	35,7	150,5	153 510	-	413 875	-
2 P90K120	54,9	35,3	25,0	99,1	137 250	-16260	349 823	-64 052
3 P90K180	67,5	41,0	20,4	66,9	137 700	-15810	274 290	-139 585
4 P90K240	68,3	43,0	15,8	49,0	107 914	-45596	210 700	-203 175
5 N30P90K180	77,2	51,1	14,3	44,1	120 263	-33247	225 351	-188 524
6 N60P90K180	84,1	56,9	14,5	35,1	121 945	-31565	199 719	-214 156
7 N90P90K180	85,9	59,4	12,3	37,4	105 657	-47853	222 156	-191 719

Результаты исследований о влиянии удобрений на накопление радионуклидов в урожае бобово-злаковых травосмесей свидетельствуют, что при организации кормопроизводства на загрязненных торфяных почвах необходимо учитывать следующее. Как стандартные, так и комплексные удобрения способствуют снижению показателей поступления цезия-137 и стронция-90 в звено почва-сено из бобово-злаковых трав, благодаря этому удельная концентрация радионуклидов в кормах уменьшается. Полученные закономерности параметров перехода радионуклидов и их выноса с урожаем могут быть использованы в прогнозировании размещения посевов травосмесей на загрязненной территории, применении доз удобрений под травы для получения более чистых кормов. При этом следует учитывать, что вынос цезия-137 с приростом урожая, за исключением сочетания отдельных доз удобрений, как правило, снижается, а вынос стронция-90 возрастает. Комплексные удобрения, в сравнении со стандартными туками, способствуют снижению выноса с урожаем как цезия-137, так и стронция-90.

### **4.3. Получение качественных кормов из многолетних бобово-злаковых травосмесей на торфяных почвах**

Складывающаяся экономическая ситуация, рост цен на энергоносители, минеральные удобрения, технику и средства защиты растений требует постоянного внимания поиску надежных и менее энергозатратных путей увеличения производства продукции растениеводства [57, 72].

Одной из основных проблем кормопроизводства Республики Беларусь является несбалансированность кормов по белку. Недостаток белка в кормах приводит к нерациональному расходованию других питательных веществ, физическому перерасходу кормов и, соответственно, удорожанию продукции животноводства. Известно, что при 20% несбалансированности кормовых рационов по протеину недобор животноводческой продукции достигает 30 - 40%, при этом себестоимость ее и расход кормов возрастают в 1,5 раза.

Сегодня перед белорусским кормопроизводством стоит задача обеспечить на уровне 105 грамм переваримого протеина в кормовой единице концентрированных и 120 грамм в кормовой единице травянистых кормов. С этой целью в Республике Беларусь ведется активная работа по созданию многокомпонентных травосмесей сенокосного и пастбищного типа. Согласно основным направлениям развития кормопроизводства в полевом травосеянии предусматривается переход на возделывание бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей. Удельный вес улучшенных сенокосов и пастбищ с бобово-злаковыми травосмесями должен быть доведен минимум до 55% от общей их площади. Производству необходимы предложения по видам трав с высоким адаптивным потенциалом, способные эффективно функционировать на основных почвенных разностях республики [29, 58].

Расчёт делается с учётом того, что многолетние травы являются не только источником получения ценных, высокопитательных кормов, богатых белком и витаминами, но и играют важную роль в сохранении и повышении плодородия почвы. В связи с этим для создания высокопродуктивных агроценозов длительного пользования необходимо использовать травосмеси как на основе традиционных, так и малораспространённых бобовых и злаковых трав. Травосмеси на протяжении всего срока их использования более продуктивны, чем одновидовые посевы трав, так как лучше переносят неблагоприятные условия, полнее реализуют факторы роста, а более высокая

плотность травостоя обуславливает меньшую засоренность. При 30% бобовых в составе травостоя за счет фиксации азота атмосферы экономится 80–90 кг/га азота удобрений [97, 216].

Предусматривается расширение площадей с бобово-злаковыми травосмесями на торфяных почвах. Многолетние травы, возделываемые на торфяных почвах, способны полнее использовать ресурсы тепла, влаги, запасы питательных веществ и другие факторы в течение теплого периода года. Чем дольше торфяная почва занята растительным травяным покровом, тем меньше происходит разрушение органического вещества торфа.

Многолетние травы препятствуют распылению торфа, сдерживают процессы его минерализации, снижают развитие сорняков, что делает их обязательным и незаменимым звеном севооборота различных типов. Наиболее перспективны и наиболее устойчивы выращивания на торфяных почвах многолетние злаковые травы такие как, тимофеевка луговая, кострец безостый, овсяница луговая, лисохвост луговой, ежа сборная и другие, из бобовых многолетних трав – клевер розовый (гибридный) и красный (луговой), лядвенец рогатый, козлятник восточный или галега восточная. Многолетние многокомпонентные травы выгодно отличаются от других культур дешевизной получаемых травяных кормов. Они меньше других культур нуждаются в поддержании необходимой нормы осушения, устойчивы к заморозкам, не требуется использование ядохимикатов в течение вегетации и при соблюдении агротехники дают высокие урожаи (до 120 ц/га сухого вещества). Произрастая длительное время на одном месте, многолетние травы формируют мощную дернину, что способствует накоплению большой массы свежего органического вещества, богатого макро- и микроэлементами, которые минерализуясь, являются источником питания для последующих культур [111, 136].

Одна из важнейших задач лугового кормопроизводства на загрязненных территориях – довести продуктивность каждого гектара кормовых угодий до уровня 30-50 ц к.ед. и обеспечить получение грубых и сочных кормов, отвечающих требованиям Республиканских допустимых уровней по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Мероприятия, используемые для решения этой задачи, должны обеспечивать повышение и поддержание агрохимических показателей плодородия почв на оптимальном уровне и создание предпосылок для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции и снижения в ней концентрации радионуклидов до экономически обоснованного минимума [37, 147].



Торфяные почвы обладают высоким потенциальным плодородием. Вместе с тем этим почвам характерна высокая биологическая доступность радионуклидов. Поэтому основная доля растениеводческой продукции и кормов, не отвечающих требованиям РДУ, производится именно на почвах данного типа.

При создании и обновлении бобово-злаковых агрофитоценозов на торфяных почвах определенную значимость приобретают вопросы подбора компонентов, которые наиболее полно используют биоклиматические ресурсы зоны и устойчивы в травосмесях. Правильный подбор травосмесей по сравнению со случайным составом повышает урожай на 50–70% а использование новых сортов в луговом травосеянии обеспечивает 10–20% прироста урожайности по сравнению с ранее районированными сортами.

Новые сорта многолетних бобовых трав способны в климатических условиях республики сформировать за вегетацию от 400 ц/га (лядвенец рогатый) до 500–560 ц/га (клевер луговой и ползучий, галега восточная) и даже до 635 ц/га зеленой массы (люцерна за 4 года пользования), или 87–153 ц/га сухого вещества. При этом сбор кормовых единиц составляет 91–133 ц/га, сырого протеина – 15,5–26,0 ц/га. Продуктивное долголетие трав продолжается от 2 лет у клевера лугового до 5 лет – у люцерны и лядвенца и до 10 лет – у галеги восточной. При такой урожайности многолетние бобовые травы возвращают в почву с растительными остатками от 90 до 190 кг/га азота. Оставленные в почве корневые и пожнивные остатки эквивалентны по действию 20–25 т/га качественного навоза. Преимущество многолетних бобовых трав заключается также в том, что они являются лучшими предшественниками для зерновых культур (обеспечивают повышение урожайности на 5–6 ц/га), а также полноценными заменителями органических удобрений [102].

Цель исследований заключалась в усовершенствовании элементов технологии получения качественных кормов (зеленая масса, сено) на основе многолетних бобово-злаковых многокомпонентных травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах.

Исследования проводились в 2011–2014 гг. в условиях стационарных полевых опытов. Полевой опыт №1 с многолетними бобово-злаковыми травосмесями был заложен на землях СПК «Оборона» Добрушского района Гомельской области на торфяной маломощной почве (0,8–1,0 м), подстилаемой песком связным. Агрохимические показатели почвы имели следующую характеристику: зольность 17,0%,  $pH_{KCl}$  – 5,36,  $P_2O_5$  – 149 мг/кг;  $K_2O$  – 315 мг/кг;

CaO – 1586 мг/кг; MgO – 106 мг/кг почвы. Плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  – 499 кБк/м<sup>2</sup> (13,5 Ки/км<sup>2</sup>),  $^{90}\text{Sr}$  – 16,2 кБк/м<sup>2</sup> (0,44 Ки/км<sup>2</sup>).

Одновременно с первым опытом проводился полевой опыт №2 по выращиванию многолетних бобово-злаковых трав на торфяно-глеевой почве Черebasовской осушительно-увлажнительной мелиоративной системы (земли СПК «Новое Полесье») Лунинецкого района Брестской области. В данном опыте агрохимические показатели почвы имели такие показатели как: зольность 28,4%, рН<sub>KCl</sub> – 4,8, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 187 мг/кг; K<sub>2</sub>O – 345 мг/кг; CaO – 1521 мг/кг; MgO – 128 мг/кг почвы. Плотность загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  – 140 кБк/м<sup>2</sup> (3,8 Ки/км<sup>2</sup>).

Посев трав производился беспокровным способом, повторность опытов трёхкратная, площадь каждой делянки 10 м<sup>2</sup>, размещение делянок в опыте рендомизированное. Минеральные удобрения в виде суперфосфата аммонизированного, калия хлористого и аммиачной селитры вносились в соответствии со схемой полевого опыта. Фосфорные удобрения применялись в полной дозе под первый укос, калийные и азотные – 75% под первый укос и 25% под второй укос. Микроудобрения использовались в виде сульфата меди, молибденовокислого аммония, борной кислоты. Состав травосмесей для залужения сенокосов представлен в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Многолетние бобово-злаковые травосмеси полевых опытов

Тип травостоя	Состав травосмеси	Норма высева, кг/га
Бобово-злаковые среднепелые	Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
	Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
	Кострец безостый ( <i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
	Клевер гибридный ( <i>Trifolium hybridum</i> L.)	4,0
	Клевер луговой ( <i>Trifolium pratense</i> L.)	4,0
	Всего	26
	Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
	Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
	Кострец безостый ( <i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
	Лядвенец рогатый ( <i>Lotus corniculatus</i> L.)	5,0
	Всего	23,0
	Тимофеевка луговая ( <i>Phleum pratense</i> L.)	6,0
	Овсяница луговая ( <i>Festuca pratensis</i> Huds.)	6,0
	Кострец безостый ( <i>Bromopsis inermis</i> L.)	6,0
	Галега восточная ( <i>Galéga orientalis</i> )	6,0
	Всего	24,0

Схема опытов включала варианты: 1. Без удобрений (контроль); 2. P<sub>60</sub>K<sub>180</sub>; 3. P<sub>60</sub>K<sub>180</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub>; 4. N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180</sub>; 5. N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>180</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub>; 6. N<sub>30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>240</sub> + Cu<sub>100</sub> + Mo<sub>50</sub> + B<sub>50</sub>.

В почвенных пробах определяли основные агрохимические характеристики по общепринятым методикам:  $pH_{KCl}$  – потенциометрическим методом (ГОСТ 26483-85), подвижный фосфор и калий – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91); обменный кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30 (ГОСТ 26487-85), сумма поглощенных оснований – по методу Каппена (ГОСТ 27821-88). Зоотехнический анализ сена на содержание показателей качества проведен по общепринятым методикам.

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову (1985) с использованием стандартного компьютерного программного обеспечения (*Excel 7.0; Statistic 7.0*)

За годы исследований агрометеорологические условия для роста и развития многолетних бобово-злаковых травосмесей складывались удовлетворительно. Однако травосмеси первого укоса произрастали в более благоприятных погодных условиях. Из-за недостаточного количества влаги и тепла во второй половине вегетации рост трав второго укоса был менее продуктивным, что отражалось на их урожайности в сравнении с первым укосом.

Уборка многолетних бобово-злаковых травосмесей первого укоса проводилась в последней пятидневке мая. Травы второго укоса убирались в третьей пятидневке августа на торфяно-глеевой почве и в последней пятидневке августа на торфяной маломощной почве.

За время наблюдений было установлено, что в травосмесях удельный вес бобовых ежегодно снижался, что отражалось на урожайности сена многолетних трав, которая также снижалась. На третий год пользования содержание лядвенца в травосмеси составило около 40%, галеги – 30%, клевера – 20%.

Урожайность сена, как правило, определяли в начале фазы цветения бобовых трав. Данные по урожайности сена за два укоса и прибавке урожая на торфяных почвах представлены в таблице 4.17.

Внесение минеральных удобрений значительным образом, на 38,3–76,4 ц/га, способствовало увеличению урожайности многолетних трав во всех вариантах опыта в сравнении с контролем, где удобрения не вносились. Значительную прибавку урожая дает применение азотных удобрений. Внесение азота из расчета 30 кг д.в./га по сравнению с вариантом  $P_{60}K_{180}$ , где азотные удобрения не вносились, увеличивало урожайность сена травосмеси с галегой на 14,8 ц/га, лядвенцем – на 12,9 ц/га и клевером – на 16,2 ц/га. Повышение дозы калия до  $K_{240}$  или на 60 кг, в сравнении с  $K_{180}$  (варианты 5 и 6), увеличивало урожай сена травосмеси с галегой на 11,6 ц/га, с лядвенцем

рогатым на 10,5 ц/га и клевером на 13,1 ц/га. Наибольший урожай сена получен на опытных делянках с травосмесью «злаки + клевер», где урожайность сена была выше во всех вариантах опыта, по сравнению с урожайностью, полученной на опытных делянках злаковых травосмесей с галегой и лядвенцем рогатым. Наиболее эффективными дозами минеральных удобрений при возделывании многокомпонентных бобово-злаковых травосмесей оказались соотношения туков и минеральных элементов  $N_{30}P_{60}K_{180} + м/э$  и  $N_{30}P_{60}K_{240} + м/э$ . Было также установлено, что урожайность сена во втором укосе примерно в 1,3-1,5 раза ниже, чем в первом укосе.

Таблица 4.17 – Урожайность сена многолетних бобово-злаковых травосмесей на маломощной торфяной почве

Варианты опыта	Урожайность, ц/га				Прибавка урожая, ц/га
	1-й год пользования, за три укоса	2-й год пользования, за два укоса	3-й год пользования, за два укоса	Средняя за 3 года	
Галега+овсяница+коострец+тимофеевка					
Контроль	98,0	65,4	40,0	67,8	-
$P_{60}K_{180}$	124,2	105,4	88,7	106,1	38,3
$P_{60}K_{180} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	132,0	107,8	92,0	110,6	42,8
$N_{30}P_{60}K_{180}$	141,4	116,5	104,7	120,9	53,1
$N_{30}P_{60}K_{180} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	147,9	122,2	107,7	125,9	58,1
$N_{30}P_{60}K_{240} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	160,1	133,6	118,9	137,5	69,7
НСР <sub>05</sub>	4,8	4,3	4,3	4,5	
Лядвенец+овсяница+коострец+тимофеевка					
Контроль	88,2	65,8	43,8	65,9	-
$P_{60}K_{180}$	119,8	111,7	94,7	108,7	42,8
$P_{60}K_{180} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	125,4	117,6	99,9	114,3	48,4
$N_{30}P_{60}K_{180}$	131,0	121,9	111,9	121,6	55,7
$N_{30}P_{60}K_{180} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	134,1	126,3	116,3	125,6	59,6
$N_{30}P_{60}K_{240} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	144,9	138,1	125,1	136,0	70,1
НСР <sub>05</sub>	5,4	4,4	4,4	4,9	
Клевер+овсяница+коострец+тимофеевка					
Контроль	76,9	55,0	41,0	57,6	-
$P_{60}K_{180}$	125,8	94,2	84,2	101,4	43,8
$P_{60}K_{180} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	134,1	100,6	85,6	106,8	49,1
$N_{30}P_{60}K_{180}$	139,7	112,6	100,6	117,6	60,0
$N_{30}P_{60}K_{180} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	143,1	115,3	104,5	121,0	63,3
$N_{30}P_{60}K_{240} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$	161,2	124,5	116,4	134,0	76,4
НСР <sub>05</sub>	6,1	4,2	4,2	5,2	

В первый год пользования многолетние травосмеси, при благоприятных метеорологических условиях вегетационного периода, травы сформировали три укоса сена, урожайность которого находилась в пределах 144,9–161,2 ц/га. Второй и третий годы пользования были более засушливыми, поэтому было получено только по два укоса. Урожайность травосмесей во втором году по всем вариантам опытов составила 66,0–74,6%, в третьем году – 40,8–53,3% к уровню первого года пользования.

Важным показателем кормового достоинства травосмесей является их химический состав. Согласно ГОСТ 4808 – 87, содержание сырого протеина в сухом веществе злаковых трав должно составлять не менее 8–14%, содержание сырого жира 1,5–3,0%, содержание клетчатки не должно превышать 28–30%, а отношение калия к сумме кальция и магния – 2,2–2,4, условно допустимый уровень – 2,6. В сухом веществе трав к оптимальному содержанию относят  $P_2O_5$  – 0,30–0,50% (не менее 0,20%),  $K_2O$  – 1,2–2,5%, Ca – 0,4–0,8%, Mg – 0,15–0,25%. При сенокосном использовании количество в травах 1,8–2,4% азота считается лучшим, при пастбищном использовании – 2,4–2,8%.

Зоотехнические показатели качества сена различных бобово-злаковых травосмесей возделываемых на торфяной почве представлены в таблице 4.18.

Таблица 4.18 – Химический состав и питательная ценность сена многолетних бобово-злаковых травосмесей (опыт №1)

Вариант	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырой протеин	К.ед., кг/кг	Обм. энергия, МДж/кг	K	Ca	Mg	P	Обеспеченность КПЕ 1 га, кг
	%					%				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Галега+ овсяница+кострец+тимopheевка										
Контроль	2,9	27,0	18,1	0,52	9,9	1,3	0,4	0,15	0,26	59,3
P60K180	3,3	26,8	19,0	0,54	10,3	1,6	0,6	0,16	0,33	60,0
P60K180+м/э	3,4	27,4	17,8	0,53	9,7	1,8	0,7	0,13	0,31	58,3
N30P60K180	3,3	26,6	17,9	0,52	10,1	1,8	0,7	0,16	0,34	58,0
N30P60K180+м/э	3,4	25,2	17,3	0,51	10,2	1,9	0,8	0,15	0,34	57,4
N30P60K240+м/э	3,5	24,3	18,0	0,52	10,6	2,2	0,8	0,22	0,33	58,1
Лядвенец+ овсяница+кострец+тимopheевка										
Контроль	3,2	27,7	17,6	0,52	10,0	1,3	0,5	0,22	0,28	58,0
P60K180	3,5	26,9	18,6	0,51	10,2	1,6	0,7	0,18	0,30	57,2
P60K180+м/э	3,7	27,1	17,5	0,53	10,1	1,7	0,7	0,19	0,29	58,6
N30P60K180	3,4	27,9	16,7	0,53	10,1	1,8	0,6	0,16	0,30	58,4
N30P60K180+м/э	3,5	26,7	17,4	0,52	10,3	1,9	0,7	0,17	0,30	58,0
N30P60K240+м/э	3,6	25,9	19,1	0,56	10,2	2,1	0,8	0,18	0,34	60,6

Продолжение таблицы 4.18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Клевер+ овсяница+кострец+тимофеевка										
Контроль	3,0	27,5	14,6	0,53	9,8	1,4	0,6	0,18	0,27	61,3
P60K180	3,2	27,1	16,0	0,57	10,0	1,6	0,6	0,15	0,34	60,9
P60K180+м/э	3,4	27,0	17,8	0,56	10,2	1,7	0,7	0,16	0,31	60,0
N30P60K180	3,3	26,6	15,0	0,57	10,3	1,7	0,7	0,15	0,36	61,0
N30P60K180+м/э	3,4	26,1	16,2	0,54	10,1	1,7	0,8	0,17	0,32	58,9
N30P60K240+м/э	3,5	26,5	18,4	0,57	10,4	2,0	0,9	0,18	0,35	60,5
НСР0,5	0,3	1,6	1,8	0,03	0,1	0,3	0,1	0,02	0,02	
Примечание – * КПЕ –кормопротеиновая единица										

Содержание кормовых единиц в сене травосмесей составило: галега + злаки – 0,53, лядвенец + злаки – 0,56, клевер+злаки – 0,57. Обеспеченность кормопротеиновой единицы 1 гектара находилось в пределах 55,6–60,9 кг в зависимости от состава травосмеси и дозы минеральных удобрений. Наилучшие показатели зоотехнического качества сена бобово-злаковых травосмесей на основе лядвенца отмечены при дозе удобрений  $N_{30}P_{60}K_{240}$  с содержанием сырого протеина 19,1%, сырой клетчатки 25,9%, жира 3,6%.

Применение минеральных удобрений является одним из наиболее важных факторов, определяющих величину и стабильность урожаев сельскохозяйственных культур, способствует сохранению плодородия почв, а на загрязненных радионуклидами землях позволяет управлять процессом формирования качества продукции, значительно уменьшить до безопасных пределов загрязнение ее долгоживущими радионуклидами. Повышение продуктивности многолетних злаково-бобовых трав за счет удобрений, обеспечивает не только радиологическую чистоту, но и снижение затрат, что весьма актуально в кормопроизводстве. Эффективность возделывания многолетних бобово-злаковых определяли согласно «Методике определения агрономической и экономической эффективности минеральных удобрений» (2010) [118]. Агрономическая эффективность применения удобрений при возделывании многолетних бобово-злаковых травосмесей представлена в таблице 4.19.

Из данных таблицы видно, что наибольшая отдача от внесенных удобрений получена в варианте 6 ( $N_{30}P_{60}K_{240} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$ ) по всем видам травосмесей. На каждые внесенные 1 кг NPK в варианте травосмеси «злаки+галега» получено по 18,6 кг сена, «злаки+лядвенец рогатый» – по 22,1 кг сена, «злаки+клевер» – по 21,1 кг сена.

Обязательным приемом, обеспечивающим снижения перехода радионуклидов из торфяных почв в бобово-злаковые травосмеси, является применения научно-обоснованных доз минеральных удобрений.

Основным агрохимическим приемом, ограничивающим поступление  $^{137}\text{Cs}$  в травостой на торфяных почвах, является применение повышенных доз калийных удобрений, которое основано на антагонизме цезия и калия в почвенном растворе, особенно на низкообеспеченных калием почвах.

Таблица 4.19 – Агрономическая эффективность использования минеральных удобрений

Вариант	Внесено NPK, кг д.в.	Получено дополнительной продукции, кг	Отдача за 2 укоса дополнительной продукцией 1 кг д.в. NPK, кг
Галега + овсяница + кострец + тимофеевка			
1	-	-	-
2	240	1460	6,1
3	240+микроуд.	2070	8,6
4	270	3810	14,1
5	270+микроуд.	4120	15,2
6	330+микроуд.	6130	18,6
Лядвенец + овсяница + кострец + тимофеевка			
1	-	-	-
2	240	1980	8,3
3	240+микроуд.	2470	10,3
4	270	4400	16,3
5	270+микроуд.	5150	19,1
6	330+микроуд.	7290	22,1
Клевер + овсяница + кострец + тимофеевка			
1	-	-	-
2	240	1340	5,6
3	240+микроуд.	1740	7,3
4	270	3560	13,2
5	270+микроуд.	4080	15,1
6	330+микроуд.	6970	21,1

Исследования, проведенные, на дерново-подзолистых почвах свидетельствуют, что внесение калийных удобрений приводит к существенному уменьшению поступления из почвы в растения  $^{90}\text{Sr}$  только при сбалансированном азотно-фосфорном питании.

В период проведения опытов результаты анализа значений параметров перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  показали, что накопление радионуклидов бобово-злаковыми травосмесями в первый год их пользования происходит более интенсивно, чем в последующие годы. Например, внесение минеральных удобрений в дозе  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{180} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$  позволило снизить величину параметров перехода  $^{137}\text{Cs}$  в травостой второго года пользования в 1,7 раза по сравнению с первым годом пользования и в 3 раза по сравнению с первым годом жизни трав.

Снижение параметров перехода  $^{90}\text{Sr}$  для урожая травосмесей в зависимости от года пользования происходило менее интенсивно и только в 1,2-1,3 раза.

Кроме длительности использования на накопление радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в бобово-злаковой травосмеси влияет также укос трав. Так, коэффициенты перехода  $^{137}\text{Cs}$  в травостой второго укоса, в зависимости от доз внесенных минеральных удобрений примерно в 1,5–2,6 раза выше, чем в урожай первого укоса (табл. 4.20.).

Таблица 4.20 – Влияние минеральных удобрений на поступление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сено бобово-злаковой травосмеси на торфяной почве (опыт №1.)

Вариант	Кп $^{137}\text{Cs}$ Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>		Кп $^{90}\text{Sr}$ Бк/кг:кБк/м <sup>2</sup>	
	1-й укос	2-й укос	1-й укос	2-й укос
Галега+ овсяница+кострец+тимофеевка				
Контроль	8,0±0,6	10,1±1,6	2,8±0,1	3,2±0,3
P60K180	2,3±0,3	3,1±0,2	2,6±0,2	2,9±0,1
P60K180 + Cu100 + Mo50 + B50	2,0±0,1	2,9±0,3	2,5±0,3	2,7±0,3
N30P60K180	1,8±0,2	2,5±0,1	2,3±0,2	2,5±0,1
N30P60K180 + Cu100 + Mo50 + B50	1,6±0,2	2,1±0,3	2,0±0,2	2,3±0,2
N30P60K240 + Cu100 + Mo50 + B50	0,8±0,2	1,3±0,2	1,8±0,1	2,0±0,3
Лядвенец+ овсяница+кострец+тимофеевка				
Контроль	9,7±0,4	12,3±0,9	3,2±0,4	3,9±0,2
P60K180	2,8±0,2	3,6±0,5	2,8±0,4	3,3±0,3
P60K180+Cu100+Mo50+B50	2,7±0,2	3,2±0,3	2,7±0,3	3,2±0,4
N30P60K180	2,1±0,3	3,0±0,4	2,3±0,2	2,8±0,3
N30P60K180 + Cu100 + Mo50+B50	1,8±0,3	2,7±0,1	2,1±0,1	2,6±0,3
N30P60K240 + Cu100 + Mo50+B50	1,0±0,1	1,7±0,2	1,9±0,3	2,3±0,1
Клевер+ овсяница+кострец+тимофеевка				
Контроль	8,3±0,6	13,1±0,8	2,7±0,3	3,8±0,4
P60K180	2,5±0,2	3,4±0,4	2,3±0,2	3,1±0,3
P60K180+Cu100 +Mo50 +B50	2,1±0,3	3,1±0,2	2,2±0,2	3,0±0,2
N30P60K180	1,7±0,2	2,6±0,3	2,0±0,2	2,6±0,1
N30P60K180+Cu100 + Mo50+B50	1,4±0,2	2,2±0,2	1,8±0,3	2,4±0,3
N30P60K240+Cu100 + Mo50+B50	0,7±0,1	1,4±0,2	1,6±0,2	2,0±0,1

Коэффициенты перехода  $^{90}\text{Sr}$  во втором укосе также имеют более высокие показатели хотя и более низкие в сравнении с  $^{137}\text{Cs}$ . Во втором укосе трав переход  $^{90}\text{Sr}$  увеличивался примерно до 1,4 раза по отношению к показателям первого укоса.

Если коэффициенты перехода радионуклидов характеризуют размеры перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из нижележащего звена миграции (почва) в вышележащий (растения), то с точки зрения фиторадиодезактивации, или выноса изотопов растениями, они не дают представления о её возможностях. Для этого нами были выполнены расчёты



выноса тремя разновидностями смесей трав  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  с урожаем с одного гектара посевов во всех вариантах использования удобрений и без удобрений (табл. 4.21). Из анализа табличных данных видно, что во всех разновидностях смесей трав с ростом урожайности сена снижается и вынос  $^{137}\text{Cs}$ . Так, в сравнении с контролем во всех вариантах с удобрениями вынос оказался гораздо ниже. Самым низким он установлен в варианте  $\text{N}_{30}\text{P}_{60}\text{K}_{240} + \text{Cu}_{100} + \text{Mo}_{50} + \text{B}_{50}$  в смеси трав с галегой в 4,2 раза, с лядвенцем в 3,9 раза и с клевером в 4,4 раза. Из этого можно сделать вывод о том, что при применении удобрений под бобово-злаковые травосмеси, в которых наряду с такими злаковыми травами как овсяница, кострец и тимopheевка могут быть включены бобовые травы в виде галеги, лядвенца или клевера, вынос  $^{137}\text{Cs}$  с урожаем сена снижается. Следовательно, условием получения кормов с меньшим содержанием радиоцезия, что имеет большое практическое значение, является внесение необходимых минеральных удобрений.

В опыте показано, что самый большой вынос  $^{137}\text{Cs}$  наблюдался в вариантах без удобрений, где его содержание достигало в урожае сена от 30448 до 36172 кБк/га. Из этого можно получить, что в случае применения фиторадиодезактивации для полной очистки почвы от радионуклидов с помощью одной из указанных травосмесей потребовалось бы от 124 до 147 лет. Эти сроки свидетельствуют, что возможности фиторадиодезактивации крайне ничтожны в сравнении с другими приемами, и они не могут иметь практического значения на территории выпадений  $^{137}\text{Cs}$ .

Анализ выноса  $^{90}\text{Sr}$  с урожаем сена трав показал, что в сравнении с выносом  $^{137}\text{Cs}$ , у данного радионуклида существует противоположное направление. То есть с увеличением урожайности отмечается и увеличение выноса  $^{90}\text{Sr}$ . Если в контрольных вариантах его вынос с 1 га колебался как 329, 379 и 303 кБк/га, то в вариантах с удобрениями достигал максимумов в 470, 545 и 450 кБк/га соответственно в смесях с галегой, лядвенцем и клевером. При применении данных наборов трав для полной фиторадиодезактивации почв от  $^{90}\text{Sr}$ , даже с условиями внесения удобрений и при сохранении установленной урожайности, потребовалось бы от 2972 до 3600 лет. Следовательно, возможности фиторадиодезактивации почвы от  $^{90}\text{Sr}$  еще меньшие, чем от  $^{137}\text{Cs}$ . Отсюда можно заключить, что на загрязненной территории наиболее оправданно применение удобрений и других агрономических приемов.

Расчет экономической эффективности возделывания бобово-злаковых травосмесей на торфяных почвах показал, что по всем вариантам применения удобрений рентабельность их использования

составила от 60% до 77%. Из трёх вариантов травосмесей наиболее высокую эффективность показала травосмесь с лядвенцем.

На заключительном этапе проведения опытов агрохимические показатели почвы опытных участков изменились в сторону увеличения содержания калия, фосфора, общего азота, меди, суммы поглощенных оснований в сравнении с начальным её состоянием. Например, содержание подвижного калия в среднем увеличилось в 1,4 раза, подвижного фосфора – в 1,5 раза, содержание меди – в 4,8 раза. По степени кислотности почва опытного участка относилась к III группе кислотности. Зольность торфа в среднем увеличилась на 2%.

Таблица 4.21 – Влияние минеральных удобрений на вынос с урожаем сена  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  на торфяной почве (опыт №1.)

Вариант	Урожайность, ц/га	$^{137}\text{Cs}$		$^{90}\text{Sr}$	
		Бк/кг	кБк/га	Бк/кг	кБк/га
Галега+ овсяница+кострец+тимофеевка					
Контроль	67,8	4491	30448	48,6	329
P60K180	106,1	1347	14292	44,5	472
P60K180 + Cu100 + Mo50 + B50	110,6	1222	13515	42,1	465
N30P60K180	120,9	965	11 667	38,9	470
N30P60K180 + Cu100 + Mo50 + B50	125,9	923	11621	34,8	438
N30P60K240 + Cu100 + Mo50 + B50	137,5	524	7205	30,8	423
Лядвенец+ овсяница+кострец+тимофеевка					
Контроль	65,9	5489	36172	57,5	379
P60K180	108,7	1597	17359	49,4	537
P60K180+Cu100+Mo50+B50	114,3	1472	16825	47,8	546
N30P60K180	121,6	1272	15467	41,3	502
N30P60K180 + Cu100 + Mo50+B50	125,6	1122	14092	38,1	478
N30P60K240 + Cu100 + Mo50+B50	136,0	674	9166	34,0	463
Клевер+ овсяница+кострец+тимофеевка					
Контроль	57,6	5339	30752	52,7	303
P60K180	101,4	1472	14926	43,7	444
P60K180+Cu100 +Mo50 +B50	106,8	1272	13585	42,1	450
N30P60K180	117,6	1073	12618	37,3	438
N30P60K180+Cu100 + Mo50+B50	121,0	898	10860	34,0	412
N30P60K240+Cu100 + Mo50+B50	134,0	524	7021	29,2	390

Итак, как свидетельствуют результаты опытов, внесение полной дозы минеральных удобрений с внесением микроудобрений на торфяной почве способствует увеличению урожайности многолетних бобово-злаковых травосмесей, содержащих в своём составе галегу, лядвенец и клевер. В первый год пользования многолетние травосмеси, при благоприятных метеорологических условиях вегетационного периода могут формировать три укоса и давать урожайность

сена на уровне 144,9–161,2 ц/га. В среднем за три года прибавка урожайности при внесении минеральных удобрений в дозе  $N_{30}P_{60}K_{240}+м/э$  находилась в пределах 69,7–76,4 ц/га. Отдача на 1 кг д.в. НРК дополнительной продукцией за 2 укоса в травосмеси с галегой достигала 18,6 кг, в травосмеси с клевером – 21,1 кг и с лядвенцем – 22,1 кг сена.

В травосмесях удельный вес бобовых ежегодно снижался, что приводило к снижению урожайности трав. На третий год пользования содержание лядвенца в травосмеси оставалось около 40%, галеги – 30%, клевера – 20%.

Параметры перехода  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  из почвы показали, что накопление радионуклидов бобово-злаковыми травосмесями в первый год пользования происходит более интенсивно, чем в последующие годы. Обеспечение питанием бобово-злаковых травосмесей минеральными удобрениями в дозе  $N_{30}P_{60}K_{180} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$  позволяет снизить величину параметров перехода  $^{137}Cs$  на третий год пользования в 4,7 раза по сравнению с первым годом жизни трав,  $^{90}Sr$  примерно в 2,8 раза.

Основные зоотехнические показатели качества полученного сена многолетних бобово-злаковых травосмесей соответствуют среднестатистическим показателям. Содержание сырого протеина в сухом веществе трав составило 13,7–19,0%, переваримого протеина – 9,0–13,4%. Наилучшие показатели зоотехнического качества сена бобово-злаковых травосмесей на основе лядвенца отмечены при дозе удобрений  $N_{30}P_{60}K_{240}$  с содержанием сырого протеина 19,1%, сырой клетчатки 25,9%, жира 3,6%.

На торфяных почвах наибольший экономический эффект при дозе удобрений  $N_{30}P_{60}K_{240} + м/э$  получен в травосмеси злаковых трав с лядвенцем, где рентабельность доходила до 77%.

Изучение возможностей использования травосмесей в качестве агрономического приёма в кормопроизводстве для фиторадиодезактивации почв от изотопов  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$  свидетельствует об его неэффективности, не имеющего практического значения на территории радиоактивного загрязнения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В производственном потенциале агропромышленного комплекса земля выступает как предмет труда во время обработки ее верхнего почвенного горизонта орудиями труда. Земля как средство производства отличается от всех остальных рядом существенных особенностей и, прежде всего, своим плодородием. Среди земельных ресурсов наиболее ценными являются сельскохозяйственные угодья, к которым относятся: пашня, залежи, многолетние насаждения, сенокосы, пастбища [157, 213]. По состоянию на 1 января 2018 года площадь сельскохозяйственных угодий Гомельской области составила 15,5% от республиканских [186]. Следует отметить, что данная категория земель ежегодно снижается. Так, за период времени, с 2011 по 2017 годы, количество сельскохозяйственных земель в области сократилось на 60,1 тыс. га или на 4,4%, что следует отнести к нежелательной динамике. Сельскохозяйственные угодья являются основными источниками получения продуктов питания для человека и кормов для животноводства, поэтому сокращение количества агроугодий может приводить к снижению производства сельскохозяйственной продукции.

Известно, что биогеохимические пищевые цепи начинаются с почвы, поскольку тип почвы определяет специфический состав растений. На состав растений оказывают влияние большое количество факторов, среди которых к ведущим относятся тип почвы; удобрения и агротехника; ботанический состав растений; стадия вегетации; генетические особенности культур; климат и погодные условия; загрязнение почвы и воздуха и многое другое.

В Гомельской области, в период 2005-2008 годов, изучался гранулометрический состав пахотных и луговых почв сельскохозяйственных угодий. Всего было обследовано 996,5 тыс. га земель, из которых площадь пашни составила 669,98 тыс. га или 62,8%, площадь улучшенных сенокосов и пастбищ 326,5 тыс. га или 30,6% от всего количества сельскохозяйственных угодий.

По гранулометрическому составу площадь пашни области распределилась следующим образом: глинистые и суглинистые почвы – 1,7%, супесчаные почвы – 38,4%, песчаные почвы – 52,6% и торфяно-болотные почвы – 7,3%. В площади пашни удельный вес дерново-подзолистых почв составил 92,7%.

По гранулометрическому составу площадь улучшенных сенокосов и пастбищ области распределилась следующим образом: глинистые и суглинистые почвы – 3,0%, супесчаные почвы – 27,7%,

песчаные почвы – 44,1% и торфяно-болотные почвы – 25,2% (табл. 1.5.). В угодьях сенокосов и пастбищ на долю дерново-подзолистых почвы приходится около 74,8%.

Анализ распределения почв пашни и улучшенных сенокосов и пастбищ Гомельской области по гранулометрическому составу свидетельствует, что их структура состоит на 1,95% из глинистых и суглинистых почв, 32,6% супесчаных, 46,6% песчаных и 12,3% торфяно-болотных. Полностью отсутствуют глинистые и суглинистые почвы в четырёх районах области, к числу которых относятся Ельский, Мозырский, Калинковичский и Октябрьский.

Гранулометрическая структура почв сельскохозяйственных угодий территории требует её учёта в практической деятельности специалистов агрономического профиля.

В Беларуси на долю дерново-подзолистых и дерново-подзолистых заболоченных приходится 87,5% площади сельскохозяйственных угодий, и они составляют основной фонд пахотных земель.

Агрономическая характеристика дерново-подзолистых почв обусловлена их генетическими особенностями. Для них характерна кислая реакция почвенного раствора, они имеют значительную обменную кислотность, до 80% которой может приходиться на обменный алюминий, гидролитическую кислотность от 3 до 6 мэкв/100 г, низкую емкость поглощения (5–15 мэкв) и степень насыщенности основаниями (50–70%). Поэтому большая часть этих почв нуждается в известковании [80, 94].

При сельскохозяйственном использовании дерново-подзолистых почв обязательно их систематическое, планомерное окультуривание с применением всего комплекса мероприятий. Окультуривание составляют правильные севообороты с включением многолетних трав, углубление пахотного слоя, известкование, внесение органических и минеральных удобрений. Для песчаных и супесчаных почв необходима сидерация в виде посевов различных растений на зеленое удобрение.

Для территории Беларуси характерно наличие большого количества болот и заболоченных земель, которые разбросаны в пределах отдельных районов и областей неравномерно. Наибольшее количество торфяно-болотных почв имеется в Брестской, Минской и Гомельской областях. Для данного типа почв присуще наличие избыточного увлажнения, которое возникает при застое на местности поверхностных и грунтовых вод.

Все болотные почвы в зависимости от происхождения, условий залегания и характера растительности делят на два типа: верховые

(олиготрофные) и низинные (эвтрофные). Переходные (мезотрофные) торфяники, занимают промежуточное положение и больше тяготеют к верховому типу.

В зависимости от условий и формирования болот, территорию Беларуси подразделяют на три основных района: 1) северный, или озерный, с преобладанием моренных и конечно-моренных отложений; 2) центральный повышенно-равнинный район, сложенный моренными, флювиогляциальными и древнеаллювиальными отложениями; 3) южный низменный с преобладанием флювиогляциальных и аллювиальных отложений. Следовательно, территория Гомельской области входит в южный болотный район.

Торфяно-болотные почвы по содержанию и запасам органического вещества значительно превосходят все другие почвы. Оно является самым главным богатством торфяных почв, определяющим их потенциальное плодородие, а также важнейшие физические, физико-химические и агрохимические свойства. От 80 до 90% торфа состоит из смеси полуразложившихся растений-торфообразователей и специфических гумусовых веществ, состав которых различается в зависимости от условий и характера торфообразования.

В настоящее время в Беларуси особое внимание уделяется охране и рациональному использованию торфяных почв. В основе охраны и дальнейшего использования торфяных почв лежит требование обеспечить высокую продуктивность возделываемых культур при экономном расходовании органического вещества. Цель требования – сохранить органическое вещество почв на возможно более длительный период. Поэтому структура посевных площадей на торфяных почвах строится с учетом удельного веса этих почв в землепользовании. Как правило, мощные и среднemocные торфяные почвы в основном отводятся под культурные луга длительного пользования, а торфяные почвы с мощностью торфа менее 1 м исключаются из пашни и используются под многолетние злаковые и злаково-бобовые травы.

Государственная стратегия использования торфяных почв и, прежде всего, маломощных ориентируется к тому, чтобы полностью вывести из севооборотов зерновые и пропашные культуры, оставив на них преимущественно луговые травы длительного использования.

В результате активного изучения миграции радионуклидов из почвы в растения, особенно после аварии на ЧАЭС, было показано, что оно во многом зависит от гранулометрического состава почв. На песчаной почве миграция  $^{137}\text{Cs}$  выше у всех культур в сравнении

с супесчаной и суглинистой почвой. Так, например, по данным 2012 года у зерна овса она выше в 1,2 и 2,2 раза, у сена из многолетних злаковых трав в 1,7 и 2,4 раза, у зеленой массы из вико-овсяной смеси в 1,4 и 1,7 раза соответственно.

Сравнение коэффициентов миграции, полученных к 1997 и 2012 годам по культурам и по почвенным разновидностям дерново-подзолистой почвы свидетельствуют, что практически все они за данный период времени снизили свои значения. Если взять зерно овса, то на супесчаной почве Кп в 2012 году уже имел показатель в 4,4 раза ниже, чем в 1997 году, соответственно на песчаной почве в 3,1 раза и на суглинистой почве в 2,5 раза. В целом в группе зерна в 1997 году на супесчаной почве колебания Кп имели значения в пределах 0,05–0,39, на песчаной почве – 0,06–0,22 и на суглинистой почве – 0,03–0,10, в в 2012 году – соответственно 0,017–0,14, 0,03–0,07 и 0,01–0,04 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>. То же самое прослеживается с зеленой массой, где в 1997 году на супесчаных почвах были установлены Кп в пределах колебаний 0,09–0,38, на песчаной почве – 0,13–0,33 и на суглинистой почве – 0,06–0,29, а в 2120 году соответственно 0,036–0,30, 0,05–0,20 и 0,03–0,24 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>. В принципе такая же ситуация характерна и для всех остальных культур.

Для Кп на торфяной почве характерны более высокие значения во все периоды наблюдений в сравнении с дерново-подзолистой почвой и, которые к 2012 году, также значительно снизились. Если в период 1997 года Кп для разных видов сена колебались от 4,2 до 17,7, то в период 2012 года – от 1,4 до 4,8 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>, или были меньше в 3,0–3,7 раза. Показатели перехода радионуклида уменьшились также в силос в 1,8–3,8 раза и зелёную массу в 1,7–3,8 раза.

Из этого следует, что в послеаварийное время для <sup>137</sup>Cs характерно снижение миграции вследствие его закрепления как в дерново-подзолистой, так и торфяной почвах.

Анализ средних значений показателей Кп <sup>90</sup>Sr показал, что самые низкие их значения характерны для суглинистых почв, затем по возрастающей следуют супесчаные и замыкают этот ряд песчаные почвы. Такая расстановка Кп наиболее характерна для 1997 года. В это время на суглинистых почвах Кп по зерновым культурам колебалась в пределах 0,68–1,17, на супесчаных почвах – 0,80–1,45 и на песчаных – 0,90–1,54 Бк/кг:кБк/м<sup>2</sup>. К 2012 году самые низкие показатели Кп оказались на супесчаных почвах (0,69–1,30), несколько большие на суглинистых почвах (0,73–1,30) и наиболее высокие на песчаных почвах (1,0–1,7). На суглинистых и песчаных почвах в 2012 году Кп

имели более высокие показатели в сравнении с 1997 годом. Так, на суглинистых почвах они приросли на 7,3–11,1%, на песчаных почвах – на 10,4–11,1%. На супесчаных почвах такая особенность значений Кп не прослеживалась.

Основным направлением в повышении продуктивности и устойчивости земледелия является повышение плодородия почв и обработка всех элементов технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Плодородие почв является основой устойчивого развития всего аграрного производства при любых погодных условиях.

Агрохимические показатели являются важной составляющей общей оценки потенциального плодородия почв [10, 11, 94]. В условиях интенсивного использования земель происходит существенное изменение свойств почв. Для оценки состояния плодородия почв сельскохозяйственных земель, разработки мероприятий по его поддержанию и повышению проводится агрохимическое обследование.

Оптимизация степени кислотности почв является важным условием повышения урожайности сельскохозяйственных культур и обязательной предпосылкой эффективного применения минеральных удобрений. В многочисленных исследованиях установлены диапазоны реакции почв по отдельным культурам, сгруппированы по типам севооборотов, гранулометрическому составу почв и используются в качестве ориентиров при известковании кислых почв. Дозы извести рекомендуется дифференцировать с таким расчётом, чтобы сильно- и среднекислые почвы нейтрализовать до нижнего уровня оптимального диапазона, а малые дозы извести на слабокислых почвах не позволяли превысить верхний уровень оптимального диапазона кислотности. Основным мерилем оптимизации степени кислотности почв по пригодности почвы для возделывания группы однотипных сельскохозяйственных культур является средневзвешенная реакция почвы элементарных участков.

После аварии на ЧАЭС на загрязнённых  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  землях значимость известкования кислых почв возросла. Было установлено, что минимальное накопление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческой продукции достигается при сдвиге от оптимальной реакции почв на 0,2–0,3 единицы рН в сторону щелочного диапазона [165]. Однако это снижение накопления радионуклидов в растениях было незначительным. Поэтому было решено вносить на загрязнённых радионуклидами землях повышенные дозы извести только на сильно- и среднекислых почвах с целью достижения оптимальных диапазонов кислотности почв из расчета на максимальную урожайность возделываемых культур [168].



Анализ проведения известкования кислых почв в Гомельской области свидетельствует, что планируемые объемы внесения известковых материалов полностью выполняются. Например, в 2017 году из запланированных 46,3 тыс. га было фактически произвестковано 100% площадей.

В планы известкования включаются и мероприятия, способствующие обеспечению производства сельскохозяйственной продукции в пределах требований радиационной безопасности. Так, известкование сельскохозяйственных земель, загрязненных цезием – 137 с плотностью 1 Ки/км<sup>2</sup> и более и стронцием – 90, 137 Ки/км<sup>2</sup> и более в 2017 году составило 17,3 тыс. га.

Как правило, известкование кислых почв в хозяйствах проводится согласно разработанной проектно-сметной документации.

Почвенное плодородие во многом зависит от достаточного для развития растений количества минеральных элементов в почвенном горизонте. Среди большого состава биологически важных минеральных элементов особая роль отводится такому макроэлементу как кальций.

До начала интенсивного известкования примерно до 90% площади пахотных почв Беларуси имели недостаток обменных форм кальция, который ограничивал урожайность культурных растений. В настоящее время на основных массивах почв содержание кальция в доступной форме для питания растений не лимитирует формирование высокого уровня урожайности. Средневзвешенное содержание обменного кальция в почвах Беларуси в последние два десятилетия стабилизировалось на уровне СаО около 1000–1100 мг/кг на пашне и около 1500 мг/кг в луговых почвах [30, 40].

Роль оптимизации реакции почв существенно возрастает в интенсивном земледелии. В Беларуси известкование кислых почв организовано на государственном уровне и проводится с 1965 года. За это время в республике создана и успешно работает система научного и материально-технического обеспечения данного вида работ. Она предусматривает, что областные проектно-исследовательские станции химизации сельского хозяйства (ОПИСХ) разрабатывают проектно-сметную документацию, а затем совместно со специалистами хозяйств-заказчиков и организаций-исполнителей контролируют площади, дозы извести и качество выполняемых работ. В рамках Гомельской области проведение данных работ возложено на Гомельскую ОПИСХ. Витебское ОАО «Доломит» обеспечивает республику доломитовой мукой. Районные объединения агросервиса осуществляют хранение, транспортировку и внесение извести в почву. Научное

обеспечение проблемы известкования на протяжении всего периода осуществляет РНДУП «Институт почвоведения и агрохимии».

Анализ результатов исследований на содержание кальция в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании его средневзвешенных показателей, в 2013 году, на пахотной почве в пределах 763–1352 мг/кг, в 2017 году – 809–1346 мг/кг почвы, в луговой – соответственно 1238–1688 и 1328–1671 мг/кг. Наблюдается увеличение количества площадей с более высоким содержанием в почве кальция. Если в 2013 году 71,1% обследованных площадей пашни имели удельную концентрацию кальция более 801 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 год уже 73,1%, соответственно луговых почв – 86,4 и 89,6%.

Магний является важным элементом в минеральном питании растений, и его недостаток ограничивает урожайность сельскохозяйственных культур и снижает качество продукции. Изучение содержания магния в 2017 году в шести районах Гомельской области показало увеличение его средневзвешенных показателей. Если его колебания средневзвешенного показателя по отдельным районам в 2013 году находилось в пределах 240–336 мг/кг, то в 2017 году – 285–373 мг/кг почвы. В целом по всем районам средневзвешенное содержание в луговой почве магния в 2013 году установлено в количестве 271 мг/кг почвы, в 2017 году – 323 мг/кг почвы или было больше на 52 мг/кг.

Сравнение изменения средневзвешенных показателей содержания магния в пахотной и луговой почвах свидетельствует, что за четырёхлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 28 мг/кг почвы, на луговых угодьях – 52 мг/кг.

Калий является незаменимым элементом для растений и животных. Содержание калия в растениях зависит от стадии вегетации (с возрастом его количество уменьшается), типа почвы, дозы калийных и органических удобрений.

Пахотные почвы Гомельской области характеризуются средней и повышенной обеспеченностью подвижным калием. Применяемые дозы калийных удобрений, особенно на сенокосах и пастбищах, остаются еще недостаточными и не сбалансированные по азоту и фосфору для получения высокой продуктивности и оптимизации калийного режима почв.

После чернобыльской трагедии внесению калийных удобрений на загрязненной территории Беларуси стали уделять особое внимание. Это связано с тем, что внесение дифференцированных доз

(в зависимости от типа почв, содержания в них подвижного калия и плотности загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ ) калийных удобрений на слабо обеспеченных подвижным калием почвах (<150 мг/кг почвы) уменьшает поступление в растения цезия-137 до 2,0 раза, а стронция-90 – до 1,5 раза.

Содержание подвижных форм фосфатов является одним из основных признаков окультуренности почв и самым тесным образом связано с плодородием, урожайностью культур и качеством получаемой продукции.

Полученные данные о потребности и количестве вносимых фосфорных удобрений в сельскохозяйственных районах Гомельской области свидетельствуют об явно низкой ими обеспеченности, не более 33%. Из-за недостаточного внесения фосфора наблюдается отрицательная динамика его содержания, как в пахотных, так и в луговых почвах, причём на пахотных динамика более высокая. Соответственно увеличивается количество слабообеспеченных почв данным элементом. В отдельных районах количество таких почв на пашне увеличилось до 29,7%, среди луговых земель до 53,4%, что отрицательным образом может сказываться на их плодородии и на получении желаемой растениеводческой продукции сельскохозяйственных культур.

Почвы благодаря гумусу осуществляют накопление и хранение солнечной энергии на земле. Накопленная энергия при разложении органического вещества через биохимические и химические реакции высвобождается благодаря этому в почве, происходят важнейшие процессы почвообразования. Содержание гумуса является одним из основных показателей плодородия почвы.

Получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур на преобладающих дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава, обладающих низким потенциальным плодородием, тесно связано с содержанием органических веществ. Требуется постоянное периодическое изучение изменений содержания гумуса в почве сельскохозяйственных угодий с тем, чтобы знать его динамику и разрабатывать мероприятия по управлению процессами его накопления. В районах Гомельской области, в которых недостаточно вносятся органические удобрения, наблюдается низкая окупаемость удобрений зерном и оплата в кормовых единицах.

Распространенность микроэлементов в почвах влияет на поступление этих элементов в живые организмы и поэтому имеет большое значение в исследованиях в области охраны окружающей среды и производства продуктов питания.

Медь относится к незаменимым элементом в жизни растений и животных. Почва относится к части биосферы, которая не только геохимически аккумулирует медь, но является естественным буфером, контролирующим её перенос в растения.

Анализ результатов исследований на содержание меди в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании средневзвешенных показателей, в 2013 году, для пахотной почвы в пределах 1,44–2,16 мг/кг, в 2017 году – 1,42–2,17 мг/кг почвы, в луговой – соответственно 1,55–2,20 и 1,83–2,20 мг/кг почвы. Наблюдается увеличение количества площадей с более высоким содержанием в почве меди. Если в 2013 году 47,9% обследованных площадей пахотных почв имели удельную концентрацию меди более 1,51 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 год уже 50,2%, соответственно луговых почв – 54,2% и 60,9%.

Средневзвешенное содержание меди в луговой почве в 2013 году имело значение на уровне 1,96 мг/кг почвы, через четыре года – 2,21 мг/кг, в пахотной почве соответственно – 1,72 и 1,80 мг/кг почвы. Следовательно, если за четырёхлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 0,08 мг/кг почвы, то на луговых угодьях – 0,25 мг/кг или более чем в 3,1 раза.

Цинк относится к минеральным элементам, необходимым для роста и развития растений. Сельскохозяйственные растения получают цинк из почвы. Анализ результатов исследований по содержанию цинка в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании его средневзвешенных показателей в пахотной почве в пределах 2,56–4,09 мг/кг в 2013 году, 2,40–3,83 мг/кг в 2017 году, в луговой – соответственно 2,92–4,41 мг/кг, 2,80–4,89 мг/кг.

Средневзвешенное содержание цинка в луговой почве в 2013 году имело значение на уровне 3,63 мг/кг, через четыре года – 3,56 мг/кг, в пахотной почве соответственно – 3,29 и 3,01 мг/кг почвы.

Бор относится к минеральным элементам, имеющим большое значение в развитии и росте растений. Основным источником бора для растений является почва. Анализ результатов исследований по содержанию бора в почве сельскохозяйственных районов Гомельской области свидетельствует о колебании его средневзвешенных показателей, в 2013 году, в пахотной почве в пределах 0,44–0,72 мг/кг, в 2017 году – 0,49–0,76 мг/кг, в луговой – соответственно 0,52–0,83 и 0,59–0,94 мг/кг. Средневзвешенное содержание бора в луговой почве в 2013 году имело значение на уровне 0,70 мг/кг, через четыре года – 0,77 мг/кг, в пахотной почве соответственно –

0,57 и 0,59 мг/кг почвы. Следовательно, за четырёхлетний период на пахотной почве прирост показателя составил 0,02 мг/кг почвы, на луговых угодьях – 0,07 мг/кг.

Наблюдается перераспределение площадей с содержанием бора в количестве 0,31-0,70 мг/кг в сторону с более низким и в сторону с более высоким его содержанием. Так, в 2013 году 0,6% обследованных площадей пахотных почв имели удельную концентрацию бора менее 0,3 мг/кг почвы, то по состоянию на 2017 год уже 5,6%, соответственно луговых почв – с 0,7% до 2,5%. Прирост в 2017 году пахотных площадей с содержанием бора выше 0,71 мг/кг составил 6,7%, луговых 10,6%.

В Беларуси по пахотным землям, как основному виду сельскохозяйственных земель, наиболее высокий балл плодородия почв имеет Гродненская область (35,5 балла), затем идет Минская область (33,4), Могилевская и Брестская области (по 31,7 балла). Самый низкий балл имеют Гомельская (28,6) и Витебская (28,3) области. По улучшенным луговым землям более высоким баллом оценены земли Брестской (31,0 балла), Гродненской (30,3) и Минской (30,0 балла) областей. По сельскохозяйственным землям в среднем самый высокий балл имеет также Гродненская область (32,8 балла), затем Минская (31,4) и Брестская область (30,4 балла).

В результате катастрофы на Чернобыльской АЭС радиоактивному загрязнению подверглась значительная часть территории Беларуси, среди областей в наибольшей степени – Гомельская и Могилевская области.

За прошедшие тридцать три года после аварии из-за естественного распада радионуклидов плотности их концентрации существенным образом уменьшились, будут уменьшаться и дальше. Вследствие этого количество загрязненных земель  $^{137}\text{Cs}$  сокращается. За период времени с 1991 по 2019 годы (27 лет) количество загрязненных сельскохозяйственных земель сократилось на 486,8 тыс. га или на 36%. Среднегодовое снижение площадей составило 18,0 тыс. га или по 1,3% от загрязненной площади в 1991 году. С 2013 года площади загрязненных земель сельскохозяйственного использования ежегодно сокращаются примерно на 16,8 тыс. га или на 1,7% и переводятся в разряд чистых. За семилетний период, с 2013 года по 2019 год, количество площадей сельскохозяйственных площадей сократилось на 117,5 тыс. га (Окружающая среда. Статсборник, 2019). Вместе с тем, самые большие массивы сельскохозяйственных земель в количестве 513,4 тыс. га (54,4%) в Гомельской и 249,2 тыс. га

(28,8%) в Могилёвской областях продолжают оставаться загрязненными. Для освобождения всех оставшихся земель из разряда загрязненных и перевода их в разряд чистых потребуется ещё более 52 лет.

Проведение радиологического мониторинга в Беларуси обеспечивается областными проектно-изыскательскими станциями химизации сельского хозяйства Министерства сельского хозяйства и продовольствия.

По состоянию на 1 января 2018 года на территории Гомельской области имелось 1 323,8 тыс. га сельскохозяйственных угодий. В результате радиологического мониторинга, на начало 2018 года, установлено, что площадь сельскохозяйственных и естественных луговых земель Гомельской области, загрязненных цезием-137 с плотностью 1,0 и более Ки/км<sup>2</sup>, составляла 529,0 тыс. га или 43,2% от площади сельскохозяйственных угодий имеющих в распоряжении сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств, и, соответственно, стронцием-90 с плотностью 0,15 и более Ки/км<sup>2</sup> – 296,1 тыс. га или 24,2%. Сравнение загрязненных цезием-137 угодий на конец года с их количеством на начало года (533,3 тыс. га) свидетельствует, что их количество уменьшилось на 4,3 тыс. га или на 0,3%.

Южные и северные районы Гомельской области относятся к наиболее загрязненным радионуклидами чернобыльского происхождения. Радиологическое обследование эксплуатируемых сельскохозяйственных угодий данных районов показало, что 88,9% в южных и 95,4% в северных районах площадей содержат концентрации цезия-137 выше 1 Ки/км<sup>2</sup> и концентрации стронция-90 выше 0,15 Ки/км<sup>2</sup> – соответственно 91,0% и 29,1%. Южные районы в большей степени подвержены загрязнению стронцием-90, северные – цезием-137. В южных районах около 14,3% сельскохозяйственных угодий загрязнены стронцием-90 с плотность более 1 Ки/км<sup>2</sup>, в то время как в северных районах плотность загрязнения данным радионуклидом не превышает 1 Ки/км<sup>2</sup>. В диапазоне градации плотности цезия-137 5,0-9,9 Ки/км<sup>2</sup> в северных районах находилось до 41,1% площадей угодий, в южных – до 27,8%.

Положительные результаты в получении нормативно-чистой сельскохозяйственной продукции на загрязненных радионуклидами землях Беларуси достигнуты за счет комплекса мероприятий в земледелии, растениеводстве, животноводстве, ветеринарии, переработке продукции.

Важнейшая цепочка поступления радионуклидов в организм человека начинается с почвы, на которой выращиваются культурные

растения. Соответственно проведению мероприятий в земледелии уделяется особое внимание. Прежде всего, мероприятия основаны на учете различий свойств почвы. В первую очередь это типовые различия почв. Загрязненные радионуклидами земли Республики Беларусь в основном представлены дерново-подзолистыми (33,4%) и дерново-подзолистыми заболочиваемыми почвами (35,6%), которые характеризуются достаточным, с практической точки зрения, снижением доступности  $^{137}\text{Cs}$  растениями при применении защитных мероприятий.

После почвы следующим звеном трофической цепи поступления радионуклидов к человеку являются растения. В растениеводстве выделяют три группы мероприятий: организационные, агрохимические, агротехнические. Среди них особый интерес представляют мероприятия не только в почвоведении и растениеводстве, но и в кормопроизводстве. В основе всех основных требований к планированию защитных и реабилитационных мероприятий, обеспечивающих адресность, эколого-экономическое обоснование и контроль эффективности лежат данные радиационного мониторинга сельскохозяйственного производства по цепочке почва-растения (корма)-животные-продукты животноводства-человек.

В соответствии с белорусским законодательством животноводческая продукция, произведенная на сельскохозяйственных землях, подвергнутых загрязнению цезием-137 и стронцием-90, и используемая для переработки и реализации на продовольственные цели, должна соответствовать нормативным требованиям по содержанию радионуклидов. Одним из первых этапов на пути решения данной проблем является организация производства кормов для животноводства с максимально наименьшим содержанием радионуклидов. С этой целью в растениеводческой отрасли используется и продолжает совершенствоваться целый комплекс защитных мер, направленных на снижение миграции радионуклидов в звене почва-растения. В системе агрохимических приемов по снижению поступления радионуклидов в кормовые культуры наиболее значимым является применение удобрений. Например, на торфяных почвах с плотностью загрязнения цезием-137 в пределах 2,8–4,7 Ки/км<sup>2</sup> применение минеральных удобрений под яровой ячмень вызывает как снижение параметров миграции, так и уменьшение выноса радионуклида с урожаем зерна. При производстве зерновых кормов из тритикале, в зависимости от видов и доз удобрений, может происходить, в основном, увеличение выноса цезия-137 с урожаем. Внесение удобрений под яровую пшеницу приводит к увеличению выноса

данного радионуклида с урожаем. В отношении стронция-90 показано, что под влиянием внесения удобрений с урожаем зерна тритикале вынос радионуклида возрастает и с зерном ячменя со стандартными удобрениями. Следовательно, из перечисленных культур, на загрязненных цезием-137 торфяных почвах, для получения зерновых кормов в наибольшей степени, с радиологической точки зрения, подходит яровая ячмень.

Основным резервом производства растительного белка для сбалансирования питательности кормов по протеину в условиях сельскохозяйственных предприятий, расположенных на территории радиоактивного загрязнения, являются энергосберегающие многолетние бобово-злаковые травосмеси. Результаты исследований о влиянии удобрений на накопление радионуклидов в урожае бобово-злаковых травосмесей свидетельствуют, что при организации кормопроизводства на загрязненных торфяных почвах как стандартные, так и комплексные удобрения способствуют снижению показателей поступления цезия-137 и стронция-90 в звене почва-сено из бобово-злаковых трав, благодаря чему удельная концентрация радионуклидов в кормах уменьшается. Полученные закономерности параметров перехода радионуклидов и их выноса с урожаем необходимо использовать в прогнозировании размещения посевов травосмесей на загрязненной территории с целью получения более чистых кормов. При этом следует учитывать, что вынос цезия-137 с приростом урожая, за исключением сочетания отдельных доз удобрений, как правило, снижается, а вынос стронция-90 возрастает. Комплексные удобрения, в сравнении со стандартными туками, способствуют снижению выноса с урожаем как цезия-137, так и стронция-90.

Как свидетельствуют результаты опытов, внесение полной дозы минеральных удобрений с внесением микроудобрений на торфяной почве способствует увеличению урожайности многолетних бобово-злаковых травосмесей, содержащих в своём составе галегу, лядвенец и клевер. В первый год пользования многолетние травосмеси, при благоприятных метеорологических условиях вегетационного периода могут формировать три укоса и давать урожайность сена на уровне 144,9–161,2 ц/га. Отдача на 1 кг д.в. NPK дополнительной продукцией за 2 укоса в травосмеси с галегой достигает 18,6 кг, в травосмеси с клевером – 21,1 кг и с лядвенцем – 22,1 кг сена.

Параметры перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  из почвы свидетельствуют, что накопление радионуклидов бобово-злаковыми травосмесями в первый год пользования происходит более интенсивно, чем



в последующие годы. Обеспечение питанием бобово-злаковых травосмесей минеральными удобрениями в дозе  $N_{30}P_{60}K_{180} + Cu_{100} + Mo_{50} + B_{50}$  позволяет снизить величину параметров перехода  $^{137}Cs$  на третий год пользования в 4,7 раза по сравнению с первым годом жизни трав,  $^{90}Sr$  примерно в 2,8 раза.

Основные зоотехнические показатели качества полученного сена многолетних бобово-злаковых травосмесей соответствуют средне-статистическим показателям. Содержание сырого протеина в сухом веществе трав составило 13,7–19,0%, переваримого протеина – 9,0–13,4%. Наилучшие показатели зоотехнического качества сена бобово-злаковых травосмесей на основе лядвенца отмечены при дозе удобрений  $N_{30}P_{60}K_{240}$  с содержанием сырого протеина 19,1%, сырой клетчатки 25,9%, жира 3,6%.

На торфяных почвах наибольший экономический эффект при дозе удобрений  $N_{30}P_{60}K_{240} + м/э$  получен в травосмеси злаковых трав с лядвенцем, где рентабельность доходила до 77%.

Изучение возможностей использования в кормопроизводстве травосмесей в качестве агрономического приёма, для фиторадиодеактивации почв от радиоизотопов  $^{137}Cs$  и  $^{90}Sr$ , показало о его неэффективности, не имеющего практического значения на территории радиоактивного загрязнения.

В настоящее время является бесспорным фактом, что кормопроизводство связывает воедино растениеводство и животноводство, земледелие и экологию, поддерживает в сельском хозяйстве необходимый баланс отраслей. Оно обеспечивает эффективность и устойчивость всего сельского хозяйства. Базой кормопроизводства являются сельскохозяйственные земли, на которых выращиваются многочисленные объёмы кормов. Изучение химического и радиологического состава почв в биогеохимической экологии, агрономии и зоотехнии позволяет прогнозировать кормовую ценность растений, так как именно от их состава во многом зависит состояние и судьба организмов, образующих биогеохимические пищевые цепи. Исследования почв радиобиогеохимических провинций являются также научной основой использования минеральных удобрений, применения минеральных подкормок для животных, разработки профилактических и лечебных мероприятий против эндемических болезней, проведения защитных мероприятий на загрязненной территории.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 15 лет после Чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление : Национальный доклад / Г.В. Анципов [и др.]; под ред. В.Е. Шевчука, В.Л. Гурачевского. – Минск : Триолета, 2001. – 118 с.
2. 20 лет после чернобыльской катастрофы: последствия в Республике Беларусь и их преодоление : Национальный доклад // Комитет по проблемам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Совете Министров Республики Беларусь; под ред. В.Е. Шевчука, В.Л. Гурачевского. – Минск, 2006. – 112 с.
3. 30 лет чернобыльской аварии : итоги и перспективы преодоления ее последствий. Национальный доклад Республики Беларусь. – Минск : Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь. – 2016. – 116 с.
4. Авдонин, Н.С. Свойства почвы и урожай / Н.С. Авдонин. – М., «Колос», 1965. – 350 с.
5. Аверин, В.С. Основные принципы, цели и задачи концепции реабилитации населения и территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС / В.С. Аверин // 17 лет после Чернобыля: Проблемы и решения: сборник науч. трудов междунар. науч.-практ. конф. / Комитет по проблемам последствий катастрофы на Черн. АЭС при Сов. Мин. РБ, Мин-во здравоохран. РБ; редкол. : В.Е. Шевчук [и др.]. – Минск, 2003. – С. 89–91.
6. Аверин, В.С. Оценка параметров перехода  $^{90}\text{Sr}$  в молоко коров при различном уровне кальция в рационе / В.С. Аверин [и др.]. // Проблемы радиологии загрязненных территорий : юбилейный тем. сб. / РНИУП «Институт радиологии»; под ред. В.Ю. Агейца. – Минск, 2001. – С. 93–98.
7. Агеец, В. Мероприятия по рекультивации земель, загрязненных радионуклидами / В. Агеец, Т. Серая, Ю. Путятин // Ахова працы. – 1996. – № 9. – С. 9–11.
8. Агеец, В.Ю. Система радиологических контрмер в агросфере Беларуси / В.Ю. Агеец. – Минск : Республиканское научноисследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии», 2001. – 250 с.
9. Агрохимическая и радиологическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Гомельской области. – Гомель: КУП «Гомельская ОПИСХ», 2009. – 438 с.

10. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под редакцией И.М. Богдевича. – Минск: РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, 2006. – 287 с.

11. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. - И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.

12. Азаренок, Т.Н. Агроэкологический паспорт почв сельскохозяйственных земель Беларуси / Т. Н. Азаренок, С. В. Шульгина, О. В. Матыченкова, С.В. Дыдышко, Д. В. Матыченков // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 февраля 2019 г. / Институт почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 119–123.

13. Алексахин, Р.М. Поведение  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва-растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–138.

14. Алексахин, Р.М. Радиоэкологические вопросы Чернобыля / Р.М. Алексахин // Радиобиология. – 1993. – Т. 33, № 1. – С. 3–14.

15. Алексахин, Р.М. Радиационная безопасность населения и агропромышленное производство (к вопросу о нормировании содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции) / Р.М. Алексахин, Е.В. Спирин, М.Н. Савкин // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1999. – Т. 39. № 4. – С. 444–450.

16. Алексахин, Р.М. Крупные радиационные аварии : последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин [и др.] ; под общ. ред. Л.А. Ильина, В.А. Губанова. – М. : ИздАТ, 2001. – 752 с.

17. Алексахин, Р.М. Проблемы радиоэкологии : Эволюция идей. Итоги / ГНУ ВНИИСХРАЭ. – М. : Россельхозакадемия. – 2006. – 880 с.

18. Алиханова, О.И. Токсическое действие бора на растения / О.И. Алиханова. – Агрохимия, №7, 1980. – С. 98.

19. Андреев, Н.Г. Молочное скотоводство на культурных пастбищах / Н.Г. Андреев, Р.А. Афанасьев. – М., Россельхозиздат, 1976. – С. 34–80.

20. Анненков, Б.Н. Ведение сельского хозяйства в районах радиоактивного загрязнения (радионуклиды в продуктах питания) / Б.Н. Анненков, В.С. Аверин. – Минск : Пропелеи, 2003. – 84 с.

21. Артамонов, В.А. Комплексная оценка экономической эффективности кормопроизводства : дис. ... к-та экон. наук : 08.00.05 / Артамонова Владимира Александровича. – Пушкин, 2001. – 164 с.
22. Афанасик, Г. И. Влияние водного режима почвы на интенсивность поступления радионуклидов в растительную продукцию / Г. И. Афанасик // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. тр. // Белорус. науч.-исслед. ин-т мелиор. и луговодства. – Мн., 1995. – Т. 42. – С. 29–44.
23. Афанасьев, Я.Н. Генезис, проблемы классификации и плодородия почв: Избр. труды / Я.Н. Афанасьев // Бел. респ. фонд фундаментальных исследований. – Мн., 1977. – 285 с.
24. Баканов, В. Н. Молочное скотоводство на культурных пастбищах / В.Н. Баканов, Л.П. Давыдова, Б. Р. Овсищер. – М., Россельхозиздат, 1976. – С. 8–33.
25. Бамбалов, Н.Н. Космические и земные факторы торфообразования / Н.Н. Бамбалов // Торфяная промышленность. – 1991. – № 1. – С. 2–7.
26. Белехов, Г. П. Минеральное и витаминное питание сельскохозяйственных животных / Г.П. Белехов, А.А. Чубинская. – Изд. 2-е. Л., «Колос», 1965. – 245 с.
27. Белоус, Н.М. Оптимизация агрохимических мероприятий по снижению перехода цезия-137 в получаемую продукцию и возможности реализации предложенной стратегии / Н.М. Белоус, Ф.В. Моисеенко // Проблемы устойчивого развития на радиационно-загрязненных территориях Брянской области. – М., 2000. – С. 40–45.
28. Белоус, Н.М. Радиологические аспекты применения минеральных удобрений на радиоактивно загрязненных кормовых угодьях / Н.М. Белоус, А.Г. Подоляк, Е.В. Смольский, А.Ф. Карпенко // Агрохимический вестник. Сер. хим. наук. – 2016. – № 2. – С. 10–14.
29. Бирюкович, А.Л. Состав и использование луговых травостоев / А.Л. Бирюкович // Мелиорация. №1 (61), 2009. – С. 15–19.
30. Богdevич, И.М. Оценка взаимодействия факторов плодородия почв и норм удобрений / И. М. Богdevич, Р. В. Шаталова, Е.А.Шыбеко // Параметры и модели плодородия почв и продуктивности агроценозов. – Пущино, 1985. – С. 70–77.
31. Богdevич, И.М. Влияние радиоактивного загрязнения земель Беларуси на производство и качество сельскохозяйственной продукции / И.М. Богdevич, В.А. Щербаков // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь. – 1997. – № 1. – С. 30–34.

32. Богдевич, И.М. Урожай и поступление радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в сельскохозяйственные культуры в зависимости от доз калийных удобрений / И.М. Богдевич // Почвенные исследования и применение удобрений: межвед. тематич. сб. - 2003. - Вып. 27. - С. 158–168.

33. Богдевич И.М. Защитные меры в АПК на загрязненных радионуклидами землях / И. М. Богдевич, И. Д. Шмигельская, Ю. В. Путьтин // Агроэкология: Сборник научных трудов / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия. - Горки, 2004. - Вып.1. - С. 5–9.

34. Богдевич, И.М. Аккумуляция  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостое основных лугов Белорусского Полесья в зависимости от параметров вертикальной миграции и форм нахождения радионуклидов в почвах / И.М. Богдевич, А.Г. Подоляк / Почвоведение и агрохимия. - 2006. - № 1 (36). - С. 233–246.

35. Богдевич, И.М. Влияние состава катионов дерново-подзолистых супесчаных почв и удобрений на урожайность и качество зерна яровой пшеницы / И.М. Богдевич [и др.] // Почвоведение и агрохимия. - 2007. - № 2 (39). - С. 195–205.

36. Богдевич, И.М. Магниевые удобрения на дерново-подзолистых почвах: аналитический обзор / И.М. Богдевич, О.Л. Ломонос. - Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2009. - 40 с.

37. Богдевич, И.М. Эффективность и перспективы защитных мер на загрязненных радионуклидами землях Беларуси / И.М. Богдевич // Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства: мат. междунар. науч.-практ. конф. и IV съезда почвоведов, Минск, 26-30 июля 2010 г.: в 2 ч. / редкол.: В.В. Лапа [и др.]. - Ин-т почвоведения и агрохимии. - Минск, 2010. - Ч.1. - С. 26–28.

38. Богдевич, И.М. Итоги и перспективы агрохимических защитных мер на загрязненных радионуклидами землях Беларуси / И.М. Богдевич // Вести национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. - 2011. - № 3. - С. 27–39.

39. Богдевич, И.М. Эффективность минеральных удобрений при возделывании многолетней бобово-злаковой травосмеси на загрязненной  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  торфяной почве / И.М. Богдевич, А.Г. Подоляк, И.И. Новикова // Почвоведение и агрохимия. - 2012. - №1 (48). - С. 150–158.

40. Богдевич, И.М. Динамика степени кислотности, обеспеченности кальцием и магнием пахотных и луговых почв Беларуси в результате известкования / И.М. Богдевич, О. Л. Ломонос,

О. М. Таврыкина // Почвоведение и агрохимия. – 2014. №1 (52). – С.159–171.

41. Бойко, В.И. Способы снижения содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции / В.И. Бойко, И.А. Бойко, В. Ф. Балабанова // Основные направления получения экологически чистой продукции растениеводства : материалы респ. науч.-произ. конф. / Белорус. госуд. с.-х. акад. ; редкол. А.И. Горбылева [и др.]. – Горки, 1992. – С. 154–155.

42. Бондарь, П.Ф. Особенности применения минеральных удобрений в условиях загрязнения почвы радиоактивными изотопами цезия / П.Ф. Бондарь, Н.А. Лошилов, А.И. Дутов // Ядерные технологии для устойчивости сельского хозяйства и сохранения окружающей среды. – Вена, 1995. – С. 571–581.

43. Вавуло, Ф. П. Микрофлора основных типов почв БССР и их плодородие / Ф.П. Вавуло. – Мн., «Ураджай», 1972. – 167 с.

44. Валетов, В.В. Фитомасса и первичная продукция безлесных и лесных болот / В. В. Валетов. Минск: Березинский биосферный заповедник БССР, 1992. – 180 с.

45. Василюк, Г.В. Ликвидация последствий Чернобыльской аварии в АПК Беларуси / Г.В. Василюк [и др.] // Агрохимический вестник. – 2001. – №3. – С. 12–16.

46. Вернадский В. И. Биосфера. — Избр. сочинения. Т. 5. АН СССР, 1960. – 460 с.

47. Вильдфлуш, И.Р. Фосфор в почвах и земледелии Беларуси / И. Р. Вильдфлуш, А. Р. Цыганов., В. В. Лапа. – Мн.: Хата, 1999. – 196 с.

48. Воробьев Г.Т. Радиоактивное загрязнение почв Брянской области / Г.Т. Воробьев, Д.Е. Гучанов, З.Н. Маркина [и др.]. – Брянск : Грани, 1994. – 177 с.

49. Воробьев, Е.И. Контроль радиационной безопасности / Под ред. Е.И. Воробьева. – М. : Медицина, 1989. – 185 с.

50. Гаврусевич, Б. А. Основы общей геохимии / Б.А. Гаврусевич. – М., «Наука», 1968. – 420 с.

51. Георгиевский, В.И. Минеральное питание животных / В.И. Георгиевский, Б.Н. Анненков, В.Т. Самохин. – М. : Колос, 1979. – 471 с.

52. Головатый, С.Е. Мониторинг и использование земельных ресурсов: учебное пособие / С.Е. Головатый, С.В. Савченко, С.С. Позняк, О.В. Чистик. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 149 с.

53. Горбылёва, А.И. Почвоведение с основами геологии: учеб. пособие / А.И. Горбылёва, Д.М. Андреева, В.Б. Воробьёв, Е.И. Петровский; Под. Ред А.И. Горбылёвой. – Мн. : Новое знание, 2002. – 480 с.

54. Государственная программа по преодолению последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на 2011-2015 годы и на период до 2020 года : утв. Пост. Сов. Мин. Респ. Беларусь 31 дек. 2010 г. № 1922. – Минск, 2010. – 132 с.

55. Государственные гигиенические нормативы. Допустимые уровни содержания радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в продуктах питания и питьевой воде: утв. Министерством охраны здоровья. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Украины 17 июня 2006 г. N 845/12719 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id\\_doc=48352](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48352).

56. Гребенщикова, Н.В. Исследование закономерностей поведения радиоцезия в почвенно-растительном покрове Белорусского полесья после аварии на ЧАЭС / Н.В. Гребенщикова [и др.] // Агрохимия. – 1992. – № 1. – С. 91–99.

57. Гусаков, В.Г. Производство зерна и кормов первоочередного учета затрат / В.Г. Гусаков // Агроэкономика. – 2005. – №11. – С. 3–4.

58. Гусаков, В.Г. Интенсификация и повышение эффективности кормопроизводства в новых условиях хозяйствования / В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Институт экономики НАН Беларуси, 2008. – 92 с.

59. Дополнения и изменения №18 к СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов: 2.3.2. Продовольственное сырьё и пищевые продукты. СанПиН 2.3.2.2650-10. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2010. – 13 с.

60. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.

61. Дубиковский, Г.П. Содержание в почвах микроэлементов и потребность растений в микроудобрениях / Г.П. Дубиковский // В кн. «Почвы Белорусской ССР». – Мн., «Ураджай», 1974. – С. 293–298.

62. Жданович, В.П. Перспективы использования зернобобовых культур в условиях радиоактивного загрязнения / В.П. Жданович, С.А. Исаченко, Л.И. Козлова // Проблемы радиологии загрязненных территорий : юбилейный тем. сборник / РНИУП «Институт радиологии»; под ред. В.Ю. Агейца. – Минск, 2001. – С. 64–74.

63. Закон Республики Беларусь «О санитарно-эпидемическом благополучии населения» : утв. Палатой представителей 14 декабря 2011 года. Зарегистрирован в Национальном реестре правовых актов Республики Беларусь 10 января 2012 г. N 2/1892 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belzakon.net/2012/168>.

64. Закупочные цены на продукцию растениеводства / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mshp.minsk.by/documents/prices/bf38eaa16b62d2a9.html>.

65. Зборищук, Ю.Н. Медь и цинк в пахотном слое почв Европейской части СССР / Ю.Н. Зборищук, Н.Г. Зырин. – Почвоведение, №1, 1978. – С. 38–46.

66. Золотарь, А. К. Подбор полевых культур как фактор повышения продуктивности земли / А.К. Золотарь // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений: материалы междунар. науч.-практ. конф., в 2 ч. / Белорус. госуд. с.-х. акад. ; редкол. В.Б. Воробьев [и др.]. – Горки, 2003. – Ч. 1. – С. 74–75.

67. Иванов, Н.П. Влияние оптимальных условий минерального питания на снижение поступления радионуклидов в растения / Н.П. Иванов [и др.] // Сельскохозяйственная деятельность в условиях радиоактивного загрязнения: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. с.-х. акад. ; редкол. : А.Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – С. 50–51.

68. Изерская, Л.А. Марганец, медь и кобальт в почвах Томской области / А.А. Изерская, Г.Е. Пашнева. – Агрохимия, №5, 1977. – С. 94–99.

69. Инструкция по известкованию кислых почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь : утв. Мин-вом с.-х. и продов. Респ. Беларусь 11.11.97. – Минск : БелНИИПА, 1997. – 26 с.

70. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас // Пер. с англ. – М. : Мир, 1989. – С. 118–135.

71. Кадастровая оценка сельскохозяйственных земель сельскохозяйственных организаций и крестьянских (фермерских) хозяйств: методика, технология, практика / Г.М. Мороз [и др.] ; под общ. ред. Г.М. Мороз, В.В. Лапа. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 208 с.

72. Кадыров, М.А. Научную основу кормопроизводству Беларуси / М.А. Кадыров, Л.В. Кукреш // Белорусское сельское хозяйство, №4, 2005. – С. 7–13.



73. Карпенко, А.Ф. Радиоэкологические основы нормирования радионуклидов в продукции и правильного использования сенокосов и пастбищ / А.Ф. Карпенко, В.И. Роговенко, Т.В. Потылкина. – Гомель, 1995. – 40 с.

74. Карпенко, А.Ф. Агропромышленное производство Гомельской области после Чернобыльской катастрофы / А.Ф. Карпенко, Н.А. Мезенко, М.И. Бордак, А.И. Киеня. – Гомель, 1995. – 103 с.

75. Карпенко, А.Ф. Эколого-экономические проблемы агропроизводства Гомельской области после Чернобыльской катастрофы : монография. – Брянск : Дельта, 2012. – 258 с.

76. Карпенко, А.Ф. Радиоэкологическое состояние сельскохозяйственных земель Гомельщины / А.Ф. Карпенко // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем : Материалы XVI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Книга 1. (г. Киров, 3–5 декабря 2018 г.). – Киров : ВятГУ, 2018. – С. 292–297.

77. Карягина, Я.А. Влияние известкования на биологическую активность и баланс гумуса в дерново-подзолистой суглинистой почве / Л.А. Карягина, Л. И. Костюкевич // Почвоведение, № 10, 1991. – С. 84–91.

78. Касьянчик, С.А. Зависимость перехода Cs-137 в травы пойменных лугов от природных и регулируемых факторов / С.А. Касьянчик, А.М. Котович // Фундаментальные и прикладные аспекты радиобиологии : биол. эффекты малых доз и радиоактивное загрязнение среды (радиоэкол. и медико-биол. последствия катастрофы на ЧАЭС) : тез. докл. междунар. науч. практ. конф. / МЧС РБ, Ин-т радиобиологии НАН Беларуси ; под ред. Е.Ф. Конопки. – Минск, 1998. – С. 108.

79. Касьянчик, С.А. Получение чистых травяных кормов на пойменных лугах в условиях загрязнения  $^{137}\text{Cs}$  / С.А. Касьянчик [и др.] // Сельскохозяйственная деятельность в условиях радиоактивного загрязнения: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. с.-х. акад. ; редкол. : А.Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – С. 57–60.

80. Кауричев, И.С. Почвоведение / И.С. Кауричев [и др.]. – М., «Колос», 1975. – 496 с.

81. Качинский, Н.А. Физика почв : в 2 ч. / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – 450 с.

82. Кенигсберг, Я.Э. Ионизирующая радиация и риск для здоровья / Я.Э. Кенигсберг, Ю.Е. Крюк. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2005. – 70 с.

83. Кенигсберг, Я. Э. Гигиенические нормативы содержания цезия-137 и стронция-90 в продуктах питания: чернобыльский опыт Беларуси / Я. Э. Кенигсберг // Радиационная гигиена, 2008. – Т.1. № 2. – С. 28–31.

84. Клебанович, Н.В. Методы обследований земель : учебное пособие / Н.В. Клебанович. – Минск : БГУ, 2001. –180 с.

85. Клебанович, Н.В. Известкование почв Беларуси / Н.В. Клебанович, Г.В. Василюк. – Минск : Изд-во БГУ, 2003. – 322 с.

86. Ковальский, В. В. – В сб.: Микроэлементы в сельском хозяйстве и медицине. – АН СССР, 1968. – С. 66–72.

87. Ковальский В.В. Биологическая роль меди / В.В. Ковальский, М.А. Риш. – М. : Наука, 1970. – 143 с.

88. Ковальский, В. В. Микроэлементы в растениях и кормах / В. В. Ковальский, Ю. И. Раецкая, Т. И. Грачёва. – М., «Колос», 1971. – 345 с.

89. Контрмеры в сельском хозяйстве: научные основы и практическое применение / Руководство по применению контрмер в сельском хозяйстве в случае аварийного выброса в окружающую среду // МАГАТЭ. – Вена, 1994. – С. 23–63.

90. Концепция реабилитации населения и территорий, пострадавших в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС / В. Ю. Агеец [и др.] ; Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС при Сов. Мин. Республики Беларусь, РНИ-УП «Институт радиологии». – Минск, 2003. – 13 с.

91. Корнеев, Н.А. Основы радиоэкологии сельскохозяйственных животных / Н. А. Корнеев, А. Н. Сироткин. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 208 с.

92. Корнеев, Н.А. Проблема загрязнения земель сельскохозяйственного пользования радиоактивными веществами / Н. А. Корнеев // Владимирский земледелец, №3–4, 2004. –С. 12–16.

93. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь : методические указания / И.М. Богдевич [и др.] ; под ред. И.М. Богдевича. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.

94. Кулаковская, Т.Н. Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев / Т.Н. Кулаковская. – Минск: «Ураджай», 1978. – 270 с.

95. Куликов, Я.К. Агроэкология : учебное пособие / Я.К. Куликов. – Минск : Выш. шк., 2012. – 319 с.

96. Кухарчик, Т.И. Верховые болота Беларуси : трансформация, проблемы использования / Т.И. Кухарчик. – Мн., 1996. – 136 с.

97. Ладонин, В.Ф. Оптимизация питания растений и фитосанитарного состояния посевов путем интегрированного системного использования факторов интенсификации земледелия / В.Ф. Ладонин // Бюл. ВИУА «60 лет географ. сети опытов с удобрениями», № 114, 2001. – С. 11–13.

98. Лазаревич, С.С. Эколого-экономическая оценка применения инновационных систем обработки почвы в условиях радиоактивного загрязнения / С.С. Лазаревич, О.А. Мерзлова, А.В. Ермоленко // Инновации в науке, промышленности и образовании: матер. науч.-технич. конф. / ГНУ «Институт технической акустики НАН Беларуси». – Витебск, 2010. – С. 90–93.

99. Лапа, В.В. Минеральные удобрения и пути повышения их эффективности / В.В. Лапа, В.Н. Босак. – Мн., 2002. – 184 с.

100. Лапа, В.В. Удобрения как фактор повышения продуктивности земледелия и воспроизводства плодородия почв – состояние и перспективы / В.В. Лапа // Почвоведение и агрохимия, № 1 (№34), 2005. – С. 38–42.

101. Лапа, В.В. Справочник агрохимика / В.В. Лапа [и др.]. – Минск : Белорус. наука, 2012. – 390 с.

102. Ласько, Т.В. Рекомендации по возделыванию лядвенца рогатого и галеги восточной на загрязненных радионуклидами землях / Т.В. Ласько [и др.]; РНИУП «Институт радиологии». – Гомель, 2009. – 66 с.

103. Ласько, Т.В. Рекомендации по возделыванию многолетних бобово-злаковых многокомпонентных травосмесей на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / Т.В. Ласько [и др.]; РНИУП «Институт радиологии». – Минск, 2015. – 33 с.

104. Ласько, Т.В. Комплексные удобрения – один из путей снижения поступления радионуклидов в организм человека / Т.В. Ласько, В.В. Касьянчик, Е.В. Каранкевич // Радиобиология: Актуальные проблемы: материалы междунар. науч. конф., Гомель, 27-28 сент. 2018 г. / ГНУ «Институт радиобиологии НАНБ, УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации»; редкол.: И.А. Чешик [и др.]. – Гомель, 2018. – С.81–84.

105. Лукашев, К. И. Геохимия озёрно-болотного литогенеза / К.И. Лукашёв, В.А. Ковалев, [и др.]. – Мн., «Наука и техника», 1971 – 188 с.

106. Лукашев, К.И. Микроэлементы в ландшафтах Белорусской ССР / К. И Лукашев, Н. Н. Петухова // Почвоведение, №8, 1974. – С. 47–55.

107. Лупинович, И. С. Микроэлементы в почвах БССР и эффективность микроудобрений / И.С. Лупинович [и др.]. – Мн., Изд-во БГУ, 1970. – 145 с.

108. Мацко, В.П. Эколого-физиологические факторы накопления радионуклидов в системе «почва-растения» / В.П. Мацко [и др.] // Чернобыльская катастрофа 15 лет спустя : научно-практические аспекты проблемы: материалы обл. науч.-практ. конф. / Комитет по проблемам последствий катастрофы на ЧАЭС при Сов. Мин. РБ ; редкол. : Н.Г Кручинский [и др.]. – Минск, 2001. – С. 250–255.

109. Мееровский, А.С. Торфяно-болотные почвы / А.С. Мееровский, И.Н. Соловей, И.Н. Афанасьев // Почвы Белорусской ССР. Мн., «Ураджай», 1974. – С. 169–179.

110. Мееровский, А.С. Почвенно-агрохимические факторы повышения продуктивности мелиорированных земель: Дис. ... д-ра с.-х. наук в форме науч. докл. : Белорус. НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн., 1991. – 52 с.

111. Мееровский, А.С. Возделывание долголетних луговых травостоев – способ сохранения торфяных почв / А.С. Мееровский, С.Н. Брель // Плодородие почв – основа устойчивого развития сельского хозяйства: материалы междунар. науч.-практ. конф. и IV съезда почвоведов, Минск, 26-30 июля 2010 г.: в 2 ч. / редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск, 2010. – Ч.1. – С. 123–125.

112. Мерзлова, О.А. К вопросу регулирования качества сельскохозяйственной продукции / О. А. Мерзлова // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития : материалы VIII междунар. науч. конф. / НИЭИ Минэкономики Респ. Беларусь. – Минск, 2007. – Т. 3. – С. 60–62.

113. Мерзлова, О.А. Особенности формирования кормовой базы в «критических» сельскохозяйственных предприятиях Могилевской области в свете обеспечения требований ТР ТС 021/2011 по содержанию  $^{137}\text{Cs}$  в говядине / О. А. Мерзлова // Радиобиология : минимизация радиационных рисков : материалы междунар. науч. конф. / Редкол. : И. А. Чешик [и др.]. – Гомель: Ин-т радиологии, 2016. – С. 126–128.

114. Мерзлова, О.А. Оценка радиационной безопасности использования земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота

после аварии на Чернобыльской АЭС / О.А. Мерзлова, Н.Н. Цыбулько // Вестник БГСХА, №4, 2018. – С. 81–85.

115. Мерзлова, О.А. Совершенствование инструментария оценки целесообразности возвращения в сельскохозяйственный оборот загрязненных радионуклидами земель / О.А. Мерзлова // Аграрная экономика, № 8, 2018.– С. 38–47.

116. Методика ведения мониторинга земель в Республике Беларусь: утв. Сов. Мин. Республики Беларусь 07.06.1993 [Электронный ресурс] / Комитет по земельной реформе и землеустройству при Совете Министров Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.kulichki.com/zak2007/bz59/dcm59621.htm>.

117. Методика оперативной диагностики деградации мелиорированных почв для обоснования комплексных мероприятий по сохранению и расширенному воспроизводству плодородия : научн. издание / Н.Г. Ковалев [и др.] ; под ред. Н.Г. Ковалева // ФГБНУ ВНИИ «Радуга». – Коломна : ИП Воробьев О.М., 2015. – 52 с.

118. Методика определения агрономической и экономической эффективности минеральных удобрений / Богдевич И.М., [и др.] / РУП «Институт почвоведения и агрохимии». – Минск, 2010. – 20 с.

119. Методические указания по определению участков загрязненных радионуклидами низкоплодородных земель под залесение / И.М. Богдевич [и др.] // НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси». – Минск, 2005, – 32 с.

120. Минеев, В.Г. Плодородие и биологическая активность дерново-подзолистой почвы при длительном применении удобрений и их последствии / В.В. Минеев, Н.Ф. Гомонова, М.Ф. Овчинникова // Агрохимия, № 7, 2004. – С. 5–10.

121. Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь / Закупочные цены на продукцию животноводства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mshp.minsk.by/documents/prices/bf38eaa16b62d2a9.html>.

122. Моисеев, И.Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность <sup>137</sup>Cs из почвы сельскохозяйственными растениями / И. Т. Моисеев, Л. А. Рерих, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия, № 2, 1986. – С. 89–96.

123. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Н. Н. Цыбулько [и др.] ; под общ. ред. Н.Н. Цыбулько. – Минск : Ин-т радиологии, 2011. – 438 с.

124. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. // Экономический бюллетень НИЭИ, №4, 2015. – С. 6–99.

125. Нестеренко, В.Б. Масштабы и последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС для Беларуси, Украины и России / В. Б. Нестеренко. – Минск : Право и экономика, 1996. – 72 с.

126. Никончик, П. И. Агроэкономические основы систем использования земли / П. И. Никончик. – Минск, 2007. – 532с.

127. Никончик, П. И. Севооборот структура посевов и баланс гумуса в почве / П. И. Никончик // Земледелие и защита растений, №1, 2016. – С. 3–7.

128. Номенклатурный список почв Беларуси (для целей крупномасштабного картографирования) / Н. И. Смян [и др.]. – Мн., 2003. – 43 с.

129. Окружающая среда. Статистический сборник. – 2019. – С. 195–199. <http://www.belstat.gov.by>

130. Олень, Ю.К. Минеральное питание животных в различных природно-хозяйственных условиях / Ю.К. Олень. – Л. : Колос, 1967. – 255 с.

131. Оптимальные параметры плодородия почв / Т.Н. Кулаковская [и др.]. – М.: Колос, 1984. – 272 с.

132. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию ; Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск : Бел. навука, 2012. – 288 с.

133. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур : сб. отраслевых регламентов / НАН Беларуси, НПЦ НАН Беларуси по земледелию ; Ф. И. Привалов [и др.]. – Минск: Бел. навука, 2012. – 469 с.

134. Панов, А.В. Изменение эффективности защитных мероприятий по снижению накопления  $^{137}\text{Cs}$  сельскохозяйственными растениями в различные периоды после аварии на Чернобыльской АЭС / А.В. Панов, Р.М. Алексахин, А.А. Музалевская // Радиационная биология. Радиоэкология, 2011. – Т. 51. № 1. – С. 134–153.

135. Петровский, Е.И. Почвы Республики Беларусь / Е. И. Петровский, А.И. Горбылёва, Б.А. Калько. – Горки : БСХА, 1998. – 202 с.

136. Пикун, П. Т. Продуктивность многолетних трав на торфяно-болотных почвах / П. Т. Пикун // Наше сельское хозяйство, №11, 2010. – С. 78–81.

137. Подоляк, А. Г. Влияние перезалужения сенокосно-пастбищных угодий, расположенных на торфяно болотном типе почв, на снижение размеров перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в урожай многолетних трав / А.Г. Подоляк, С.Ф. Тимофеев // Сельскохозяйственная деятельность в условиях радиоактивного загрязнения: материалы междунар. науч.-практ. конф. / Белорус. с.-х. акад. ; редкол. : А. Р. Цыганов [и др.]. – Горки, 1998. – С. 102–105.

138. Подоляк, А.Г. Влияние условий питания на переход  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостой лугов при различных способах их улучшения / А. Г. Подоляк [и др.]. // Проблемы радиологии загрязненных территорий : юбилейный тем. сб. / РНИУП «Институт радиологии» ; под ред. : В.Ю. Агейца. – Минск, 2001. – С. 27–35.

139. Подоляк, А.Г. Рекомендации по использованию загрязненных радионуклидами пойменных земель Белорусского полесья / А. Г. Подоляк [и др.]. // Рекомендации по внедрению законченных научно-исследовательских разработок гомельских ученых аграрников в сельскохозяйственное производство: сб. рефератов / Комитет по сельск. хоз. и продов. Гомельского облисполкома ; сост. Р. Ш. Фридкина. – Гомель, 2002. – С. 50–54 с.

140. Подоляк, А.Г. Влияние агрохимических и агротехнических приемов улучшения основных типов лугов Белорусского Полесья на поступление в травостой  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ : автореф. дис. ...канд. с.-х. наук 06.01.04 А.Г. Подоляк; НИРУП «Институт почвоведения и агрохимии» – Минск, 2002. – 19 с.

141. Подоляк, А.Г. Переход цезия-137 и стронция-90 в травостой низинных лугов на торфяно-болотных почвах / А.Г. Подоляк, С.Ф. Тимофеев, Т.Ф. Персикова // Агрохимия, № 11, 2004. – С. 63–70.

142. Подоляк, А.Г. Подбор травосмесей – эффективная мера снижения накопления радионуклидов в кормах / А.Г. Подоляк, Т. В. Арастович, Л.Е. Одинцова, И.И. Ивашкова // Агрохимический вестник, №3, 2005. – С. 24–26.

143. Подоляк, А.Г. Травосмеси на основе клевера в зоне радиоактивного загрязнения / А.Г. Подоляк, Т.В. Арастович // Белорусское сельское хозяйство, № 6 (38), 2005. – С. 36–38.

144. Подоляк, А.Г. Прогнозирование накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостоях основных типов лугов Белорусского Полесья по агрохимическим свойствам почв / Подоляк А.Г. [и др.] // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2005. – Т. 45, № 1. – С. 100–111.

145. Подоляк, А.Г. Влияние вертикальной миграции и форм нахождения  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах на их биологическую доступность

на примере естественных лугов Белорусского Полесья / А. Г. Подоляк // *Агрохимия*, № 12, 2006. – С. 1–11.

146. Подоляк, А.Г. Влияние степени окультуренности дерново-подзолистых почв, видовых и сортовых особенностей на аккумуляцию  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  клевером / А.Г. Подоляк // *Агрохимия*, № 9, 2007. – С. 64–74.

147. Подоляк, А.Г. Прогнозирование величины накопления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостоях основных типов лугов Белорусского Полесья по агрохимическим свойствам почв / А.Г. Подоляк [и др.] // *Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук*, №3, 2007. – С. 54–62.

148. Подоляк, А.Г. Рациональное использование минеральных удобрений под многолетние травы на загрязненных радионуклидами торфяных землях / А.Г. Подоляк, Т.В. Ласько // *Белорусское сельское хозяйство*, № 10 (102), 2010. – С. 25–29.

149. Подоляк, А.Г. Радиологические аспекты использования луговых земель на торфяных почвах в отдаленный период после катастрофы на ЧАЭС / А. Г. Подоляк, Т. В. Ласько // *Медико-биологические проблемы жизнедеятельности*. – Гомель, 2011. – С. 171–178.

150. Подоляк, А.Г. Многолетние травы как экологическое звено при сохранении плодородия торфяных почв, загрязненных радионуклидами / А.Г. Подоляк, Е.Г. Сарасеко [и др.] // *Мелиорация*, №1(65), 2011. – С. 165–175.

151. Подоляк, А.Г. Эффективность минеральных удобрений при возделывании многолетних бобово-злаковых трав на загрязненной  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  торфяной почве / А.Г. Подоляк, И.И. Новикова // *Почвоведение и агрохимия*, №2, 2011. – С. 163–170.

152. Подоляк, А.Г. Оптимизация видового состава сельскохозяйственных культур на торфяных почвах различных стадий трансформации в целях получения качественной растениеводческой продукции на загрязненной радионуклидами территории / А.Г. Подоляк, Е.Г. Сарасеко // *Агрохимический вестник*, №3, 2012. – С. 31–36.

153. Подоляк, А. Г. Проблемы получения качественной растениеводческой продукции на загрязненных радионуклидами территориях / А. Г. Подоляк, Е. Г. Сарасеко, Е. И. Дегтярова // *Вестнік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта імя І. П. Шамякіна*, №2 (35), 2012. – С. 46–54.

154. Подоляк, А.Г. Рекомендации по оптимизации системы применения удобрений под многолетние злаковые и бобово-злаковые



травосмеси на загрязненной радионуклидами торфяных почвах / А.Г. Подоляк [и др.]. – Минск : Институт радиологии, 2012. – 40 с.

155. Подоляк, А.Г. Оптимизация применения минеральных удобрений под многолетние бобово-злаковые травосмеси на загрязненных радионуклидами торфяных почвах / А. Г. Подоляк, Т. В. Ласько // Радиобиология: антропогенные излучения: материалы междунар. науч. конф., Гомель, 25-26 сентября 2014г. / Институт радиобиологии, редкол.: А.Д. Наумов (гл. ред.) [и др.]. – Минск: Институт радиологии, 2014.– С. 105–107.

156. Подоляк, А.Г. Параметры поступления  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в многолетние злаковые травы и зоотехнические показатели качества кормов в зависимости от доз внесения удобрений на торфяной почве / А.Г. Подоляк, А.Ф. Карпенко, Т.В. Ласько, С.А. Тагай // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. Вып. 19. – В 2-частях. – Ч. 2. – Горки, 2016. – С. 185–193.

157. Подоляк, А.Г. Научные аспекты сельскохозяйственного производства в постчернобыльских условиях : монография / А. Г. Подоляк, В.В. Валетов, А.Ф. Карпенко. – Мозырь : МГПУ им. И.П. Шамякина, 2017. – 242 с.

158. Подоляк, А.Г. Возможности и перспективы развития природы и общества на территории радиоактивного загрязнения Республики Беларусь / А.Г. Подоляк, А.Ф. Карпенко // Материалы. междунар. мультидисциплинарной науч.-практ. конф. «Современная наука и практика высшего образования в формате устойчивого развития общества».– Астрахань: Издательство ООО ПКФ «Триада», 2017. – С. 100–106.

159. Положение о порядке отнесения земель к категории радиационно-опасных и перевода их в разряд земель отчуждения либо ограниченного хозяйственного пользования, исключения земель из категории радиационно-опасных и перевода их в хозяйственное пользование в соответствии с основным целевым назначением, исключения земель из разряда земель отчуждения и перевода их в разряд земель ограниченного хозяйственного пользования: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 22 марта 2010 г., № 405 [Электронный ресурс] / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/main.aspx?guid=12551&p0=C21400137&p1=1&p5=0>.

160. Положение о порядке перевода земель в категорию радиационно-опасных и исключения этих земель из хозяйственного использования, а также исключения земель из категории

радиационно-опасных и перевода их в хозяйственное использование: Постановление Совета Министров РБ №641 от 22.10.1992 . [Электронный ресурс] / Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/>

161. Почвенное плодородие и радионуклиды / Г.Т. Воробьев [и др.]. – М. : НИИ-Природа, 2002. – 357 с.

162. Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур : рекомендации / В.В. Лапа [и др.]. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2011. – 64 с.

163. Применение азотных удобрений на загрязненных радионуклидами землях : рекомендации / Н.Н. Цыбулько [и др.] ; под общ. ред. Н.Н. Цыбулько. – Минск : Ин-т радиологии, 2014. – 52 с.

164. Путятин, Ю.В. Влияние сортовой специфичности яровой пшеницы на накопление радионуклидов и качественные показатели зерна / Ю.В. Путятин, Т.М. Серая, И.Н. Завадская // Приемы повышения плодородия почв, эффективности удобрений и средств защиты растений : материалы междунар. науч.-практ. конф., в 2 ч. / Белор. госуд. с.-х. акад. ; редкол. В.Б. Воробьев [и др.]. – Горки, 2003. – Ч. 1. – С. 125-128.

165. Путятин, Ю.В. Минимизация поступления радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в растениеводческую продукцию / Ю.В. Путятин. – Минск : Ин-т почвоведения и агрохимии, 2008. – 268 с.

166. Радиационный мониторинг облучения населения в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Рабочие материалы ТС проект RER/9/074 «Стратегия долгосрочных мер защиты и мониторинг облучения населения сельских территорий, подвергшихся воздействию Чернобыльской аварии». – Вена, Австрия, 2007. – 119 с.

167. Ракович, В. А. Использование возобновляемой биомассы болотных растений в энергетических целях / В. А. Ракович, Н. Н. Бамбалов // «Зеленая» экономика: проблемы и пути развития: материалы междунар. научно-практической конференции (Минск, 5 апреля 2017 г. – Минск: ООО «АЖУР Групп», 2017. – С. 136–139.

168. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2012-2016 годы / Департамент по ликвидации последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, РНИУП «Институт радиологии» // Н.Н. Цыбулько [и др.]. – Минск, 2012. – 124 с.

169. Рекомендации по использованию загрязненных радионуклидами пойменных земель Белорусского Полесья / А.Г. Подоляк [и др.]. – Гомель : РНИУП «Институт радиологии», 2001. – 28 с.

170. Рекомендации по оптимизации лугового кормопроизводства на естественных и улучшенных кормовых угодьях в условиях радиоактивного загрязнения / В.Ю. Агеец [и др.] ; РНИУП «Институт радиологии». – Гомель, 2008. – 62 с.

171. Рекомендации по получению травяных кормов в пределах РДУ на торфяно-болотных почвах, загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси, РНИУП «Институт радиологии» ; под ред. И.М. Богдевича. – Минск, 2005. – 52 с.

172. Рекомендации по улучшению суходольных и низинных лугов, подвергшихся радиоактивному загрязнению / РУП «Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси» ; подгот. И. М. Богдевич [и др.]. - Минск, 2004. – 69 с.

173. Республиканские допустимые уровни содержания радионуклидов цезия-137 и стронция-90 в пищевых продуктах и питьевой воде (РДУ-99) : постановление Главного гос. сан. врача Респ. Беларусь 26.04.1999 №16, ГН 10117- 99.

174. Ресурсосберегающая обработка почв в условиях радиоактивного загрязнения : рекомендации / Н.Н. Цыбулько [и др.]. – Минск : Ин-т радиологии, 2012. – 64 с.

175. Романова, Т.А. Дерново-подзолистые заболоченные почвы / Т.А. Романова, И.Н. Соловей // В. кн. «Почвы Белорусской ССР». – Мн., «Ураджай», 1974. – С. 142–158.

176. Руководство по применению контрмер в сельском хозяйстве в случае аварийного выброса радионуклидов в окружающую среду // МАГАТЭ, Вена. 1994. IAEA - TECDOC-745, ISSN 1011-4289. – 104 с.

177. Санжарова, Н.И. Сборник нормативных и методических документов, регламентирующих ведение сельского хозяйства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС // Н.И. Санжаровой [и др.] – Обнинск : ИГ-СОЦИН, 2006. – 220 с.

178. Санжарова, Н.И. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязнённых радиоактивными веществами в результате крупных радиационных аварий. Руководство / Н. И. Санжарова [и др.], под ред. Н. И. Санжаровой. - Обнинск : ГНУ ВНИИСХРАЭ, 2009. – 150 с.

179. Санжарова, Н.И. Технологические приемы, обеспечивающие повышение устойчивости агроценозов, восстановление нарушенных земель, оптимизацию ведения земледелия и получение соответствующей нормативам сельскохозяйственной продукции / ВНИИСХРАЭ ; под ред. Н.И. Санжаровой. – Обнинск : ВНИИСХРАЭ, 2010. – 180 с.

180. Санитарные нормы и правила «Требования к радиационной безопасности» : постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь 28.12. 2012 № 213. – 150 с.

181. Санько, П.М. Цинк в луговых почвах и травах Белоруссии / П.М. Санько, В.С. Аношко // Агрохимия, №7, 1975. – С. 109.

182. Сборник нормативных правовых актов по вопросам преодоления последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС / Институт радиологии, – Минск, 2013. – 160 с.

183. Сдобникова О. В. Фосфорные удобрения и урожай. –М.: Агропромиздат, 1985. – 110 с.

184. Седукова, Г.В. Инвентаризация земель, выведенных из сельскохозяйственного оборота после катастрофы на Чернобыльской АЭС / Г.В. Седукова, С.А. Исаченко, О.А. Мерзлова // 30 лет после чернобыльской катастрофы. Роль Союзного государства в преодолении ее последствий : материалы науч.-практ. конф. / БГСХА. Горки, 2015. – С. 336–341.

185. Седукова, Г.В. Методология выполнения оценки обстановки на радиационно-опасных землях / Г.В. Седукова и [др.] // Экология родного края : проблемы и пути их решения: материалы XII Всероссийской науч.-практ. конф. – Киров, 2017. – С. 77–81.

186. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск, 2017. – С. 52–110.

187. Современные проблемы радиологии в сельскохозяйственном производстве. Монография / Под ред. Ю. А. Мажайского. – Рязань: Мещерский ф-л ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии. – 2010. – 363 с.

188. Станилевич, И.С. Влияние содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве на урожайность и качество зерна гороха / И. С. Станилевич // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 февраля 2019 г. / Институт почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 109–110.

189. Столяров, Г.В. Организация кормопроизводства на сельскохозяйственных угодьях, загрязненных радионуклидами /

Г.В. Столяров // Известия Академии аграрных наук Республики Беларусь, № 1, 1999. – С. 59–63.

190. Стратегия развития сельского хозяйства и сельских регионов Беларуси на 2015-2020 годы / В. Г. Гусаков [и др.]; Национальная академия наук Беларуси, Республиканское научное унитарное предприятие "Институт системных исследований в АПК Национальной академии наук Беларуси". – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2014. – 55 с.

191. Таврикина, О.М. Влияние возрастающих уровней обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием и удобрений на урожайность и качество зеленой массы кукурузы / О. М. Таврыкина [и др.] // Агротехника, № 10, 2013. – С. 39–45.

192. Технический регламент Таможенного союза. ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна» : утв. решением Комиссии Таможенного союза 09.12.11. № 880 [Электронный ресурс] / Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. – Режим доступа : <http://gosstandart.gov.by/ru-RU/ts-prereg.php>.

193. Технический регламент Таможенного союза. ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции». Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880 [Электронный ресурс] / Государственный комитет по стандартизации Республики Беларусь. – Режим доступа : <http://gosstandart.gov.by/ru-RU/ts-pr-reg.php>.

194. Тимофеев, С.Ф. Влияние улучшения сенокосно-пастбищных угодий, расположенных на основных типах почв Белорусского Полесья, на размеры перехода  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в травостой / С.Ф. Тимофеев [и др.] // Итоги научных исследований в области радиэкологии окружающей среды за десятилетний период после аварии на Чернобыльской АЭС : сб. науч. тр. / Научно-исследовательский институт радиологии ; под ред. С.К. Фирсаковой. – Гомель, 1996. – С. 45–48.

195. Тимофеев, С.Ф. Влияние повышенных доз органических удобрений на содержание  $^{90}\text{Sr}$  в полевых культурах / С.Ф. Тимофеев [и др.] // Проблемы радиологии загрязненных территорий: юбилейный темат. сборник. / РНИУП «Институт радиологии» ; под ред. В.Ю. Агейца. – Минск, 2001. – С. 46–57.

196. Фесенко, С.В. Аграрные и лесные экосистемы : радиэкологические последствия и эффективность защитных мероприятий при радиоактивном загрязнении : дис. ... докт. биол. наук : 03.00.01 / Фесенко Сергея Викторовича. – Обнинск, 1997. – 410 с.

197. Фесенко, С.В. Обоснование необходимости защитных и реабилитационных мероприятий в животноводстве в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / С.В. Фесенко, А.Ю. Пахомов, Р.М. Алексахин, Г.А. Фесенко // Вестник РАСХН, №2, 2004. – С. 70–73.

198. Филипенко, В.С. Рекомендации по применению минеральных удобрений под яровую пшеницу и многолетние бобово-злаковые травосмеси на загрязненных цезием-137 антропогенно-преобразованных торфяных почвах / В.С. Филипенко, А.В. Шашко, Н.А. Мишустин, С.Н. Лекунович, Л.Н. Шашко, Е.Б. Евсеев, А.А. Зайцев, Н.Н. Семененко, Л.Н. Лученок; под ред. Н.Н. Цыбулько. – Минск : Ин-т радиологии, 2016. – 28 с.

199. Цуранков, Э.Н. К вопросу о проблемах нормирования содержания радионуклидов в кормах при переходе на нормативы Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» / Э.Н. Цуранков, Е.В. Копыльцова // Конкурентоспособность и качество животноводческой продукции: сб. трудов междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 65-летию РУП «НПЦ НАН Беларуси по животноводству» / НАН Беларуси, Ин-т земледелия и селекции НАН Беларуси ; редкол.: Н.А. Попков [и др.]. – Жодино, 2014. – С. 203.

200. Цыбулько, Н.Н. Оптимизация азотного питания зерновых культур при разной обеспеченности подвижным калием загрязненных  $^{137}\text{Cs}$  дерново-подзолистых супесчаных почв / Н.Н. Цыбулько, Д.В. Киселева, И.И. Жукова // Вес. Нац. акад. наук Беларуси Сер. агр. Навук, № 2, 2013. – С. 58–68.

201. Цыбулько, Н.Н. Влияние доз азотных и калийных удобрений на поступление  $^{137}\text{Cs}$  в зерно и урожайность яровой пшеницы на антропогенно-преобразованной торфяной почве / Н.Н. Цыбулько, А.А. Зайцев, Н.Н. Семененко // Почвоведение и агрохимия, № 1(52), 2014. – С. 236–250.

202. Цыбулько, Н.Н. Влияние систем обработки дерново-подзолистой глееватой супесчаной почвы на эффективность минеральных удобрений в звене зернового севооборота / Н.Н. Цыбулько, А.В. Ермоленко // Вестник БГСХА, № 2, 2014. – С. 47–52.

203. Цыбулько, Н.Н. Эффективность азотных и калийных удобрений на антропогенно-преобразованной торфяной почве при возделывании многолетних бобово-злаковых трав / Н.Н. Цыбулько, А.А. Зайцев, А.В. Шашко // Почвоведение и агрохимия, № 2(53), 2014. – С. 124–131.

204. Цыбулько, Н.Н. Оптимизация использования загрязненных радионуклидами сельскохозяйственных земель и агрохимических защитных мероприятий в отдаленный период чернобыльской аварии : дис. ... док. с.-х. наук : 06.01.03 / Цыбулько Николая Николаевича. – Минск, 2017. – 393 с.

205. Цыбулько, Н. Н. Поступление  $^{137}\text{Cs}$  в зерно яровой пшеницы при разных уровнях азотного и калийного питания на антропогенно-преобразованной торфяной почве / Н. Н. Цыбулько, А. В. Шашко // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, № 2. – С. 164–174.

206. Цыбулько, Н. Н. Эффективность применения минеральных удобрений под многолетние бобово-злаковые травы на антропогенно-преобразованной торфяной почве / Н. Н. Цыбулько, И. И. Жукова, А. В. Шашко, С. С. Романенко // Мелиорация, №4(82), 2018. – С. 40–47.

207. Цыгвинцев, П.Н. Критерии оценки содержания  $^{90}\text{Sr}$  в молоке коров личных подсобных хозяйств / П.Н. Цыгвинцев [и др.] // Проблемы радиологии загрязненных территорий : юбилейный тем. сб. / РНИУП «Институт радиологии»; под ред. В.Ю. Агейца. – Минск, 2001. – С. 146–153.

208. Цырибко, В.Б. Приемы оптимизации агрофизических свойств почв / В. Б. Цырибко, А. М. Устинова, Н. Н. Цыбулько, И. И. Касьяненко, И. А. Логачев // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 февраля 2019 г. / Институт почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 123–124.

209. Черный, С.Г. Баланс гумуса в зависимости от технологии поверхностной обработки почвы в дефляционно-опасном регионе (на примере южной степи Украины) / С.Г. Черный, А.В. Волошенко // Почвоведение и агрохимия, №1(52), 2014. – С. 113–121.

210. Черныш, А.Ф. Сравнительная оценка агрофизических, микроморфологических свойств и минералогического состава, отражающих степень устойчивости дерново-подзолистых почв на лессовидных и моренных суглинках к эрозионной деградации / А.Ф. Черныш, В.Т. Сергеев, В.Б. Цырибко // Почвоведение и агрохимия, №1(52), 2014. – С. 32–40.

211. Шелюто, А.А. Кормопроизводство : учебник для студентов высших учебных заведений по агрономическим специальностям / А.А. Шелюто [и др.] ; под ред А.А. Шелюто. – Минск : ИВЦ Минфина, 2009. – 472 с.

212. Шибут, Л.И. Основные результаты второго тура кадастровой оценки сельскохозяйственных земель в Беларуси / Л. И. Шибут, Т. Н. Азаренок, С. В. Шульгина // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 февраля 2019 г. / Институт почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 135–136.

213. Шимова, О. С. Экономика природопользования: учебник / О.С. Шимова, Н.К. Соколовский. — М.: ИНФРА-М, 2005. – 352 с.

214. Школьник, М.Я. Основная концепция физиологической роли бора в растениях. / М.Я. Школьник. – Физиология растений, вып. 21, 1974. – С. 174–180.

215. Школьник, М.Я. Микроэлементы в жизни растений / М. Я. Школьник. – Л. : Наука, 1974. – 323 с.

216. Шлапунов, В.Н. Резервы кормового поля / В. Н. Шлапунов [и др.] // Кормопроизводство: технологии, экономика, почвосбережение: сборник материалов Междунар. науч.-практ. конф., Жодино, 25-26 июня 2009 г. / РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». – Минск: ИВЦ «Минфина», 2009. – С. 3–6.

217. Шлапунов, В.Н. Поукосные и пожнивные посевы –резерв укрепления кормовой базы и повышения плодородия почв / В. Н. Шлапунов, Т. Н. Лукашевич, Е. Л. Долгова // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 14 февраля 2019 г. / Институт почвоведения и агрохимии; редкол.: В. В. Лапа [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – С. 123–124.

218. Экологические и радиобиологические последствия Чернобыльской катастрофы для животноводства и пути их преодоления / Р.Г. Ильязов [и др.] ; под ред. Р.Г. Ильязова. – Казань : «Фэн», 2002. – 330 с.

219. Якушевская, И.В. Микроэлементы в ландшафтах колючей лесостепи / И.В. Якушевская, А.Г. Мартыненко. – Почвоведение, №4, 1972. – С. 92–97.

220. Belli, M. The behaviour of radionuclides in natural and semi-natural environments. / M Belli [et al.]. ECP-5 Project (EUR 16531), Final Report 1991-95. / Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. – 1996. – 147 p.

221. Izraehl, Y.A. Environmental Contamination Following a Major Nuclear Accident: Proc. Of a Symp. Vienna, 16-20 October 1989 / Y. A. Izraehl // Vienna: IAEA, 1990. – V. 1. – P. 3–22.



222. Rosen, K. The Chernobyl Fallout in Sweden. Results from a Research Programme on Environmental Radiology / Ed. L. Moberg. – The Swedish Radiation Protection Institute. Sundt Artprint. Stockholm, 1991. – P. 305–322.

223. Sanzharova, N.I. Changes in the forms of  $^{137}\text{Cs}$  and its availability for plants as dependent on properties of fallout after the Chernobyl nuclear power plant accident / N.I. Sanzharova, S.V. Fesenko, R.M. Alexakhin [et al.] // The Science of the Total Environment. – 1994. – V. 154. – P. 9–22.

224. Wilkins, B. T. Comparison of data on agricultural countermeasures at four farms in the former Soviet Union / B. T. Wilkins, A. F. Nisbet, M. Paul et al. - NRPBR285, 1996. – 63 p.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРНИЦЫ

Научное издание

**Карпенко** Алексей Фёдорович

**БИОГЕОХИМИЯ ПОЧВ  
ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ  
КАК ОСНОВА КОРМОПРОИЗВОДСТВА**

Подписано в печать 11.06.2021. Формат 60x84 1/16.

Бумага офсетная. Ризография.

Усл. печ. л. 13,72. Уч.-изд. л. 15,0.

Тираж 100 экз. (1-й з-д 1–50). Заказ 326.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования

«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.

Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.

Ул. Советская, 104, 246028, Гомель.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

**А. Ф. КАРПЕНКО**

**БИОГЕОХИМИЯ ПОЧВ  
ЮГО-ВОСТОКА БЕЛАРУСИ  
КАК ОСНОВА  
КОРМОПРОИЗВОДСТВА**

Гомель  
2021